

ESPECIAL
CUENCA DEL
GUADALQUIVIR

Tierra y tecnología

REVISTA DE ACTUALIDAD E INFORMACION GEOLOGICA

NUMERO 9. 750 PTAS.

Importancia de algunos acuíferos carbonatados

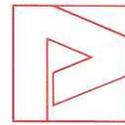
Embalse subterráneo de la Vega de Granada

Integración de acuíferos en planificación hidrológica

Recarga artificial



PRIMER TRIMESTRE. 1995



BANCO
POPULAR
ESPAÑOL



¡Solicite su tarjeta!



LLENAS DE VENTAJAS

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



SOLICITELAS EN LAS SUCURSALES DEL GRUPO BANCO POPULAR

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

✂

Nombre Primer apellido Segundo apellido

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

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

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

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

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

¿Cliente del Grupo SI BANCO SUCURSAL N.º CUENTA

Banco Popular Español? NO

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

EDITA
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

ADMINISTRACION Y REDACCION
Avda. de Reina Victoria, 8-4.º B
28003 MADRID
Teléfono 91-5532403

DIRECTOR
Manuel Rolandi Sánchez-Solís

SUBDIRECTOR
José Casas Ruiz

MARKETING
Enrique Pampliega Higuera

PUBLICIDAD
Xavier Martí Arto
Fátima Camacho Serna

COORDINACION DE EDICION
J. Carlos Herrera M.

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

COLABORADORES
J. A. López Geta
M. Martín Machuca
J. C. Rubio Campos
C. Mediavilla Laso
J. C. Murillo Díez
A. González Ramón
Silverio Casas Ruiz
A. Pulido Bosch
M. López Chicano
Antonio Castillo Martín
Manuel Rolandi Sánchez-Solís
Antonio Martín Gómez
J. Carlos Herrera M.
Teresa Olmos Palomero
Ana Jiménez López

FOTOCOMPOSICION E IMPRESION
Gráficas Summa, S. A.

EN PORTADA
Recarga artificial en el aluvial del bajo
Guadalquivir
Autor: Silverio Casas Ruiz

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

Editorial 5

cuenca del Guadalquivir

«Consideraciones sobre la integración de los acuíferos de la Cuenca del Guadalquivir en la planificación hídrica», *J. A. López Geta, M. Martín Machuca, J. C. Rubio Campos, C. Mediavilla Laso, J. M. Murillo Díez y A. González Ramón* 7

«Recarga artificial del acuífero aluvial del bajo Guadalquivir», *Silverio Casas Ruiz* 23

«Importancia de algunos acuíferos carbonatados representativos de la Cuenca del Guadalquivir», *A. Pulido Bosch y M. López Chicano* 29

«El embalse subterráneo de la Vega de Granada, uno de los más importantes de Andalucía», *Antonio Castillo Martín* 37

«Consideraciones sobre el funcionamiento hidrogeológico del sector meridional de la Sierra de Moclín», *Manuel Rolandi Sánchez-Solís y Antonio Martín Gómez* 44

«Los Simposia sobre el agua en Andalucía (1981-1986-1991); publicaciones temáticas y Cuenca del Guadalquivir», *Antonio Castillo Martín y J. Carlos Herrera M.* 51

medio ambiente

«Influencias climáticas y aspectos físicos del terreno en los procesos de erosión», *Teresa Olmos Palomero* 59

«Incendios forestales», *Teresa Olmos Palomero y Ana Jiménez López* 65

NORMAS EDITORIALES PARA «TIERRA Y TECNOLOGIA»

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

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

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

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

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

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

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

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



J. Carlos Herrera M.

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

EDITORIAL

El río Guadalquivir, o río Grande (del árabe AR'kibir), constituye la mayor y más arraigada arteria fluvial de Andalucía, cuya cuenca hidrográfica alcanza una superficie de 57.527 Km², que se distribuye en su mayor parte dentro de la Comunidad Autónoma Andaluza y de forma minoritaria, en las Comunidades vecinas de Murcia, Castilla-La Mancha (Albacete y Ciudad Real) y Extremadura (Badajoz).

Desde su nacimiento en la Sierra jienense de Cazorla, al pie de la llamada «Cañada de las Fuentes» (de difícil localización si no fuera por la existencia de una blanca lápida con palabras alegóricas de los hermanos Alvarez Quintero) hasta su desembocadura en las marismas de Doñana, uno de los últimos enclaves faunísticos europeos, y en Sanlúcar de Barrameda, el río Guadalquivir discurre a través de 665 kilómetros de espléndidos y diversos paisajes cuajados de historia, cuya grandeza y belleza llevaron a Góngora a definirlo como «el gran rey de Andalucía».

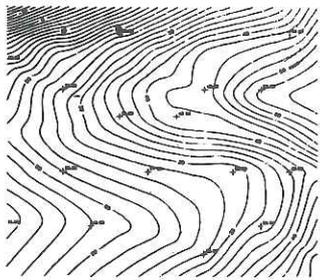
A la HIDROGEOLOGIA de esta importante CUENCA DEL GUADALQUIVIR va dedicado este noveno número de «TIERRA y TECNOLOGIA», en el que se intenta recoger algunos de sus aspectos más destacables, en una cuenca en la que precisamente los recursos hídricos son de vital importancia, debido a que más de la tercera parte de su población se abastece con aguas subterráneas y cerca de 30.000 Ha. de cultivos se riegan con recursos exclusivamente subterráneos.

En la CUENCA DEL GUADALQUIVIR se localizan 55 Unidades Hidrográficas específicas y 9 comunes y compartidas con otras cuencas limítrofes (7 con el sur y 2 con el Guadiana), que suponen una superficie total de afloramientos permeables del orden de 14.000 Km², distribuidos fundamentalmente por los conjuntos geológicos o unidades estructurales de las Cordilleras Béticas y de la Depresión del Guadalquivir y depresiones internas. Sobre estas superficies permeables se infiltran anualmente unos volúmenes renovables próximos a los 2.100 hm³, de los que entre un 15 y un 25 % se utilizan directamente en usos consuntivos.

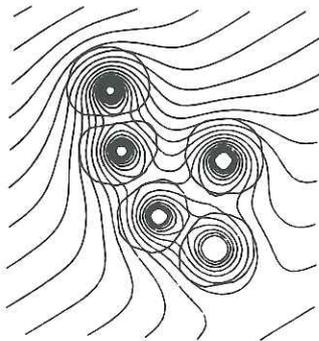
Pese a la magnitud de las cifras presentadas, en el ámbito de la cuenca existen importantes problemas actuales y potenciales, referentes a aspectos de disponibilidad estacional de recursos y de utilización del agua subterránea, sobreexplotación de acuíferos, afecciones a cursos fluviales y zonas húmedas, intrusión marina y contaminación, en los que los HIDROGEOLOGOS deberán seguir trabajando en las próximas décadas, para intentar conseguir, en cada caso, las soluciones más adecuadas.

EL SOFTWARE

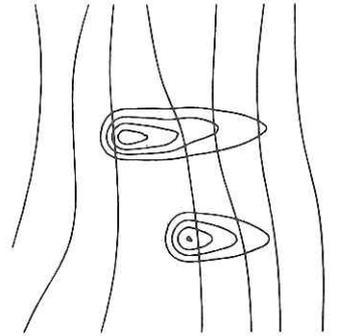
Restitución topogràfica



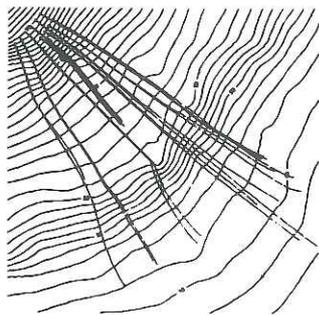
Isócronas



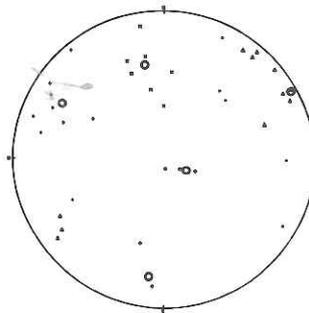
Concentraciones



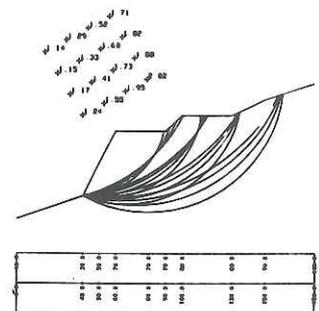
Anàlisis de desprendimientos



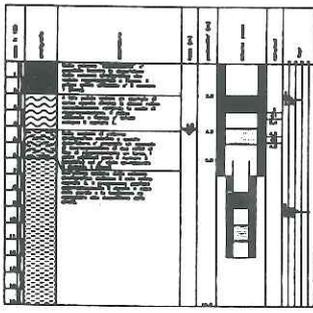
Clustering



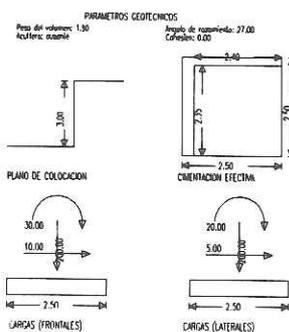
Estabilidad de taludes



Estratigrafía



Cimentaciones



geo&soft
international

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

CONSIDERACIONES SOBRE LA INTEGRACION DE LOS ACUIFEROS DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR EN LA PLANIFICACION HIDRICA

J. A. López Geta

Director de Aguas Subterráneas y Geotecnia. Ingeniero de Minas. Funcionario del Ministerio de Industria y Energía desde 1978. Diecinueve años de experiencia profesional en el campo de la Hidrogeología. Autor de más de cien comunicaciones, artículos y colaboraciones.

M. Martín Machuca

Jefe de la Oficina de Proyectos del ITGE en Sevilla. Su actividad profesional dentro de la Hidrogeología se inicia a finales de los años 60 con su participación en el Proyecto del Guadalquivir-FAO. A lo largo de su vida profesional ha participado y desarrollado importantes proyectos relacionados con las aguas subterráneas, su investigación, su aprovechamiento y protección.

J. C. Rubio Campos

Jefe de la Oficina de Proyectos del ITGE en Granada. Doctor en Ciencias Geológicas. Previa a la entrada en el ITGE en 1984, realiza desde 1981 diferentes investigaciones con el SGOPU, la Compañía Texas Gulf y el INIA sobre hidrogeología, estaño y wolframio y el cuaternario. Trabaja fundamentalmente dedicado a Proyectos de hidrogeología en las Cuencas del Guadalquivir y Sur siendo autor de más de 50 publicaciones sobre hidrogeología.

C. Mediavilla Laso

Licenciado en Ciencias Geológicas en la U.A. Barcelona (1978). Su actividad profesional dentro de la hidrogeología ha sido en la Compañía General de Sondeos hasta el año 1987, y desde esa fecha, hasta la actualidad en el Instituto Tecnológico Geominero de España (Sevilla).

J. M. Murillo Díez

Ingeniero de Minas y diplomado en hidrogeología. Comienza su actividad profesional en minería de carbón en Mieres (Asturias) y Escucha (Teruel). En 1985 se incorpora al ITGE como hidrogeólogo de Proyectos en la Cuenca del Ebro y a partir de 1988 es responsable de la Dirección del Proyecto hidrogeológico en las Cuencas Internas de Cataluña. Desde 1994 se hace cargo de la Dirección de Proyectos relacionados con la recarga artificial de acuíferos, uso conjunto y modelación matemática siendo autor de más de 50 publicaciones sobre hidrogeología.

A. González Ramón

Licenciado en Ciencias Geológicas. Ha trabajado para Frasa, Eptisa, Geostudios e Ingemisa, realizando diversos trabajos en el campo de la hidrogeología y geotecnia. Desde 1991 trabaja en el ITGE, en la Oficina de Proyectos de Granada, confeccionando la hidrogeología de diferentes hojas MAGNA y numerosos informes de hidrogeología en las cuencas del Guadalquivir y Sur.

Este artículo presenta una descripción general de la hidrogeología de la Cuenca del Guadalquivir y entra en las diferentes técnicas disponibles para el mayor aprovechamiento de sus recursos hídricos superficiales y subterráneos.

This paper presents a general description of the hydrogeology of the Guadalquivir basin and highlight the various ways in which is superficial and underground water resources can be used.

Características generales de la cuenca

La actual demarcación administrativa de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir tiene una extensión de 63.972 Km². Esta superficie comprende tanto la cuenca del propio río Guadalquivir (57.527 Km²) como aquella superficie que, estando inscrita en la misma, no forma parte de la cuenca del río Guadalquivir ni de sus afluentes, zona denominada «Cuenca del Guadalete-Barbate», que cuenta con una superficie de 6.445 Km².

La cuenca hidrográfica del río Guadalquivir abarca 12 provincias de 3 comunidades autónomas de la España meridional (Cuadro 1).

La población de hecho de la cuenca del Guadalquivir es de 3.775.039 habitantes según censo del INE referido al año 1986, de los que 3.656.039 habitantes (96,85%) corresponden a la Comunidad Autónoma Andaluza, ocupando el 90,22% de su superficie.

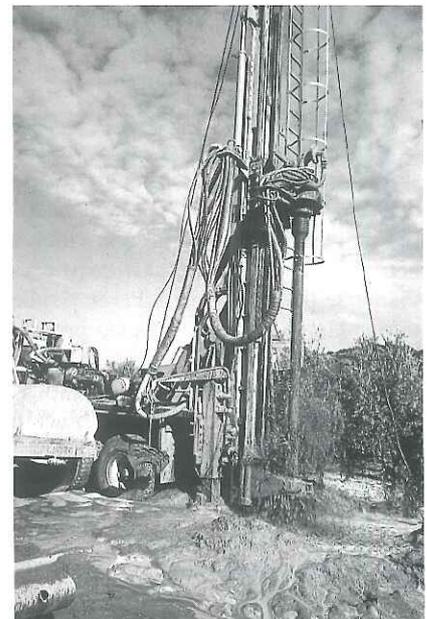
De la observación del Cuadro nº 2 se puede deducir que la cuenca del Guadalquivir está formada por casi la totalidad de cuatro provincias; Sevilla que se puede considerar como la más participada (100% de su población con una densidad de 103 hab/Km²); Córdoba, Granada y Jaén de gran extensión, aunque de menor aportación poblacional.

Marco fisiográfico

La cuenca hidrográfica del río Guadalquivir se desarrolla en un valle abierto de topografía suave, flanqueado al Norte por Sierra Morena y, al

Sur, por el complejo sistema Bético en el que se localizan las mayores altitudes de la cuenca: Mulhacén (3.482 m.) y Veleta (3.392 m.).

El clima es, en sus rasgos más elementales, mediterráneo, de carácter templado-cálido con temperaturas de 16,8 °C como media anual y escasez relativa de precipitaciones (media anual 630 mm.). Más allá de estos datos medios es su particular distribución a lo largo del año lo que singulariza este clima: la coincidencia estival de altas temperaturas y la ausencia de lluvias. Este hecho es un rasgo excepcional de donde se deriva el acusado déficit hídrico, que hace que el agua sea siempre un bien escaso e irregular-



Sondeo de Rotopercusión en la Unidad de Beas de Segura como apoyo al abastecimiento de La Loma de Ubeda.

Cuadro 1.-PARTICIPACION PROVINCIAL

| Provincia | Superficie geográfica (Km ²) | Superficie en la cuenca (Km ²) | Relación superficie cuenca/geog. (%) | Participación en la cuenca (%) |
|-------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Cádiz | 7.385 | 532 | 7,20 | 0,92 |
| Córdoba | 13.716 | 11.135 | 81,17 | 19,36 |
| Granada | 12.531 | 9.960 | 79,48 | 17,31 |
| Jaén | 13.498 | 13.002 | 96,33 | 22,60 |
| Sevilla | 14.001 | 14.001 | 100,00 | 24,34 |
| Albacete | 14.862 | 800 | 5,38 | 1,39 |
| Almería | 8.774 | 229 | 2,61 | 0,40 |
| Badajoz | 21.657 | 1.411 | 6,52 | 2,45 |
| Ciudad Real | 19.749 | 3.300 | 16,71 | 5,74 |
| Huelva | 10.085 | 2.552 | 25,31 | 4,44 |
| Málaga | 7.276 | 489 | 6,72 | 0,85 |
| Murcia | 11.317 | 116 | 1,03 | 0,20 |
| TOTAL | 154.853 | 57.527 | 37,15 | 100,00 |

Cuadro 1 (continuación).-PARTICIPACION DE LAS COMUNIDADES AUTONOMAS

| Comunidad Autónoma | Superficie geográfica (Km ²) | Superficie en la cuenca (Km ²) | Relación superficie cuenca/geog. (%) | Participación en la cuenca (%) |
|--------------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Andalucía | 87.268 | 51.900 | 59,47 | 90,22 |
| Castilla-La Mancha | 79.230 | 4.100 | 5,17 | 7,13 |
| Extremadura | 41.602 | 1.411 | 3,39 | 2,45 |
| Murcia | 11.317 | 116 | 1,03 | 0,20 |
| TOTAL | 219.417 | 57.527 | 26,22 | 100,00 |

Fuente: documentación básica del Plan Hidrológico del Guadalquivir.

mente distribuido, debido a la intensa evapotranspiración. Pero las lluvias no sólo son escasas globalmente al cabo del año, sino que frecuentemente adoptan un carácter torrencial que viene a actuar sobre un medio castigado previamente por largos períodos de sequía y, por tanto, con una acusada predisposición a la erosión.

A destacar, como rasgo significativo, los elevados niveles de insolación en la cuenca baja del Guadalquivir con más de 3.000 horas de sol al año.

Marco hidrogeológico

El ciclo natural del agua, como proceso en el que interactúan las condiciones climáticas, y la estructura fisiográfica, aparece como un factor

esencial para la caracterización del territorio regional. Una primera consecuencia es la delimitación de ámbitos en los que la dinámica hidrológica determina los aspectos decisivos del tipo de uso y aprovechamiento óptimo de los recursos. En cualquier caso, *el ciclo natural no puede ser entendido sin considerar la intervención por parte del hombre mediante regulación de las aguas superficiales (embalses) y la explotación de las aguas subterráneas (acuíferos).*

Desde esta concepción hidrológica, la cuenca del río Guadalquivir admite una división global en 6 grandes zonas, divididas a su vez en subzonas, subcuencas y sistemas de explotación, como marco adecuado para el establecimiento de balances de recursos y demandas hídricas.

La aplicación de la nueva Ley de Aguas (29/85 de 2 de agosto) ha favorecido la integración de todos los recursos hídricos de las cuencas en una única planificación hidrológica como herramienta de gestión y conservación.

En este marco, cabe resaltar la realización del Catálogo de Unidades hidrogeológicas de la España Peninsular e Islas Baleares, realizado por la D.G.O.H. y el ITGE, que incorpora 64 U.H. cuyas principales características se acompañan en el **Cuadro 3.**

Los acuíferos en los sistemas de explotación hídrica

Los recursos hídricos *regulados mediante embalses de superficie y captaciones de agua subterránea ascendente, en la cuenca del Guadalquivir*, según las últimas estimaciones realizadas por el ITGE en 1992 a 2.882 hm³/a. De esta cuantía, 428 hm³/a corresponden a aprovechamientos realizados mediante bombeo directo en los acuíferos, unos 877 hm³/a estimados, a regulación de la componente subterránea mediante técnicas de explotación de tipo superficial (usos asociados), y 1.577 hm³/a a regulación de la escorrentía estrictamente superficial a través de las clásicas obras hidráulicas.

Dado que la aportación hídrica total de la cuenca es de 7.170 hm³/a (4.584 hm³/a se encuentran asociados a la fase superficial y 2.586 hm³/a a la subterránea) se puede considerar que aproximadamente el 60%, en principio, estaría sin regular, porcentaje que desciende al 50% cuando se opera exclusivamente sobre la aportación hídrica subterránea y asciende al 65% cuando los cálculos se realizan únicamente sobre la componente superficial; bien entendido que de estos porcentajes, habría que descontar las tomas directas a los cauces (regulación natural) existentes en los diferentes sectores de la Cuenca (arroz de las marismas, concesiones de riego, etc...).

La magnitud de las cifras pone de manifiesto que *una parte importante de la aportación hídrica total, actualmente no regulada*, teniendo en cuenta tanto condicionantes técnico-económicos como necesidades para usos ecológicos y usos no consuntivos, *podría gestionarse bien en base a embalses de superficie, bien a través de captacio-*

**Cuadro 2.-POBLACION. PARTICIPACION PROVINCIAL.
DENSIDAD POBLACION**

| Provincia | Total habitantes por provincia | Población incluida en la cuenca | Relación población cuenca/provincia (%) | Porcentaje de población incluida en la cuenca | Superficie Km ² | Densidad h/Km ² |
|-------------|--------------------------------|---------------------------------|---|---|----------------------------|----------------------------|
| Cádiz | 1.054.503 | 6.656 | 0,63 | 0,18 | 532 | 12,5 |
| Córdoba | 745.175 | 743.231 | 99,74 | 19,69 | 11.135 | 66,7 |
| Granada | 796.857 | 648.737 | 81,41 | 17,18 | 9.960 | 65,1 |
| Jaén | 633.612 | 628.492 | 99,19 | 16,65 | 13.002 | 48,3 |
| Sevilla | 1.544.965 | 1.544.965 | 100,00 | 40,92 | 14.001 | 110,3 |
| Albacete | 342.278 | 7.636 | 2,23 | 0,20 | 800 | 9,5 |
| Almería | 448.592 | 0 | 0,00 | 0,00 | 229 | 0 |
| Badajoz | 664.516 | 28.607 | 4,30 | 0,76 | 1.411 | 20,3 |
| Ciudad Real | 477.967 | 52.757 | 17,31 | 2,19 | 3.300 | 25,1 |
| Huelva | 430.918 | 64.490 | 14,96 | 1,71 | 2.552 | 25,3 |
| Málaga | 1.215.479 | 19.468 | 1,60 | 0,52 | 489 | 39,8 |
| Murcia | 1.014.285 | 0 | 0,00 | 0,00 | 116 | 0 |
| AREA | 9.369.147 | 3.775.039 | 40,29 | 100,00 | 57.527 | 65,6 76,9 |

**Cuadro 2 (continuación).-POBLACION. PARTICIPACION COMUNIDAD.
DENSIDAD POBLACION**

| Comunidad Autónoma | Total habitantes por Comunidad | Población incluida en la cuenca | Relación población cuenca/provincia (%) | Porcentaje de población incluida en la cuenca | Superficie Km ² | Densidad h/Km ² |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|---|----------------------------|----------------------------|
| Andalucía | 6.870.1011 | 3.656.039 | 53,22 | 96,85 | 51.900 | 70,4 |
| Castilla/ La Mancha | 1.665.029 | 90.393 | 5,43 | 2,39 | 4.100 | 22,0 |
| Extremadura | 1.088.543 | 28.607 | 2,63 | 0,76 | 1.411 | 20,3 |
| Murcia | 1.014.285 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| AREA | 10.637.958 | 3.775.039 | 35,49 | 100,00 | 57.527 | 65,6 |

Fuente: documentación básica del Plan Hidrológico del Guadalquivir. Censo 1986.

nes de agua subterránea, o bien mediante uso conjunto aprovechando la capacidad de regulación, almacenamiento, hidrodinamismo y espacialidad de los acuíferos.

La elección de la opción más adecuada estará estrechamente ligada al esquema de regulación que mejor integre, dentro de cada sistema de explotación, la localización geográfica y potencialidad hídrica de las unidades hidrogeológicas y de la infraestructura hidráulica existente y/o prevista.

A este respecto, se ha elaborado el **Cuadro 4** que resume, en cierta medida, el estado actual existente en la cuenca del Guadalquivir, sin tener en

consideración las tomas directas de los cauces, ya mencionadas.

Los datos más significativos que se desprenden del análisis del mismo son los siguientes:

- La capacidad de almacenamiento superficial en las subcuencas reguladas por embalses que no presentan acuíferos aguas arriba representa el 24 % sobre el total de 6.770 hm³, el 19% en las subcuencas reguladas por embalses que reciben aportes de acuíferos con escasa o nula explotación y el 55% en las subcuencas reguladas por embalses que en su cuenca vertiente tienen acuíferos explotados.

- El grado de interferencia entre

aguas superficiales y subterráneas sobre la regulación en superficie es nulo en las subcuencas reguladas por embalses que no presentan acuíferos aguas arriba y, por supuesto, en las zonas situadas aguas abajo de la regulación superficial, prácticamente nulo (0,2%) en las subcuencas reguladas por embalses que reciben aportes de acuíferos no explotados y de 8,8%, en las subcuencas reguladas por embalses que en su cuenca vertiente tienen acuíferos explotados.

A continuación se expone la situación de la regulación y las posibilidades de incrementarla a la que habría que descontar los volúmenes detraídos directamente de los cauces por tomas directas (regulación natural).

Zonas situadas aguas arriba de la regulación superficial

En general pueden presentarse las siguientes situaciones:

- 1) *Subcuencas reguladas por embalses que no presentan acuíferos aguas arriba*

Las obras existentes constituyen, al encontrarse todo el agua en forma de escorrentía estrictamente superficial, el medio de regulación más idóneo. No obstante, si la capacidad de embalse superficial no fuera suficiente para regular la aportación hídrica total, y no estuviera esta comprometida, en principio, para otros usos, podría utilizarse, si existieran acuíferos aguas abajo, la capacidad de embalse y el hidrodinamismo de estos para regular los excedentes, incluso en el supuesto de que el acuífero no esté ligado al río.

La aportación hídrica total correspondiente a estas subcuencas es de 1.031 hm³/a siendo el volumen superficial regulado de 528 hm³/a. La regulación media en las mismas representa aproximadamente el 50% de los recursos hídricos medios. Esta consideración confirma la existencia de un importante volumen de agua excedentario que podría utilizarse en los acuíferos situados aguas abajo. Ahora bien, en estas subcuencas está previsto un aumento significativo de la capacidad de embalse que incrementará el rendimiento de la regulación superficial a 0,36. No obstante, seguirán existiendo recursos no regulados que permiten planificar actuaciones, en las que podría jugar un papel muy importante la recarga artificial.

Cuadro 3.-UNIDADES HIDROLOGICAS EN LAS CUENCAS DEL GUADALQUIVIR Y GUADALETE-BARBATE

| Cuenca | Zona | Unidad Hidrogeológica | Super. Km ² | Tipo acuífero | Recursos propios hm ³ /a | Extracción hm ³ /a |
|--------------------------------------|--|---|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Guadalquivir | 1. Guadiana Menor | 02. Quesada-Castril (intercuenca) | 480 | Carbonat.-Detrítico | 130 | 4 |
| | | 03. Duda-La Sagra | 50 | Carbonatado | 7 | 0 |
| | | 04. Huéscar-Puebla Don Fadrique | 350 | Carbonat.-Detrítico | 29 | 5 |
| | | 05. Sierra de La Zarza (intercuenca) | 40 | Carbonatado | 4 | 0 |
| | | 06. Orce-María (intercuenca) | 200 | Carbonatado | 15 | 1 |
| | | 07. Cúllar-Baza | 60 | Detrítico | 4 | 3 |
| | | 08. S. ^a Las Estancias (intercuenca) | 40 | Carbonatado | 2 | 0 |
| | | 09. Dep. Baza-Caniles | 290 | Detrítico | 22 | 20 |
| | | 10. Jabalcón | 15 | Carbonat.-Detrítico | 1,5 | 0 |
| | | 11. Sierra de Baza | 330 | Carbonat.-Detrítico | 45 | 1 |
| | | 12. Dep. Guadix-Marquesado | 310 | Carbonat.-Detrítico | 50 | 45 |
| | 13. Mencal | 10 | Carbonat.-Detrítico | 2,5 | 1,5 | |
| | 28. M. Orientales (parte en zona 3) | 40 | Carbonat.-Detrítico | 9 | 0 | |
| | 30. Sierra Arana (parte en zona 3) | 43 | Carbonat.-Detrítico | 9 | 0 | |
| | 31. Padul-La Peza (parte en zona 3) | 62 | Carbonatado | 19 | 0 | |
| | 2. Cabecera | 01. Sierra de Cazorla | 800 | Carbonatado | 375 | 0,5 |
| | | 14. Bédmar-Jódar | 8 | Carbonatado | 2 | 2 |
| | | 15. Torres-Jimena | 10 | Carbonatado | 2,5 | 2 |
| | | 16. Jabalcuz-La Grana | 6 | Carbonat.-Detrítico | 1,5 | 0,5 |
| | | 17. Jaén | 11 | Carbonat.-Detrítico | 3 | 3 |
| | | 18. San Cristóbal | 4 | Carbonat.-Detrítico | 1 | 0,5 |
| | | 19. Mancha Real-Pegalajar (I) | 25 | Carbonat.-Detrítico | 4 | 1,5 |
| | | 20. Almadén-Carluca | 78 | Carbonat.-Detrítico | 19 | 10 |
| | | 21. Sierra Mágina | 55 | Carbonatado | 14 | 0,5 |
| | | 23. Ubeda | 100 | Detrítico | 14 | 3 |
| | | 3. Alto Genil | 28. M. Orientales (parte en zona 1) | 109 | Carbonat.-Detrítico | 18 |
| | 29. Sierra Colomera | | 95 | Carbonat.-Detrítico | 25 | 6 |
| | 30. Sierra Arana (parte en zona 1) | | 104 | Carbonatado | 53 | 1 |
| | 31. Padul-La Peza (parte en zona 1) | | 300 | Carbonatado | 73 | 0 |
| | 32. Depresión de Granada | | 200 | Detrítico | 165 | 33 |
| | 33. Sierra Elvira | | 9 | Carbonatado | 2 | 1 |
| 34. Madrid-Parapanda | 26 | | Carbonatado | 7 | 0,5 | |
| 39. Hacho de Loja | 9 | | Carbonatado | 2 | 0,5 | |
| 40. Sierra Gorda (intercuenca) | 200 | | Carbonatado | 110 | 3 | |
| 41. Polje de Zafarraya (intercuenca) | 35 | | Detrítico | 35 | 30 | |
| 42. Tejeda-Almijara (intercuenca) | 250 | | Carbonatado | 34 | 0 | |
| 4. Sierra Morena | 24. Bailén-Guarroman | 15 | Detrítico | 6 | 1 | |
| | 25. Rumber | 40 | Detrítico | 3 | 2 | |
| | 45. Sierra Morena (intercuenca) | 740 | Carbonatado | 63 | 10 | |
| | 49. Niebla-Posada (intercuenca) | 290 | Detrítico | 35 | 30 | |
| | 50. Posadas-Bailén | 74 | Detrítico | 6 | 2 | |
| 5. Campiña | 22. Mentidero-Montesinos | 19 | Carbonatado | 5 | 2,5 | |
| | 27. Porcuna | 15 | Detrítico | 2 | 0 | |
| | 35. S. Cabra-Gaena | 148 | Carbonatado | 53 | 0,5 | |
| | 36. Rute-Horconera | 80 | Carbonatado | 26 | 0,5 | |
| | 37. Albayate-Chanzas | 40 | Carbonatado | 8 | 0,5 | |
| | 38. El Pedroso-Arcas (intercuenca) | 36 | Carbonat.-Detrítico | 6 | 2,5 | |
| | 43. Sierra Estepa | 33 | Carbonatado | 7 | 4 | |
| | 44. Altiplanos Ecija | 1.070 | Detrítico | 75 | 35 | |
| 47. Sevilla-Carmona (I) | 1.150 | Detrítico | 175 | 40 | | |
| 48. Arahal-Coronil-Morón-Puebla | 435 | Detrítico | 20 | 9 | | |
| 6. Vegas Guadalquivir | 40. Aluvial del Guadalquivir (Sevilla) | 200 | Detrítico | 70 | 15 | |
| | 50. Aljarafe (I) | 350 | Detrítico | 25 | 15 | |
| | 51. Almonte-Marismas (intercuenca) | 2.200 | Detrítico | 210 | 52 | |
| | 52. Lébrija | 75 | Detrítico | 7 | 6 | |
| Guadalete | Guadalete-Barbate | 53. Llanos de Villamartín | 45 | Detrítico | 5 | 3 |
| | | 54. Arcos-Bornos-Espera | 64 | Detrítico | 7 | 7 |
| | | 55. Aluvial Guadalete | 150 | Detrítico | 12 | 6 |
| | | 56. Jerez de la Frontera | 95 | Detrítico | 14 | 3 |
| | | 57. Rota-Sanlúcar-Chipiona (I) | 90 | Detrítico | 16 | 15 |
| | | 58. Puerto de Santa María | 40 | Detrítico | 6 | 4 |
| | | 59. Puerto Real-Conil | 210 | Detrítico | 30 | 15 |
| | | 60. Sierra de las Cabras | 28 | Carbonatado | 5 | 0,5 |
| | | 61. Véjer-Barbate | 145 | Detrítico | 36 | 30 |
| | | 62. Aluvial de Barbate | 125 | Detrítico | 5 | 1 |
| | | 63. Depr. Setenil-Ronda (intercuenca) | 300 | Detrítico | 10 | 7 |
| | | 64. Sierra de Grazalema (intercuenca) | 185 | Carbonatado | 60 | 2 |
| | | sn. Sierra de Lijar (intercuenca) | 23 | Carbonatado | 4 | 1 |

(1) Acuífero declarado sobreexplotado o en riesgo de estarlo.

SN Sin número.

Cuadro 4

| | Capacidad superficial de almacenamiento hm ³ | Aportación hídrica hm ³ /a | | Volumen regulado por embalses (hm ³ /a) hm ³ /año | | Volumen regulado por bombeos | Grado de interferencia A Sup.-A. Sub. | |
|--|--|---------------------------------------|-------|---|-------|------------------------------|---------------------------------------|-----|
| | | Sup. | Sub. | Sup. | Sub. | | | |
| Zonas situadas aguas arriba de la regulación superficial | Embalses sin acuíferos no explotados | 1.614 | 1.031 | | 528 | | 0 | |
| | Embalses que reciben aportes de acuíferos no explotados | 1.306 | 711 | 88 | 484 | 10 | 1 | |
| | Embalses con acuíferos explotados en su cuenca vertiente | 3.730 | 527 | 1.186 | 527 | 867 | 136 | |
| Acuíferos situados aguas abajo de los embalses | | 120 | 2.315 | 1.312 | 38 | | 291 | |
| TOTAL | | 6.770 | 4.584 | 2.586 | 1.577 | 877 | 428 | 6,7 |
| | | | 7.170 | | 2.454 | | | |

Cuadro 5.-SUBCUENCAS CON EMBALSES QUE RECIBEN APORTES DE ACUIFEROS NO EXPLOTADOS

| SUBCUENCA | APORTACION HIDRICA | | | REGULACION SUPERFICIAL | | | REGULACION POR BOMBEO hm ³ /a | UNIDAD HIDROGEOLOGICA |
|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--|-------------------------------------|
| | Sup. hm ³ /a | Sub. hm ³ /a | Total hm ³ /a | Capacidad hm ³ /a | Volumen regulado hm ³ /a | Uso del embalse | | |
| Río Bembezar hasta E. de Bembezar | 118 | 2 | 120 | 347 | 120 | R, E, A | 0 | 45 |
| Retortillo hasta E. Retortillo | 53 | 4 | 57 | 73 | 30 | R, A | 0 | 45, 49 |
| Río Huesna hasta E. Huesna | 73 | 9 | 82 | 135 | 43 | A | 0 | 45, 49 |
| Río Viar hasta E. Pintado | 121 | 25 | 146 | 202 | 79 | R, E | 0 | 45, 49 |
| Riberas de Cala y Huelva hasta E. Gergal | 310 | 11 | 321 | 447 | 188 | A, R, E | 0 | 45, 49 |
| Guadalbullón-Campillo hasta E. Quiebrajano | 6 | 17 | 23 | 32 | 14 | A | 0 | 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 26 y 28 |
| A° Salado de Morán hasta E. Torre Aguila | 30 | 20 | 50 | 70 | 20 | R | 1 | 48 |
| TOTAL | 711 | 88 | 799 | 1.306 | 494 | | 1 | |

E uso hidroeléctrico. A uso abastecimiento. R uso regadío.

2) *Subcuencas reguladas por embalses que reciben aportes de acuíferos no explotados*

En el Cuadro 5, que resume el estado actual de la regulación en estas subcuencas se puede establecer la siguiente división:

* Cuencas con capacidad de regulación superficial total.

En ellas toda la aportación hídrica esta regulada superficialmente, y cualquier aprovechamiento subterráneo de trae teóricamente agua a la regulación superficial. Por consiguiente, únicamente es posible considerar una explotación

del agua subterránea de carácter local o «puntual», y cuya repercusión sea eminentemente social: abastecimiento urbano, aprovechamiento agrícola de pequeñas huertas y granjas, usos ecológicos y regadíos tradicionales. La cuenca del río Bembezar hasta el embalse de Bembezar responde a este esquema.

Cuadro 6.-SUBCUENCAS CON EMBALSES QUE RECIBEN APORTES DE ACUIFEROS EXPLOTADOS

| SUBCUENCA | APORTACION HIDRICA | | | REGULACION SUPERFICIAL | | | REGULACION POR BOMBEO hm ³ /a | UNIDAD HIDROGEO- LOGICA |
|---|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|--------------------|---|--|
| | Sup. hm ³ /a | Sub. hm ³ /a | Total hm ³ /a | Capacidad hm ³ /a | Volumen regulado hm ³ /a | Uso del embalse | | |
| Guadiana Menor, Guadalentín, Castril y Orce hasta el E. del Negratín | 130 | 131 | 321 | 719 | 228 | R, E | 27,5 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, |
| Guadalmena, Guadalén, Guarrizas y Guadalquivir hasta E. de Mengibar | 167 | 450 | 617 | 1.275 | 485 | A, R, E | 1,3 | 1, 2, 23 y 26 |
| Río Genil hasta E. de Cordobilla | 230 | 545 | 775 | 1.736 | 681 | R, E, A | 95,5 | 29, 30, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 41 y 42 |
| TOTAL | 527 | 1.186 | 1.713 | 3.730 | 1.394 | | 136 | |

E uso hidroeléctrico. A uso abastecimiento. R uso regadío.

* Cuenca con capacidad de regulación superficial parcial.

En ellas la capacidad de regulación de los embalses superficiales es inferior a los aportes totales y, por tanto, admiten una regulación complementaria a partir de:

- extracciones por bombeo en las unidades hidrogeológicas relacionadas con los cauces superficiales.

- recarga artificial en unidades hidrogeológicas situadas aguas abajo de los embalses de regulación.

Así, en el conjunto de las subcuencas constituidas por los ríos Retortillo, Huesna, Viar, Cala y Huelva, con una aportación total de 606 hm³/a

y una aportación regulada de 340 hm³/a, se pueden plantear, por un lado, la explotación de los recursos subterráneos de la unidad 45 «Sierra Morena» y, por otro, la regulación de recursos superficiales, a través de recarga artificial, en las unidades 46 «Aluvial del Guadalquivir» y 49 «Niebla-Posadas».

En lo referente a las subcuencas del Guadalbullón-Campillo, y del Arroyo Salado de Morán y en base a las cifras anuales de aportación hídrica total y regulada, también se pueden planificar actuaciones, dependiendo de cada caso, como las indicadas anteriormente, en las unidades referidas en el cuadro.

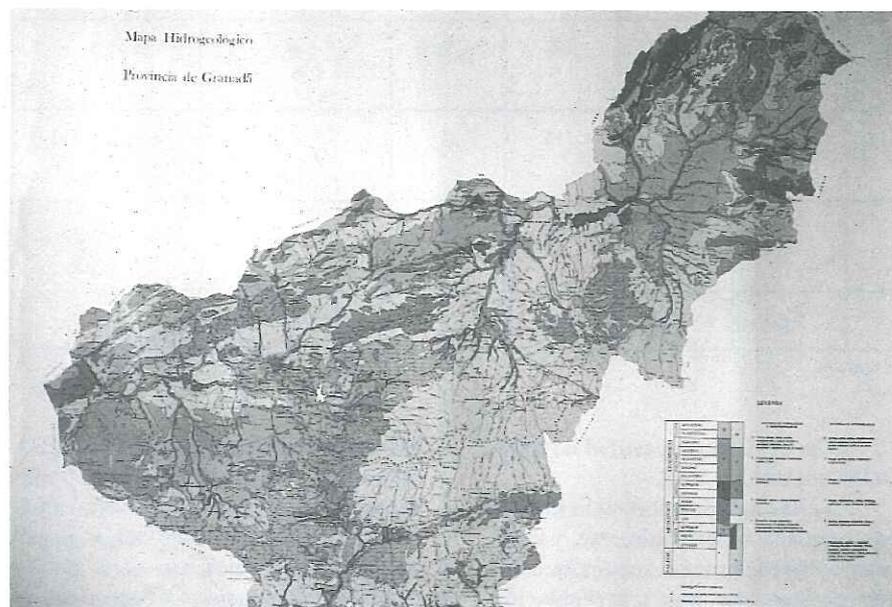
3) Subcuencas con embalses que reciben aportes de acuíferos explotados

En este caso la interferencia de la regulación por bombeos sobre la superficial se puede considerar, en principio, negativa. No obstante, aquella va a depender del balance existente entre diferentes factores: aportación hídrica total, capacidad de embalse, volumen regulado, demanda satisfecha, localización de los lugares de demanda, volumen de agua subterránea explotado, etc... El análisis de todos estos condicionantes puede dar lugar a diferentes situaciones:

1) El sistema hidráulico superficial es por sí sólo capaz de regular toda la aportación hídrica, y satisfacer todas las demandas con una garantía muy alta. Por consiguiente, cualquier explotación de agua subterránea da lugar a interferencia.

2) El sistema hidráulico superficial no es capaz de regular toda la aportación hídrica, y/o bien la garantía es baja, y/o bien no es posible satisfacer completamente las demandas, especialmente de abastecimiento, en las zonas situadas aguas arriba de los embalses. En estos supuestos, la explotación del agua subterránea, si se realiza adecuadamente, será positiva.

Dada la complejidad de las subcuencas indicadas en el Cuadro 6, el número de embalses y unidades hidrogeológicas que están relacionados entre sí es muy elevado, no es posible efectuar una síntesis adecuada de la si-



Mapa hidrogeológico de la provincia de Granada.

Cuadro 7.-ZONAS SITUADAS AGUAS ABAJO DE LA REGULACION SUPERFICIAL

| SUBCUENCA | APORTACION HIDRICA | | | REGULACION SUPERFICIAL | | | REGULACION POR BOMBEO hm³/a | UNIDAD HIDROGEOLOGICA |
|--|--------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|---|
| | Sup. hm³/a | Sub. hm³/a | Total hm³/a | Capacidad hm³/a | Volumen regulado hm³/a | Uso del embalse | | |
| Rumblar hasta el Guadalquivir | 6 | 8 | 14 | | | | 3 | 24, 25 |
| Guadamellato hasta Guadalquivir | 7 | 1 | 8 | | | | 0 | 45 |
| Bembezar hasta Guadalquivir | 120 | 3 | 123 | | | | 1 | 45 |
| Retortillo hasta Guadalquivir | 10 | 2 | 12 | | | | 0 | 45, 49 |
| Huesna hasta el Guadalquivir | 36 | 1 | 37 | | | | 0 | 45, 49 |
| Viar hasta Guadalquivir | 82 | 1 | 83 | | | | 0 | 45, 49 |
| Riberas de Cala y Huelva hasta el Guadalquivir | 100 | 122 | 187 | | | | 5 | 45, 49 |
| Guadiana Menor hasta Guadalquivir | 65 | 122 | 187 | | | | 22 | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 30 y 31 |
| Guadalmena, Guadalén, Guarrizas y Guadalquivir hasta el río Campillo | 140 | 140 | 280 | | | | 0 | 1, 2, 23 y 26 |
| Campillo hasta el Guadalquivir | 137 | 78 | 449 | | | | 29 | 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21 y 26 |
| Almendrilla | 372 | 77 | 449 | | | | 33 | 22, 26, 27 y 35 |
| Genil y Corbones hasta el Guadalquivir | 523 | 347 | 870 | 70 | 23 | R, A | 100 | 47, 48 y 52 |
| Guadamar-Monte Marismas | 20 | 266 | 285 | 50 | 15 | | 60 | 50 y 51 |
| Guadalquivir hasta el mar desde | 697 | 262 | 959 | | | | 38 | 26 y 46 |
| TOTAL | 2.315 | 1.312 | 3.627 | 120 | 38 | | 291 | |

E uso hidroeléctrico. A uso abastecimiento. R uso regadío.

tuación existente actualmente. La toma de decisiones, que es preciso afrontar en estas zonas, pasa por la necesidad de realizar estudios, para cada caso concreto, que determinen el mayor o menor grado de interferencia entre los distintos intereses implicados en las diferentes alternativas que se pueden plantear.

Zonas situadas aguas abajo de la regulación superficial

Aguas abajo de los límites marcados por la actual regulación superficial, prácticamente la única posibilidad de regulación que existe es la subterránea.

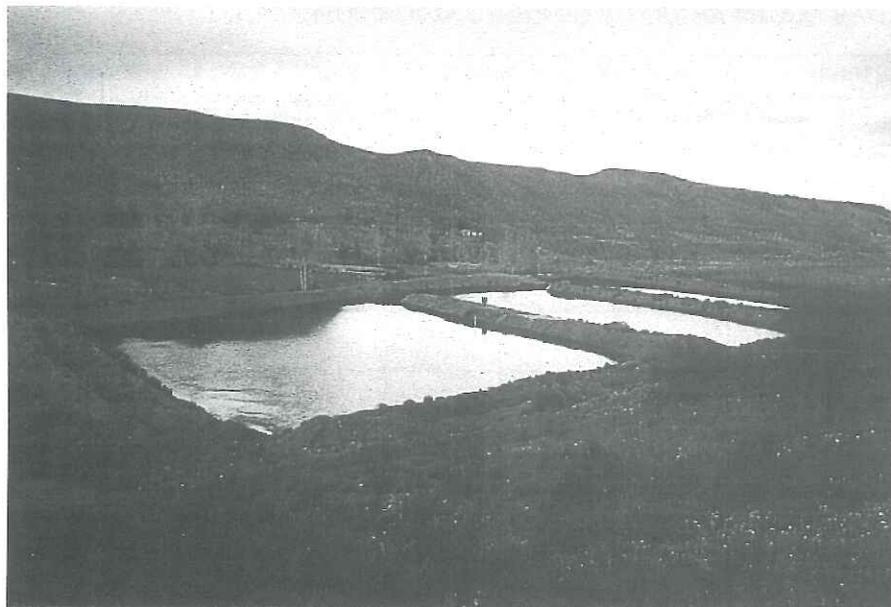
En esta zona se ubican precisamente grandes embalses subterráneos (**Cuadro 7**) cuya explotación, si se realiza adecuadamente, se estima, podría doblar las disponibilidades actuales de agua subterránea en esta zona.

La recarga artificial en el uso conjunto

La recarga artificial puede jugar un papel muy importante en el marco general de la planificación hidrológica, puesto que la misma *puede actuar como puente de unión en el uso conjunto aguas superficiales-aguas subterráneas al permitir la utilización del acuífe-*

ro como un embalse regulador, en lugares donde se disponga de períodos excedentarios de agua, y donde, por razones de tipo económico, ecológico o geotécnico resulte más conveniente almacenar agua en las estructuras subterráneas para lograr una explotación más racional de los recursos en coordinación con todos los elementos que determinan el régimen hidrológico de una cuenca.

A este respecto, en la Cuenca del Guadalquivir, el ITGE y la Confederación Hidrográfica han puesto en marcha una serie de experiencias encaminadas a incrementar las disponibilidades de agua para períodos en los que se produce un fuerte déficit.



Recarga artificial en la Vega de Guadix con el agua de bombeo de la Mina de Alquife.

Hasta el momento, las cuatro instalaciones piloto sobre las que se han efectuado un mayor número de ensayos son las siguientes:

Recarga artificial en la Vega de Guadix

En la Comarca de Guadix, provincia de Granada, se encuentra una superficie de 3.000 ha de regadío, a ambas márgenes del río Verde; dedicadas al cultivo de hortalizas, verduras y frutales. Durante invierno y primavera, las galerías y pozos que suministran el agua para riego dan caudales elevados; sin embargo a finales de verano, sufren una gran merma, llegándose a secar las situadas aguas arriba. Este hecho conduce a que sólo se siembra entre el 30 y el 50 por ciento de la superficie disponible; con un déficit hídrico estimado entre 1 hm³ en años medios y 2,5 hm³ en años secos.

Aguas arriba y en el mismo acuífero se encuentra la mina de Alquife, situada en la altiplanicie del Marquesado, que requiere para su explotación, la realización de un importante bombeo en el acuífero, para el drenaje del yacimiento. El caudal 220 l/s (7 hm³/a) de bombeo excedente es vertido directamente a río Verde aguas arriba de la zona regable. Estos se utilizan durante la época de riego, pero en el mejor de los casos sólo son aprovechados el 50%; durante el resto del año el agua se pierde al no existir un sistema de regulación.

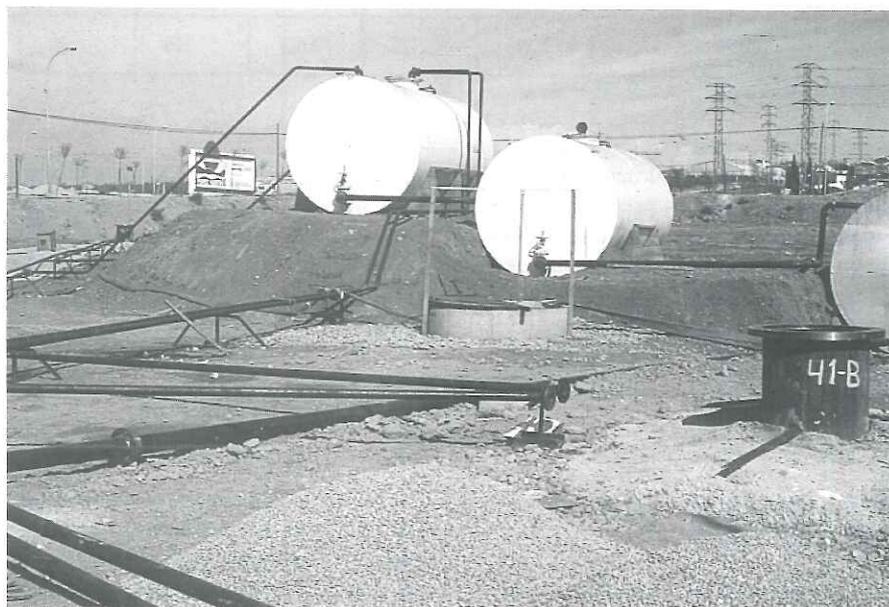
Esta situación, discordante entre necesidades (demandas) y disponibilidad de recursos, puede superarse mejorando la regulación hídrica, utilizando la capacidad de almacenamiento del acuífero de Guadix. La operación se planteó desde 1984, como un proceso de recarga en el acuífero asociado a los depósitos detríticos de la «Formación Guadix» (corresponde a secuencias de gravas, arenas y limos del Pliocuatnario, con un espesor entre 80 y 300 metros y una transmisividad entre 80 m²/día y 800 m²/día), con los excedentes invernales existentes en la cabe-

cera de la Vega y en particular de los volúmenes vertidos por la explotación minera (Mina de Alquife). Este proceso de regulación se completa con el bombeo parcial mediante una batería de sondeos realizada por el ITGE, de parte de los caudales infiltrados anteriormente en el acuífero.

El dispositivo de recarga que funciona desde 1984, actualmente consta de seis balsas alcanzándose una superficie máxima de infiltración de 11.500 m² y un volumen de agua almacenada de hasta 35.000 m³. El agua procede del drenaje de la mina de Alquife y salvo casos excepcionales, el caudal no baja de 200 l/seg; la calidad es óptima careciendo de materia en suspensión, presenta bajo contenido en flora bacteriana y una composición química similar a la del acuífero, lo que favorece que no se produzcan reacciones perjudiciales.

El dispositivo de control consta de más de 20 puntos de observación, algunos de ellos instalados con sistemas de registro continuo y el de recarga-explotación, se ha diseñado para obtener un volumen anual de 2,3 hm³/a, mediante bombeo. La viabilidad de la recarga ha venido condicionada a la rentabilidad de la operación teniendo en cuenta, las inversiones como creación de la infraestructura necesaria para llevar a cabo la recarga a nivel industrial, los costes y las amortizaciones para un período de 20 años y el de explotación.

La primera experiencia se realiza, en el invierno de 1984 a 1985. Duran-



Descontaminación de hidrocarburos en el acuífero de la Vega de Granada mediante técnicas de vacío en la zona no saturada y saturada.

Cuadro 8

| | 1º ensayo | 2º ensayo | 3º ensayo |
|--|---------------|---|---|
| Duración | 4-12 julio/90 | 5-15 abril/91 | 24/5 a 6/8 del 92 |
| V. Recargado (m³) | 35.000 | 76.000 | 326.000 |
| Q medio (l/s) | 45 | 78 | 38 |
| Ascenso máximo (m) | 4,58-2,62 | 5,23-0,53 | 5,12-0,92 |
| Cap. infiltración media (m/día) | 8 | 14 | 9 |
| Ascensos residuales (15 días) | | 1,52-0,49 | |
| Tm²/día | | 420 (J) y 305 (T) | 305 (J) y 305 (T) |
| C. Almacenamiento | | 16×10 ⁻² (J) y 9×10 ⁻² (T) | 11 a 28×10 ⁻² (J) y 9 a 32×10 ⁻² (T) |
| Superficie efectuada por la recarga (m²) | | | 320.000 |

te los tres meses que se recargó el acuífero, el volumen total infiltrado fue de 1.103.330 m³. La distribución mensual de ese volumen fué la siguiente:

| | Diciembre (1984) | Enero (1985) | Febrero (1985) |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Volumen infiltrado (m³/mes) | 343.451 | 550.731 | 208.654 |

Durante los dos inviernos siguientes, los regantes de la zona utilizaron las balsas de recarga, inyectando, el orden de 90 l/s continuos, durante tres o cuatro meses.

La experiencia realizada en el invierno de 1988 a 1989 estuvo orientada a la confección de un modelo matemático de flujo en régimen transitorio. El tiempo de duración total de la prueba fue de ochenta y ocho días, en los que se infiltraron cerca de 600.000 m³ de agua: un volumen medio diario de 6.800 m³ dadas las frecuentes variaciones del caudal de entrada disponible y su menor entidad frente a la prueba de 1984-85.

La determinación de la red de flujo bajo las balsas de recarga se realiza en base a las medidas en piezómetros puntuales instalados a diferente profundidad. Cuando el nivel bajo las balsas alcanza el fondo de éstas, no se produce una disminución de la capacidad de infiltración, pues la expansión del agua recargada favorecida por la buena permeabilidad horizontal, tiene lugar preferentemente en este sentido.

Durante la prueba de 1988-89 se

observó una velocidad de propagación del domo piezométrico que osciló entre 50 y 75 metros/día según los piezómetros. A partir de la reconstrucción de las equipotenciales y la definición de las líneas de flujo se observa que el domo de inyección es anisótropo con menor pendiente en el sentido del flujo natural del acuífero. Bajo las balsas el flujo es vertical en los metros primeros, pero rápidamente se sitúa prácticamente horizontal, a tan sólo 100-150 metros de distancia.

El volumen disponible mediante la recarga constante en la época invernal, y nocturna en otros períodos del año,

podría ascender a 5,2 hm³/a. De este volumen por la configuración geométrica y características hidrogeológicas del acuífero, se estima que podría recuperarse un 80%, mediante la adecuada explotación de la batería compuesta por 4 sondeos realizados por el ITGE y situados aguas abajo de las balsas.

Recarga en el acuífero de las «Calcarenitas de Carmona»

La zona de la experiencia de recarga, se localiza a 10 Kilómetros al Sur de la ciudad de Sevilla, dentro del término municipal de Dos Hermanas, y a una distancia aproximada de 1 Km, del Canal del Bajo Guadalquivir.

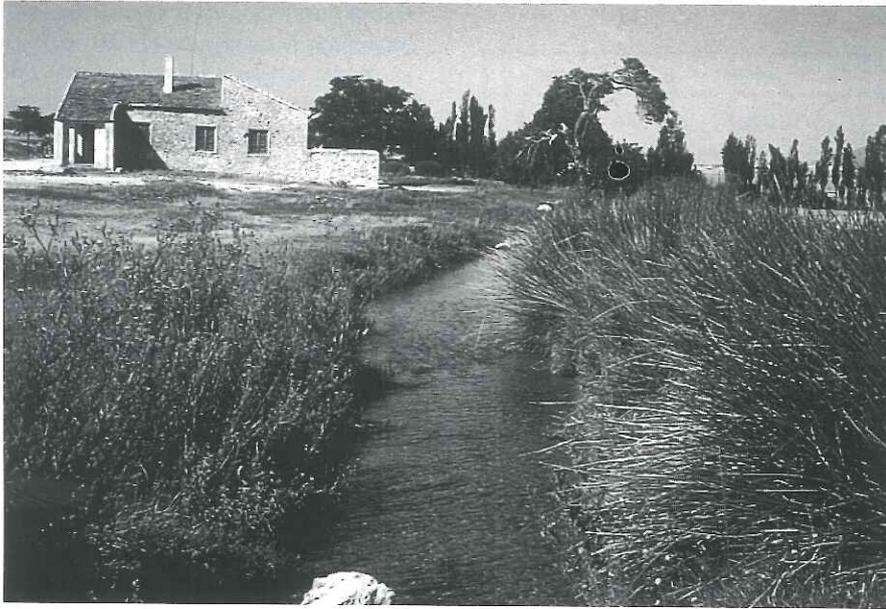
En la zona, tradicionalmente de secano, se ha producido durante los últimos años, un considerable aumento de los cultivos de regadío (fundamentalmente olivar, cítricos, algodón y alfalfa) que son atendidos con aguas superficiales procedentes del canal del Bajo Guadalquivir, y con aguas subterráneas captadas en la unidad hidrogeológica, mediante pozos y sondeos.

Las calcarenitas de Carmona constituye un acuífero detrítico, con una superficie de afloramiento de unos 150 Km², que se encuentra conectado hidráulicamente con las diferentes terrazas del río Guadalquivir. El conjunto conforma el sistema acuífero Sevilla-Carmona, que ocupa una extensión superficial de 1.150 Km².

El déficit para la totalidad de la unidad de las calcarenitas de Carmona,



Ensayo de infiltración en materiales aluviales del aluvial de Deifontes.



Vegetación de ribera asociada al manantial de Bugéjar (Unidad de La Zarza) entorno ecológico/recreativo necesario a proteger.

asciende a unos 9,5 hm³/año (año 1987). Este déficit se traduce en un notable y generalizado descenso de los niveles piezométricos, que en las zonas de mayor explotación llega a alcanzar los 10 metros (período 1966-1987).

La formación permeable, constituida por areniscas calcáreas (calcarenitias), presenta en la zona un espesor medio de 40 metros, encontrándose recubierta por una formación margo-limosa, de baja permeabilidad, de unos 6 metros de potencia. El muro impermeable lo forman las margas azules del Tortoniense.

Para la puesta en marcha de las experiencias de recarga artificial, se realizaron una serie de obras básicas de infraestructura, necesarias para llevar el agua hasta la zona de recarga y posibilitar su infiltración en el terreno y una serie de obras complementarias necesarias para el seguimiento de los ensayos.

Se llevaron a cabo un total de 4 ensayos de recarga artificial. Los tres primeros mediante sistemas de superficie (recarga en balsa) y el último mediante recarga en profundidad.

– *Ensayos de recarga en superficie.* Los ensayos se realizaron introduciendo agua del canal del Bajo Guadalquivir, sometida a un proceso de decantación previa, en una balsa de infiltración. Los resultados obtenidos se reflejan en el cuadro nº 8.

– *Ensayo de recarga en profundidad.* Se llevó a cabo un cuarto ensayo empleándose, en este caso, el método

de recarga en profundidad. Para su realización fue necesaria la construcción de un pozo de 9,5 metros de profundidad y 1,20 metros de diámetro, con una superficie útil de infiltración de 28 m².

El agua bombeada desde el canal del Bajo Guadalquivir, se introdujo por gravedad en el interior del pozo a través de una tubería de PVC, instalada al efecto, y tras ser sometida a un proceso previo de decantación. El caudal medio, para los 7 días del ensayo, resultó ser de 6.8 l/s. El volumen total infiltrado fue de unos 3.600 m³, lo que supone una tasa de infiltración media, considerando una superficie útil de recarga de 28 m², de 18 metros/día.

Se puede afirmar que el método de recarga artificial resulta técnicamente viable y altamente eficaz para mejorar la regulación de los recursos hídricos en la unidad acuífera de las calcarenitas de Carmona.

Para una hipótesis conservadora, considerando coeficientes medios de infiltración de 5 m/día, sería necesaria una superficie útil de infiltración de 1,5 hectáreas para recargar los 9,5 hm³/año en que se evalúa el déficit actual para la totalidad de la unidad de las calcarenitas de Carmona en un período de operación de 4 meses/año.

Aluvial Bajo Guadalquivir

El acuífero aluvial del Bajo Guadalquivir se extiende principalmente

en su margen izquierda, ya que en la margen derecha son escasos los depósitos aluviales del río.

En esta zona se sitúa una extensa superficie de riego de más de 18.000 Ha. en el Valle Inferior y 12.000 Ha. en el Bajo Guadalquivir, y cuya demanda se satisface básicamente con aguas de superficie. Para esto se ha construido una red de canales y acequias que parten de dos canales principales: Canal del Bajo Guadalquivir, que enlazan la zona de riego con los embalses situados aguas arriba. No obstante se producen períodos en los que las disponibilidades de agua no son suficientes para satisfacer la demanda existente.

Una de las medidas que se ha considerado más idónea y operativa a corto plazo es la de la explotación del acuífero aluvial del Bajo Guadalquivir mediante pozos que aportarán el agua necesaria para cubrir el déficit que se produce en los períodos antes indicados. Estos pozos verterán directamente sobre los canales de distribución en diferentes puntos. La explotación propuesta debe garantizar los bombeos que se realizan actualmente y los que se realizarán en el futuro, por ello se ha considerado la viabilidad de recarga artificial utilizando el acuífero como embalse subterráneo regulador de una parte de los excedentes invernales no regulados, y que serán extraídos posteriormente mediante bombeo durante las épocas estivales en las que la demanda supera los recursos disponibles suministrados por la actual infraestructura de regulación artificial.

La zona seleccionada corresponde a la margen izquierda del río, siendo sus límites, por un lado el propio río Guadalquivir y por el otro canal del Bajo Guadalquivir.

En la margen izquierda del río se extiende un acuífero constituido por gravas, arenas, limos y arcillas correspondientes a sus terrazas aluviales. En casi toda la zona, sobre esta formación permeable se sitúa una capa arcillosa, de espesor variable entre menos de 1 m y más de 10 m, donde se desarrollan potentes suelos.

El dispositivo de recarga se ha diseñado teniendo en cuenta las características geológicas de la zona, impermeable en superficie, lo que desecha en principio la recarga en superficie, y la calidad del agua a utilizar, posiblemente con sólidos en suspensión. Estos condicionantes, aconsejan que la recarga se establezca como un dispositi-

vo mixto de zanja rellena de arena y grava que actúe de filtro y sondeos dentro de éstas que atravesarán totalmente el acuífero hasta tocar la base impermeable del mismo.

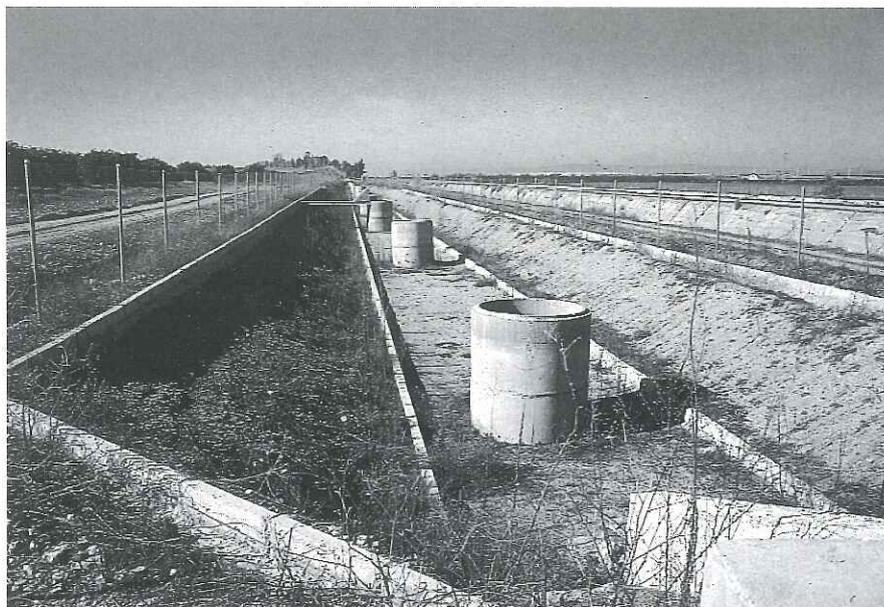
El agua disponible procederá del canal del Bajo Guadalquivir y será elevada mediante bombeo hasta una balsa de decantación donde se eliminarán gran parte de los sólidos en suspensión. Posteriormente el agua recorrerá la zanja de recarga, donde una vez filtrada pasará seguidamente a los sondeos de recarga que la introducirán en el acuífero. La recarga se realizará a partir de varias unidades de recarga distribuidas en diferentes zonas a lo largo del canal del Bajo Guadalquivir.

Hasta la fecha se han realizado dos pruebas de corta duración en la instalación denominada de Guadajoz. En la primera de ellas, realizada en el mes de junio de 1993, no fue posible valorar con precisión tanto el efecto que el agua de recarga produce sobre el acuífero, como la posible disminución de la capacidad de recarga en la instalación, a causa de la presencia de sólidos en suspensión en el agua de alimentación. De la segunda, efectuada en el mes de marzo de 1994, se extrajeron las siguientes conclusiones:

- En las inmediaciones de la instalación de infiltración se producen ascensos piezométricos muy rápidos de hasta 3-4 m. Los descensos a los diez días de finalizada la introducción de agua se pueden evaluar por término medio en 1,5 m. Este hecho implica que la fase de descarga es más lenta que la de recarga.

- Los ascensos de nivel se cuantifican en torno a 0,5 m. en los piezómetros localizados a una distancia intermedia de la instalación de infiltración. En esta zona el desfase existente entre caudal infiltrado e incremento del nivel piezométrico es del orden de 7-10 días. Asimismo, no se han detectado descensos piezométricos durante todo el período de control. Este hecho implica que en esta zona, transcurridos 21 días desde el inicio de la recarga, todavía no ha cesado el efecto de la misma.

- El área afectada por el efecto de recarga se puede cuantificar para el día 25/3/94 en 1-1,5 Km² y para el día 5/4/94 en 2,5-3 Km². Asimismo, para la primera fecha, más del 50% del volumen de agua infiltrada se encontraba embalsada en los alrededores (aproximadamente 0,3 Km²) de la zanja de infiltración. Este porcentaje disminuía al



Experiencia de recarga artificial en las terrazas del río Guadalquivir (Guadajoz). C.H.G.

30% para la segunda fecha citada anteriormente.

- El gradiente natural del acuífero parece estar comprendido entre un uno por mil y cuatro por mil, aunque se detecta una pequeña franja que alcanza valores más elevados (seis por mil a nueve por mil).

- El efecto del domo de recarga hace que el valor del gradiente se multiplique por cinco en las inmediaciones de la instalación de recarga.

- Los ensayos de bombeo realizados en la zona permiten estimar que la permeabilidad del acuífero puede estar comprendida entre 500 m/día y 1.300 m/día. Estos valores se pueden considerar altos pero acordes con las litologías (gravas y arenas) observadas en la zona.

- El coeficiente de almacenamiento, deducido en base al área de embalse afectada por la operación de recarga, se puede cuantificar en 11 x 10⁻².

- La velocidad de circulación del agua subterránea, bajo la influencia del domo de recarga, puede cuantificarse entre 26 y 70 m/día. Por tanto, el tiempo de almacenamiento del agua recargada puede estar comprendido entre 57 y 150 días.

Estos valores deben tomarse con precaución, dado que se han deducido a partir de un número muy reducido de datos iniciales de campo. No obstante, resultan muy esperanzadores respecto a las posibilidades operacionales que presente la técnica artificial en este acuífero.

Otros ensayos de recarga artificial mediante sondeos en el acuífero de Mancha Real

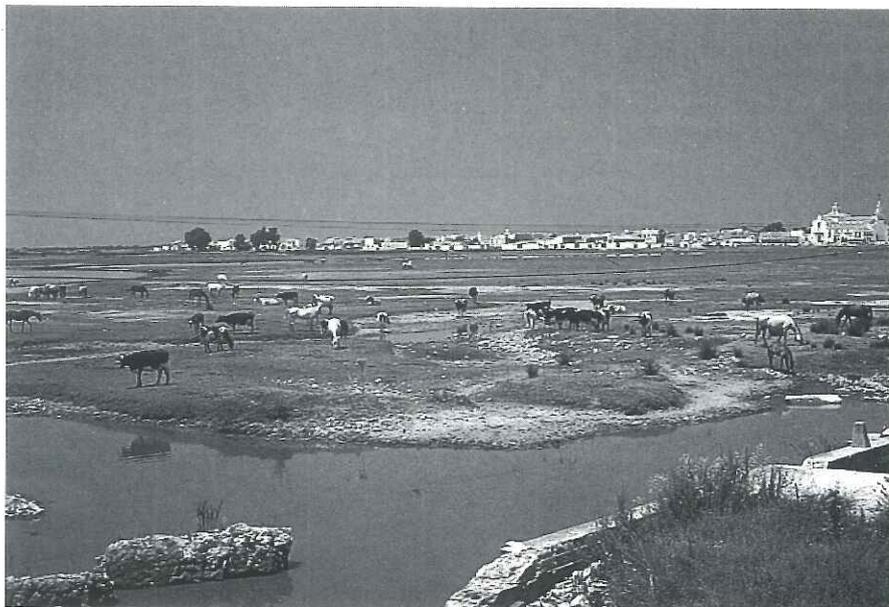
Los ensayos de recarga realizados en el acuífero Mioceno de Mancha Real han cobrado especial interés dada la creciente demanda del núcleo que se incrementa considerablemente en estiaje y en la época de funcionamiento de las aljamas (8.400 habitantes de población estable). Esta recarga ha sido planteada tomando como partida:

- La presencia de un acuífero casi agotado, declarado con riesgo de sobreexplotación, y con capacidad suficiente para recibir y regular los excedentes de agua situados en la cabecera del río Torres, procedentes de manantiales (entre 0,75-1,5 hm³/a entre octubre y marzo).

- Existencia de 2 sondeos abandonados útiles para la inyección de agua por gravedad en el acuífero (los denominados sondeos de La Barrena).

- Posibilidad de utilizar para bombeo en época de demanda alguno de los sondeos de inyección y otro sito junto a los mismos, con un dispositivo de infraestructura para trasladar el agua del núcleo que ya esta creado pues desde este sector antaño se abastecía parcialmente Mancha Real.

El acuífero donde se han realizado los ensayos tiene una superficie inferior a 1 Km² y esta constituido por calizas miocenas de espesor variable, entre 100 y 300-400 m. con bordes y sustrato impermeables compuestos por



Vista de la aldea de El Rocío junto a la Marisma. Acuífero Almonte-Marismas.

materiales margosos del Mioceno, Cretácico y posiblemente Trías. Está considerado como un acuífero libre con una porosidad por fisuración-Karsificación, entre el 1 y 4%, y con niveles de agua situados a unos 150 m. de profundidad; si bien inicialmente se encontraban entre 25-30 m. de profundidad. El volumen de acuífero vaciado, apto como almacén para la recarga estaría comprendido entre 2,5 y 5 hm³ (unas 3 veces el volumen anual de excedentes disponibles) y de 3 a 7 veces la demanda anual de Mancha Real.

Este acuífero fue objeto de una explotación importante, fundamentalmente mediante los sondeos de la Barrena hasta agosto de 1985.

El agua utilizada para la experiencia se obtuvo del sondeo de Pegalajar, uno de los que abastece actualmente a Mancha Real. Para la realización de los ensayos de recarga fue necesario acondicionar la infraestructura existente lo que comprendió la limpieza y reparación del antiguo aljibe del INC próximo a los sondeos de inyección; la conexión de la conducción de agua del sondeo de Pegalajar con el aljibe mediante tubería de 120 mm; la conexión de la arqueta de reparto con el sondeo Barrena I mediante tubería de PVC de 200 mm; y el desmonte de la instalación de bombeo del sondeo Barrena II con instalación de limnógrafo y ejecución de caseta de obra para protección.

Se realizaron dos ensayos de inyección en el sondeo Barrena I de 8

horas de duración cada uno, con el seguimiento de la evolución piezométrica durante 5 días tras el primer ensayo y 5 meses tras el segundo, así como el seguimiento de las características hidroquímicas realizando inclusive registros verticales de conductividad y temperatura.

Los ensayos han servido para determinar la capacidad de admisión de los sondeos y mejorar el conocimiento de los parámetros hidráulicos. El volumen recargado fue cercano a 3.500 m³.

Antes de iniciarse el primer ensayo el nivel del agua en el acuífero se situaba a 169,54 m. de profundidad en el sondeo de inyección y a 166,05 m. en el piezómetro de observación situado a 4,8 m. del anterior.

La primera inyección se llevó a cabo el 10 de mayo de 1991, distribuida en dos escalones con un ascenso total de 6,65 m. observándose una clara tendencia a la estabilización del nivel con el tiempo de inyección y una afección en el piezómetro no apreciable hasta pasados unos 15 minutos del inicio. Tras el cese de la inyección se controló el nivel durante 115 horas (14 veces al tiempo de inyección) y aún quedaba un ascenso residual de 1,09 m. (16% del ascenso provocado).

La segunda inyección se llevó a cabo el día 15 de mayo y tuvo una duración de 425 minutos a un caudal de 67 l/s. Se inició con el nivel de agua a 164,96 en el piezómetro, que no se afectó con la inyección hasta pasados 8 minutos. A partir de las dos primeras

horas el nivel estaba prácticamente estabilizado con un ascenso máximo provocado de 5,80 m. (6,89 si se considera el ascenso residual que quedaba de la fase anterior).

De la interpretación de los datos obtenidos se dedujo la existencia de barreras hidráulicas coherentes con la estructura del acuífero; las transmisividades obtenidas estarían comprendidas entre 250 y 1.000 m²/día en el entorno del punto de inyección y el valor del coeficiente de almacenamiento, es del orden de 4 x 10⁻²-5 x 10⁻².

En síntesis, el caudal máximo de admisión del sondeo Barrena I calculado, sería superior a 200 l/s con un nivel dinámico a más de 130 metros; el volumen de agua potencialmente almacenable en el acuífero sería de unos 4,3 hm³; contando con los excedentes evaluados en la cabecera del río Torres (0,75-1,5 hm³/año), tal volumen se podría recargar en el plazo de 3-6 años, quedando el nivel estático en los sondeos de la Barrena a unos 30-40 metros de profundidad.

Las aguas subterráneas como parte esencial de los abastecimientos públicos

El constante incremento de la demanda de agua para los diferentes usos tradicionales, a los que hay que unir los de carácter ecológico y recreativo, unido al progresivo deterioro de la calidad, está encareciendo su disponibilidad en las condiciones adecuadas. Esta situación obliga cada día a aumentar esfuerzos y disposición de medios para la necesaria planificación, correcta aplicación y debida protección de este recurso de importancia vital.

Las especiales características, y condiciones naturales de las aguas subterráneas, las hacen ideales para su uso en abastecimiento urbano. En este sentido, su distribución espacial, la extensión superficial de los acuíferos, protección ante los agentes contaminantes y fácil aplicación a la demanda, las sitúan en multitud de casos, en un lugar relevante ante otras alternativas. Desgraciadamente no siempre es posible resolver un problema de abastecimiento público con aguas subterráneas. Para ello es preciso que se cumplan una serie de condiciones que, de forma breve, se pueden sintetizar en:

- Calidad de agua adecuada con

Cuadro 10

| Unidad Hidrogeológica | Espacio natural protegido |
|---|---|
| 5.1 SIERRA DE CAZORLA | Cazorla, Segura y Las Villas |
| 5.2 QUESADA-CASTRIL | Cazorla, Segura y Las Villas |
| 5.3 DUDA-LA SAGRA | Sierra de Castril |
| 5.6 ORCE-MARIA | Sierra de María |
| 5.11 SIERRA DE BAZA | Sierra de Baza |
| 5.20 ALMADEN CARLUCA | Sierra Mágina |
| 5.21 SIERRA MAGINA | Sierra Mágina |
| 5.26 ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR (Córdoba-Jaén) | Laguna Grande Alto Guadalquivir |
| 5.30 SIERRA ARANA | Sierra de Huétor |
| 5.31 PADUL-LA PEZA | Sierra de Huétor-Sierra Nevada |
| 5.35 SIERRA DE CABRA-GAENA | Sierra Subbética |
| 5.36 RUTE-HORCONERA | Sierra Subbética |
| 5.37 ALBAYATE-CHANZAS | Sierra Subbética |
| 5.42 TEJEDA-ALMIJARA-LOS GUAJARES | Tejeda y Almirajara Acantilados de Maro-Cerro Gordo |
| 5.45 SIERRA MORENA | S ^a de Hornachuelo, Sierra Norte, Sierra de Aracena y Picos de Aroche |
| 5.51 ALMONTE MARISMAS | Laguna de Palos y Las Madres. Doñana y Entorno de Doñana |
| 5.50 PUERTO REAL-CONIL | Bahía de Cádiz |
| 5.61 VEJER-BARBATE | Acantilado y Pinar de Barbate |
| 5.64 SIERRA DE GRAZALEMA | Sierra de Grazalema |

suficientes garantías de su mantenimiento en el tiempo.

– Condiciones geológicas, hidráulicas y circunstanciales apropiadas, para permitir la captación, aprovechamiento y aplicación del recurso en cantidad, constancia y regularidad suficientes para garantizar en el tiempo su disponibilidad.

– Existencia de la demanda, que haga oportuna la aplicación de las aguas subterráneas, como solución única o alternativa, al problema planteado.

El 30% de la población española se abastece con aguas subterráneas. En el caso de Andalucía este porcentaje asciende al 45%, muy lejos todavía de los que se alcanzan en Europa, donde, por citar algunos casos, se llega al 73% en Francia, 88% en Italia y al 99% en Dinamarca. En España, el grado de conocimiento, seguimiento y control técnico de los acuíferos subterráneos, puede considerarse aceptable, no obs-

tante, hay que resaltar, que es necesario profundizar y mejorar conocimientos e infraestructuras al respecto.

En el año 1993, la D.G.O.H. y el ITGE, realizan EL CATALOGO DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DE LA ESPAÑA PENINSULAR E ISLAS BALEARES, en el que se contemplan 369 unidades hidrogeológicas que se extienden sobre una superficie de 166.000 Km², con unos recursos propios (infiltración) que superan los 19.000 hm³/año, y un grado de aprovechamiento por bombeo, inferior al 25%, cifras estas que, por sí solas, justifican la importancia de las aguas subterráneas en la gestión integral del agua.

En las cuencas del Guadalquivir, Guadalete y Barbate, 13.350 Km² de su superficie está ocupada por acuíferos subterráneos, distribuidos en 64 Unidades Hidrogeológicas, dicha superficie representa el 21% de la total, que asciende a 63.900 Km².

Los recursos potenciales (infiltración) estimados para el conjunto de los acuíferos, son del orden de 2.000 hm³/año, con un grado de aprovechamiento por bombeo, inferior a los 500 hm³/año, lo que equivale a menos del 25% de los totales.

Situación actual de los abastecimientos a núcleos urbanos en las Cuencas del Guadalquivir y Guadalete Barbate

En las cuencas del Guadalquivir, Guadalete y Barbate, la demanda bruta para abastecimiento urbano, alcanza una cifra conjunta del orden de los 478 hm³/año, concentrándose preferentemente en las zonas de la Vega del Guadalquivir y costa noroccidental de Cádiz, donde se detectan importantes déficits.

La demanda urbana es atendida mayoritariamente por aguas superfi-

ciales, evaluándose en 3.800.000 personas la población abastecida con aguas procedentes de embalses. El resto de la población, *es decir, 830.000 personas (18%) se abastecen con aguas subterráneas, siendo posible y deseable incrementar este porcentaje.*

En los Proyectos de Directrices de los Planes Hidrológicos, que es de donde provienen las anteriores cifras, se estima una demanda por este concepto para el año 2002, cifrada en 545 hm³/año, lo que hace prever un agravamiento de la situación deficitaria como tendencia general.

Unidades hidrogeológicas susceptibles de ser declaradas de uso prioritario para abastecimiento urbano

Es evidente, que el problema que plantean los abastecimientos urbanos, va a necesitar para su solución satisfactoria, de nuevos recursos hídricos, no disponibles para este fin en la actualidad. Los límites a que se está llegando en la regulación superficial en estas cuencas, los aprovechamientos de las aguas subterráneas, aún bajos, junto con aspectos de este recurso hídrico, relacionados con su propia presencia en la naturaleza, protección y gestión, aconsejan, allí donde es posible y oportuno, darles un carácter prioritario como fuente de abastecimiento urbano.

Teniendo en consideración los criterios anteriormente aludidos de, disponibilidad del recurso en cantidad y calidad suficientes, garantía de suministro en el tiempo en condiciones adecuadas y existencia oportuna de la demanda, las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir, Guadalete y Barbate, susceptibles de ser declaradas de uso prioritario para abastecimiento urbano, independiente de los aprovechamientos existentes para agricultura e industria, son:

- 05.01.- SIERRA DE CAZORLA;
- 05.02.- QUESADA-CASTRIL;
- 05.04.- HUESCAR-PUEBLA DE DON FADRIQUE;
- 05.06.- ORCE - MARIA;
- 05.11.- SIERRA DE BAZA;
- 05.12.- GUADIX-MARQUESADO;
- 05.13.- EL MENCAL;
- 05.14.- BEDMAR-JODAR;
- 05.15.- TORRES-JIMENA;
- 05.16.- JABALCUZ - LA GRANA;
- 05.17.- JAEN;
- 05.18.- SAN CRISTOBAL;
- 05.19.- MANCHA REAL-PE-



Raya Real. Acuífero Almonte-Marismas.

- GALAJAR;
- 05.20.-ALMADEN-CARLUCA;
- 05.21.-SIERRA MAGINA;
- 05.22.-MENTIDERO-MONTESINOS;
- 05.28.-MONTES ORIENTALES. SECTOR NORTE;
- 05.29.-SIERRA COLOMERA;
- 05.30.- SIERRA ARANA;
- 05.31.- PADUL-LA PEZA;
- 05.32.-DEPRESION DE GRANADA;
- 05.34.-MADRID - PARAPANDA;
- 05.35.-SIERRA CABRA-GAENA;
- 05.36.-RUTE-HORCONERA;
- 05.37.-ALBAYATE-CHANZAS;
- 05.38.-PEDROSO - ARCAS;
- 05.40.-SIERRA GORDA;
- 05.41.-CHOTOS-CORTIJO HIDALGO;
- 05.42.- TEJEDA-ALMIJARA;
- 05.43.-SIERRA DE ESTEPA;
- 05.45.-SIERRA MORENA;
- 05.49.-NIEBLA - POSADAS;
- 05.51.-ALMONTE-MARISMAS;
- 05.54.-ARCO-BORNOS-ESPERA;
- 05.60.-SIERRA DE LAS CABRAS.

Muchas de estas unidades tienen importantes recursos escasamente regulados, una buena calidad de sus aguas, y una situación estratégica con respecto a áreas donde existen importantes déficit crónicos o estacionales en el abastecimiento, difícilmente subsanables mediante otras soluciones alternativas. En este sentido, *cabe destacar las actuaciones que se están llevando a cabo, actualmente, en unidades como la Sierra de Cazorla, Quesada-Castril, Depresión de Granada, Sierras de Cabra-Gaena, Rute-Horconera y Niebla-Posadas, para apoyar abastecimientos mancomunados o*

puntuales que implican a un gran número de habitantes.

Otro grupo de unidades, cuyos recursos son menores y su explotación, es en algunos casos, cercana al máximo aconsejable, de los que se vienen abasteciendo un importante número de núcleos aislados mediante captaciones, es el de las unidades de Bedmar-Jódar, Jaén, San Cristóbal, Mancha Real-Pegalajar, Chotos-Cortijo Hidalgo, Sierra de Estepa, calcarenitas de Carmona y otras, estando algunas declaradas en riesgo de sobreexplotación o en estudio para evaluar la posibilidad de creación de las oportunas figuras de protección. Estas unidades deberían en el futuro quedar destinadas exclusivamente al abastecimiento de los núcleos, que captan sus recursos en la actualidad.

Un caso particular corresponde a la unidad 05.54 Arcos-Bornos-Espera, donde, en la actualidad, los núcleos urbanos de Arcos de la Frontera, Bornos y Espera se abastecen con aguas subterráneas procedentes de la misma. La población abastecida se acerca a los 40.000 habitantes y el agua consumida supera los 26 hm³/año. Si unimos la explotación de la unidad con la del embalse de Bornos, cuya presencia junto a las propias características litológicas y estructurales de este acuífero podrían permitir la aplicación de una recarga artificial inducida con aguas procedentes de dicho embalse, cuando éstas sean excedentarias, circunstancia que permi-

te afirmar que la importante demanda urbana que se localiza en la zona puede ser atendida con plena garantía.

Por último, existe otro grupo de unidades no incluidas en la actualidad dentro del Catálogo Nacional de Unidades Hidrogeológicas, aunque está en estudio su incorporación, que juegan un papel fundamental en el abastecimiento de numerosos núcleos de población (Grajales-Pandera, Alcalá la Real-Santa Ana, Cabra de Santo Cristo-Solera-Sierra de Larva, Ahillo-Caracolera, San Pedro-La Rábida, Gante-Santerga, Sierra de Lijar).

Argumentos como los expuestos parecen suficientes para justificar la decisión de que las Unidades Hidrogeológicas, cuyas características y circunstancias se han esbozado, sean declaradas como de uso prioritario para abastecimiento público, debiéndose hacer extensiva esta decisión al resto de acuíferos, no englobados en ninguna de las Unidades Hidrogeológicas catalogadas, pero tradicionalmente vinculados a la demanda urbana que plantean multitud de municipios aislados.

La importancia de la hidrogeología en los espacios naturales de la cuenca

El estudio de las interrelaciones entre la hidrogeología, la configuración del paisaje, y el mantenimiento de especiales vegetales y animales en los espacios naturales se considera de especial interés para:

- * La conservación de humedales en sentido amplio.
- Entornos relacionados con manantiales histórico-culturales o surgencias diseñando programas de recuperación de manantiales, inclusive mediante bombeo en sectores próximos.
- Sectores ganadores de cauces con vegetación de ribera.
- Zonas húmedas ligadas a lagunas o marismas en las que el agua subterránea juega un papel esencial.
- Conservación de «pastizales» de montañas relacionados con formaciones geológicas superficiales y presencia de escorrentía subterránea superficial.

* La conservación del recurso agua en cantidad y calidad, evaluando el grado de explotación actual y sostenible, y los posibles impactos sobre la

calidad, como garantía de los abastecimientos urbanos y de los aprovechamientos tradicionales, la incidencia de bombeos por sectores, de posibles impactos de pequeñas industrias, instalaciones domésticas, ganaderas y de vertidos urbanos, etc...

* La prevención de incendios diseñando redes de bombeo como apoyo al abastecimiento de agua desde emplazamientos estratégicos y cuya explotación pueda ser utilizada en momentos de emergencia.

* El apoyo a la conservación mediante el diseño de redes de bombeo capaces de suministrar aportaciones extraordinarias de agua en períodos de estiaje. (demanda ecológica provocada por sequías extremas).

* El conocimiento sobre la formación del medio físico-paisajístico como medio cultural.

Unidades hidrogeológicas relacionadas con espacios naturales y referencias en el Proyecto de directrices

En el **Cuadro 10** se listan las Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca, que están relacionadas con espacios naturales protegidos haciendo mención específica del nombre de estos parajes naturales.

En dicho cuadro, se aprecia que 19 Unidades Hidrogeológicas de las definidas por el MOPTMA-ITGE en esta Cuenca están relacionadas con espacios naturales protegidos, independientemente de que de la adecuada gestión sectorial en muchas otras depende la protección de enclaves ecológicos de especial interés como, entornos de manantiales, vegetaciones de ribera, etc...

Este conjunto de unidades debe constituir el núcleo principal sobre el que se ha de aplicar un programa de investigación enfocado a adquirir una base sólida que establezca el papel que la hidrogeología juega en la conservación de esos espacios.

En muchos casos estos espacios coinciden con sectores de montaña o cabecera de pequeñas cuencas, donde el caudal de base de los cauces viene ligado íntimamente a las aportaciones de origen subterráneo y/o a la circulación subterránea de la estrecha franja aluvial directamente relacionada con el cauce, caudal que se va aminorando o incrementando dependiendo de si la sección del detrítico es de mayor o menor potencia y anchura, donde cabría diseñar en cada caso un manual de funcionamiento en el que se garantizarán

los usos existentes y los caudales ecológicos mínimos, manual que analizaría desde que parte o partes del cauce sería razonable la derivación de un volumen de agua concreto, en que sectores sería necesario un caudal mayor o menor en los desembalses, etc...

En el Proyecto de Directrices del Plan Hidrológico del Guadalquivir se incluyen diferentes referencias sobre la conservación de los Espacios de entre los que cabría destacar:

3.5.1.3.-El Organismo de Cuenca realizará un estudio, durante el primer cuatrienio de vigencia del Plan, de caudales ecológicos por tramo de río, en función de las características del mismo que incluya programas hidrogeológicos que establezcan las relaciones río-acuífero en base a las características, dimensiones y variaciones en sección de la estrecha franja aluvial sobre la que discurre el cauce, que garanticen la conservación del ecosistema y permita la reproducción de las comunidades piscícolas. El resultado de dicho estudio irá corrigiendo con los Sectores y Administración implicados los valores obtenidos por la fórmula empírica de la Directriz anterior (3.5.1.2.-referida a fijar provisionalmente el caudal ecológico mínimo igual al 35% del caudal medio diario...).

3.5.1.4.-El Organismo de Cuenca realizará un estudio de zonas húmedas de acuerdo con la directriz 8.6, en el cual se evaluará las necesidades hídricas de las mismas y sus resultados se irán incorporando a la demanda ecológica de la cuenca de las sucesivas revisiones del Plan Hidrológico de Cuenca.

3.5.1.5.- Se considera, entre otras actuaciones, como apoyo al mantenimiento de especies vegetales autóctonas y conservación de la biota preexistente, la realización de estudios que determinen el papel de la recarga subsuperficial sobre formaciones geológicas recientes en sectores de humedales.

3.5.3.1.-Se fomentarán acciones de embellecimiento, mejora sanitaria y posible utilización con fines recreativos, de terrenos de dominio público cercanos a las márgenes de los ríos, incluyendo investigaciones relativas a la recuperación de manantiales para el aprovechamiento recreativo. En todo caso se cumplirá la normativa sanitaria y medioambiental en vigor, respetando los derechos concesionales existentes. ■

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

Estas son algunas de sus ventajas:

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

EJEMPLO:

Piso vivienda habitual con los siguientes capitales:

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

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

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

OTROS SERVICIOS

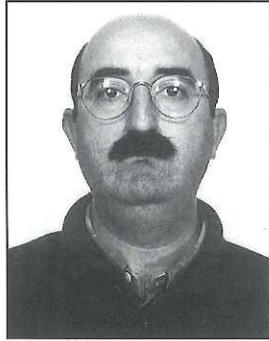
- * Seguros de Vida y Ahorro.
- * Jubilación.
- * Accidentes.
- * Automóviles.
- * Multirriesgo de Comercios.
- * Multirriesgo de Oficinas.
- * Multirriesgo de Pymes.
- * Seguros de Salud.

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

Correduría de Seguros Descalzo & Asociados, S. L.
Noria de la Paz, 15
28223 POZUELO DE ALARCON. MADRID
Tfnos: 351 27 31 / 715 79 79 - Fax: 715 79 79

Desde 1983 colaborando con el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUIFERO ALUVIAL DEL BAJO GUADALQUIVIR



Silverio Casas Ruiz

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada en el año 1982. Perteneció al Departamento de Hidrogeología de EPTISA, formando parte desde 1991 del Grupo Coordinador de ENRESA.

En este artículo se describen los trabajos realizados en el Acuífero Aluvial del Bajo Guadalquivir (Provincia de Sevilla), para aumentar los recursos de agua para regadío, gravemente afectados por la severa sequía que se viene padeciendo en los últimos años, y que ha obligado a realizar importantes restricciones en el abastecimiento de agua, tanto para consumo humano, como para regadío. Para ello se han realizado captaciones a lo largo de los canales de riego con objeto de explotar el acuífero y aumentar la disponibilidad de agua en dichos canales. Paralelamente se analizó la viabilidad de la recarga artificial del acuífero, diseñándose el dispositivo de recarga, con objeto de realizar una gestión racional de los recursos disponibles, recargando los excedentes no regulados, y explotando el acuífero en épocas en las que los recursos superficiales escasean, utilizando así el acuífero como embalse subterráneo regulador.

This paper describes the works carried out in the Alluvial aquifer of the Lower Guadalquivir (Seville), to increase the water resources available for irrigation. These have been seriously affected by the severe drought of the recent years, which has led to important water restrictions for human consumption and irrigation. Several wells have been constructed along the irrigation channels in order to exploit the underlying aquifer and increase the volume of water available for these channels. Additionally, the viability of artificial recharge of the aquifer was analyzed. The study included the design of the recharge system in such a way as to rationalize managements of available resources, by recharging the non-regulated water surplus and by exploitation of the aquifer in times when superficial resources are insufficient, so that the aquifer may be used as an underground buffer reservoir.

Introducción

La zona del aluvial del Bajo Guadalquivir comprendida entre las localidades de Lora del Río y Sevilla ha alcanzado un importante desarrollo basado fundamentalmente en la actividad agrícola, siendo, asimismo, asiento de numerosas poblaciones.

El abastecimiento a los núcleos urbanos y el regadío se realizan principalmente con agua superficial procedente de diversos embalses situados en

la cuenca, a través de los canales del Bajo Guadalquivir y del Valle Inferior del Guadalquivir, que discurren a lo largo de la margen izquierda del río, así como con la explotación del acuífero mediante los numerosos pozos existentes en el área.

Debido a la gran irregularidad de las aportaciones del río Guadalquivir, los recursos disponibles resultan insuficientes, a pesar de las importantes obras de regulación realizadas, situación que se ve agravada en épocas de sequía, como la que se viene padeciendo en los últimos años, en los que la disminución de estas aportaciones superficiales coincide con un importante descenso de los niveles de agua en los pozos, provocado por el incremento de los bombeos, fundamentalmente en períodos de riego, y por la reducción de aportes al acuífero, lo que ocasiona que gran cantidad de pozos queden secos.

Para paliar en lo posible esta situación, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir puso en marcha una

Debido a la gran irregularidad de las aportaciones del río Guadalquivir, los recursos disponibles resultan insuficientes.

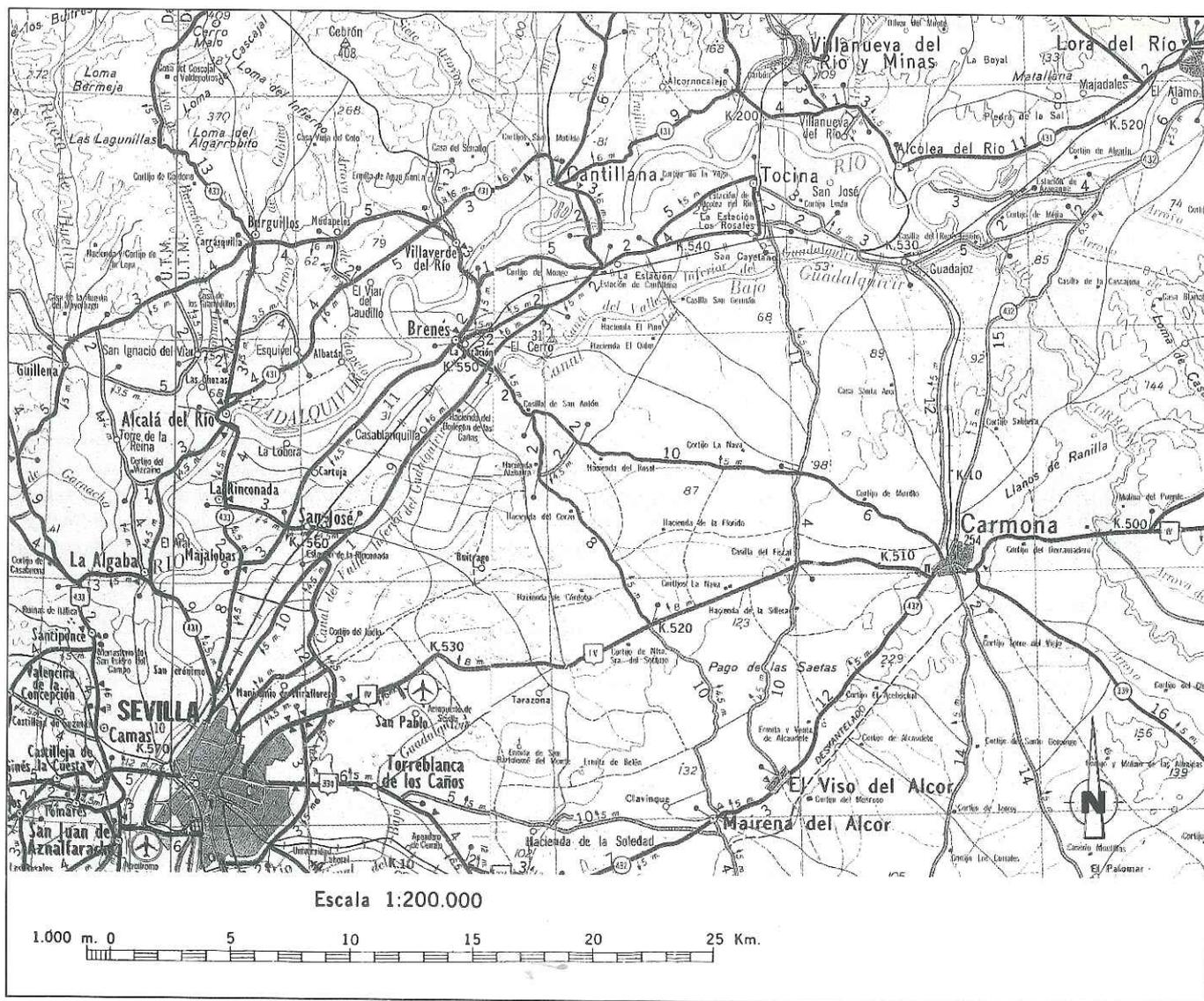


Fig. 1.—Esquema de situación de la zona de estudio.

serie de medidas urgentes encaminadas a incrementar las disponibilidades de agua para riego en estos períodos.

Una de estas medidas consistió en la realización de un estudio hidrogeológico del Acuífero Aluvial del Río Guadalquivir, con objeto de explotarlo mediante pozos realizados en las proximidades de los distintos canales de distribución, para aumentar los caudales disponibles para riego.

Durante 1989 se llevó a cabo una campaña de Geofísica Eléctrica, en la que se efectuaron 100 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), distribuidos en varios perfiles, fundamentalmente a lo largo de los canales de riego, con objeto de determinar los puntos más adecuados para la realización de las obras de captación.

Más adelante, durante 1990, se

continuó con el estudio hidrogeológico del acuífero, llevándose a cabo diversos trabajos (inventario detallado de puntos de agua, establecimiento de una red de control piezométrico, análisis de muestras de agua, ensayos de bombeo, una nueva campaña de geofísica eléctrica, sondeos de reconocimiento de pequeño diámetro, etc...). Se seleccionaron nuevos puntos para la ubicación de captaciones, realizándose la construcción e instalación de los pozos de explotación. Asimismo, se planteó la necesidad de efectuar recarga artificial en diversos puntos del acuífero, analizándose su viabilidad, con el fin de reponer, en lo posible, los volúmenes de agua extraídos con las nuevas captaciones y con las previstas, garantizando los bombeos existentes, utilizando así el acuífero

como embalse subterráneo regulador de una parte de los excedentes invernales no regulados por las obras de superficie..

Acuífero aluvial del bajo Guadalquivir

Se extiende a lo largo del río Guadalquivir, entre las localidades de Lora del Río y Dos Hermanas, principalmente en su margen izquierda, ya que los depósitos aluviales son escasos en la margen derecha.

El acuífero lo constituyen los materiales detríticos depositados por el río en las sucesivas terrazas. Se trata fundamentalmente, de gravas de diversos tamaños con matriz arenosa, en unos casos, y arenoso-arcillosa, en



Foto 1.—Exterior de uno de los pozos de bombeo.

produce principalmente en dirección norte y oeste, hacia el río Guadalquivir, que drena el acuífero a lo largo de su recorrido.

Los niveles piezométricos oscilan entre los 5 m.s.n.m. en las proximidades del río, a la altura de La Rinconada, y los 30 m.s.n.m. de Los Rosales.

La composición química del agua es variable de unos puntos a otros, tratándose fundamentalmente de aguas cloruradas-sulfatadas cálcico-sódicas, con altos contenidos en bicarbonatos.

La calidad del agua del acuífero está muy degradada, con concentraciones de Sulfatos y Nitratos que superan, en la mayoría de los puntos, los niveles aceptables para el consumo humano, presentando además, en algunos puntos, elevadas concentraciones de Nitritos y Amonio, indicio de contaminación orgánica.

La alimentación del acuífero se produce principalmente por infiltración del agua de lluvia y de los excedentes de riego, muy importantes en la zona, realizados en un alto porcentaje con aguas superficiales procedentes del río Guadalquivir. En algunos puntos se produce una alimentación importante a partir de los acuíferos del Subsistema de las Calcarenitias de Carmona.

La descarga se produce fundamentalmente al río Guadalquivir, a lo largo de su cauce, siendo importante

...se planteó la necesidad de efectuar recarga artificial en diversos puntos del acuífero, analizándose su viabilidad.

otros, sobre los que se sitúan generalmente niveles de arenas, limos y arcillas, intercalándose a veces en las gravas algunos de estos niveles.

Estos materiales están depositados sobre margas terciarias, que constituyen el sustrato impermeable del acuífero.

Casi toda la zona presenta en su parte superior un nivel de baja permeabilidad compuesto de arenas finas, limos y arcillas, con un espesor variable entre 1 y 10 metros, llegándose a superar estos valores en algunos puntos, aunque con bastante continuidad lateral.

La geometría de estos depósitos, en correspondencia con su génesis, es la de terrazas planas, escalonadas descendientemente hacia el norte y alargadas paralelamente al río Guadalquivir.

El espesor de los materiales que constituyen el acuífero (gravas y arenas) es muy variable, así como su dis-

tribución, oscilando normalmente entre 3 y 12 metros, aunque se alcanzan valores inferiores en algunos puntos, llegándose a superar, en otros, los 16 metros.

El espesor medio saturado del acuífero oscila entre 10 y 15 metros, obteniéndose caudales medios de explotación entre 20 y 50 l/sg. La transmisividad media varía entre 1.000 y 3.000 m²/día, con valores puntuales bastante mayores.

El flujo de agua subterránea se



Foto 2.—Vista general de las instalaciones de la unidad piloto de recarga.

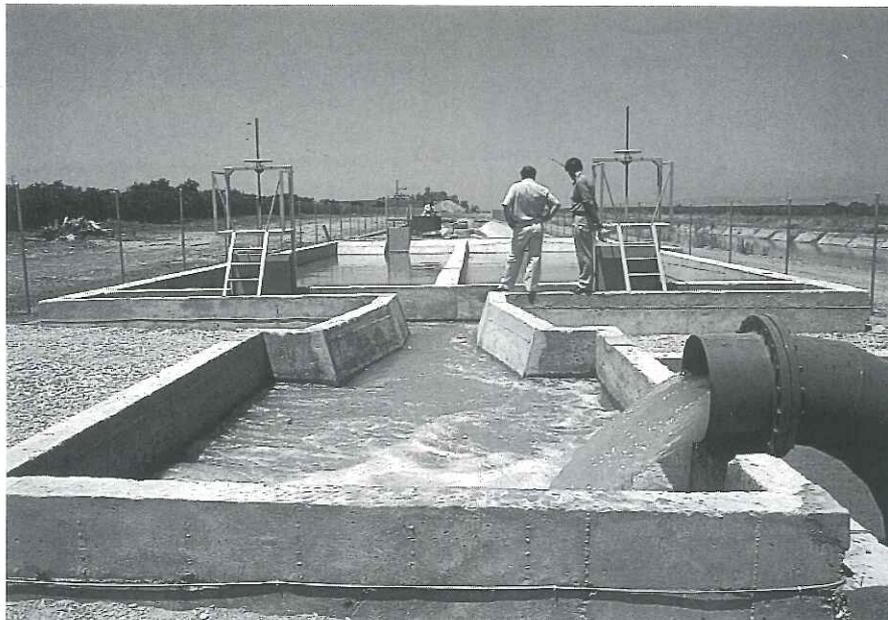


Foto 3.-Detalle de la unidad de bombeo, en primer plano, y de balsas de decantación.

también la que se realiza por bombeos en los numerosos pozos existentes.

Recarga artificial

La ubicación de las zonas para la realización de la recarga estaba condicionada por la necesidad de que la construcción de las instalaciones se realizara en terrenos públicos, por lo que hubo que descartar casi la totalidad de la superficie del acuífero. De esta forma, los únicos terrenos disponibles constituían una estrecha franja a lo largo de la margen izquierda del canal del Bajo Guadalquivir, en la que se seleccionaron varias zonas para llevar a cabo la recarga artificial del acuífero.

Una vez analizadas las condiciones y ubicación del agua de recarga, las características y funcionamiento hidrogeológico del acuífero y la disponibilidad de terreno, se diseñó el dispositivo de recarga. Esta se llevaría a cabo mediante un sistema mixto de sondeos, construidos en zanjas rellenas de arena y grava que actuarían como filtro.

Este sistema permitiría, al mismo tiempo, el pretratamiento mediante el filtrado del agua y la recarga, sin elevar demasiado los costes de mantenimiento. Además, de esta manera, se superaría la capa superficial de arcillas y limos existente en el acuífero, pudiéndose infiltrar también el agua a partir de las zanjas en los sectores don-

de esta capa fuera más delgada. Por otro lado, el terreno necesario para su construcción se ajustaría al disponible a lo largo del canal.

El dispositivo completo de recarga estaría compuesto por varias unidades de recarga ubicadas en las diferentes zonas seleccionadas. Cada unidad de recarga constaría de:

- Estación de bombeo para impulsar el agua de recarga desde el canal del Bajo Guadalquivir hasta la instalación de recarga. Se compone de toma del canal, bomba de impulsión y

cuenco tranquilizador, donde se vierte el agua.

- Canal de conexión de la estación de bombeo con las balsas de decantación, de estas con la zanja de recarga y de retorno al canal para evacuación de los excedentes de esta.

- Balsas de decantación para la eliminación de la mayor parte de los sólidos en suspensión. Se han previsto dos balsas para evitar la parada de la recarga durante las labores de limpieza, pudiéndose utilizar las balsas conjuntamente o de forma alternativa.

- Aforador para el control del caudal circulante a la entrada de la zanja de recarga.

- Zanja de recarga, de longitud variable según la disponibilidad de terreno, pero nunca superior a 500 metros, con una profundidad de 5 metros y una anchura en superficie de 11.8

La calidad del agua del acuífero está muy degradada, con concentraciones de sulfatos y nitratos que superan, en la mayoría de los puntos, los niveles aceptables para el consumo humano.

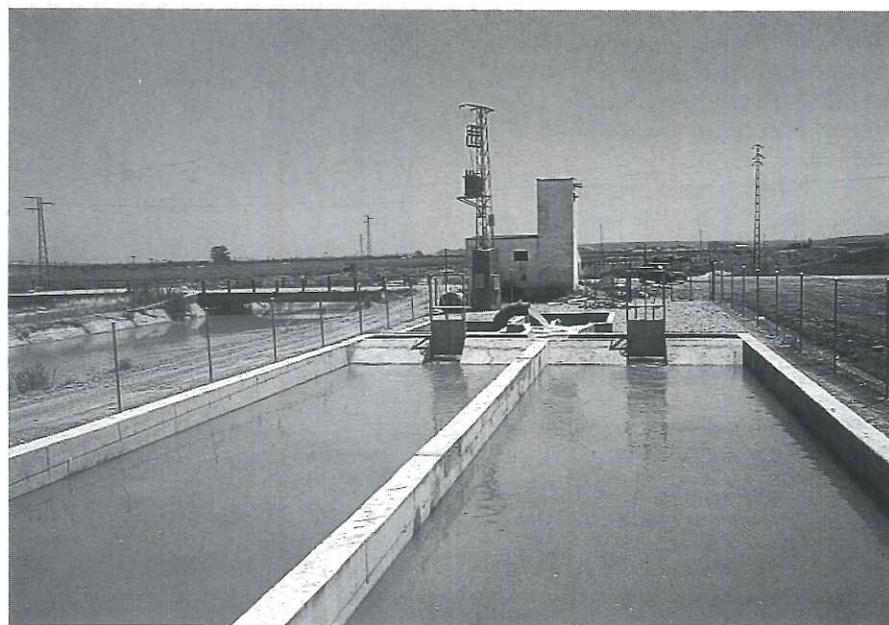


Foto 4.-Balsas de decantación.

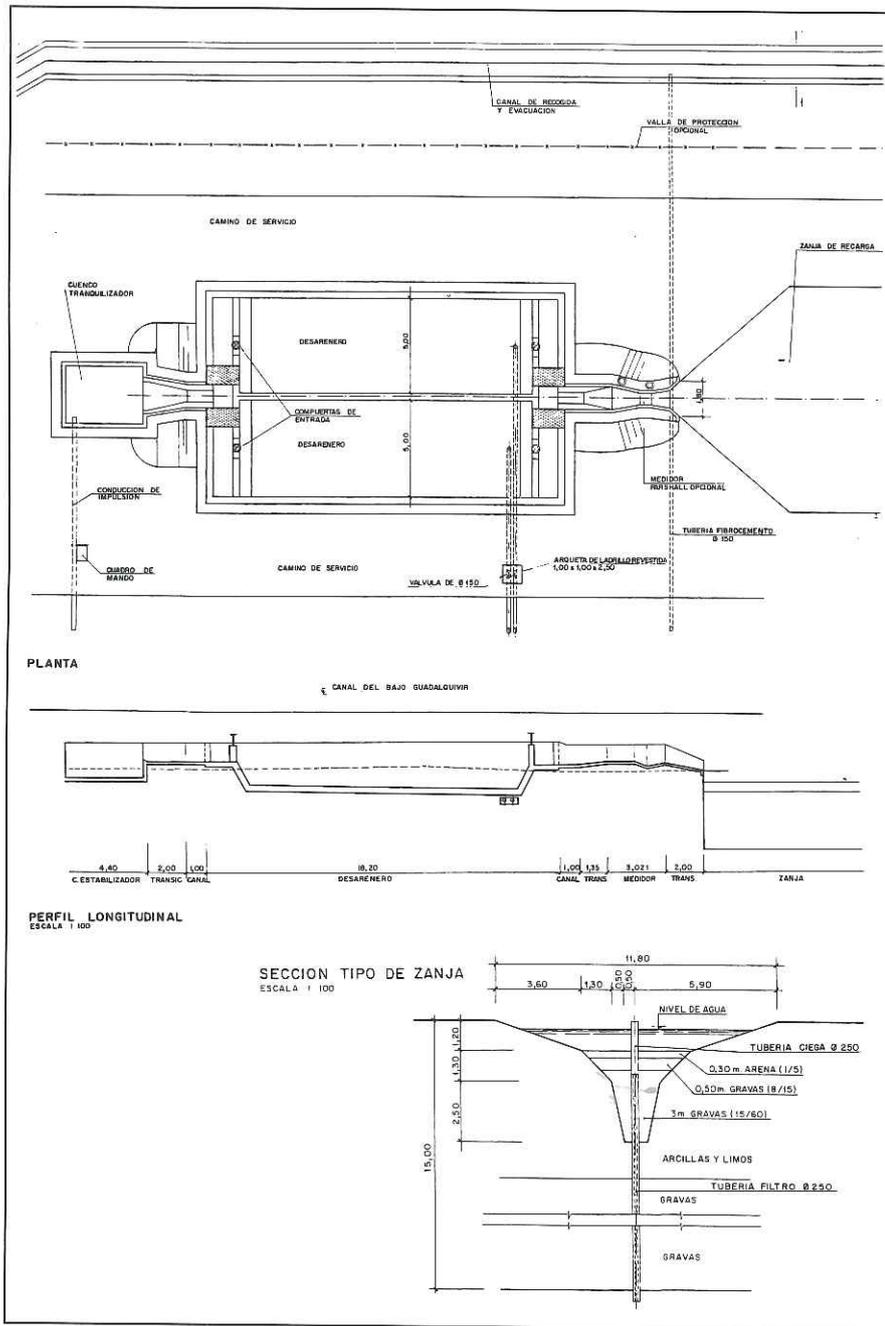


Fig. 2.-Definición de las obras de recarga piloto.

metros. En el interior de la zanja se colocará un filtro de grava y arena en tres capas superpuestas, una superior de arena clasificada y dos inferiores de grava de diferente calibre, con objeto de realizar un filtrado posterior a la decantación, para eliminar en gran medida los sólidos en suspensión más finos no retenidos en esta, y depurar las aguas de recarga.

— Sondeos construidos dentro de la zanja a intervalos de 15-20 metros. La profundidad será variable en función del espesor del acuífero, llegando todos ellos a la base impermeable del

acuífero, aunque en ningún caso superarán los 20 metros. Los sondeos estarán entubados con tubería filtro en todo el tramo del acuífero y en la parte inferior de la zanja, y con tubería ciega en la parte superior de esta.

— Piezómetros de control integrados dentro de la red de control piezométrico del acuífero, para seguimiento de la recarga.

La recarga artificial del acuífero se desarrollará en dos fases, una primera, ya concluida, de construcción de una unidad piloto para la realización de experiencias de recarga en una de las zo-

nas propuestas, y una segunda fase de construcción y puesta en marcha del resto de las unidades de recarga, aplicando las conclusiones obtenidas de las experiencias realizadas en la primera fase.

Con el seguimiento y control de la recarga piloto de la primera fase se pretendía conocer datos fundamentales para el diseño y dimensionamiento del dispositivo definitivo de recarga del acuífero, tales como capacidad de infiltración, tiempo de permanencia del agua en el acuífero, dirección y velocidad de movimiento del agua dentro del acuífero, posibilidades y porcentaje de recuperación mediante captaciones de los volúmenes de agua inyectados, costes de mantenimiento, rentabilidad, etc...

Los resultados obtenidos, aunque las experiencias realizadas han sido cortas e incompletas, ponen de manifiesto la viabilidad de la recarga y sus efectos positivos sobre el acuífero.

La construcción de la unidad piloto de recarga artificial se llevó a cabo junto al canal del Bajo Guadalquivir, en su margen izquierda, a unos dos kilómetros al este de la localidad de Guadajoz.

La obra se realizó según el diseño expuesto aunque, inicialmente, para la realización de las experiencias de recarga, sólo se construyeron 100 metros de zanja y la cuarta parte de los sondeos, que en este caso fueron sustituidos por pozos excavados. El dispositivo está diseñado para un caudal de 1 m³/sg aunque, en esta fase, se han bombeado del canal caudales inferiores, al no haberse construido en su totalidad la zanja y los pozos de recarga.

Para el seguimiento de las experiencias de recarga y de la respuesta y evolución del acuífero, se estableció una red de control piezométrico, constituida por 11 puntos, de los que dos corresponden a sondeos de reconoci-

miento realizados para este estudio. Estos puntos se integrarán en la red de control piezométrico del acuífero, para la que inicialmente se propusieron 35 puntos.

De igual modo se estableció una red de control de la calidad del agua subterránea del acuífero, con objeto de determinar la influencia de la recarga artificial en la previsible mejora de la calidad del agua. Los puntos que constituyen la red coinciden con los de la red piezométrica, aunque en menor número.

En el año 1991 se llevaron a cabo dos experiencias de recarga: la primera, en el mes de julio y, la segunda, entre los días 2 y 21 de octubre.

Los resultados obtenidos, aunque las experiencias realizadas han sido cortas e incompletas, ponen de manifiesto la viabilidad de la recarga y sus efectos positivos sobre el acuífero.



Foto 5.-Aforador y canal de recarga, al fondo.

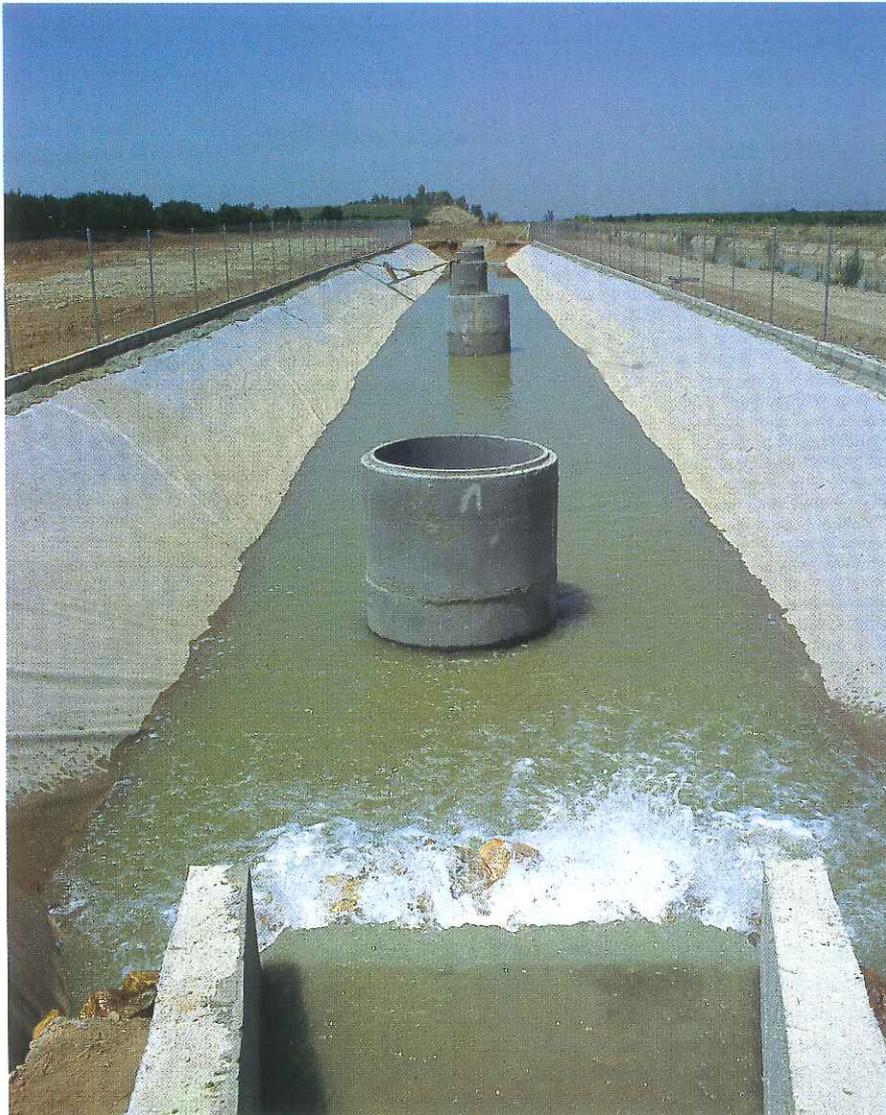


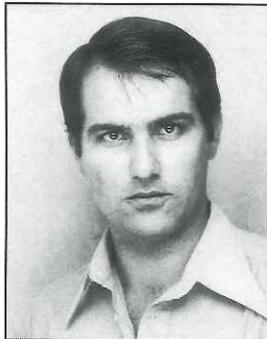
Foto 6.-Zanja y pozos de recarga.

No obstante, se deberán completar los ensayos mediante la realización de nuevas experiencias de recarga de mayor duración, en las que se hará un seguimiento minucioso de la evolución y respuesta del acuífero, controlándose, además de la evolución de los niveles piezométricos, la evolución de la calidad del agua. Asimismo, deberán llevarse a cabo ensayos con trazadores y, por último, un modelo matemático del acuífero, con el que se puedan simular las distintas situaciones de explotación y recarga.

Como conclusión, hay que destacar los importantes beneficios que puede aportar la realización de recarga artificial al acuífero y, consecuentemente, a la zona, contribuyendo al mejor aprovechamiento de los insuficientes e irregulares recursos de agua, al usar el acuífero como regulador de excedentes desaprovechados, permitiendo su uso en los puntos y épocas en los que son más necesarios, sobre todo en períodos de sequía, desgraciadamente bastante habituales en esta parte del país, mejorando, por otra parte, la deteriorada calidad del agua del acuífero.

Es éste uno de los ejemplos más claros de la gran utilidad de la aplicación de la recarga artificial a la gestión racional de los recursos hídricos, sobre todo en zonas como esta, en las que se conjugan, por un lado, importantes demandas de agua, con aportaciones irregulares de los ríos, y frecuentes y, a veces, severas sequías. ■

IMPORTANCIA DE ALGUNOS ACUIFEROS CARBONATADOS REPRESENTATIVOS DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR



A. Pulido Bosch

Licenciado en Ciencias Geológicas (1972) y Doctor (1977) por la Universidad de Granada, actualmente es Profesor Titular de Hidrogeología. Autor de 6 libros y de más de 150 publicaciones difundidas en Revistas y Congresos Nacionales e Internacionales.

M. López Chicano

G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental. Dpto. Geodinámica, Universidad de Granada. Proyecto AMB92-0211 (CICYT)

Los acuíferos carbonatados juegan un papel importante en el funcionamiento general de la cuenca del río Guadalquivir, aunque hasta la fecha son pocos los que cuentan con captaciones que sean de explotación continuada. Dentro de los acuíferos carbonatados diferenciamos aquellos de comportamiento fisurado de los de funcionamiento kárstico. Entre los primeros destacan los materiales alpujárrides del borde occidental de Sierra Nevada-Alfaguara, mientras que entre los segundos se pueden señalar los acuíferos complejos de las Sierras de Cazorla y Segura, nacimiento del Guadalquivir, y el de Sierra Gorda. Se comentan algunas características de los mismos y se hacen algunas reflexiones sobre el papel que podrían jugar en la gestión de los recursos globales de la cuenca.

Carbonate aquifers play an important role in the Guadalquivir river basin, although, until present days, there are very few wells exploiting them. We can distinguish two kinds of carbonate aquifers: fissurated and karstic. In the first group, we consider the Alpujarride carbonates from the western Sierra Nevada-Alfaguara border; in the second, the most important are: Cazorla and Segura Sierras—source of the Guadalquivir river—and Sierra Gorda. The main hydrogeological characteristics of these aquifers are described and we make some reflexions about the role that the aquifers can play in the total resources of the basin.

Introducción

En la cuenca del río Guadalquivir existen grandes afloramientos de materiales carbonatados pertenecientes al Macizo Hespérico y a las Cordilleras Béticas (Ayala et al., 1986); a su vez, dentro de las Cordilleras Béticas—cuyos afloramientos ocupan una superficie mucho mayor— se encuentran representados materiales carbonatados pertenecientes a las Zonas Bética, Subbética y Prebética (Pulido Bosch, 1993).

Los materiales alpujárrides (Zona Bética) adquieren especial desarrollo en las cuencas de los ríos Genil y Guadiana Menor, por su margen izquierda; se trata de los afloramientos que bordean Sierra Nevada y su prolongación hacia la divisoria Guadalquivir-Cuenca Sur (Sierras del Manar, Trevenque, Guéjar, La Peza, Sierra de Baza, Nívar, Víznar, Alfaguara, Almijara, Tejada, etc...). Los materiales de la dorsal bética (Zona Bética) se encuentran bien representados en Sierra Harana; de características intermedias entre alpujárride y subbético, pueden superar los 1.000 m de potencia.

Los materiales subbéticos jurásicos—dolomías, y calizas hacia el techo— pueden también superar el millar de metros de potencia total. El sistema más representativo es Sierra Gorda, con unos 300 km² de superficie, aunque se tienen otros acuíferos menos extensos pero de gran importancia como los de Sierra Elvira, Moclín-Parapanda, Sierra de María, Cabra-Rute-Horconera, Jabalcuz-Mágina, Sierra de Estepa, Sierra de Grazalema, etc.

Los materiales prebéticos adquieren mayor desarrollo en la provincia de Jaén, siendo el afloramiento de las Sierras de Cazorla y Segura el sistema acuífero—de características geométricas muy complejas— el de mayor envergadura; participan en el almacenamiento calizas y dolomías jurásicas, cretácicas y terciarias. Mucha menor extensión ocupan los afloramientos de las Sierras de Jaén y Pegalajar.

Dentro de los materiales carbonatados hemos querido diferenciar aquellos de comportamiento equivalente a un medio **fisurado** de los de comportamiento **kárstico**; hay que precisar que tal diferenciación es muy difícil de matizar, pues todas las aguas de estos

acuíferos presentan facies bicarbonatada cálcica y/o magnésica, cuyas sales proceden del ataque químico y disolución de los carbonatos; aún y así, en los acuíferos kársticos la circulación preferencial es mucho más acusada y las surgencias presentan gran fluctuación en los caudales.

A grandes rasgos consideramos que los materiales alpujárrides y los de la dorsal se pueden considerar representativos del medio fisurado, mientras que los restantes tienen un comportamiento kárstico «tipo mediterráneo», es decir con existencia de circulación preferencial, pero con participación de la práctica totalidad del macizo en el almacenamiento («acuífero homogéneamente karstificado», Pulido Bosch y Castillo, 1984; Pulido Bosch, 1986 y 1987 b).

Descripción de algunos sistemas representativos

El borde occidental de Sierra Nevada

Sierra Nevada tiene una orla de materiales carbonatados alpujárrides que bordea todo el núcleo nevado-filábride. El desarrollo mayor de carbonatos se da entre Lanjarón y Guadix, en donde los diversos mantos de corrimiento presentan una base metapelítica, un tramo de calcoesquistos de tran-

Mantenimiento de los caudales ecológicos, teniendo en cuenta que suele tratarse de ríos salmónidos de aguas de calidad muy buena.

sición —no siempre presente— y un potente nivel carbonatado. Dado que se llegan a diferenciar hasta cuatro mantos distintos, la geometría detallada de las unidades acuíferas puede llegar a ser muy compleja (figura 1).

La importancia hidrogeológica de estos materiales estriba en el hecho de estar en estrecha relación con los ríos que los surcan, a su vez procedentes del macizo de Sierra Nevada; como es sabido, estos ríos tienen un régimen esencialmente nival, motivo por el cual

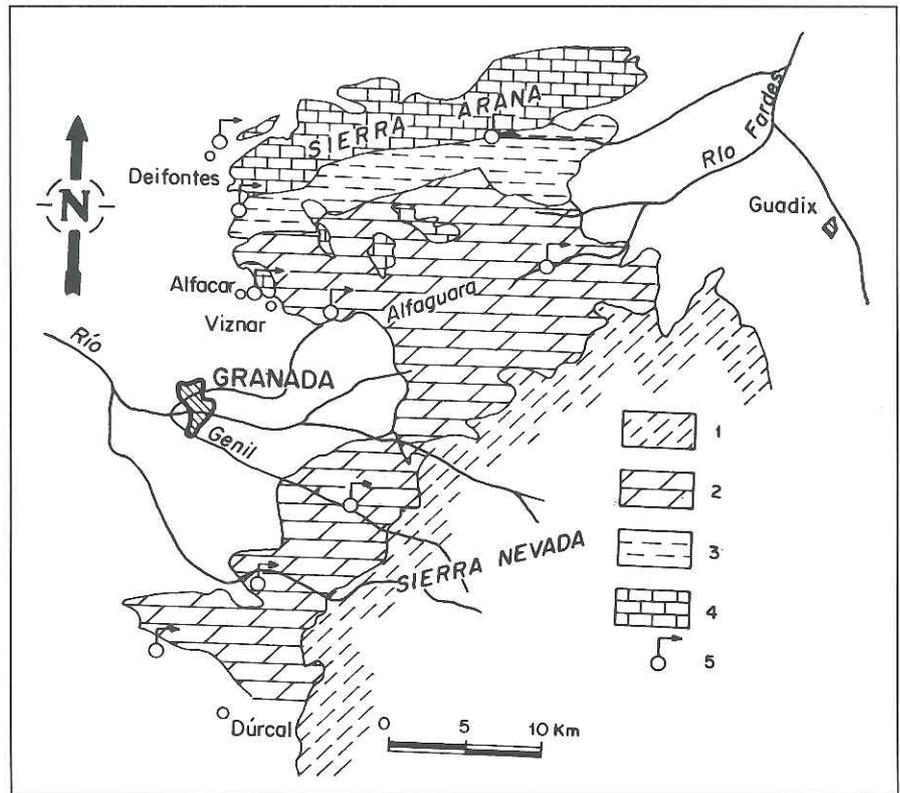


Figura 1.—Esquema hidrogeológico de los acuíferos carbonatados del borde occidental de Sierra Nevada y de Sierra Harana. 1.- Materiales nevado-filábrides; 2.- idem alpujárrides; 3.- idem maláguides; 4.- idem de la dorsal calcárea; 5.- surgencia.

los caudales máximos se registran durante los meses de Mayo y Junio, que son los de deshielo (Pulido Bosch, 1980). Ello no impide que, gestionados adecuadamente, puedan contribuir a una mayor regulación de los recursos de la cabecera del río Genil.

Estos materiales presentan surgencias a diversas cotas, relacionados con los contactos entre unidades alpujárrides, normalmente jalonados por metapelitas. La prolongación de estos materiales hacia las depresiones de Granada y Guadix-Baza ocupa una considerable superficie, incluyendo las Sierras de Alfacuara, Nívar, Viznar y Diezma; las surgencias principales de este área se sitúan a lo largo del borde con la depresión de Granada —las cuales suelen presentar depósitos travertínicos de gran desarrollo— y directamente al lecho del río Fardes, ya en la cuenca del Guadiana Menor. Destaca, por su caudal, Fuente Grande de Alfacar.

Los materiales alpujárrides del borde meridional de la Depresión de Granada son drenados por los ríos Cacán y Alhama, aunque el drenaje más importante tiene lugar a lo largo de la Cuenca Sur, al encontrarse los afloramientos a menor cota. En cualquier ca-

so, estos materiales carecen de regulación mediante sondeos en toda la vertiente septentrional de Sierra Almirajara, aunque son numerosos los emplazamientos favorables para tal fin (Fuster et al., 1982).

Sierra Harana

Esta Sierra está esencialmente ocupada por materiales carbonatados pertenecientes a la Dorsal Bética, que alcanzan un espesor superior al millar de metros. Tiene una forma alargada en dirección NE-SW con unos 35 km de longitud y 5 de anchura máxima (figura 1).

Sierra Harana constituye un sistema acuífero de gran complejidad interna y recursos muy importantes. La karstificación de los materiales que la integran queda bien patente en la conocida Cueva del Agua (Fernández-Rubio y Eraso, 1975) aunque el comportamiento de la surgencia principal manifiesta una inercia difícilmente alcanzable incluso en acuíferos detríticos; se trata del manantial de Deifontes, el cual surge en un pequeño afloramiento de brechas y conglomerados miocénicos que deben estar en

conexión hidráulica con el conjunto de la sierra; su caudal varía entre algo más de 800 l/s y 1.600 l/s.

Este manantial es de los pocos que ha sido objeto de estudios detallados tendentes a su explotación y regulación (Sahuquillo, 1974). El estudio realizado, modélico en cuanto a los medios disponibles, consistió en la realización de siete sondeos de pequeño diámetro en el entorno del manantial, para perforar posteriormente cinco sondeos de gran diámetro, capaces de bombear cada uno de 500 a 600 litros por segundo (Fernández del Río y Sahuquillo, 1983).

Toda la infraestructura se encuentra actualmente abandonada y muy deteriorada ante la frontal oposición de los usuarios de las aguas del manantial y de los habitantes del pueblo del mismo nombre a que se iniciara la explotación; posiblemente faltó el adecuado diálogo y la información apropiada a los usuarios y vecinos, en el momento oportuno, siendo imposible el diálogo cuando se pretendió hacer funcionar el sistema de regulación; la guardia civil tuvo que intervenir en varias ocasiones, como posteriormente pasara en los intentos de regulación de los sondeos realizados en la Sierra de Mustalla (Valencia) con la finalidad de abastecer a la Marina Baja (Alicante).

Sierra Gorda

Con una superficie muy próxima a 300 km², esta unidad constituye un ejemplo paradigmático del acuífero kárstico típicamente mediterráneo, tanto por el gran desarrollo de las formas exokársticas como por la cuantía de sus recursos y la facilidad relativa de explotación. Integran este acuífero las calizas y dolomías jurásicas de las unidades de Sierra Gorda y Zafarraya, cuyos espesores deben superar los 1.000 m; se supone que los materiales infrayacentes—sustrato impermeable del acuífero—deben corresponder a las arcillas y margas con yesos y otras sales, de facies Keuper (López Chicano, 1992; López Chicano y Pulido Bosch, 1993). Sobre las series carbonatadas reposan margas y margocalizas cretácicas y paleógenas.

Una peculiaridad de este sistema es la derivada de la existencia, en el borde meridional, de un gran polje —polje de Zafarraya, de 22 km² de su-

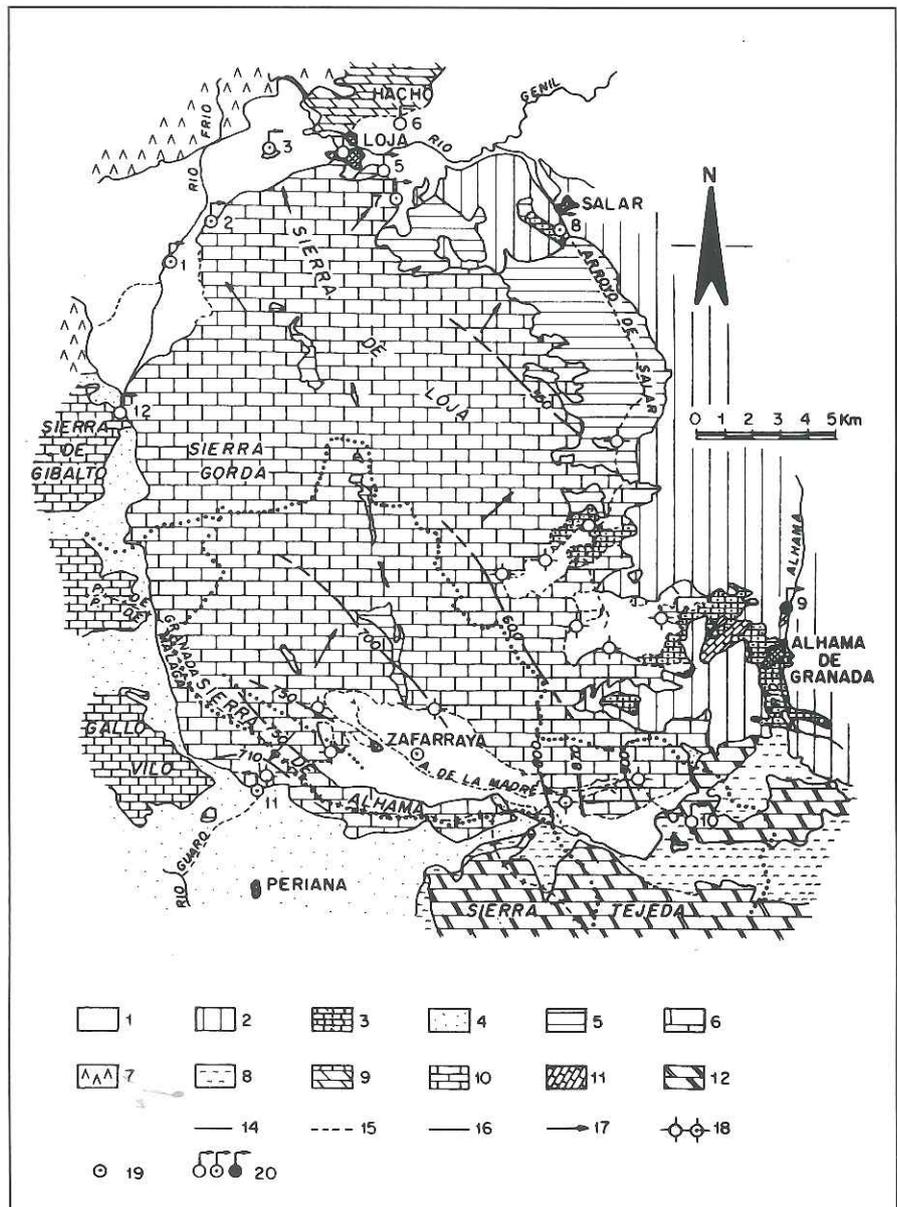


Figura 2.—Esquema hidrogeológico del acuífero de Sierra Gorda. 1.- Materiales detríticos plio-cuaternarios; 2.- Margas y lutitas del Mioceno; 3.- Calcarenitas del Mioceno; 4.- Arcillas y areniscas del Oligoceno-Mioceno; 5.- Margas cretácicas; 6.- Calizas y dolomías; 7.- Arcillas, yesos y dolomías triásicas; 8.- Esquistos; 9.- Acuífero del Hacho de Loja (calizas y dolomías jurásicas); 10.- Acuífero de Alta Cadena (Jurásico); 11.- Calizas de la Dorsal o Rondaides; 12.- Mármol alpujárride; 14 y 15.- Cursos perenne y temporal; 16.- Isopieza; 17.- Línea de flujo estimada; 18.- Sonda y grupo de sondeos; 19.- Grupo de pozos; 20.- Manantial, grupo de manantiales y manantial termal. Los principales manantiales citados en texto son: 1.- La Tajea; 2.- Riofrio; 3.- Plines-Genzal; 4.- Loja; 6.- Frontil; 7.- Manzaniil; 8.- Salar; 9.- Baños de Alhama; 10.- La Parrilla; 11.- Guaro; 12.- Charcón. (modificado de López-Chicano y Pulido-Bosch, 1993).

perficie y unos 150 km² de cuenca vertiente—ocupado por materiales detríticos cuaternarios, que reposan sobre depósitos margosos cretácicos y miocenos, y que es drenado por una serie de ponors situados en su extremo occidental (figura 2).

Como corresponde a un acuífero kárstico, los valores de transmisividad medidos varían entre 40 y 16.000 m²/día. Con una precipitación media superior a los 800 mm/año y una infil-

tración superior al 50 % de la lluvia caída, se estima que los recursos medios son del orden de 130 Hm³/año de los cuales apenas 18 hm³/año se bombean en el polje, para riego de la floreciente y rentable agricultura asentada en dicha forma exokárstica.

Ante la escasez de las extracciones por bombeo, las salidas principales tienen lugar a lo largo de una serie de surgencias que descargan esencialmente hacia el río Genil—cuenca del río Gua-

dalquivir-; la más caudalosa es la de Riofrío, con una aportación media anual superior a los 1.300 l/s; se trata en realidad de toda una serie de manantiales que surge entre las cotas 500 y 515 m s.n.m. Le siguen en importancia los manantiales de Plines, Genazal, Yola, Manzanil y el grupo de surgencias de Salar (Bañuelo, Membrillo, etc...); el manantial de Guaro es el único que surge de forma temporal en la vertiente meridional (Cuenca Sur) y es también el único regulado mediante un sondeo realizado en el interior de una galería.

Como queda expuesto, la mayor parte de la descarga termina en el río Genil cuyas aguas, tras su paso por la Vega de Granada y unos afloramientos yesíferos, presentan un elevado contenido salino, con claros indicios de contaminación de origen agrícola y urbano; las aguas del acuífero de Sierra Gorda actúan de diluyente, recuperando así una mejor calidad (Sánchez Caballero et al., 1986).

Resulta altamente paradójico, atendiendo a lo expuesto, que la ciudad de Loja, situada en el extremo septentrional de Sierra Gorda, tenga serios problemas de abastecimiento de agua potable; la descarga anual media del acuífero en todo este sector debe superar los 3.000 l/s! Esto pone de manifiesto la escasa conciencia que aún existe en el área, del gran poder regulador de los acuíferos y su posibilidad de uso en la gestión racional de los recursos hídricos; hay un extraño miedo a la perforación de sondeos, prefiriendo la captación de surgencias a pesar de encontrarse muy alejadas y verse sometidas a la eventual sequía extrema que impide el abastecimiento en años muy secos.

Además de este gran acuífero kárstico existen en el área otros de dimensiones más modestas, aunque también de gran interés hidrogeológico; se trata de los acuíferos del Hacho de Loja, Parapanda (Casares et al., 1979) y Sierra Elvira. Los dos primeros tienen una surgencia principal (Frontil y Alomartes, respectivamente), mientras que el tercero descarga de manera oculta

Todas las aguas de estos acuíferos presentan facies bicarbonatada cálcica y/o magnésica.

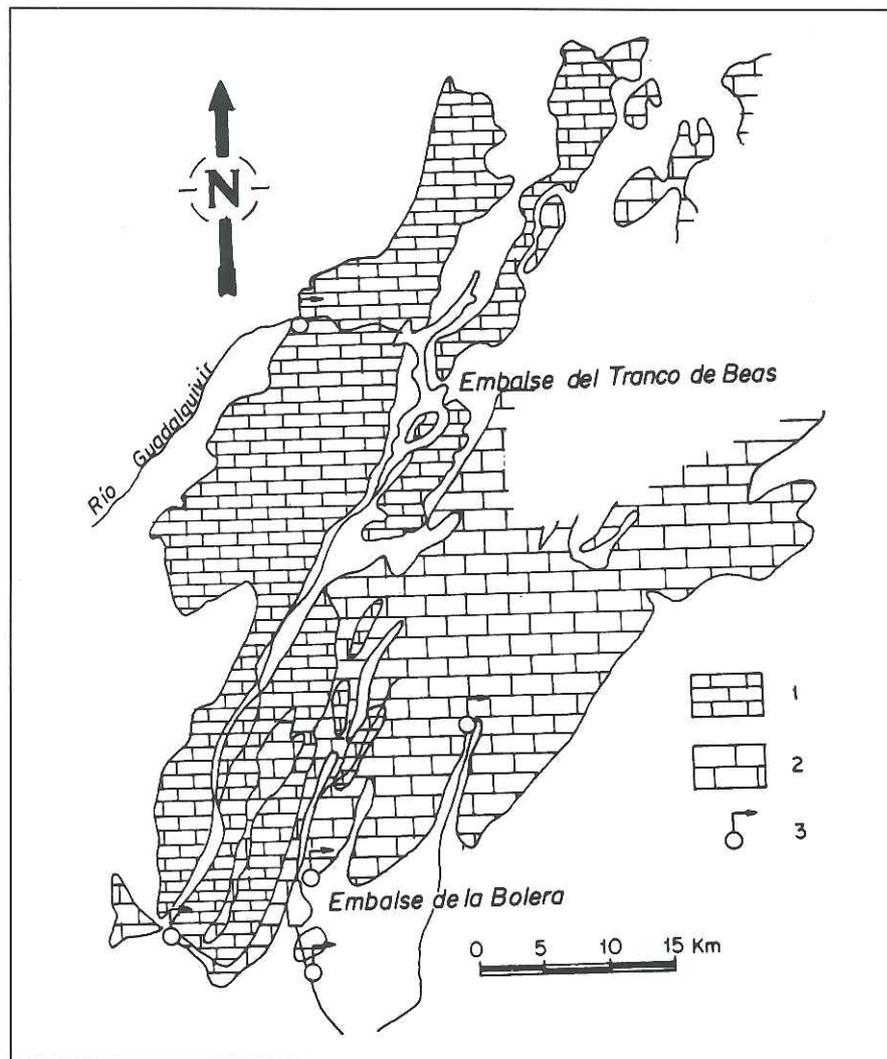


Figura 3.-Esquema hidrogeológico de las Sierras de Cazorla y Segura, cuenca del Guadalquivir. 1.- Materiales dolomíticos esencialmente jurásicos; 2.- idem cretácicos; 3.- manantial representativo.

hacia el acuífero detrítico de la Vega de Granada (Castillo, 1986).

Acuíferos de las Sierras de Cazorla y Segura

Estas sierras constituyen los principales acuíferos kársticos representativos de la Zona Prebética en la Cuenca del Guadalquivir; no obstante, una parte considerable de la Sierra de Segura pertenece a la Cuenca del río Segura, en cuyo lugar nace dicho río. La Sierra de Cazorla constituye, asimismo, el nacimiento del río Guadalquivir.

De los algo más de 3.000 km² que ambas sierras ocupan, 1.200 km² corresponden a afloramientos carbonatados (Cruz San Julián et al., 1990) de los que más de la mitad corresponden a dolomías del Cenomanense-Turonense, que superan los 300 m de po-

tencia en la Sierra de Segura. Los materiales acuíferos de la Sierra de Cazorla corresponden esencialmente a dolomías y calizas del Lías-Dogger, de potencia similar a la indicada para la otra sierra (op. cit.).

Este gran área tiene algunos embalses dentro de ella, de entre los que destacan el del Tranco de Beas y el de La Bolera; en sus bordes se tiene el embalse de regulación hiperanual del Negatín, y el embalse de San Clemente en el río Guardal, de dimensiones y capacidad más modestas. Este último fue proyectado para regular también parte de las aportaciones del río Castriil, para lo cual se diseñó un túnel, a través del cual tendrá lugar el trasvase.

En estos sistemas, y dentro de lo que es cuenca del río Guadalquivir, existen numerosas surgencias cuyos caudales superan ampliamente los 300 l/s (figura 3); el funcionamiento de to-



Parque de La Presa en Loja. La mayor parte de la descarga del acuífero de Sierra Gorda se encuentra en el borde septentrional. Su influencia cuantitativa y cualitativa sobre el río Genil no es nada despreciable. (Foto: M. López Chicano).

das ellas es típicamente kárstico, con grandes caudales tras lluvias intensas y estiajes acusados. Las formas exokársticas y endokársticas son en este caso también muy numerosas, por lo que se pueden considerar acuíferos kársticos en su sentido más estricto.

Dentro de la Sierra del Segura destacan los manantiales de Valentín (dentro del embalse de La Bolera), con más de 500 l/s de caudal medio; de Peralta, en el mismo río y, aguas abajo –al parecer relacionado con el embalse, aumentando notablemente su caudal una vez puesto en carga– los del nacimiento del río Guardal –grupo de tres surgencias que en conjunto arrojan más de 600 l/s– actualmente reguladas por el embalse de San Clemente; y los

del nacimiento del río Castril, con más de 1.000 l/s de caudal medio (Fuster et al., 1982).

Las surgencias de la Sierra de Cazorla suelen ser menos localizadas, descargando directamente en el lecho de los ríos. Aunque la demanda de agua en estas áreas no suele ser muy elevada y, sobre todo, al existir ya un

número considerable de embalses, la regulación de las surgencias podría carecer de interés. No obstante, estos grandes acuíferos situados en las cabeceras de los ríos pueden jugar un papel muy importante en los esquemas de regulación de los recursos totales, al menos en dos situaciones.

a). En los años extremadamente se-

La surgencia principal manifiesta una inercia difícilmente alcanzable incluso en acuíferos detríticos; se trata del manantial de Deifontes.



Panorámica del Polje de Zafarraya. Esta depresión tectónica y kárstica constituye el área principal de recarga de todo el sistema hidrogeológico de Sierra Gorda. (Foto: M. López Chicano).



Aforo de un sondeo en el Polje de Zafarraya. La mayoría de las captaciones y aprovechamientos se localizan en este sector de Sierra Gorda, y han sido esenciales en el desarrollo de una floreciente agricultura basada en los cultivos de hortalizas. (Foto: M. López Chicano).

cos se puede bombear para garantizar una parte considerable de la demanda, sabiendo que en los años húmedos se producirá la recuperación de los niveles.

b). Como garantía de manteni-

miento de los caudales ecológicos en algunos tramos de río problemáticos, teniendo en cuenta que suele tratarse de ríos salmónidos de aguas de calidad muy buena y cuya fauna tiene especial

interés desde el punto de vista de su conservación.

Consideraciones finales

En la cuenca del Guadalquivir existen numerosos acuíferos carbonatados de comportamiento «fisurado» y «kárstico» cuyas aportaciones contribuyen de forma considerable al conjunto total de los aportaciones hídricas del área.

Sin embargo, hasta la fecha son muy escasos los aprovechamientos llevados a cabo y prácticamente nulos los intentos de aprovechar estos grandes embalses subterráneos en la gestión de los recursos hídricos totales de la cuenca.

Parece adecuado, pues, iniciar los estudios de detalle pertinentes tenden-



Campo de dolinas en la parte alta de Sierra Gorda. Los procesos de disolución y karsificación están muy desarrollados en la superficie del macizo, permitiendo así una infiltración rápida y diseminada de las aguas de precipitación. (Foto: CIECSA)

**Sierra Gorda
constituye un ejemplo
paradisíaco del acuífero
típicamente
mediterráneo.**

tes a integrar estos acuíferos en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del río Guadalquivir, cuyos problemas hídricos –cantidad y calidad– aumentan cada año y llegan a ser dramáticos en los períodos secos como el que actualmente padecemos.

Referencias

Ayala, F. et al. (1986). Mapa y memoria del karst de España 1:1.000.000. IGME, 68 p.

Casares, J. et al. (1979). El manantial de Alomartes en régimen de agotamiento (provincia de Granada). Análisis de hidrogramas de surgencias kársticas. Hidrogeol. y Rec. Hidrául. V: 19-36.

Castillo, A. (1986). Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Tesis Doct. Univ. Granada. Univ. Granada-IGME. 658 p.

Cruz San Julián, J. et al. (1990). Deuterium and Oxygen-18 content in karstic aquifers in the Sierras de Cazorla and Segura (Betic Cordillera, Spain). XXII IAH Congress, I: 425-433. Lausanne.

Fernández del Río, G. y Sahuquillo, A. (1983). Estudio del comportamiento de un acuífero drenado por un manantial. Aplicación al caso del manantial de Deifontes (Granada). Hidrogeol. y Rec. Hidrául. IX: 519-526.

Fernández-Rubio, R. y Eraso, A. (1975). Nuevas formas kársticas de erosión precipitación en la Cueva del Agua (Granada, España). Ana. Spéléol. 30 (4): 655-663.

Fuster, J., Pulido Bosch, A. y Querrol, A. (1982). Posibilidades de regulación de los manantiales de las Cuencas del Guadiana Menor y Alta del Guadalquivir. SGOP, MOPU. 4 volúmenes (inédito).

López Chicano, M. (1992). Contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico kárstico de Sierra Gorda y su entorno (Granada y Málaga). Tesis Doct. Univ. Granada. 429 p.

López Chicano, M. y Pulido Bosch, A. (1993). The Sierra Gorda Karstic Aquifer (Granada and Malaga). In «Some Spanish Karstic Aquifers», 85-93.

Pulido Bosch, A. (1980). Datos hidrogeológicos sobre el borde occiden-

tal de Sierra Nevada. Fund. J. March, Serie Universitaria nº 123, 51 p.

Pulido Bosch, A. (1986). Reflexiones sobre la hidrogeología kárstica basadas en ejemplos de las Cordilleras Béticas. Journ. Karst Euskadi. 2: 31-50. San Sebastián.

Pulido Bosch, A. (1987). Aproximaciones metodológicas al estudio del funcionamiento del karst. Geolis, 1: 18-23.

Pulido Bosch, A. (1993). Principales rasgos hidrogeológicos de los macizos kársticos andaluces. Hidrogeología, 8: 41-50.

Pulido Bosch, A. y Castillo, E. (1984). Quelques considérations sur la structure des aquifères carbonatés du Levant espagnol, d'après les données de captage d'eau. Karstologia, IV: 38-44.

Sahuquillo, A. (1974). Primer informe sobre los trabajos realizados para la regulación del manantial de Deifontes (Granada). SGOPU (inédito).

Sánchez Caballero, M.A.; Fernández, A. y Castillo, A. (1986). Caracterización físico-química preliminar de las aguas superficiales de la cuenca del Alto Genil. II Simp. Agua en Andalucía, 1: 511-521. Granada. ■

A S I S T E N C I A S A N I T A R I A



TE MERECE LO MEJOR

En el área de la SALUD, Previa te ofrece lo mejor: Cuidado eficaz de tu salud y la de los tuyos, la tecnología más avanzada, trato personalizado, servicio exclusivo de atención como cliente,...

Además de otras muchas ventajas. Entre ellas:

- **AMPLIO CUADRO MÉDICO**
Más de 20.000 médicos y más de 200 clínicas, en España y el resto de Europa.
- **TARJETA PREVICARD**
Para que Vd. se ahorre trámites, tiempo, dinero,...
- **TELÉFONO 24 HORAS**
- **COBERTURA MULTIDENTAL**
- **COBERTURA DE OTROS RIESGOS**
Por medio de nuestros seguros.

TELÉFONO
URGENCIAS
24 HORAS



Príncipe de Vergara, 76. Tel. 379 04 00. Fax. 411 48 49 - MADRID

!!! SUSCRIBASE a . . . !!!



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

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

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

SOLICITUD DE SUSCRIPCION



REMITIR A:

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

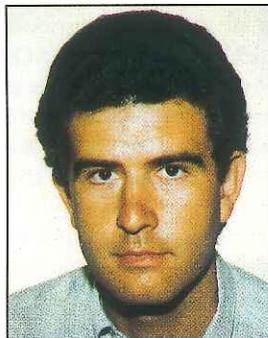
Nombre DNI
 Empresa CIF
 Actividad
 Calle
 C.P. Población Provincia
 Telf. Fax

Formas de Pago:

- Cheque bancario adjunto nº
 - Giro Postal nº
- (Suscripción anual 2.500,- ptas.)

Conforme:
 (Firma y sello de la empresa)

EL EMBALSE SUBTERRANEO DE LA VEGA DE GRANADA, UNO DE LOS MAS IMPORTANTES DE ANDALUCIA



Antonio Castillo Martín

Es Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada, y desempeña su labor profesional como funcionario del Estado, dentro del campo de la Hidrogeología. Desde 1987 forma parte del cuerpo de investigadores del C.S.I.C., con destino en Granada. Su ámbito geográfico de estudio son los sistemas acuíferos del Sureste español, y entre sus temas preferentes destacan los estudios de calidad y contaminación de aguas. Tiene un gran conocimiento del acuífero de la Vega de Granada, sobre el que realizó su Tesis Doctoral.

En este artículo se comentan los aspectos más relevantes de la hidrogeología del acuífero de la Vega de Granada. Tras un breve repaso histórico, se alude a las características litológicas, geométricas, hidráulicas y al balance hídrico, para concluir con unas referencias a la calidad y contaminación de las aguas.

This article summarizes the most relevant hydrogeological characteristics of the Vega de Granada aquifer. The history of water resources exploitation is also related. The lithological, geometrical and hydraulic characteristics and the resources evaluation are discussed. Finally, the water quality and contamination is analyzed.

1.-Introducción

El embalse subterráneo de la Vega de Granada es uno de los más importantes de Andalucía, al poseer unos recursos medios de 180 hm³/a y unas reservas explotables del orden de los 1.000 hm³. El material acuífero es de naturaleza aluvial (gravas, arenas y limos) y se extiende sobre una superficie de 200 Km², si bien la cuenca vertiente abarca un área de 2.900 Km². Las aguas presentan, a nivel general, buena calidad, con un promedio de sales disueltas de 1 g/l y dominio de facies bicarbonatadas cálcicas. Existen, no obstante, algunos problemas puntuales de alta salinidad natural, de afecciones microbiológicas por vertidos de aguas residuales y de incremento de nitratos por prácticas agrícolas. Las afecciones por plaguicidas, metales pesados y otros contaminantes tóxicos son prácticamente despreciables en la actualidad.

Desde la época romana, y con seguridad desde la dominación musulmana, y hasta mediados de este siglo, la Vega ha presentado pocos cambios en cuanto a las redes de captación y distribución del regadío. En este final de siglo, el aumento en la explotación de las aguas subterráneas, en gran parte debido a los adelantos técnicos en la perforación y extracción de las aguas, y a la sequía que padecemos, junto a las obras hidráulicas de regulación realizadas en el entorno, han sido factores que han contribuido a modificar muy rápidamente el equilibrio hídrico mantenido durante milenios.

1.1.-El acuífero de la Vega de Granada: marco físico y socioeconómico

El acuífero aluvial de la Vega de Granada se localiza en el interior de la depresión intramontañosa de Granada, en el ámbito geológico de las Cordilleras Béticas (localización geográfica en **figura 1A**). Desde el punto de vista hidrográfico, forma parte de la subcuenca del Alto Genil, dentro de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. El área corresponde a una vasta llanura aluvial que se extiende a ambas márgenes del río Genil, entre las poblaciones de Cenes de la Vega, al Este, y de Láchar, al Oeste (siempre dentro de la provincia de Granada). El material acuífero corresponde al depósito aluvial del río Genil y de sus afluentes de cabecera, los ríos Dílar, Monachil, Darro, Cubillas y Velillos. Todo este depósito ha generado una potente masa acuífera, cuyas dimensiones son 22 Km de longitud (en sentido Este-Oeste) por unos 8 Km de anchura, con espesores superiores a los 250 m en el sector central (mapa de isoespesores saturados en **figura 1B**). Como ya se ha aludido, en superficie se extiende sobre unos 200 Km², si bien su cuenca vertiente es del orden de los 2.900 Km²; los recursos y reservas explotables son de 180 hm³/a y 1.000 hm³, respectivamente. La explotación neta no alcanza todavía al 50 % de los recursos renovables, cuyo excedente escapa del sistema a través de emergencias. La pluviometría y temperatura medias del área son de 450 mm y 15 °C, respectivamente.

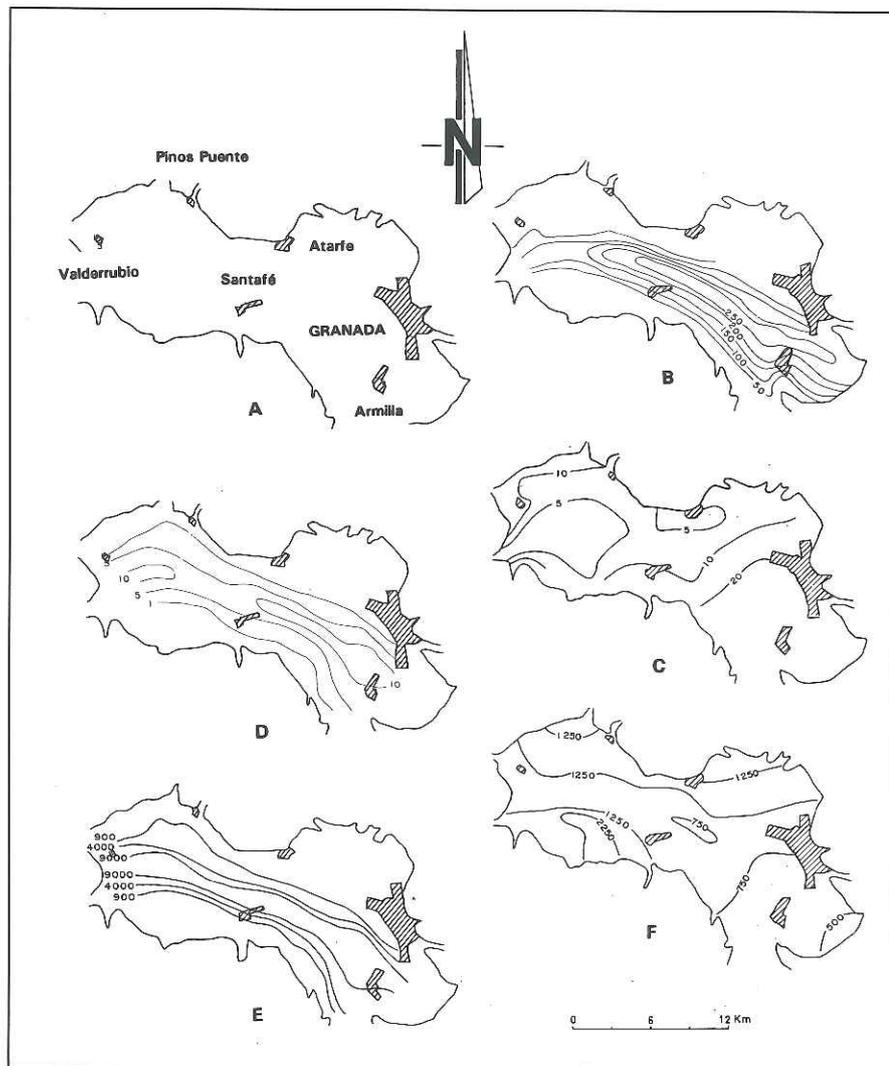


Fig. 1A.-Localización geográfica del acuífero de la Vega de Granada; B.-Mapa de isoespesor saturado, en m (FAO/IGME, 1972); C.-Mapa de isoespesor no saturado, en m (Castillo, 1986); D.-Mapa de isocoefficientes de almacenamiento (FAO/IGME, 1972); E.-Mapa de isotransmisividades, en m²/día (FAO/IGME, 1972); F.-Mapa de isoconductividades, en µS/cm (Castillo, 1986).

Las cualidades (tierra, agua y clima) y situación estratégica del área propiciaron, desde muy antiguo, el asentamiento de numerosos núcleos urbanos. Hoy día son cerca de la treintena los existentes, incluida Granada capital. En ellos se concentra una población estable de 400.000 habitantes, dando lugar a la mayor densidad demográfica de la provincia; 40.000 personas dependen hoy día, en exclusividad, del abastecimiento de aguas subterráneas, estando previsto el aumento de esta dependencia con la realización de nuevas captaciones, entre las que cabe resaltar la futura explotación de unos 600 l/s para el abastecimiento de emergencia a la ciudad de Granada. La abundancia de aguas y la fertilidad del suelo han propiciado, además, un intenso aprovechamiento

agrícola de las aguas, que abastecen a una superficie de regadío de más de 15.000 Ha. Hoy día, los cultivos de regadío más extendidos corresponden a cereal, choperas, hortalizas, maíz y tabaco. La industria, está escasamente implantada en el área, no tanto por el número de instalaciones, como, sobre todo, por el tamaño, grado de transformación y naturaleza de las mismas.

1.2.-Antecedentes hidrológicos

El acuífero de la Vega de Granada es uno de los mejor estudiados y conocidos de Andalucía, si bien aún persisten algunas dudas sobre sus características y potencialidad hidráulica y sobre la cuantificación de alguna partida del balance.

Los primeros trabajos de reconocimiento hidrogeológico dignos de mención se comenzaron en la segunda mitad de la década de los 60, en el marco del «Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca del Guadalquivir» (FAO/IGME, 1968). En una segunda fase 91969-71) se abordaron aspectos de mayor detalle, dentro del «Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas en el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir» (FAO/IGME, 1972). Ambos Proyectos, pese a constituir investigaciones antiguas, contienen información piezométrica y de calidad considerada hoy día de sumo interés para contrastar la actual situación del acuífero y disponer de elementos de juicio sobre la previsible evolución futura.

Otra fuente muy abundante de información procede de los trabajos hidrogeológicos realizados por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE, antes IGME), que dispone de un vasto banco de datos de inventario y control de puntos de agua, así como de gran número de informes, muchos de ellos de actualización de la información periódica recogida de sus redes de control de calidad, piezometría y foronomía. Especialmente interesantes, por su carácter global y/o recopilatorio, son los siguientes informes: IGME (1981), IGME/GEO-MECANICA (1983) e ITGE (1989); el primero y tercero son actualizaciones, más o menos extensas, de información, mientras que el segundo corresponde a una modelización del comportamiento hidrodinámico del acuífero.

Para la cuantificación de los recursos superficiales es imprescindible el concurso de la información foronómica aportada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG). Asimismo, este Organismo dispone, desde hace pocos años, de información periódica de niveles en algunos piezómetros y de otros informes puntuales de interés hidrogeológico. Muy recientes son los estudios isotópicos de las aguas, realizados por el CEDEX, en fase aún de elaboración.

Para la caracterización de las entradas debidas a la lluvia útil, es imprescindible el concurso de los datos termopluviométricos aportados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) a través de las estaciones localizadas en el área de influencia de la Vega de Granada, entre las que destacan por la antigüedad de los registros las de Cartuja (en Granada capital) y Armilla.

La Universidad de Granada y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas vienen desarrollando, desde hace algún tiempo, trabajos de diversa índole en el área. Un estudio geográfico completo fue realizado en la Tesis de Ocaña (1974). Otra Tesis, la de Acuña (1981), abordó el estudio de la contaminación por plaguicidas en la Vega de Granada. Para la documentación hidrogeológica, y, sobre todo, de calidad y contaminación de las aguas del acuífero, se dispone de la Tesis Doctoral de Castillo (1986). Actualizaciones y trabajos hidrológicos complementarios han sido motivo de informes como los de Castillo y otros (1990) sobre la calidad de las aguas de superficie, Castillo y Sánchez (1991) sobre el impacto de las aguas residuales en el acuífero, o el de Castillo (1994) sobre la revisión y actualización del balance hídrico del acuífero. En fase de redacción se encuentran actualmente otros estudios, entre los que cabe resaltar una nueva investigación sobre

El embalse subterráneo de la Vega de Granada es uno de los más importantes de Andalucía, al poseer unos recursos medios de 180 hm³/a y unas reservas explotables del orden de los 1.000 hm³.

la contaminación por plaguicidas en suelos y aguas de la Vega realizada desde la Estación Experimental del Zaidín (CSIC).

Entre la documentación referente a la planificación hidrológica del área se dispone de la «Documentación básica del Plan Hidrológico del Guadalquivir (MOPT, 1988), así como del «Estudio previo de abastecimiento colectivo de los núcleos de la Vega de Granada» (Junta de Andalucía, 1990). De interés general para la documentación hidrológica del área es el «Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada (DIPUTACION DE GRANADA/ITGE, 1990). Los aspectos relativos al tratamiento y depuración de las aguas residuales urbanas se conside-



Foto 1.—Río Genil en el sector central del acuífero de la Vega de Granada, al fondo Sierra Nevada. Las aguas de este río, escasas hoy día al ser almacenadas en los embalses de Canales y Quéntar, antaño constituían una fuente de infiltración muy importante para el acuífero.

ran bien tratados en el reciente Plan Director (DIPUTACION DE GRANADA/ITGE, 1994).

2.—Breve bosquejo histórico

2.1.—Hasta el siglo XX

Hace algunos milenios, la Vega de Granada debió ser una densa zona boscosa, rica en caza, y con extensas áreas de marjalería e inundadas. Con la aparición de la ganadería, quizás se hicieran rozas para el aprovechamiento de pastizales. Pero su mayor transformación física debió producirse a partir de la implantación de la agricultura. En este último milenio hay abundantes referencias a la explotación agrícola del área, con numerosos cambios en los tipos de cultivos, algunos antaño importantes, como fueron los de lino o cáñamo, y más recientemente el de la remolacha.

La abundancia de aguas superficiales procedentes del deshielo de Sierra Nevada, hizo innecesario el aprovechamiento de las subterráneas, cuya captación se limitaba a algunos manantiales, antaño muy abundantes en número y caudal, y a la construcción de pozos poco profundos para el abastecimiento de

cortijadas en áreas marginales no servidas por aguas de superficie.

Durante la dominación musulmana se diseñó, posiblemente apoyándose en construcciones romanas, el sistema de regadío que, con pocas modificaciones, se conoce actualmente en la Vega de Granada. De esa época, al menos, es la compleja y densísima red de acequias, que irrigan casi toda la superficie de la Vega, derivadas a partir de los principales cursos de agua superficial. Poca documentación se tiene de la utilización del agua en civilizaciones anteriores, si bien se conservan todavía restos de obras hidráulicas de época romana, e incluso íbera.

Las referencias posteriores a la toma de Granada (año 1492) son más precisas, y aluden a un área claramente agrícola, sin escasez de agua para riego y con una zona baja abundante en surgencias y a merced de periódicas inundaciones. Durante los siglos XVIII y XIX se produjo un relanzamiento de la agricultura, que pasó por el drenaje parcial de las áreas encharcadas de la Vega Baja (términos de Santafé y Fuentevaqueros), a través de la excavación de zanjas, llamadas «madres». Con ello se consiguió ganar terrenos a la agricultura; en esta época, además, eran frecuentes los azotes infringidos a la población por fiebres tifoideas y epidemias de cólera.

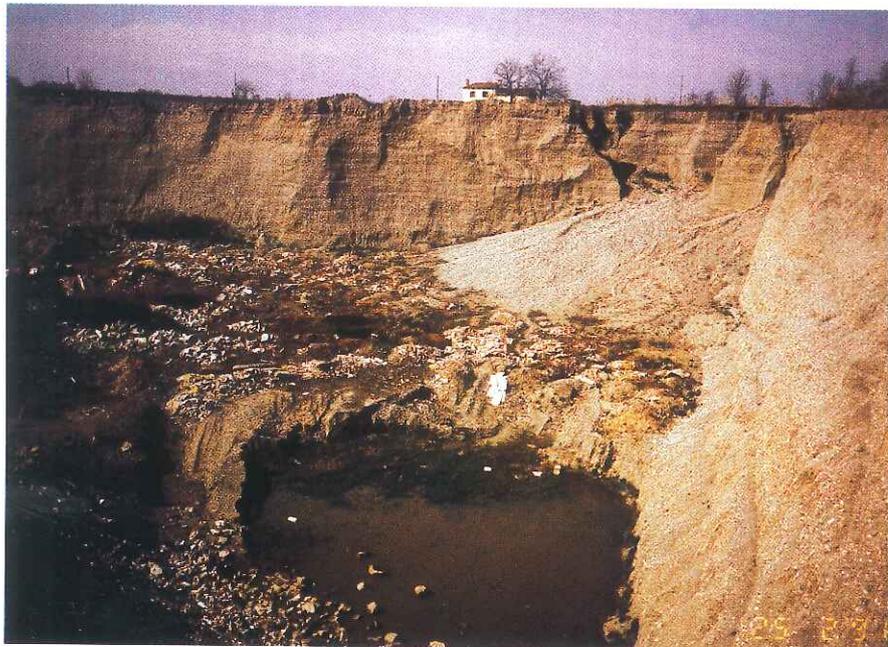


Foto 2.—Cantera ilegal abierta en la Vega de Granada, cerca del río Dílar. Obsérvese la naturaleza litológica de los materiales que componen mayoritariamente el acuífero. La excavación para áridos y el posterior relleno con todo tipo de desechos constituye una práctica de alto riesgo para la calidad de las aguas subterráneas, práctica muy extendida en terrazas y llanuras aluviales.

2.2.—Siglo XX

Hasta la segunda mitad de este siglo no se dejaron sentir los primeros cambios significativos en la explotación del acuífero. En la década de los 50 empezó a generalizarse la instalación de motores diesel en pozos de gran diámetro que jalonaban el cauce del río Genil, con los que se aplicaban riegos de sustento o emergencia. No obstante, la explotación del acuífero era mínima, limitándose, casi en exclusiva, a la derivación de las surgencias existentes. En años posteriores se fue generalizando la construcción de pozos en la Vega Baja, en áreas con nivel piezométrico muy próximo a superficie. En la actualidad se conservan más de un millar de pozos, de todos los tamaños y tipos constructivos; llama la atención, en muchos de ellos, la envergadura y dificultad de las obras realizadas, algunas con más de 5 m de diámetro, o con cerca de 50 m de profundidad.

A mediados de los años 60 se relanza la agricultura en toda la cuenca del Guadalquivir, y muy especialmente en la Vega de Granada. En esa época se realizan estudios técnicos por parte de la FAO, en colaboración con el Gobierno español. Es la época de los primeros grandes sondeos y de la instalación de bombas sumergidas; ello supone una revolución en la explota-

La explotación neta no alcanza todavía al 50 % de los recursos renovables, cuyo excedente escapa del sistema a través de emergencias.

ción agrícola de ciertos sectores acuíferos, hasta entonces poco beneficiados por los riegos de superficie. Se abre, con todo ello, una nueva época, en la que los cambios se suceden más rápidamente. La extracción neta de aguas subterráneas se estima, a final de los años 60, en unos 10 hm³/a (FAO/ITGE, 1968). Esta explotación, aunque muy poco significativa, acarrea la reprofundización de algunos pozos próximos, que al ser escasamente penetrativos quedan en seco.

En años posteriores, esta práctica se va generalizando y extendiendo a la mayor parte de los pozos de la Vega, que no pueden competir con los descensos provocados estacionalmente por los bombeos desde sondeos, cada vez más abundantes. En los 20 últimos años se retrabajan la mayor parte de

los pozos existentes, hasta alcanzar, en muchos de ellos, profundidades difícilmente accesibles a la excavación manual. Muchos se abandonan, sustituyéndolos por sondeos, y en otros se recurre a soluciones transitorias, con el hincado de tubos de 5 a 15 m. A esta dinámica extractiva, se suma en el último cuarto de siglo la construcción de los embalses de Quéntar (1973) y Canales (1988), sobre los ríos Aguas Blancas y Genil, respectivamente, los cuales retienen una parte muy importante de las escorrentías del deshielo, disminuyendo así parte de las aportaciones hídricas del acuífero de la Vega de Granada.

A pesar de todo ello, los estudios más recientes cifran la explotación neta por bombeo en unos 60 hm³/a, muy lejos todavía de alcanzar los recursos renovables del sistema, estimados en unos 180 hm³/a. No obstante, el aumento extractivo, unido sobre todo al déficit de recarga provocado por obras de regulación periféricas y acentuado por la sequía de este último decenio, ha ocasionado ya un descenso acumulado promedio en los últimos 30 años de unos 6 m, con abatimientos consolidados máximos en el sector de cabecera de cerca de 20 m. En este contexto, se produjo en el estiaje de 1992 el agotamiento de las «madres» de la Vega Media y Baja, agotamiento considerado irreversible con la dinámica actual.

3.—Características hidrogeológicas del acuífero de la Vega de Granada

3.1.—Materiales y geometría del acuífero

La erosión hídrica de los relieves circundantes, y muy especialmente la acaecida sobre la orla carbonatada alpujárride del extremo occidental del macizo de Sierra Nevada por los ríos Genil, Monachil y Dílar, surtió de suficientes materiales de acarreo para el relleno de la subsidente llanura aluvial de la Vega de Granada. Los materiales, de naturaleza carbonatada y esquisto- sa, se presentan en una intensa alternancia de gravas, arenas y limos, en función de la energía de transporte existente en el medio en cada momento. La misma gradación se observa a escala espacial, con frecuentes y rápidos cambios de facies, estrechamente

ligados a la proximidad o distalidad de los canales de aporte.

La importante subsidencia de la depresión postorogénica de Granada terminó por conformar un potente y extenso depósito aluvial; la forma del relleno es la de una teja invertida, en cuyo eje central, de dirección Este-Oeste, y bajo el actual cauce del río Genil, el espesor del relleno llega a superar los 250 m. Esta potencia disminuye hacia el Oeste, y, muy fundamentalmente, hacia los bordes laterales (figura 1B; mapa de isoespesor saturado).

Los límites laterales están constituidos, mayoritariamente, por materiales neógeno-cuaternarios poco permeables del relleno postorogénico de la depresión de Granada, de litologías variables, desde las conglomeráticas a las arcillosas. Una excepción la constituyen los materiales carbonatados subbé-

**La alimentación
procede
mayoritariamente de la
infiltración de una
parte de las aguas de
escorrentía y regadío.
En 1983 se calculó una
infiltración por ese
concepto de unos 140
hm³/a.**

uticos del horst de Sierra Elvira, situados en el borde centro-septentrional, los cuales poseen una alta permeabilidad por karstificación y mantienen una mo-

derada descarga subterránea hacia el acuífero de la Vega de Granada. El sustrato acuífero corresponde a materiales neógenos de naturaleza margo-arcillosa, posiblemente miocenos, del relleno de la depresión de Granada.

3.2.-Características y funcionamiento hidrogeológico

Todo este paquete aluvial presenta unas características hidrogeológicas muy favorables para el almacenamiento y transporte de las aguas subterráneas. La transmisividad hidráulica media es del orden de 4.000 a 6.000 m²/día, con valores extremos comprendidos entre 40.000 m²/día (sector centro-oriental) y la decena de m²/día en los bordes más arcillosos (figura 1E; mapa de isotransmisividades). La porosidad eficaz media se estima en un 6 %, con valores extremos que fluctúan entre el 1 y 10 % (figura 1D; mapa de isocoeeficientes de almacenamiento). Los valores de transmisividad y de porosidad son, en gran parte, coincidentes en el espacio, conformando un sector centro-oriental de máxima potencialidad hidráulica, sector donde se localizan las captaciones de mayores caudales específicos.

La alimentación procede mayoritariamente de la infiltración de una parte de las aguas de escorrentía y regadío que acceden a esta Vega desde su amplia cuenca vertiente, aportaciones que se estiman en unos 400 hm³/a. En 1983 (Castillo, 1986) se calculó una infiltración por ese concepto de unos 140 hm³/a, valor que representa el 77 % de las aportaciones anuales recibidas por el acuífero. De mucha menor envergadura son el resto de las partidas de alimentación, como son la infiltración del agua de precipitación sobre la superficie acuífera, unos 25 hm³/a, y las aportaciones subterráneas transferidas desde los materiales de borde, otros 20 hm³/a.

Todo este volumen de recarga presenta una circulación de dirección y sentido aproximado Este-Oeste. El gradiente hidráulico es, en general, muy bajo, del orden del 0,5 %, excepción hecha del sector Nororiental y de los bordes del acuífero, donde la disminución de la permeabilidad, por un incremento de los contenidos de arcilla, eleva los gradientes hasta valores superiores al 1,5 % (figura 2; mapas piezométricos del acuífero para 1983 y 1994).

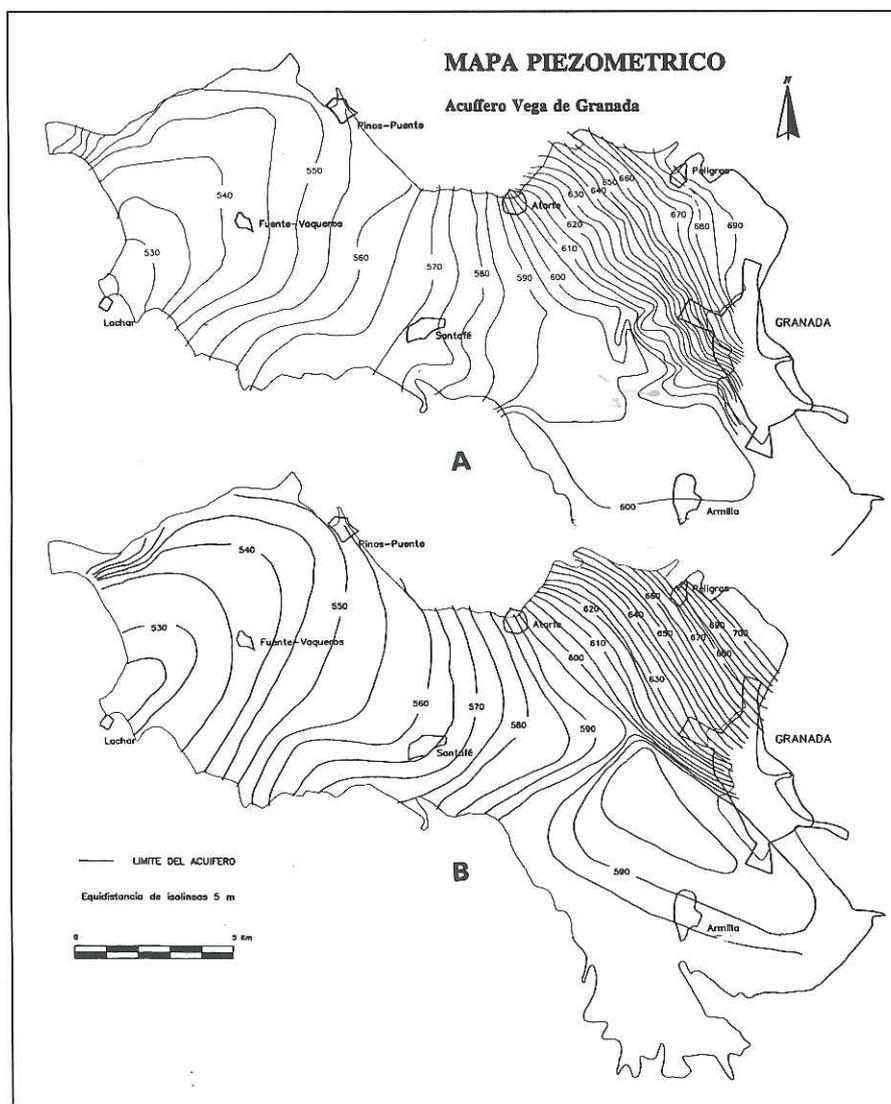


Fig. 2.-Mapas piezométricos del acuífero (A.-Septiembre de 1983, en Castillo, 1986. B.-Marzo de 1994, en Castillo, 1994).

La descarga de las aportaciones se produce mayoritariamente, todavía, a través de los aliviaderos naturales del sistema. Las surgencias actuales se localizan en el cierre occidental del acuífero, aguas abajo de la localidad de Fuentevaqueros, a cotas comprendidas entre los 540 y 525 m. En un área de unos 4 Km² tienen su origen multitud de pequeñas surgencias, muchas de ellas difusas y difíciles de localizar con precisión, las cuales arrojan un caudal conjunto medio de 130 hm³/a (4 m³/s). La mayor parte de esta descarga alimenta el cauce de los ríos Genil y Cubillas, aguas abajo de Fuentevaqueros y Valderrubio, respectivamente. En el año 1993/94 la descarga por emergencias sufrió un fuerte descenso, situándose muy próxima a los 100 hm³.

El resto de la descarga se produce por evapotranspiración del agua captada del sistema, mayoritariamente para usos agrícolas. Por este concepto se calcularon para el mismo año 1993/94 unas pérdidas netas anuales del orden de los 60 hm³. En cualquier caso, existe aún poca información verificable sobre la cuantía de esta partida, así como se desconoce su previsible evolución en el futuro.

3.3.-Calidad y contaminación de las aguas

Las aguas subterráneas del acuífero de la Vega de Granada poseen una buena calidad general; relativamente locales y moderados son los procesos de enriquecimientos salinos naturales, así como los procesos de contaminación; entre estos últimos cabe resaltar los debidos a aportes de fertilizantes y, en menor medida, al empleo de aguas residuales urbanas en el riego.

Como ocurre en todos los extensos sistemas acuíferos detríticos, la calidad de las aguas varía sensiblemente de unos sectores a otros, debido a la concurrencia en ellos de diferentes condicionamientos, tanto naturales, como, sobre todo, antrópicos. Como ya ha sido comentado, en general las aguas del acuífero son de buena calidad, ya que en origen proceden en más de un 70 % de la infiltración de escorrentías del deshielo de Sierra Nevada. Este hecho condiciona que los sectores de mejor calidad se localicen en la cabecera del acuífero (área Suroriental) y bajo el actual cauce del río Genil. Por el contrario, las aguas más salinas, relacionadas

con flujos procedentes desde los bordes neógenos con materiales evaporíticos, se localizan en los sectores de Sierra Elvira-Alitaje, Aeropuerto-Romilla-Láchar y en Maracena-Pulianillas.

La conductividad de las aguas oscila, de forma mayoritaria, entre 700 y 1.000 µS/cm, con valores extremos, en sectores localizados, comprendidos entre 400-550 y 2.000-4.000 µS/cm (figura 1F; mapa de isoconductividades). La facies predominante es bicarbonatada cálcica (en aproximadamente el 77 % de la superficie, siendo para el resto sulfatada cálcica). Las aguas son moderadamente incrustantes, con durezas totales que oscilan entre 10 y 50 °F.

Por lo que respecta a la contamina-

Las aguas subterráneas del acuífero de la Vega de Granada poseen una buena calidad general; relativamente locales y moderados son los procesos de enriquecimientos salinos naturales, así como los procesos de contaminación.

ción de las aguas, decir que la mayor afección está producida por el empleo de fertilizantes agrícolas, hecho responsable del moderado contenido de nitratos de las aguas, que en 1994 arrojaron un valor promedio de 40 mg/l, aunque en ciertos sectores se llegaron a medir concentraciones de hasta 250 mg/l. La concentración de plaguicidas es, por el contrario, muy baja, no representando en el momento actual ningún riesgo sanitario. La práctica de regar con aguas residuales urbanas sin depurar, o insuficientemente tratadas, así como las fugas de redes y el vertido a pozos negros son fenómenos responsables de algunas contaminaciones puntuales por microorganismos patógenos detectadas en el acuífero. La contaminación ligada a actividades industriales es muy poco relevante debido al poco volumen y escasa peligrosidad de los vertidos generados; a nivel muy puntual existen algunos

problemas de metales pesados. Muy notorias, pero poco significativas a escala del acuífero, han sido algunas contaminaciones por hidrocarburos, y otros productos líquidos, ligadas a fugas de depósitos. ■

Referencias Bibliográficas

- ACUÑA, M.^a J. (1981): «Contaminación por plaguicidas organoclorados de la Vega de Granada». Tesis Doct. Univ. Granada. 380 págs.
- CASTILLO, A. (1986): «Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada». Tesis Doct. Univ. Granada. Eds. Univ. Granada & IGME. 658 págs.
- CASTILLO, A. (coord.) (1990): «Caracterización físico-químico-biológica de las aguas del Alto Genil. Estudio integral de la calidad y contaminación de las aguas». Inf. interno. Univ. Granada para la Dirección General de Obras Hidráulicas (Madrid). 1 vol. texto 278 págs. y 10 vol. de anexos.
- CASTILLO, A. y SANCHEZ, P. (1991): «Reutilización de aguas residuales tratadas en las nuevas estaciones depuradoras (Granada); aspectos hidrológicos». Inf. interno. Univ. Granada para la Dirección General de Obras Hidráulicas (Madrid). 175 págs.
- CASTILLO, A. (1994): «Caracterización de los recursos y reservas del sistema hídrico de la Vega de Granada. Consideraciones sobre la calidad de las aguas». Inf. interno. Univ. Granada para GIRSA. 150 págs.
- CHG (varios años): «Anuarios de caudal de estaciones de aforo».
- CHG (1988): «Documentación básica del plan hidrológico del Guadalquivir». Inf. restringido.
- CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS (1990): «Estudio previo de abastecimiento colectivo de los núcleos de la Vega de Granada». Inf. interno. Dirección General de Obras Hidráulicas de la Junta de Andalucía (Sevilla). 5 vol.
- DIPUTACION DE GRANADA/ITGE (1990): «Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada». Eds. Diputación Provincial & ITGE. 107 págs. y 4 mapas 1:200.000.
- DIPUTACION DE GRANADA/ITGE (1994): «Plan director de depuración de aguas residuales urbanas de la provincia de Granada». Ed. Diputación Provincial. Doc. de síntesis.
- FAO/IGME (1968): «Proyecto de investigación hidrológica de la cuenca del Guadalquivir». PNUD. Inf. restringido.
- FAO/IGME (1972): «Proyecto piloto de las aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir/Utilización de las aguas subterráneas para la mejora de los regadíos de la Vega de Granada». Inf. restringido.
- IGME (1981): «Informe sobre la evolución y estado actual del acuífero aluvial de la Vega de Granada». Inf. interno.
- IGME/GEOMECANICA 91983: «Modelo matemático de flujo del acuífero de la Vega de Granada». Inf. interno. 4 vol.
- IMN (varios años): «Anuarios de precipitaciones y temperaturas de estaciones climatológicas».
- ITGE (1989): «Vega de Granada». Serie manuales de utilización de acuíferos.
- MOPT (1988): «Documentación básica del Plan Hidrológico de la cuenca del Guadalquivir». Doc. restringido.
- OCAÑA, M.^a J. (1974): «La Vega de Granada». Tesis Doct. Univ. Granada. Eds. Caja de Ahorros de Granada & Instituto de Geografía Aplicada del Patronato «Alonso de Herrera» (CSIC). 560 págs.

PLAN DE PENSIONES DE LOS GEOLOGOS



ESTAS SON ALGUNAS DE SUS VENTAJAS:

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

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

tu futuro, nuestro futuro

CONSIDERACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL SECTOR MERIDIONAL DE LA SIERRA DE MOCLIN



Manuel Rolandi Sánchez-Solís

Licenciado en Ciencias Geológicas por la U.C.M., en 1976 y Diplomado en Hidrogeología. Ha trabajado en Investigación de Recursos Energéticos en CHEVRON EXP. CORP. y en Hidrogeología en IBERGESA y EPTISA. Actualmente se encuentra integrado, como Jefe de Proyecto, en el Departamento de Hidrogeología de EPTISA.



Antonio Martín Gómez

Licenciado en Ciencias Geológicas por la U.C.M., en 1976. Se ha especializado en Geofísica e Hidrogeología aplicada, en cuyos campos trabaja como geólogo consultor y como colaborador de diferentes empresas y organismos.

Este artículo presenta, de forma muy resumida, las conclusiones más destacables de un estudio realizado en el año 1988 sobre el funcionamiento hidrogeológico del sector occidental de la unidad carbonatada del Moclin-Los Morrones (Sierras de Enmedio, El Hacho y Moclín), en el que se detectó un bloque o escama hundida de calizas jurásicas flotando sobre un tramo margoso (posiblemente del Cretácico) al Norte del núcleo urbano de Tiena la Baja (Granada), que condiciona la zona de descarga de dicho sector. Pocos meses después, en este bloque se llevó a cabo un sondeo de preexplotación, con la intención de regular el manantial de Tiena, cuyos resultados confirmaron plenamente las hipótesis de funcionamiento hidrogeológico inicialmente establecidas.

The most important conclusions of a study carried out in 1988 on the hydrogeological dynamics of the western part of the Moclin-Los Morrones carbonate unit (Enmedio, El Hacho and Moclín Sierras) are presented. It was discovered that a sunken block of jurassic limestone, floating on a marly unit (possibly of cretaceous origin) and of Tiena la Baja (Granada), controls the discharge in this area. This hypothesis was confirmed by a pre-exploitation boring carried out some months later for the regulation of the Tiena spring.

1. Introducción

En el año 1988, y dentro del convenio de cooperación establecido dos años antes entre el ITGE y el IARA, se realizó el «Proyecto de Investigación Hidrogeológica en la Comarca de los Montes Orientales (Granada)», cuyo objetivo fundamental fue ampliar el grado de conocimiento existente, hasta la fecha, sobre el funcionamiento hidrogeológico y los recursos subterráneos disponibles en una serie de zonas previamente seleccionadas por su especial situación deficitaria para abastecer sus potenciales demandas agrícolas, y, dentro del marco de las posibilidades de aprovechamiento y regulación de dichos recursos, proponer y diseñar una serie de obras y de actuaciones concretas para satisfacer las pretendidas demandas.

El estudio comprendió 16 zonas o áreas de trabajo, para cada una de las cuales se buscaron soluciones particulares y específicas. Una de ellas fue precisamente la definida por el sector occidental de la Sierra de Moclín, en la que el interés de sus aprovechamientos hídricos subterráneos se centraba en los alrededores de los núcleos urbanos

de Tiena la Baja y Los Olivares, así como en los parajes próximos del Cortijo de Enmedio y El Almendro, en los cuales se tenía previsto poder ampliar sus superficies de regadío.

Una de las soluciones propuestas consistió en la posibilidad de regulación del manantial de Tiena la Baja, que constituye, junto con los drenajes producidos a través del río Velillos, una de las descargas más importantes del sector occidental de la Sierra de Moclín, en concreto la del bloque más occidental de ésta, comprendido por las Sierras de Enmedio y El Hacho.

2. Situación de la zona de estudio

El Sector de Tiena la Baja-Moclín se sitúa a unos 25-30 Km al NO de la capital granadina y en una zona que en todos los aspectos constituye un área de contacto, de paso o de frontera. De contacto y frontera topográfica entre el sector occidental de la vega granadina y las primeras estribaciones de los Montes Orientales; de contacto y paso climático entre el mediterráneo continental templado y el mediterráneo templado; de contacto geológico entre los depósi-

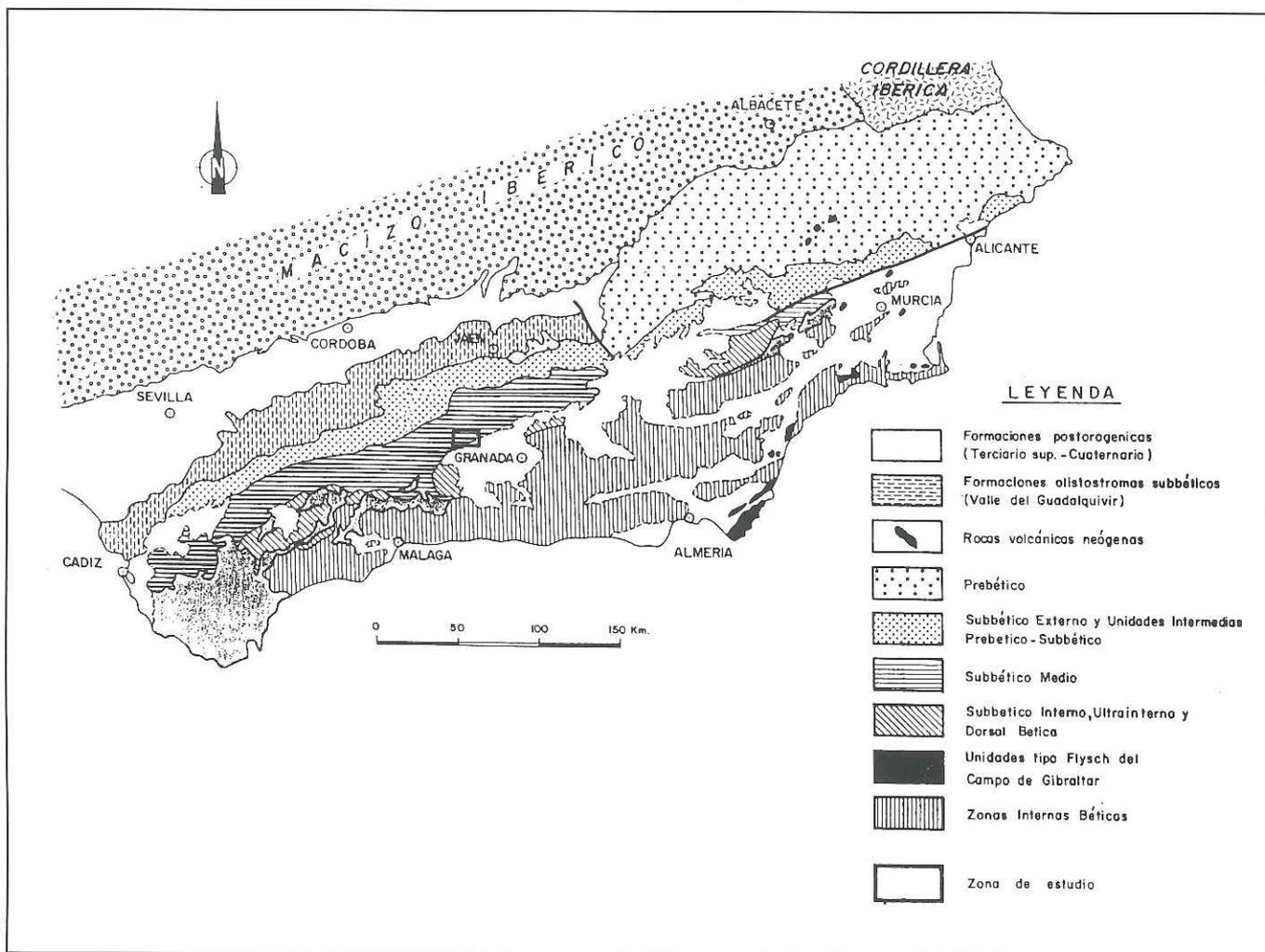


Fig. 1. Situación del área de estudio en el contexto geológico de las Cordilleras Béticas

tos marginales de la depresión granadina y los materiales carbonatados del subbético medio; y, por último, incluso de contacto y frontera cultural e histórica entre nazaríes granadinos y cristianos, que por aquellos parajes anduvieron a lo largo de la segunda mitad del siglo XV en continuas correrías y enfrentamientos, sin que su sobrenombre de «escudo de Granada» pudiera impedir que en el año 1486 fuera tomada, y a la vista de la propia reina Isabel la Católica, por las tropas del marqués de Cádiz, del Conde de Cabra y de Don Alonso Aguilar, junto con Illora, Montefrío, Colomera y El Salar, como adelanto y presagio de la caída de la propia capital granadina pocos años después.

En la actualidad, el acceso desde Granada es relativamente rápido y se realiza a través de la C.N. 432 hasta Pinos Puente, y posteriormente por el desvío que transcurre por todo el Valle del río Velillos o Frailes, atravesando los tres cortijos (Bucor, De Enmedio y

Baeza), hasta llegar a los Olivares y Tiena La Baja. Desde este último núcleo urbano, una tortuosa y estrecha carretera, con continuas vistas panorámicas de la vega granadina y un interesante recorrido geológico a través de las calizas y dolomías jurásicas del Cerro de El Hacho, comunica con el bello pueblo de Moclín, sobre cuyo histórico castillo las lombardas mayores y cuartagos del Marqués de Cádiz arrojaron «fierro y fuego», hasta conseguir finalmente rendirlo, con la ayuda de 2.000 lanzas y 8.000 peones, el 17 de junio de 1486. Precisamente en uno de los recodos de esta carretera existe un promontorio calizo donde, según los cronistas, la Reina Isabel la Católica instaló sus «reales» tiendas, para no perderse ni el más mínimo detalle del espectáculo que supuso el asedio y toma del castillo de Moclín.

Hoy en día, 509 años después del fausto acontecimiento, el castillo sigue guardando todo su encanto histó-

rico (a pesar de estar convertido en cementerio abandonado desde finales del pasado siglo, o quizá precisamente por ello), y en el bar de la calle principal del pueblo el visitante amante de la buena mesa podrá degustar, entre otros suculentos platos, unas exquisitas setas de cardo, condimentadas con dientes de ajo, ramitos de perejil, zumo de limón, sal y pimienta, y servidas por una agradable y bella camarera lugareña (impresión referida al citado año 1988).

3. Encuadre geológico regional

El sector estudiado corresponde geológicamente a una zona de contacto entre los materiales mesozóicos pertenecientes al dominio Subbético interno y medio (Sierras de Moclín-Los Morrones) y las formaciones postorogénicas del borde septentrional de la Depresión de Granada (Fig. 1).

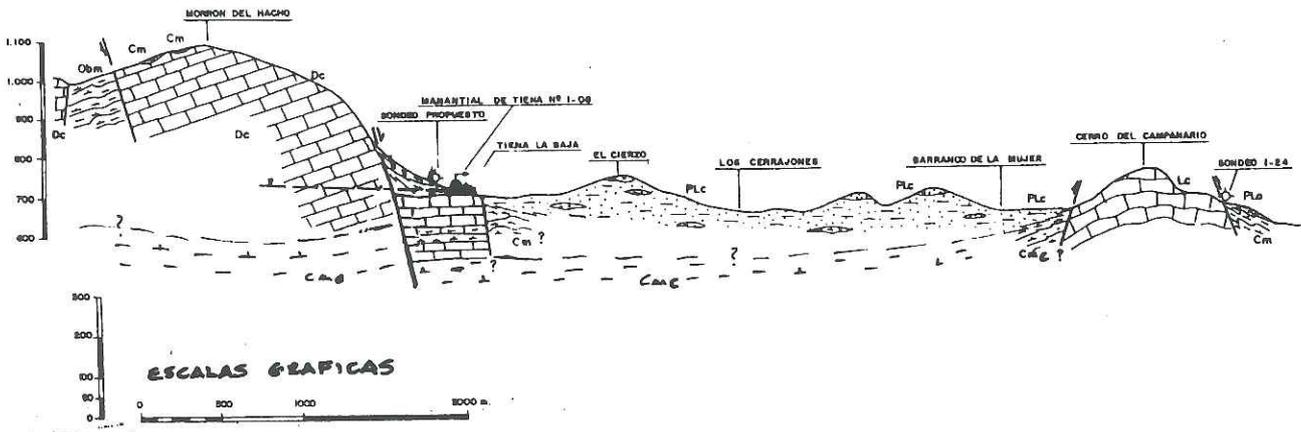
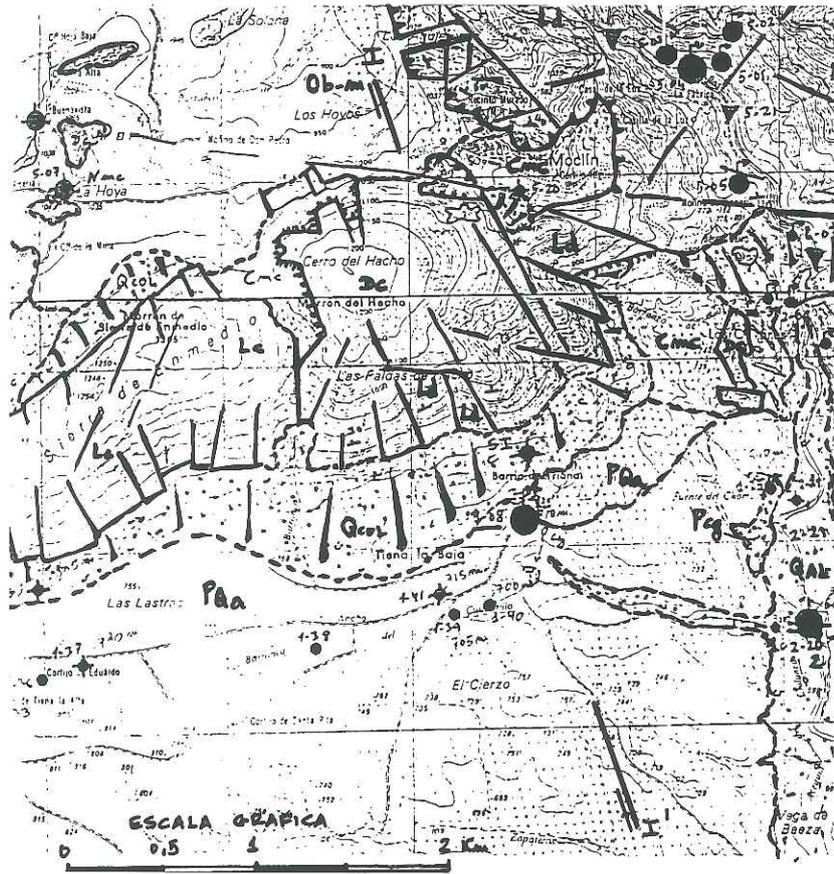
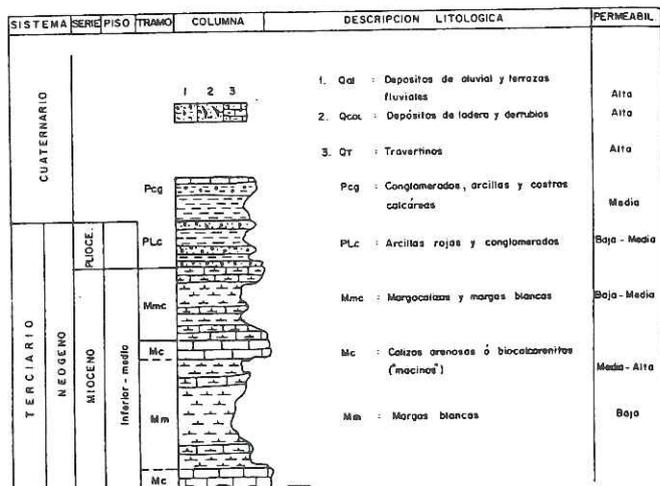
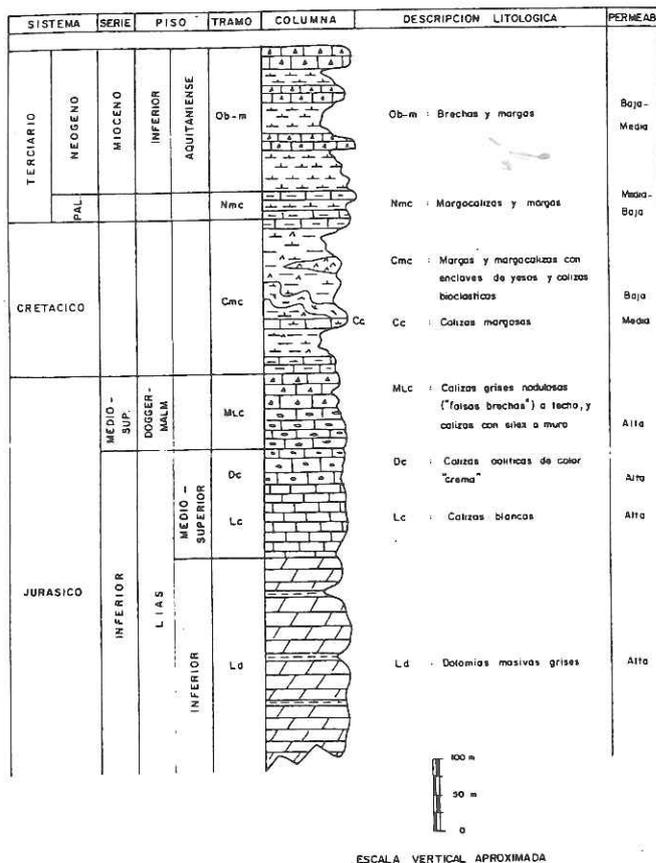


Fig. 2. Esquema y corte geológico del sector de Moclín-Tiena La Baja-Los Olivares.

SERIE ESTRATIGRAFICA POSTOROGENICA DE
LA ZONA (CORTIJO DE ENMEDIO-BAEZA-
LOS OLIVARES (MOCLIN))



SERIE ESTRATIGRAFICA DEL DOMINIO SUBBETICO
INTERNO DE LA ZONA (CORTIJO DE ENMEDIO-
BAEZA-LOS OLIVARES (MOCLIN))



La complicada estructura y compartimentación de la unidad condiciona la existencia de dos subunidades o bloques de funcionamiento hidrogeológico independientes.

En concreto, la Sierra de Moclín en sus estribaciones más occidentales (La Hoz-El Hacho y Enmedio), están constituidas por diversos tipos de materiales carbonatados del Jurásico y Cretácico, que conforman un elemento aislado de la unidad geológica de mayor rango de Parapanda-Hacho de Loja y Sierras de Madrid y Moclín, de carácter alóctono respecto al dominio Subbético s. str.

Estas tierras, básicamente corresponden al subbético interno, que ha cabalgado desde posiciones más meridionales sobre un subbético medio (de situación más meridional) totalmente asimilable al que conforma los relieves de la unidad contigua, formada por las sierras del Pozuelo-Campanario-Rayo-Las Cabras.

Por otra parte, los materiales post-orogénicos están formados por diversos tipos de depósitos del Neógeno y del Cuaternario, que constituyen el borde septentrional de relleno de la cubeta o Depresión de Granada.

4. Caracterización hidrogeológica

El conjunto calizo-dolomítico que constituye la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Moclín, conforma un extenso acuífero carbonatado con permeabilidad por fracturación y carstificación, que cabalga en todo su entorno sobre un Cretácico inferior margoso que actúa como substrato impermeable (Fig. 2).

Litológicamente está compuesto por dolomías masivas del Lías inferior (Ld), calizas blancas (Lc) y calizas dolomíticas (Dc) del Lías medio-superior y calizas con sílex grisáceas del Dogger-

Fig. 3. Series estratigráficas del sector de Moclín-Tiena La Baja.



Vistas del sector meridional del Cerro del Hacho y de contacto entre los afloramientos carbonatados (Dc) y los depósitos coluvionados de borde (Qcol). Asociados a dicho contacto aparecen diversos manantiales, como el de Tiena La Baja.

Malm (Mlc), que en su conjunto alcanzan una superficie aflorante próxima a los 30 Km² y un espesor de al menos 500 m (Fig. 3).

En cuanto a los importantes sistemas de fracturación que le afectan, estos han condicionado tanto sus límites hidrogeológicos como sus vías preferenciales de descarga. En el norte, por ejemplo, el límite viene definido por una gran falla de dirección NE-SO, que pone en contacto al acuífero con la serie margosa del Eoceno-Oligoceno, y le confiere un carácter de límite semiestanco. Algo parecido ocurre con sus bordes occidental, oriental y suroriental, que corresponden a límites de cabalgamiento hidráulicamente cerrados, al poner en

La Sierra de Moclín en sus estribaciones más occidentales (La Hoz-El Hacho y de Enmedio), están constituidas por diversos tipos de materiales carbonatados del Jurásico y del Cretácico.

contacto mecanizado las calizas y las dolomías del Jurásico con la serie margosa y de baja permeabilidad del Cretácico.

El borde meridional del acuífero es el que presenta una mayor complejidad hidráulica y a la vez un mayor interés hidrológico, por constituir su zona de descarga y, por consiguiente, el motivo de este artículo. Este borde, de carácter mecanizado, pone en contacto al conjunto carbonatado Jurásico con los materiales de relleno de la depresión de Granada a través de fallas normales de dirección ENE-OSO, constituyendo un límite hidráulicamente abierto por donde se producirá una cierta alimentación lateral y oculta hacia dicha depresión.

5. Subunidades o bloques de funcionamiento

La complicada estructura y compartimentación de la unidad condiciona la existencia de dos subunidades o bloques de funcionamiento hidrogeológico independiente, que corresponderán a las Sierras de La Hoz y de Enmedio-El Hacho, cuya delimitación aproximada coincidirá con la falla de dirección ONO-ESE existente al sur del núcleo urbano de Moclín.

El Conjunto calizo-dolomítico que constituye la Unidad Hidrogeológica de la Sierra de Moclín, conforma un extenso acuífero carbonatado con permeabilidad por fracturación y carstificación, que cabalga en todo su contorno sobre un cretácico inferior margoso que actúa como substrato impermeable.

La subunidad o bloque más oriental, constituida por la Sierra de la Hoz, tiene una superficie carbonatada de aproximadamente 25 Km², que se drena fundamentalmente por el cauce del río Velillos (que imprime el nivel de base de todo el acuífero, en torno a los 650-700, m.s.n.m.), así como por una serie de manantiales de muro asociados al contacto calizodolomítico y a la conjunción de diversas fracturas.

La otra subunidad o bloque, la más accidental, la constituyen las Sierras de Enmedio y el Hacho, con una superficie carbonatada mucho más reducida y próxima a los 5 Km², que en su totalidad se drena por el manantial de Tiena La Baja, situado a una cota próxima a los 705 m.s.n.m.



Zona de debilidad Geotécnica en el contacto litológico calizo-dolomítico y de confluencia de distintas fracturas. Los depósitos y derrubios de ladera se deslizan fácilmente hacia el eje del río Velillos.

El límite entre ambas subunidades o bloques constituye una zona de contacto litológico calizo-dolomítico y de confluencia de distintas fracturas, lo cual, unido a la existencia de una potente serie de depósitos de ladera y de derrubios en conexión hidráulica con el conjunto carbonatado, y al hecho de constituir el borde de descarga de la unidad, hace que represente una zona de ruptura con frecuentes movimientos de ladera de diferentes tipos (flujos, desprendimientos y movimientos complejos) hacia el eje, del río Velillos, como fue el caso del relativamente reciente deslizamiento de los Olivares

del año 1983. Estas zonas de ruptura se ven favorecidas por la presencia de materiales con unas características geomecánicas de baja resistencia y de expansividad media y alta, como son los casos de las arcillas, margas y margocalizas del Cretácico (Cmc).

6. El manantial de Tiena La Baja. Conclusiones

La presencia del manantial de Tiena La Baja a menos de 500 m al sur del borde meridional fracturado de las calizas y dolomías del Cerro



Zona fracturada próxima al río Velillos, con el deslizamiento de los olivares en el centro de la fotografía y el castillo de Moclín al fondo.

del Hacho y de la Sierra de Enmedio, y apenas a un centenar de metros de los depósitos coluvionados y en continuidad hidráulica con éstas, hace pensar que el citado manantial constituye la descarga más importante de dicha subunidad o bloque occidental. Sobre todo, cuando el caudal medio de este material y de otras dos sugerencias próximas existentes en un área de apenas 100 m², estimado en unos 15 l/seg, coincide, a grandes rasgos, con las evaluaciones de los recursos renovables de la mencionada subunidad.

La aparentemente sencilla justifi-

cación de la sugerencia múltiple, planteaba, no obstante, ciertos problemas a la hora de pensar en una posible regulación del manantial, dado que el borde mecanizado de la unidad podía ser también por falla inversa, como en el caso del sector situado al Este del río Colomera, y así lo hacía presagiar la existencia de un sondeo negativo de 90 m de profundidad emplazado a apenas 200 m del manantial.

Para dilucidar la duda razonable surgida, se realizó una prospección geofísica que aportó la información necesaria para recomendar una posible regulación del manantial.

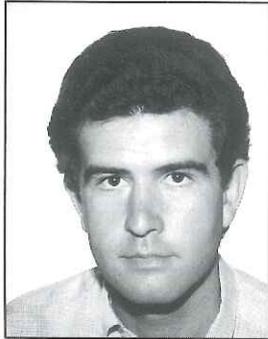
El manantial de Tiena La Baja corresponde a una surgencia múltiple del tipo estructural, producida por una serie de fallas de direcciones predominantes ENE-OSO y E-O, que han puesto en contacto medios de diferentes permeabilidades y posibilitado la aparición de manantiales de muro en la zona próxima del citado contacto.

Los sondeos eléctricos realizados indicaron que, bajo los primeros 30 metros de arcillas, limos rojos y conglomerados del Plioceno (Ple) en los que se emplaza la sugerencia múltiple de Tiena La Baja, existía una escama o bloque hundido de calizas jurásicas, de unos 60-80 m de espesor, conectado con el borde sur del Cerro del Hacho y flotando sobre un tramo margoso, posiblemente del Cretácico, bajo el que volvían a aparecer nuevamente calizas. Su nivel freático coincidía con el de descarga del manantial de Tiena, emplazado a unos 700-710 m.s.n.m.

La sugerencia múltiple parece responder, por consiguiente, a un modelo conceptual de tipo estructural, producida por una serie de fallas de direcciones predominantes ENE-OSO y E-O, que han puesto en contacto medios de diferentes permeabilidades y posibilitando la aparición de manantiales de muro en la zona próxima del citado contacto.

La satisfacción de los geólogos que participamos en este estudio fue aún mayor, si cabía, cuando apenas unos meses después se realizó un sondeo de investigación-preexplotación, en un punto próximo al manantial, con el que se confirmaron plenamente las hipótesis planteadas y los resultados previstos. ■

LOS SIMPOSIA SOBRE EL AGUA EN ANDALUCIA (1981-1986-1991); PUBLICACIONES TEMATICAS Y CUENCA DEL GUADALQUIVIR



Antonio Castillo Martín

Es Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Granada, y desempeña su labor profesional como funcionario del Estado, dentro del campo de la Hidrogeología. Se inició en la investigación en 1981 en la antigua Cátedra de Hidrogeología de la Universidad de Granada, de la que fue su titular el Dr. Fernández Rubio. Desde 1987 forma parte del cuerpo de investigadores del C.S.I.C., con destino en Granada. Su ámbito geográfico de estudio son los sistemas acuíferos del Sureste español, y entre sus temas preferentes destacan los estudios de calidad y contaminación de aguas.



J. Carlos Herrera M.

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

A través de los tres Simposia Sobre el Agua en Andalucía celebrados en los años 1981, 1986 y 1991, se ofrece una visión global del estado de conocimiento hidrogeológico de la cuenca del Guadalquivir. Se relacionan todos los artículos publicados y se hace una valoración final sobre tendencias.

On the basis of the three Conferences on Water in Andalucía, held in 1981, 1986 and 1991, an overview is provided on the level of hydrogeological understanding of the Guadalquivir basin. All published papers are reviewed and tendencies are evaluated.

Introducción

En 1981, el antiguo Grupo de Trabajo de Hidrogeología de la Universidad de Granada, dirigido por el Dr. Fernández Rubio, ideó y organizó el primer Simposio sobre el Agua en Andalucía. La iniciativa pretendía crear un foro permanente, a convocar cada cinco años, donde los especialistas en la materia pudieran intercambiar experiencias y conocimientos. Desde aquél mes de marzo de 1981, ya lejano, donde un grupo de entusiastas participantes expusieron sus trabajos en el Palacio de la Madraza de Granada, el evento volvió a repetirse en dos ocasiones más. En 1986, otra vez en Granada, y en 1991, esta vez en Córdoba. En 1996 está previsto que la organización del IV Simposio corra a cargo de la Universidad de Almería, cumpliendo escrupulosamente con el compromiso de reuniones quinquenales marcado en 1981.

Los tres Simposia sobre el Agua en Andalucía celebrados hasta el momento recogen en sus libros de Actas una abundante fuente de información y documentación, acerca de los temas y lugares más variados y recónditos de la geografía andaluza. En el presente artículo se hace un breve recordatorio de estos Simposia, al tiempo que se relacionan las investigaciones temáticas y las realizadas en la cuenca del Guadalquivir publicadas en los libros de Actas (Granada, 1981 y 1986, y Córdoba, 1991). Las referencias se han ordenado alfabéticamente por autores dentro de cada uno de los apartados temáticos siguientes: Hidrología agrícola, Hidrología superficial, Hidrología subterrá-

nea, Calidad y contaminación y Planificación hidráulica.

1. Primer simposio sobre el agua en Andalucía (Granada, 1981)

1.1. Introducción

Durante los días 23 al 26 de marzo de 1981 tuvo lugar, en Granada, la celebración del primer Simposio sobre el Agua en Andalucía. Esta primera reunión fue ideada y organizada por el entonces Grupo de Trabajo de Hidrogeología de la Universidad de Granada, dirigido, en aquél entonces, por el Catedrático de Hidrogeología D. Rafael Fernández Rubio. El objetivo de esta iniciativa fue el de crear un foro de encuentro, debate y difusión de los trabajos realizados sobre el Agua en Andalucía. Las sesiones de trabajo tuvieron lugar en el Palacio de La Madraza.

El comité organizador estuvo integrado por las siguientes personas: D. Rafael Fernández Rubio (Secretario General), D. Antonio Pulido Bosch (Secretario de Organización), D. José Benavente Herrera (Tesorero), D^a Aurora Calvache Quesada, D. Rafael Fernández Gutiérrez del Alamo y D. Eduardo Ollero Robles (Vocales). Para asegurar su difusión por el resto de Andalucía se crearon unos comités locales en cada una de las restantes provincias andaluzas; estos comités estuvieron formados por las siguientes personas: a) Almería: D. Antonio Romero Medina y D. Manuel Ruiz Tagle; b) Cádiz: D. Jorge Alguacil de la Blanca; c) Córdoba: D. José Valdi-

via Poyato y D. José Moya Megías; d) Huelva: D. Arsenio González Martínez; e) Jaén: D. Pedro Ruiz Ortiz, D. José del Río Torres y D. Antonio Valverde Molina; f) Málaga: D. Salvador Pérez González y D. Francisco J. González García; y g) Sevilla: D. Miguel Martín Machuca y D. Francisco J. Gollonet.

1.2. Introducción al libro de Actas científicas, a cargo del Secretario General

Al presentar las Actas del Simposio sobre el Agua en Andalucía, son muchas las ideas que pueden expresarse como justificación de un empeño que ve el fruto en estas colaboraciones, las cuales han hecho posible la primera síntesis monográfica y multidisciplinar sobre esta materia y en este entorno.

En efecto, el propósito del Grupo de Trabajo de Hidrogeología de la Universidad de Granada, como inspirador y alentador de este evento, fue el ofrecer un forum abierto, en el que tanto los responsables de la política y el ordenamiento hidráulico, como los más modestos investigadores, tuvieran oportunidad de dar a conocer sus trabajos, y encontrarán el marco adecuado para intercambiar ideas y estrechar lazos de colaboración.

Pero lo que, a pesar de ser optimistas, nunca esperábamos alcanzase tan altas metas, fue la colaboración de todos los que, realmente, buscan para nuestra Andalucía un porvenir mejor, y piensan que el Agua es el elemento esencial para conseguirlo.

El agua, para nosotros, además de aspectos puramente científicos, encierra tras de sí la más imperiosa de las necesidades; porque nuestra región tiene hombres, tiene tierras y tiene clima que con el agua son capaces de hacerla resurgir de su postración. Pero requiere, más que ninguna, de aunar esfuerzos, y aprovechar al máximo los menguados recursos financieros y tecnológicos disponibles, para que ni una sola gota se desperdicie.

Pero no es sólo ese empleo del agua como bien necesario e insustituible de consumo, es también la necesidad de comprender que el agua es vida, es nuestra vida y la de nuestro entorno; es necesario protegerla; se requiere hacer de ella el mejor de los usos; no podemos dejar que sean pa-

pel mojado tantos decálogos, leyes y propósitos.

No podemos caer en la tentación de hacer demagogia con tantos aspectos vitales relacionados con este agua, ni debemos aceptar que las energías se gasten en conversaciones de despacho o en reivindicaciones clasistas, mientras a nuestro alrededor se degrada este bien, se hace mal uso de él o se ignora la necesidad real de su gestión global en el más amplio y generoso sentido de la palabra, sin olvidar a unas aguas y a otras, sin olvidar su entorno climático, biológico y ecológico.

Y aquí quisiera destacar el papel que, a mi juicio, le toca jugar a la Universidad; porque no pienso que, con ser mucho, sea suficiente cometido el de impartir unas enseñanzas, en este caso lo más científicas y prácticas posibles, sino que es imprescindible que la Universidad, en estrecha simbiosis con este medio ambiente en el que se enclava, trate de colaborar en la solución de sus problemas, trate de comprometerse en una formación permanente del postgraduado, trate de ser elemento coordinador de tantos esfuerzos notorios, que en ese alma mater de la Universidad pueden encontrar el mejor fermento aglutinador. Y por esto, y porque la Universidad tiene la responsabilidad de preparar a los mejores profesionales del mañana, debe de seguir muy de cerca problemas que tan profundamente inciden en ese resurgir anhelado.

Pero son muchos otros aspectos los que llenan de satisfacción al contemplar esta obra que hoy presentamos. Es, por ejemplo, el poder ofrecer el fruto del esfuerzo de personas de muy diferente formación y procedencia, a las que, en estas páginas, les unen dos palabras mágicas: Andalucía y Agua.

Es la oportunidad de presentar una serie de botones de muestra del conocimiento hidrológico de nuestra región, que pueden ayudarnos a conocer mejor sus problemas y posibilidades.

Es la satisfacción del apoyo recibido por todos aquellos organismos que, muchas veces en labor callada pero eficaz, hacen posible, día a día, este mejor conocimiento del agua en nuestra región, y que han querido testimoniar su apoyo como Patrocinadores o Colaboradores.

Es, finalmente, una demostración

palpable de que esta región nuestra, a la que la leyenda negra tanto daño ha hecho, se plantea con seriedad sus problemas y sus soluciones, y pienso que es también un desafío para que del agua sepamos sacar, en Andalucía, provecho no sólo para nosotros, sino más aún para nuestros hijos y los hijos de nuestros hijos. (Rafael Fernández Rubio, Catedrático de Hidrogeología; Granada, 1981).

1.3.-Trabajos presentados

En este primer Simposio se expusieron y publicaron un total de 57 trabajos, que fueron recogidos a lo largo de 832 páginas en dos volúmenes. Las publicaciones se clasificaron y agruparon en las seis secciones siguientes; a) Sección I: climatología; b) Sección II: el agua en el suelo; c) Sección III: hidrobiología; d) Sección IV: hidrogeología; e) Sección V: calidad de las aguas y contaminación; y f) Sección VI: aprovechamientos hidráulicos.

En el apartado 4 se expone la relación de trabajos publicados (sólo para la cuenca del Guadalquivir y temáticos), identificados de los restantes por el año de edición (1981). En las figuras 2 y 3 se exponen sendas gráficas con las distribuciones de publicaciones por temáticas para los tres Simposia celebrados (Granada, 1981 y 1986, y Córdoba, 1991).

2. Segundo simposio sobre el agua en Andalucía (Granada, 1986)

2.1. Introducción

Este segundo Simposio se celebró también en Granada, y tuvo lugar durante los días 17 al 20 de marzo de 1986. En este caso fue organizado por el Departamento de Hidrogeología de la Universidad de Granada, heredero de aquel Grupo de Trabajo de Hidrogeología organizador del primer Simposio. Las sesiones científicas se desarrollaron en el auditorio Manuel de Falla, dentro del recinto monumental de La Alhambra.

En esta ocasión, el comité organizador estuvo compuesto por las personas siguientes: D. Rafael Fernández Rubio (Presidente), D. Antonio Pulido Bosch (Secretario General), D. José Benavente Herrera (Secretario de Or-

ganización), D. Alberto Padilla Benítez (Tesorero), D. Antonio Castillo Martín, D. Emilio Castillo Pérez, D. Juan Antonio Martín Vivaldi, D. Antonio Molina Cobos, D^a Guadalupe Morales Campos, D. Manuel del Valle Cardenete (Vocales), y D^a Paule D. Leboeuf (Secretaria). También en este caso, se dispuso de unos comités locales en el resto de las provincias andaluzas, los cuales estuvieron integrados por las siguientes personas: a) Almería: D. Manuel Ruíz-Tagle y D. Fernando Navarrete López-Cózar; b) Córdoba: D. Juan Vicente Giráldez Cervera y D. José Luis Moya Megías; c) Huelva: D. Arsenio González Martínez y D. José Manuel Cantó Romera; d) Jaén: D. Pedro Ruiz Ortiz y D. José Miguel Molina Cámara; e) Málaga: D. Luis Linares Girela y D. Juan Manuel González-Auriales; y f) Sevilla: D. Miguel Martín Machuca y D. Rafael Portero Cobos.

2.2. Introducción al libro de Actas, a cargo del Secretario General

Estos tomos recogen las comunicaciones presentadas al II Simposio sobre el Agua en Andalucía que toma el relevo de aquél, ya lejano, celebrado en marzo de 1981. Con gran entusiasmo e ilusión conseguimos en aquella ocasión reunir a dos centenares de especialistas en Agua; fueron expuestos medio centenar de trabajos.

En la presente edición se han superado las cien comunicaciones que corresponden a la contribución de profesionales de muy diversas especialidades y distintas formaciones. Se puede afirmar que los volúmenes que recopilan tan importantes contribuciones constituyen un documento básico de consulta para todos aquellos profesionales empeñados en los diferentes aspectos relativos al Agua en Andalucía.

Los trabajos aquí publicados han sido agrupados en cuatro secciones, de entre las que destacan, por la cantidad, los referentes a las Características Físicas, Químicas y Biológicas de las aguas y a la Hidrogeología. Ello es quizás reflejo de las actuales inquietudes científicas y técnicas, así como de una realidad física andaluza; el conocimiento de la composición de las aguas y especialmente de los factores y procesos que pueden contribuir al deterioro de su calidad o a su regeneración, es una notable

fuerza de inquietudes al tiempo que una línea de actuación de muchos investigadores y técnicos. Las numerosas comunicaciones referentes a la hidrogeología reflejan, por un lado, que hay muchos especialistas que trabajan en este dominio, y por otro, el volumen de los trabajos que se llevan a cabo; no en vano las aguas subterráneas representan en una gran parte de Andalucía un recurso hídrico de gran potencialidad y, en alguna ocasión, la única fuente posible de suministro.

Completan los volúmenes las secciones de Hidrometeorología y Climatología y el Agua en el suelo. Merece ser señalado el incremento de comunicaciones relativas a las técnicas de riego y a la eficiencia de los mismos, con notable contribución de Agrónomos especialistas. Finalmente, una sección de Varios es el cajón de sastre que complementa los diferentes campos tratados.

Es una satisfacción personal presentar esta obra que, estoy seguro, va a contribuir a conocer mejor el importante recurso AGUA en nuestra Comunidad Autónoma. (Antonio Pulido Bosch, Profesor Titular de Hidrogeología; Granada, 1986).

2.3. Trabajos presentados

En este segundo Simposio se presentaron y publicaron un total de 105 trabajos. De ellos 46 correspondieron a investigaciones realizadas fuera de la cuenca del Guadalquivir, y, por tanto, no aparecen en la relación del apartado 4. Los trabajos fueron agrupados, en esta ocasión, en las cinco Secciones temáticas siguientes: a) Sección I: hidrometeorología y climatología; b) Sección II: el agua en el suelo; c) Sección III: características físicas, químicas y biológicas; d) Sección IV: hidrogeología; e) Sección V: calidad de las aguas y contaminación; y f) Sección VI: aprovechamientos hidráulicos.

En el apartado 4 se ofrece la relación de los trabajos publicados en las Actas (sólo cuenca del Guadalquivir y trabajos temáticos), ordenados alfabéticamente por autores dentro de las unidades temáticas consideradas; del mismo modo, en las figuras 2 y 3, se ilustra sobre la distribución de publicaciones por secciones, junto a su comparación con las de los otros dos simposios.

3. Tercer simposio sobre el agua en Andalucía (Córdoba, 1991)

3.1. Introducción

Este Simposio se celebró del 24 al 27 de septiembre de 1991 en la ciudad de Córdoba. La organización corrió a cargo del Grupo de Investigación de Hidrología e Hidráulica del Departamento de Agronomía de la E.T.S.I. Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba.

El comité organizador estuvo compuesto por D. Juan Vicente Giráldez Cervera, como Presidente, actuando de vocales los señores D. Jose Luis Ayuso Muñoz, D. Jose Luis Moya Mejías y D. Jose Roldán Cañas; actuó de Secretario D. Miguel Alcaide García. Para la ocasión se creó además un Comité Científico que, contando con el Presidente y Secretario del Comité Organizador, incorporó como vocales a los señores D. Joaquín Andreu Alvarez, D. Jose Luis Ayuso Muñoz, D. Joaquín Berengena Herrera, D. Elías Ferreres Castiel, D. Miguel Martina Machuca, D. Jose Luis Moya Mejías, D. Antonio Pulido Bosch, D. Eduardo Rodríguez Paradinas y D. Jose Roldán Cañas.

3.2. Introducción a las Actas científicas, a cargo del Comité Organizador

La gran acogida que tuvieron las dos primeras ediciones del Simposio sobre el agua en Andalucía, celebrada en Granada en los años 1981 y 1986, ha dado origen a esta nueva reunión. En esta ocasión comienza una nueva singladura al trasladarse a Córdoba, desde donde, esperamos, continúe rotando por otras ciudades de la Comunidad para realzar el interés que por este recurso se tiene.

Los trabajos recogidos en este volumen se han encuadrado de forma similar al de anteriores ediciones, pero esta vez separando la Hidrología de Superficie, Subterránea y Agrícola de la de Gestión y Manejo del agua. Destaca entre las comunicaciones la preocupación por la escasez del agua, por la ocurrencia e intensidad de la precipitación, y, sobre todo, por el deterioro, la recuperación, y en definitiva la conservación de la calidad del agua.

En el ánimo de todos los que constituimos el comité organizador y, su-

ponemos, en el de los ponentes, comunicantes, y asistentes está la gran responsabilidad que tenemos por transmitir a nuestros hijos una Tierra, al menos, en las condiciones en la que nosotros la recibimos. Esperamos que todavía se pueda observar, como decía Machado, aquello de

*Lloviendo está en los habares
y en las pardas sementeras;
hay sol en los encinares
charcos por las carreteras.*

Para ello confiamos en que en este Simposio podamos aclarar cuáles son los problemas más acuciantes y hacia dónde debemos orientar nuestros objetivos científicos, técnicos y políticos en el próximo quinquenio.

3.3. Trabajos presentados

En este tercer Simposio se expusieron y publicaron un total de 87 comunicaciones, publicadas en dos volúmenes con un total de 1.180 páginas.

En 1981 se ideó y organizó el Primer simposio sobre el agua en Andalucía. La iniciativa pretendía crear un foro permanente, a convocar cada cinco años.

Los trabajos se distribuyeron en cuatro sesiones, cada una de las cuales fue precedida por una ponencia invitada sobre la temática abordada. Las sesiones y ponencias desarrolladas fueron las siguientes:

Sesión I. «Hidrología de Superficie» Ponencia: Posibilidades y realizaciones del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas en la gestión de los recursos hidráulicos. Autor: D. Andrés Sahuquillo Herraiz. Sesión II. «Hidrogeología» Ponencia: Perspectiva y prospectiva de la hidrogeología. Autor: D. Rafael Fernández Rubio. Sesión III. «Hidrología Agrícola» Ponencia: Los riegos en el marco de la política hidrológica. Autor: D. Alberto Losada Villasante. Sesión IV. «Gestión, Manejo y Protección del Agua» Ponencia: Ges-

ción, manejo y protección del agua. Autor: D. Jaime Palop Piqueras.

Como colofón del Simposio, el Dr. John Thornes ofreció una conferencia sobre «Environmental change and hydrology».

4. Relación de trabajos publicados en los tres primeros simposios sobre el agua en Andalucía (Temáticos y cuenca del Guadalquivir)

HIDROLOGIA AGRICOLA

- ANDREU, L., VAZ, R., CABRERA, F., MORENO, F. y MARTIN ARANDA, J. (1991). Pérdidas de nitrato en un suelo recuperado de las marismas de Lebrija.
- BELLAS, R. y PUNTER, M. (1986). Modernos sistemas de riego y su aplicación a la zona regable del Bajo Guadalquivir.
- CANAVENTE FERNANDEZ, M.C., CRUCES BLANCO, C. y MARTINEZ RAYA, A. (1991). Influencia de la calidad de agua y tipo de riego en la productividad de las leguminosas-grano en la Vega de Granada.
- DELGADO, S., VALLE, M. del, IGLESIAS, A. y RUBIO, J.C. (1986). Aprovechamiento de las aguas de drenaje del Marquesado. Proyecto de recarga artificial y mejora de los regadíos de Guadix.
- DIAZ, A., CIRIA, F., AYUSO, J.L. y Giráldez, J.V. (1981). La erosión del suelo en la cuenca del Guadajoz.
- DIZ, J., MARQUEZ, F., FERRERES, E. y BERENGENA, J. (1986). Demanda evapotranspirativa y demanda global en los regadíos.
- FERNANDEZ BEJARANO, T., LOPEZ ONTIVEROS, A., INSUA, F., BERENGENA, J., MURIEL, J.L. y Giráldez, J.V. (1981). Evolución de la demanda de agua de riego en la cuenca del Guadalquivir: análisis de la zona regable del Guadalquivir.
- GARCIA, M.D., AYUSO, J.L. y Giráldez, J.V. (1981). Diseño de obras de conservación del suelo y del agua aplicables en Andalucía.
- GARCIA, M., Giráldez, J.V., GONZALEZ, P. y FERERES, E. (1986). Aprovechamiento del agua en el secano de la campiña andaluza.
- GIL, A., RECA, J., CASADO, P., ROLDAN, J. y ALCAIDE, M. (1991). Plan de transformación de la zona regable de Palma del Río INSUA MUÑOZ, F., GARCIA GUZMAN, A. y ROLDAN CAÑAS, J. (1981). Influencia del régimen pluviométrico sobre las labores agrícolas.
- LAGUNA, A., ALCAIDE, M., LOSADA, A. y ROLDAN, J. (1986). Consumo y aforo del agua de riego en la zona regable del Bembezar.
- LOPEZ, L., VIRGOS, L. y MARTIN, M. (1986). Hipótesis de explotación para regadíos del acuífero nº 25, Ayamonte-Huelva.
- MACHADO, R. (1986). Agroclimatología de la campiña Baja y del Valle de Andújar (provincia de Jaén).
- MACHADO, R. y CAMPILLO, M.T. (1986). Recursos hídricos y utilización para el regadío en la Campiña Oriental Jiennense: aproximación a un estudio valorativo.

- MORENO, F. (1986). Variabilidad de la infiltración del agua en el suelo durante lluvias intensas.
- MORENO, F., ARRUE, J.L. y MARTIN, J. (1981). Almacenamiento de agua en suelos de Andalucía occidental. Características hidrofísicas.
- PRADOS, M., ROLDAN, J., ALCAIDE, M. y LOSADA, A. (1986). Uso del agua de riego en el Sector I del Plan Genil-Cabra.
- RECIO, J.M., CANO, M.D., DE NOVALES, C. y DIAZ DEL OLMO, F. (1991). Hidromorfía estacional y procesos geoedáficos en terrazas del Guadalquivir en: Lagunas de Zarza (Fuente Palmera-Córdoba).
- TEMIÑO, J. (1986). Componentes del balance hídrico en la provincia de Sevilla al Sur de Sierra Morena.

HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

- AYUSO, J.L., CIRIA, F., DIAZ, A. y Giráldez, J.V. (1981) Descripción hidrográfica de la cuenca del río Guadajoz.
- BENAVENTE, J., FRONTANA, J. y CHICA, M. (1986). Estudio del régimen pluviométrico en la ciudad de Granada durante el período 1902-1983.
- CARMONA POYATO, A., AYUSO MUÑOZ, J., PEREZ GARCIA, F. y CABALLERO REPULLO, A. (1991). Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la Sierra de Córdoba.
- FRONTANA, J. (1986). Humedad y meteoros acuosos en Granada (Observatorio de Cartuja).
- FRONTANA, J. (1986). Aproximación al estudio de los recursos hídricos procedentes de la precipitación en Andalucía.
- GARCIA GUZMAN, A., ROLDAN CAÑAS, J. y LOSADA VILLASANTE, A. (1981). Caracterización del régimen de lluvias en Córdoba.
- GONZALEZ MARTINEZ, A. (1981). Estudio de las series pluviométricas con datos insuficientes (sector sur-occidental provincia de Huelva).
- GUTIERREZ, E., PEINADO, A., Giráldez, J.V. y AYUSO, J.L. (1986). La distribución de la lluvia en Andalucía.
- GUTIERREZ-RAVE, E. y Giráldez, J.V. (1991). Análisis de la precipitación mensual en Andalucía en el período 1942-1982.
- LINARES, L. y VALLE, M. del. (1986). Relaciones entre la Laguna de Fuente de Piedra y la piezometría de los acuíferos de la Cuenca (Málaga).
- MORENO, M.C. y MARTIN, J. (1986). Estudio preliminar sobre las tendencias de la precipitación anual en el sur de la península ibérica: el caso de Gibraltar.
- MOYA, J.L. y RECIO, J.M. (1986). Consideraciones sobre la climatología de las zonas húmedas del sur de la provincia de Córdoba.
- MOYA, J.L., RECIO, J.M. y Giráldez, J.V. (1986). Determinación del flujo base en lagunas endorreicas.
- PENA, A., AYUSO, J.L. y Giráldez, J.V. (1991). Caracterización hidrológica del río Guadalquivir a su paso por Córdoba y estudio del comportamiento hidráulico ante las actuaciones previstas en el «Plan Especial del río Guadalquivir».
- ROMERO, M.A. (1986). Balances hídricos de los ríos Castril y Guardal.
- TENAJAS, J.L. y LLAMAS, M.R. (1986). Aplicación de la teledetección espacial (imágenes Landsat) al estudio de la hidrología superficial de las marismas del Parque Nacional de Doñana (Huelva).
- VELASCO, E., SANCHEZ, M. y DOLZ, J. (1991). Análisis de la hidrología superficial de las cuencas vertientes a la marisma del Coto de Doñana.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

BATLLE GARGALLO, A. y MARTIN MACHUCA, M. (1986). Cuantificación de los recursos del macizo calizo de Estepa, a partir de su evolución hidrodinámica.

BATLLE, A., MANTECON, R. y MARTIN, M. (1986). Estudio hidrogeológico del acuífero Arahal-Paradas-Morón de la Frontera (Sevilla).

BATLLE, A., MANTECON, R., NAVARRO, R., ROSADO, J.A. y MARTIN, M. (1986). Las aguas subterráneas en la provincia de Cádiz.

CASTILLO, E., GOLLONET, F. y MARTIN, M. (1986). Características hidrogeológicas de los acuíferos carbonatados de la Serranía de Grazalema (Cádiz). Su relación con el río Guadalete.

CASTILLO MARTIN, A. (1981). Estudio de la fracturación del acuífero de La Alfaguara (Alpujarrides Septentrionales).

CASTILLO, E., VALLE, M. del y LUPIANI, E. (1986). Características del acuífero de los Llanos del Marquesado y Vega de Guadix. Nuevos datos sobre su balance hídrico.

CHICA OLMO, M., FERNANDEZ-RUBIO, R., PULIDO BOSCH, A. y YAGUE BALLESTER, A. (1981). Aplicaciones del krigage a la estimación de niveles piezométricos.

CHICO DE GUZMAN, J.M. (1986). Las aguas subterráneas en el Estatuto de Autonomía de Andalucía.

DIAZ HERNANDEZ, J.L., RUBIO CAMPOS, J.C., ALARCOS PEREZ, C. y URBANO JIMENEZ, F. (1991). Actualización hidrogeológica del acuífero de la Zarza (Granada).

DICHTL, L., LINARES, L. y VALLE, M. del. (1986). Hidrogeología de la Laguna de Fuente de Piedra y su entorno (Provincia de Málaga).

FERNANDEZ GUTIERREZ, R. y FERNANDEZ RUBIO, R. (1981). Realización de sondeos horizontales para captación y drenaje.

FERNANDEZ GUTIERREZ, R., PULIDO BOSCH, A. y FERNANDEZ RUBIO, R. (1981). Búsqueda hidrogeológica de tres sistemas acuíferos kársticos al norte de Ronda (Málaga).

GOLLONET, F.J., CASTILLO, E. I. y VALLE, M. del. (1986). Presencia de niveles detríticos en las margas tortonienses de la Depresión del Guadalquivir. Su significación hidrogeológica y características al SE de Almodóvar del Río (Córdoba).

GONZALEZ, A. (1986). Estructura y funcionamiento del sistema acuífero superficial del sector Ayamonte-Huelva.

GUZMAN DEL PINO, J.L. y JUAREZ GARCIA, J. (1981). Esquema del funcionamiento hidrogeológico de la S. de Jarastepar y Cartájima (extremo meridional de la serraña de Ronda).

HIDALGO, M.C., CRUZ SANJULIAN, J.J., BENAVENTE, J. y ARRAGUAS, L. (1991). Contribución de la investigación isotópica al conocimiento hidrogeológico de la depresión de Baza (Granada).

LINARES, L., RIVERA, A. y TRENADO, L. (1986). Hidroquímica de los acuíferos de la cuenca de Fuente de Piedra (Málaga).

LOPEZ LINARES, M. y MALDONADO ZAMORA, A. (1981). El método de polarización inducida y sus aplicaciones en la prospección hidrogeológica de cuencas detrítico-arcillosas.

LOPEZ VERA, F. (1981). Posibilidades de la utilización de técnicas isotópicas en las aguas subterráneas de Andalucía.

MACIAS, A. (1986). Estudio hidrogeológico de la cuenca media del arroyo de La Cañada (Granada).

MANZANO, M., CUSTODIO, E. y PONCELA, R. (1991). Contribución de la hidrogeoquímica al conocimiento de la hidrodinámica de los acuíferos del área de Doñana.

MARTIN BOURGON, P., GONZALEZ FERNANDEZ, L.A. y LOPEZ ARECHAVALA, G. (1991). Control del funcionamiento hidrodinámico del sistema acuífero de la FUA. Proyecto de clausura de la fábrica de uranio de Andújar (Jaén).

MARTIN MACHUCA, M. y GOLLONET, F.J. (1981). El manto acuífero de Chipiona; recursos explotables, evolución futura.

MARTIN SOSA, D. (1981). Problemática de las aguas subterráneas en la región sur-occidental de la provincia de Huelva.

MARTIN, J. y PULIDO BOSCH, A. (1981). Consideraciones sobre la porosidad y la permeabilidad en dolomitas.

MARTINEZ GARRIDO, J.C., MORAL MARTOS, F., CRUZ SANJULIAN, J.J., BENAVENTE HERRERA, J., RUBIO CAMPOS, J.C. y LOPEZ GETA, J.A. (1991). Caracterización hidrogeológica de los acuíferos carbonatados de la Sierra de Cazorla (Jaén).

MORAL MARTOS, F., MARTINEZ GARRIDO, J.C., CRUZ SANJULIAN, J.J., BENAVENTE HERRERA, J., LOPEZ GETA, J.A. y RUBIO CAMPOS, J.C. (1991). Características hidrogeológicas de Sierra Seca (Granada-Jaén).

MOYA MEGIAS, J.L. (1981). Investigación hidrogeológica en un sector al Sur de Villanueva de Tapia (Málaga).

OLIAS, M., CRUZ SANJULIAN, J.J., BENAVENTE, J., ARRAGUAS, L. y LOPEZ VERA, F. (1991). Investigación isotópica preliminar en la zona no saturada del acuífero Almonte-Marismas.

PEREZ GONZALEZ, S. y GONZALEZ GARCIA, F.J. (1981). Acuíferos del Triás de facies germano-andaluza.

RUBIO CAMPOS, J.C., GONZALEZ RAMON, A., ROSINO ROSINO, J. y CASTILLO PEREZ, E. (1991). Primeros datos sobre una investigación hidrogeológica en un área granítica del noreste de Linares (Jaén).

TEMIÑO, J. MARTIN, M. y RODRIGUEZ, A. (1986). Estudio hidrogeológico del Mioceno detrítico-carbonatado del NE de la Sierra de Estepa.

URBANO JIMENEZ, F., RUBIO CAMPOS, J.C., PEINADO PARRA, T. y DELGADO PASTOR, J. (1991). Síntesis de la investigación hidrogeológica realizada en el acuífero de Baza-Caniles (Granada), mediante la construcción de sondeos mecánicos.

VELA, A. y LLAMAS, M.R. (1986). Análisis preliminar del flujo de agua subterránea en el sistema de dunas móviles y en la flecha litoral del Parque Nacional de Doñana (Huelva).

CALIDAD Y CONTAMINACION

ACUÑA, M.J., DEL VALLE, M. y MONTEOLIVA, M. (1981). Contaminación por pesticidas en la Vega de Granada.

BASANTA, A. y MARTIN, A. (1986). Utilización de Lemna gibba en depuración de aguas residuales por lagunado.

BATLLE, A., MANTECON, R., MARTIN, M., NAVARRO, R. y ROSADO J.A. (1986). Los factores antrópicos en la contaminación de los acuíferos de la provincia de Cádiz.

BUENO, J.L., SILVA, R., BIDEGAIN, E., SANZ, M., MARTINEZ, A., LOPEZ, S. y CORREA, G. (1986). Salud ambiental y calidad del agua en Andalucía.

CANTERAS JORDANA, J.C. (1981). Ciclo y caracterización de la población bacteriana heterótrofa en el embalse de Cubillas.

CANTO ROMERA, J.M. y PEREZ AZUARA, J.A. (1981). Influencia de la contaminación

en un abastecimiento industrial de agua en la zona minera de Huelva.

CASARES OLIVARES, J. (1981). Quimismo y evolución hidrogeoquímica de los acuíferos kársticos de Parapanda y del Hacho de Loja (provincia de Granada).

CASTILLO MARTIN, A. (1986). Los vertidos de aguas residuales urbanas en Andalucía. Problemática y valoración de los vertidos «municipalizados».

CASTILLO MARTIN, A. y LOPEZ CHICANO, M. (1991). Estudio de las relaciones caudal-conductividad-total de sólidos disueltos en algunos ríos de la provincia de Granada.

CLAVERO SALVADOR, M. y MURIEL FERNANDEZ, J.L. (1981). Monocultivo y contaminación fluvial en la Depresión del Guadalquivir.

COCA, C., PEREZ, J.A., ESPIGARES, M. y GALVEZ, R. (1986). Efectos de la potabilización del agua en diversos parámetros.

COCA, C., PEREZ, J.A., ESPIGARES, M. y GALVEZ, R. (1986). Potabilización del agua en función de sus caracteres físico-químicos.

CHAMBER, I., CRUZ, G., Giráldez, J.V. y GONZALEZ, P. (1981). Calidad química del agua en la cuenca del Guadajoz.

CRUCES BLANCO, C., POZO LLORENTE, C. y MARTINEZ RAYA, A. (1991). Caracterización y calidad de las aguas superficiales y subterráneas pertenecientes al acuífero de la Vega de Granada.

DELGADO GARCIA, J., JIMENEZ ESPINOSA, R., CHICA OLMO, M. y CASTILLO MARTIN, A. (1991). Estudio geoestadístico de la distribución espacial del contenido en nitratos en la Vega de Granada.

DIAZ, J.L. y GARRIDO, J. (1986). Hidroquímica de los manantiales de las sierras del Pinar (Cádiz).

ENGUIX GONZALEZ, A., TERNERO RODRIGUEZ, M., JIMENEZ SANCHEZ, J.C. y BARRAGAN DE LA ROSA, F.J. (1991). Contaminación por elementos metálicos e índices estadísticos de calidad en la cuenca del río Guadaira.

ESPIGARES GARCIA, M., MARTIN GALVEZ, J.L., CARDENETE LOPEZ, J.M., ORTEGA SANCHEZ, P. y GALVEZ VARGAS, R. (1991). Estudio de la composición de las aguas residuales de Granada.

ESPIGARES, M., PEREZ, J.A. y GALVEZ, R. (1986). Eliminación de pesticidas mediante la acción del cloro.

FIDALGO BRAVO, D. y ARGUELLES MARTIN, A. (1981). Estudio de calidad de las aguas del río Guadalete.

FUREST, A. y TOJA, J. (1981). Ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana: distribución del zooplancton.

GONZALEZ ANTON, M.A., USERO GARCIA, J., GRACIA MARANILLO, I. y TERNERO RODRIGUEZ, M. (1991). Estudio hidroquímico y taxonómico de las cuencas media y baja del río Guadalete.

GONZALEZ, M.A., TERNERO, M., USERO, J. y GRACIA, I. (1986). Estudio hidroquímico preliminar de la Cuenca Alta del río Guadalete.

GUISANTE, C., LOPEZ, T. y TOJA, J. (1986). Zooplancton del estuario del río Guadalquivir.

INCERTI, C., CASTILLO, A., PICAZO, J., SILVA, R., SANZ, M. y BUENO, J.L. (1991). Realización de un nuevo mapa de vertidos de aguas residuales urbanas en Andalucía (Escala 1:800.000).

LLAMAS MADURGA, M.R. y GONZALEZ MONTEERRUBIO, J.M. (1991). La contaminación de aguas subterráneas por la fábrica de uranio de Andújar (Jaén).

LOPEZ, A., BELLIDO, E. y ANCHIA, E.

(1986). Sobre las técnicas químicas de restauración de ecosistemas acuáticos sometidos a stress orgánico.

LOPEZ, A., BELLIDO, E., VILLALBA, I. y PORRAS, A. (1986). Estudio comparativo del ciclo diario de las características del agua de un río, en dos puntos sometidos a diferente presión orgánica.

MARIN, R., MERINO, E., FUENTE, M. y de la AGUILAR, J.M. (1986). Salinidad del agua de los pozos de Majaneque y La Golondrina (Córdoba).

MORALES, R., CRUZ PIZARRO, L. y CARRILLO, P. (1986). Lagunas de Alta montaña en Sierra Nevada: algunas características físicas y químicas.

MORENO, L., PEDRA, M. y NAVARRETE, P. (1991). Redes de control de calidad química del agua subterránea. Doñana, un caso práctico.

MOYA, J.L. y RECIO, J.M. (1986). Avance sobre las características físico-químicas de las aguas en las zonas húmedas del Sur de la provincia de Córdoba.

ORDOÑEZ, R., GONZALEZ, P. y Giráldez, J.V. (1991). La contaminación nitrogenada en la Vega de Córdoba.

PADILLA, A., PULIDO BOSCH, A. y BENAVENTE, J. (1986). Programas para elaboración y tratamiento de datos físico-químicos de interés en hidrogeología.

PICAZO, J., CASTILLO, A., INCERTI, C., SILVA, R., BUENO, J.L. y SANZ, M. (1991). Elaboración del mapa de saneamiento ambiental urbano de Andalucía (Escala 1:400.000).

POLVORINOS DEL RIO, A.J. y CABRERA CAÑO, J. (1991). Análisis de la evolución estacional de parámetros hidroquímicos en la zona de Castilblanco de los Arroyos (Sevilla).

RAMOS CORMENZANA, A., QUEVEDO SARMIENTO, J., INCERTI, C. y GOMEZ PALMA, L.F. (1991). Estudio bacteriológico del alto Genil 1988-1990.

RECIO ESPEJO, J.M., BAENA ESCUDERO, R. y DIAZ DEL OLMO, F. (1991). Evolución reciente del Karst de la Sierra de Córdoba: Sistema hidroquímico y travertinos.

RIOS, A., LUQUE, M.D. y VALCARCEL, M.

(1986). Determinación automática de contaminantes en aguas mediante análisis por inyección en flujo.

RIOS, A., LUQUE, M.D. y VALCARCEL, M. (1986). Especiación: un nuevo reto en el control analítico de la contaminación de las aguas.

ROMERO, E. (1986). Las aguas minero-medicinales en la medicina moderna.

RUEDA, M.E., PEREZ, J.A., ESPIGARES, M. y GALVEZ, R. (1986). Estudio comparativo de aguas residuales de diversas procedencias.

SANCHEZ, M.A., FERNANDEZ, A. y CASTILLO, A. (1986). Caracterización físico-química preliminar de las aguas superficiales de la cuenca del Alto Genil.

TOJA, J., GONZALEZ, J.A. y RAMOS, D. (1981). Evolución del embalse de Gergal (Sevilla) en sus dos primeros años de vida.

TOJA, J., LOPEZ, T., GUISANDE, C. y BRIEVA, C. (1986). Ecología del estuario del río Guadalquivir.

TORTOSA, J. (1986). Termalismo y aguas minero-medicinales en Andalucía.

VILCHEZ, A. y CASAS, J.J. (1986). Características físico-químicas del agua de los estanques de La Alhambra y Generalife (Granada).

los recursos hídricos de las surgencias naturales de «Guaro» a la demanda de la zona.

MARTIN GALVIN, R. (1991). Evolución del embalse de Guadalmellato durante el período 1980-1990. Aproximación a su dinámica en relación a su aprovechamiento humano.

MORAL ITUARTE, L. del (1991). Regulación, superficie y dotaciones de riego en la planificación hidráulica de la cuenca del Guadalquivir.

RODRIGUEZ, F.J. y LLAMAS, M.R. (1986). Evaluación preliminar del impacto de los bombeos de agua subterránea en el ecotono de La Vera-La Retuerta (Parque Nacional de Doñana).

RUIZ GARCIA, F. (1981). Los abastecimientos de agua a pequeñas poblaciones rurales.

5. Breve comentario sobre tendencias

En las gráficas que se muestran a continuación se expone la distribución de publicaciones por secciones temáticas y simposia.

Como aspecto inicial, llama la atención la excelente acogida que tuvo el segundo simposio (Granada, 1986), que con 105 publicaciones en total marcó un nivel no superado en las otras dos ediciones (Granada, 1981: 57 comunicaciones; Córdoba, 1991: 87 comunicaciones).

En la figura 1 podemos observar el grado de protagonismo que ha ocupado la cuenca del Guadalquivir en los tres Simposia. Llama la atención el hecho de que en el más reciente, celebrado en 1991, el porcentaje de publicaciones referidas esta cuenca se ha visto reducido notablemente hasta el 36 %,

PLANIFICACION HIDRAULICA

DELGADO PASTOR, J., RUBIO CAMPOS, J.C., BEAS TORROBA, J. y CASTILLO PEREZ, E. (1991). Estado de las captaciones subterráneas para abastecimiento en el sector noroccidental de la provincia de Granada.

GUIMERA, J., CUSTODIO, E. y CANDELA, L. (1991). Evaluación de la recarga natural mediante trazador químico artificial en el Parque Nacional de Doñana (Huelva-España).

LOPEZ GETA, J.A., RUBIO CAMPOS, J.C., GONZALEZ RAMON, A. y LUPIANI MORENO, E. (1991). Un ejemplo sobre perímetros de protección para abastecimiento en acuíferos kársticos. Su aplicación a las unidades de Pegalajar y Mojón Blanco.

LOPEZ GETA, J.A., VALLE CARDENETE, M. del y TRENADO L. (1981). Adecuación de

PUBLICACIONES C. GUADALQUIVIR- C.SUR (otras)

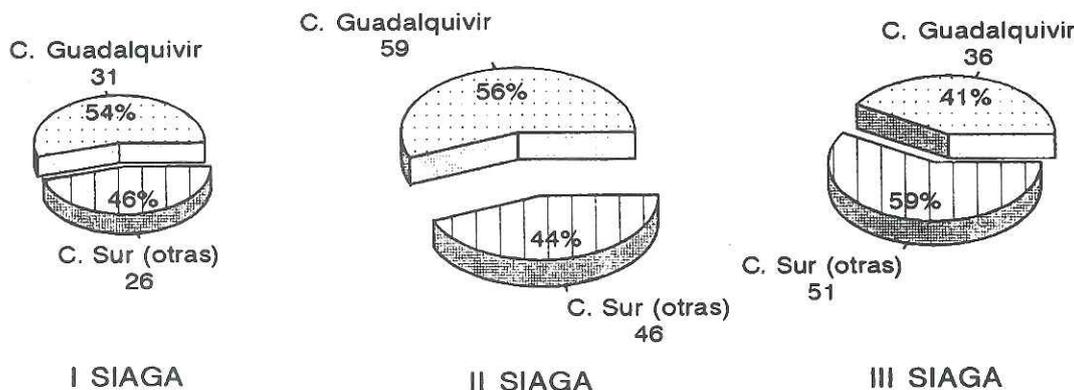


Figura 1.

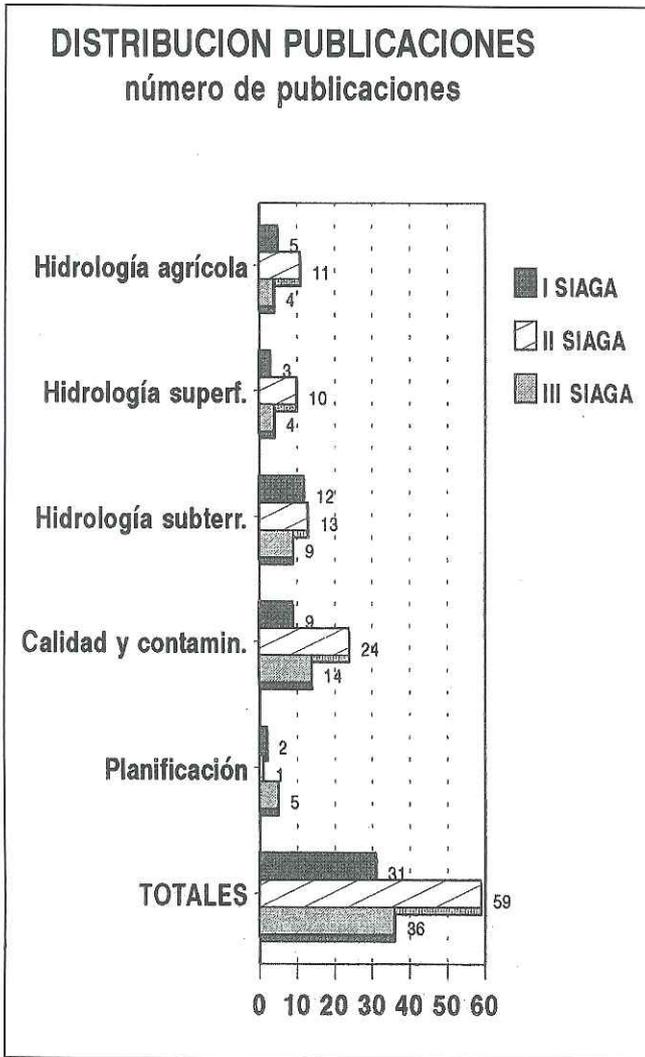


Figura 2.

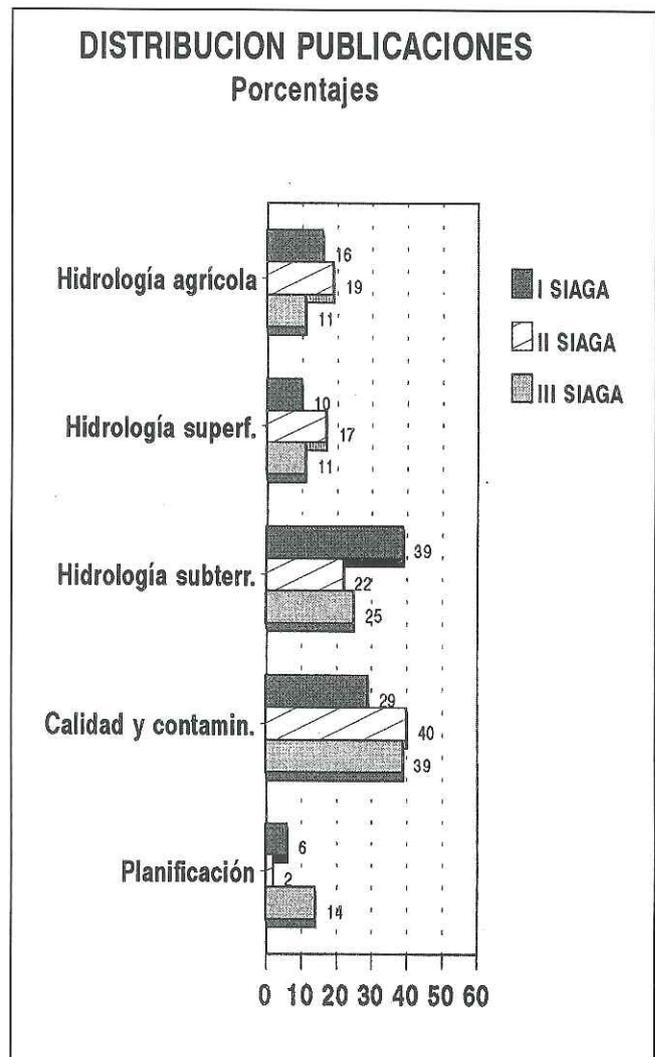


Figura 3.

invirtiéndose la tendencia de los dos Simposia anteriores.

Las figuras 2 y 3 se han elaborado sólo con las publicaciones temáticas y las referidas a la cuenca del Guadalquivir.

En la figura 2 se muestra la distribución en número de publicaciones por secciones y simposia. Cabe resaltar, nuevamente, como el simposio de 1986 resultó el más prolífico, también en lo referido al número de publicaciones sobre la cuenca del Guadalquivir y temáticas, con un total de 59 artículos, seguido del tercer simposio con 36, y, por último, del primero con 31.

En el primer simposio, el mayor número de publicaciones se agrupó en el apartado temático de Hidrología subterránea, con 12 artículos, mientras que en los dos simposia posteriores el apartado temático con mayor aceptación fue el de Calidad y contaminación.

Estos aspectos quedan igualmente

plasmados en el gráfico 3, en donde se refleja la distribución porcentual. Obsérvese cómo en el primer simposio, el 39% de los artículos quedaron encuadrados dentro del apartado de Hidrología subterránea, mientras que en los de 1986 y 1991 este porcentaje descendió hasta el 22 y el 25%, respectivamente.

Durante los días 17 al 20 de marzo de 1986 se celebró el segundo simposio también en Granada, en el auditorio Manuel de Falla, dentro del recinto monumental de la Alhambra.

Sin embargo, en estos últimos simposia, los artículos encuadrados en el apartado de Calidad y contaminación supusieron el 40 y 39%, respectivamente. Así pues, ello supuso un claro incremento relativo de los trabajos de calidad y contaminación de aguas frente a los de «Hidrogeología clásica», que dominaron el primer simposio; en el último simposio, cabría resaltar también el notable incremento de los trabajos enmarcados en el apartado de Planificación hidráulica, que contaron con muy escasa significación en las anteriores reuniones.

Es muy posible que esta tendencia por el interés creciente de los aspectos de «calidad» frente a los de la «cantidad» se mantenga e incluso acreciente en futuras ediciones, coincidiendo con un sentir generalizado en la sociedad actual. Por un motivo similar, también es de suponer que los trabajos de planificación ocupen cada vez un mayor protagonismo. ■

AB Asesores

10 años a su servicio

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos ha negociado con AB Asesores para sus ilustres miembros unas excepcionales condiciones para acceder a los servicios de la primera gestora independiente dentro del mercado de capitales español.

AB Asesores esta presente en el mercado de capitales desde hace 10 años.

AB Asesores gestiona 10 Fondos de Inversión.

El patrimonio gestionado por AB Asesores es superior a 170.000 MM de pesetas.

AB Asesores es especialista en mercados nacionales y extranjeros de Renta Fija y Renta Variable.

AB Asesores persiguiendo la obtención de la máxima rentabilidad financiero/fiscal aconseja diversificar las inversiones del patrimonio en Fondos de Inversión siguiendo un esquema piramidal que debe personalizarse en cada caso en función del perfil de riesgo que cada inversor esta dispuesto a asumir.

Llamenos al 900.200.106 y elaboraremos sin coste alguno para Usted la Piramide de la inversión personalizada.



Si desea recibir información trimestral de los mercados financieros envíenos el cupon adjunto a AB Asesores, Alfonso XI, 12, 28014 Madrid.

Deseo recibir el informe trimestral de AB Asesores y su publicación "¿Por que se invierte en Fondos de Inversión?".

Nombre.....
 Dirección.....
 Población..... Código Postal.....
 Teléfono.....

INFLUENCIAS CLIMATICAS Y ASPECTOS FISICOS DEL TERRENO EN LOS PROCESOS EROSIVOS



Teresa Olmos Palomero

Licenciada en Ciencias Geológicas por la U.C.M. en 1988. Ha realizado estudios de Técnico en Gestión de Impacto Ambiental y Control de Contaminación de Aguas y Suelos. Colabora desde hace tiempo en el Centro de Ciencias Medioambientales del C.S.I.C., en el Departamento de Conservación de Suelos.

Se analizan los efectos erosivos de las precipitaciones, así como de la escorrentía superficial. Se considera, en particular, la erosión en los terrenos expuestos al aprovechamiento agrícola.

The erosive effects of precipitations and surface running water are analyzed. Erosion at agricultural terrains is specially considered.

El clima terrestre no ha sido siempre idéntico; incluso en tiempos históricos se han experimentado cambios que podríamos denominar ligeros, si los comparamos con los acontecidos durante la historia geológica del planeta.

Ahora bien, el hecho de que el modo climatológico sea un tema de actualidad se debe, quizá a que los cambios que han sucedido en las últimas décadas son más patentes que en el pasado o quizá, a que los efectos que apreciamos son más alarmantes, o tal vez, a que la preocupación por el entorno es un factor más importante al considerar el bienestar de nuestras vidas.

Sean cuales sean los motivos que han provocado este interés por el clima, lo cierto es que éste está cambiando; y si bien el cambio puede deberse a alteraciones naturales, un elemento causante de gran importancia es la acción antrópica.

Este problema se plantea a escala global del planeta, pero no es necesario considerar límites tan extensos porque es un hecho que podemos palpar en nuestro propio país. Todos hemos escuchado comentarios como «este año parece que no hay invierno», «todavía no ha caído ni una gota y estamos en abril», o bien hemos observado cómo muchos arroyos están totalmente secos o los prados no tienen el verdor característico que les proporciona la humedad.

La precipitación es un elemento fundamental del clima de importancia semejante a la temperatura. Del agua que cae al suelo, tanto en estado líquido como sólido, y de la época en la que tenga lugar dicha precipitación depende, en gran medida, el paisaje vegetal y nuestro propio abastecimiento.

En cualquier país las precipitaciones tienen un interés fundamental, pero sobre todo en el nuestro, donde la lucha por el agua, debida a los grandes déficits que se producen, es un problema de siglos; y donde, además, un elemento importante de nuestra economía es el sector agrario.

La primera consideración que debe plantearse respecto a la precipitación en España es que si bien los valores medios anuales pueden llegar a ser aceptables, la distribución en el conjunto de la Península se caracteriza por los grandes contrastes entre el norte y el sur.

Las tendencias obedecen a la proximidad al mar, a la altitud, a la exposición a advecciones húmedas, a la situación del sector considerado respecto al relieve. Este último factor es el responsable en gran medida del régimen pluviométrico peninsular, ya que influye de forma importante, en unos casos acelerando los mecanismos de condensación y favoreciendo las lluvias, mientras en otros provoca una clara disminución de éstas.

La escasez pluviométrica derivada del relieve tiene en España una importancia considerable debido a la disposición de las barreras montañosas que se sitúan transversalmente a las corrientes perturbadoras que traen las lluvias.

Es importante conocer la forma cómo se distribuyen en el tiempo y espacio la precipitación a lo largo del año teniendo en cuenta su intensidad, ya que de ella dependen fenómenos como los de tipo erosivo, la escorrentía superficial, la infiltración, la posibilidad de que ocurran catástrofes...

Los episodios secos caracterizan buena parte de los climas de España.



La diferencia de paisaje entre el norte y el sur peninsular es un rasgo característico.

Aunque la sequía puede aparecer en cualquier época del año, es más frecuente en verano. Sin embargo, si llega a ser prolongada puede llevar consigo problemas sociales y económicos graves. Este fenómeno no es reciente en España, sino que se trata de un hecho meteorológico que ha sucedido con distinta frecuencia a lo largo de diferentes períodos históricos. El origen es múltiple y no está bien determinado, aunque los efectos sí son conocidos. Es importante señalar que el incremento del nivel económico a la vez que ha provocado una mayor sensibilización ha llevado parejo una mayor demanda de agua para consumo urbano e industrial, que repercute agravando el problema.

Como nuestro país es un territorio de contrastes, conviven a la vez, la sequía y los episodios de lluvias extraordinarias que ocasionan situaciones catastróficas, tanto en daños materiales como humanos. La mayor frecuencia tiene lugar en el Mediterráneo, aunque también pueden aparecer en el área atlántica. El mecanismo que pone en funcionamiento este fenómeno tiene relación con la fuerte insolación y la elevada evaporación sobre el mar, de forma que la masa de aire con gran humedad que se origina, se convierte en una masa inestable. Un obstáculo montañoso en la trayectoria de ésta (como sucede en el oeste y sur peninsular) provoca la elevación de la misma. La presencia en altura de una masa a temperatura muy baja (la llamada «gota fría») contribuye, en un primer lugar a la formación de nubes de desarrollo vertical y a la condensación masiva a continuación.

La consecuencia de esta situación es la precipitación anormal que puede

superar en unas horas las medias totales anuales. Cada año podemos encontrar un ejemplo de estos efectos en algún punto de la costa mediterránea.

La capacidad de encauzamiento de los ríos queda saturada y se originan desbordamientos con las consecuentes catástrofes. Una característica de este tipo de precipitación es que tienen lugar generalmente en otoño, dado que se precisa una elevada temperatura del agua del mar que se consigue después de un verano de elevada insolación.

En la vertiente atlántica, estas precipitaciones extraordinarias obedecen a la advección del aire tropical marítimo (muy inestable) al desplazarse hacia el sur de la circulación zonal en verano. Un ejemplo fueron las precipitaciones de agosto de 1983 en Euskadi.

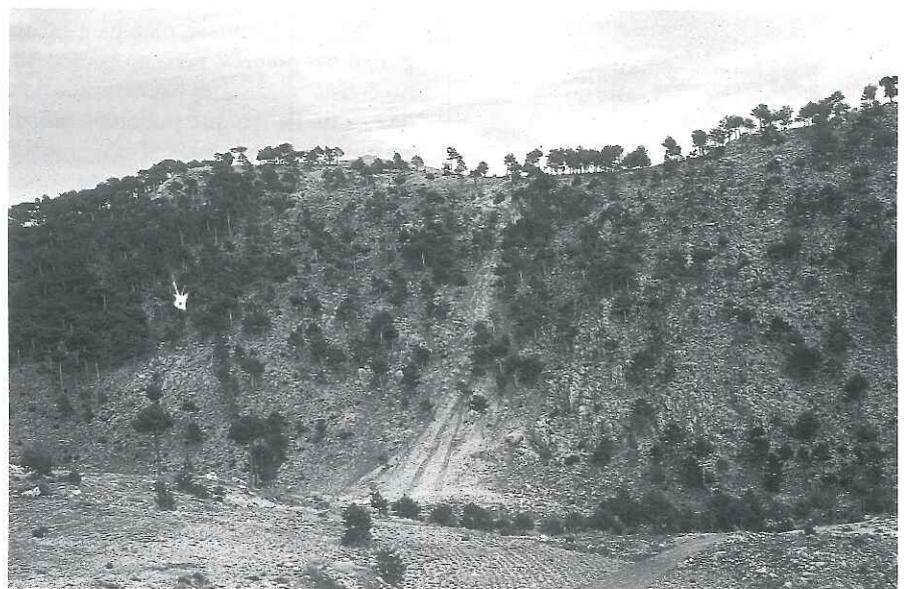
Un importante problema que se plantea como efecto de las precipita-

ciones es la erosión hídrica, que se define como el proceso de disgregación y transporte de las partículas del suelo por acción del agua. El ataque al suelo se realiza de forma superficial o en la profundidad del perfil del suelo, potenciándose en el primer caso el arrastre de partículas aisladas, y en el segundo, de forma masiva.

El ataque superficial conlleva dos acciones: la acción de las precipitaciones y acción de la escorrentía. Considerándolas por separado podemos observar lo siguiente:

a) Acción de las precipitaciones:

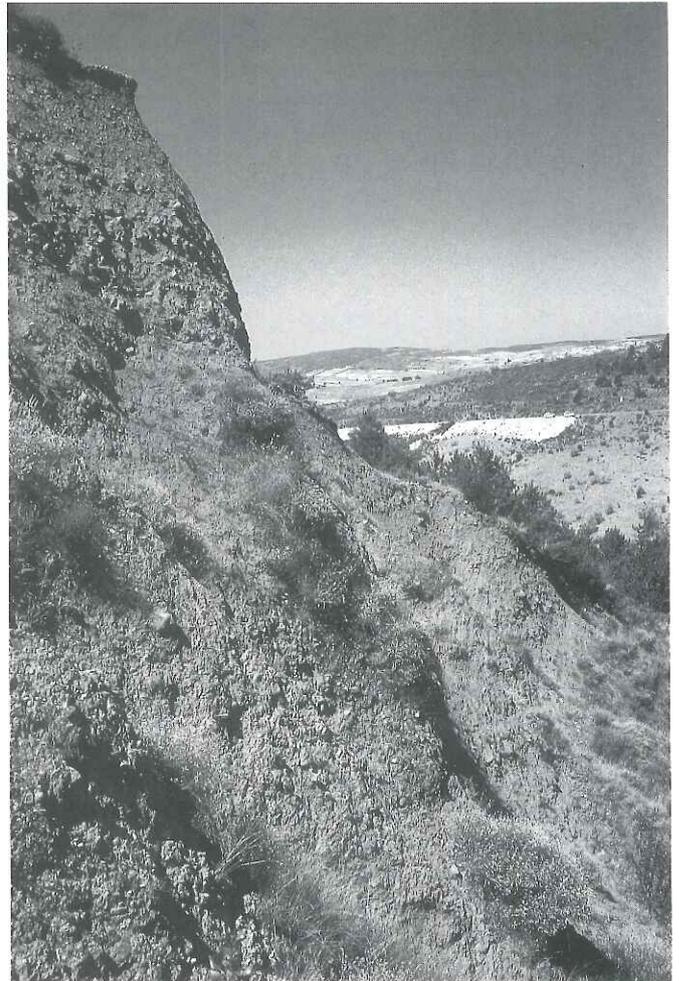
Ellison definió el efecto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo como «erosión por salpicadura». Al descender la gota de lluvia por efecto de la



Efectos de riadas en la cuenca del Pantano de Villamarchante (Valencia).



Procesos erosivos derivados de la escorrentía.



Cárcava en los sedimentos detríticos inferiores de la raña.

gravedad, en ausencia de obstáculos, golpea el suelo con fuerza considerable, capaz de disgregar las partículas terrosas y proyectarlas al aire.

Existen experiencias de laboratorio que han estudiado el fenómeno considerando el tamaño de la gota para calcular su masa y la velocidad de caída para conseguir determinar la energía cinética de la gota de lluvia.

La cantidad de suelo erosionado por la salpicadura se puede tratar de obtener en función de la velocidad de las gotas, de su diámetro y de la intensidad de la lluvia. Ellison estableció la siguiente fórmula:

$$G = KV^{4.33} \cdot D^{1.07} \cdot i^{0.65}$$

G = granos de suelo erosionado en 30 minutos

V = velocidad en pies

i = coeficiente dependiente de las condiciones del suelo, que expresa la sensibilidad del suelo a la acción de las gotas

D = diámetro de las gotas en mm

b) Acción de la escorrentía

La formación de escorrentía superficial depende del régimen de precipitación y de las características hidrológicas del terreno. Si estas características permiten en todo momento la infiltración, no existirá ninguna corriente superficial. Si por el contrario no se infiltra todo el agua, se formará una lámina de agua que puede ponerse en movimiento si existe pendiente suficiente. La acción de la escorrentía tiene un doble efecto: disgrega elementos terrosos, a la vez que transporta a otros lugares partículas susceptibles de ser arrastradas.

A continuación se consideran ciertos aspectos que tratan de mostrar la influencia de los factores principales (precipitación, suelo, relieve y vegetación) que influyen en la acción erosiva del agua sobre la superficie del suelo.

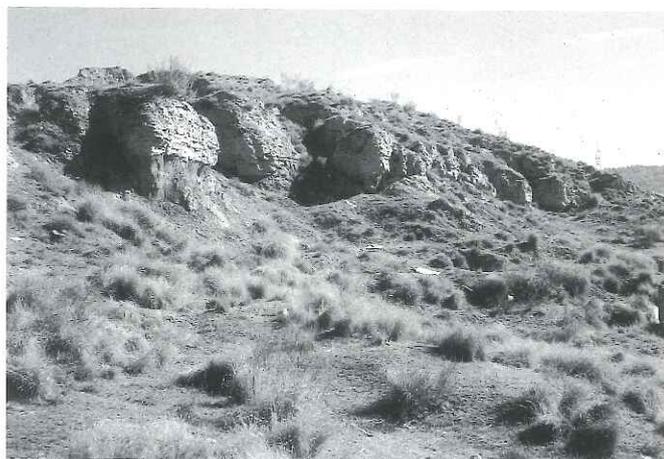
Al considerar la precipitación en el binomio espacio/tiempo, aparece como unidad natural el aguacero, que con su intensidad y duración definirán la

abundancia de la precipitación. La frecuencia de los aguaceros influye en el fenómeno erosivo al repercutir en el estado de humedad del suelo. Cuando los intervalos entre lluvias son cortos, el contenido en humedad del suelo es elevado y puede ocasionar escorrentía aunque la intensidad sea baja. Si los intervalos entre aguaceros son largos, el suelo puede estar prácticamente seco, retardándose la formación de escorrentía, incluso no llegar a existir si la intensidad es baja.

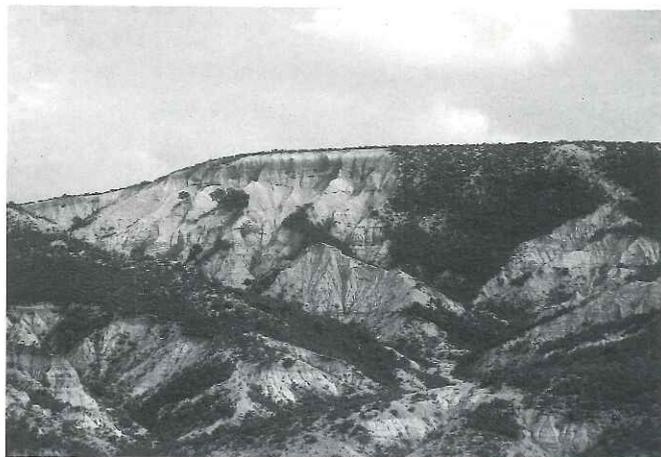
La cantidad de tierra desplazada por efecto de las gotas de lluvia es tanto mayor cuanto más susceptibles sean las partículas de disgregarse. Cuando nos encontramos en zonas llanas, la erosión hídrica acelerada prácticamente no existe. Es necesaria cierta pendiente para que exista un flujo superficial.

La potencia erosiva del flujo superficial a que se muevan, y a su vez, esta velocidad se incrementa cuanto más grande sea la altura del flujo y el grado de pendiente del terreno.

Otro elemento a considerar en la



Suelos con intensa erosión sobre materiales blandos margosos. Alcalá de Henares (Madrid).



Paisaje de la raña. Valdepiélagos.

acción erosiva del agua es la vegetación. Su influencia se aprecia por los siguientes efectos:

- Protege el suelo de la percusión de las gotas sobre él.
- Aumenta el poder de infiltración, disminuyendo la escorrentía.

Hasta aquí se ha considerado el efecto de la lluvia de forma superficial. Ahora se va a señalar la acción del agua en el perfil del suelo. En primer lugar, consiste en los desplazamientos en masa de tierras y se producen cuando las aguas crean unas condiciones propicias en el suelo para que se desplace por gravedad. La saturación del suelo es una circunstancia favorable para este proceso. Si el suelo se encuentra en pendiente y no existe vegetación que lo fije, es posible que se originen movimientos de tierra. También favorece el proceso la existencia de un horizonte en el suelo que se apoye sobre una capa impermeable. Al lubricarse ésta por efecto del agua, y si está en pendiente, crea un desequilibrio en toda la zona del suelo situado sobre ella. Por tanto, los dos modos de actuar el agua sobre el suelo definen dos formas de erosivo generales:

- Arranque de partículas y transporte de éstas por la escorrentía debido al impacto de las gotas de lluvia y a la acción del flujo de agua.
- Movimientos en masa en el terreno debido al ataque del agua en el perfil del suelo y al efecto de la gravedad.

Un aspecto importante a considerar es la erosión en terrenos expuestos al aprovechamiento agrícola. Los fenómenos de erosión en estos suelos, así como los riesgos asociados no son nuevos. Frecuentemente, se ha-

llan ligados a precipitación fuerte sobre suelos poco resistentes y mal protegidos por una cubierta vegetal, y donde las tormentas se producen de una forma violenta. Sin embargo, los medios que no se caracterizan por la agresividad de las precipitaciones, ni por relieves acusados, conocen igualmente la erosión, lo que conlleva una pérdida en su productividad en muchos casos.

Las formas de erosión se distinguen por:

- El carácter difuso o concentrado de pérdida de suelo.
- La densidad de incisiones en el terreno, así como la localización de éstas.
- La fecha de aparición de las diferentes formas de erosión.

La forma en que las condiciones climáticas y el paisaje influyen en la combinación de procesos hidrológicos y erosivos muestra una diversidad de funcionamiento que favorece la aparición de fenómenos erosivos.

Formas de erosión en función del desprendimiento de partículas del suelo y las características de la arroyada.

| | | PROCESOS SOBRE LAS VERTIENTES | | | | | |
|-----------------------|---|---|----|--|----|----------------------------|----|
| | | Características de la arroyada | | | | | |
| | | Ausencia de arroyada | | Velocidad tractiva inferior superior | | | |
| | | Valor crítico para inicio de acanaladuras | | | | | |
| | | Efecto de la lluvia sobre superficie: desprendimiento de partículas | | | | | |
| | | NO | SI | NO | SI | NO | SI |
| PROCESOS EN EL TALWEG | Ausencia de arroyada | No erosión | | Erosión difusa en vertientes | | Acanaladuras en vertientes | |
| | Características de la arroyada | Formación de una costra | | | | | |
| | Velocidad tractiva inf. a valor crítico para incisión | Caso imposible | | | | | |
| | Velocidad tractiva sup. a valor crítico para incisión | Erosión concentrada en talweg | | | | | |



Las características del terreno influyen en la potencia erosiva del agua.



Cultivo en bancales. Calatayud (Zaragoza).



Las acanaladuras del terreno se encuentran muy relacionadas con las formas de cultivo.

Está claro que la relación entre las características del medio (clima, pendiente, suelo...) y la erosión depende de diferentes interacciones. Por ello, la forma de evitar, o en todo caso disminuir este problema deberá tener en cuenta estos condicionantes.

Las vertientes con pendiente débil contribuyen, sobre todo a la arroyada. La técnica a desarrollar en estas superficies será limitar la formación de un exceso de agua, y aumentar la capacidad de almacenamiento superficial.

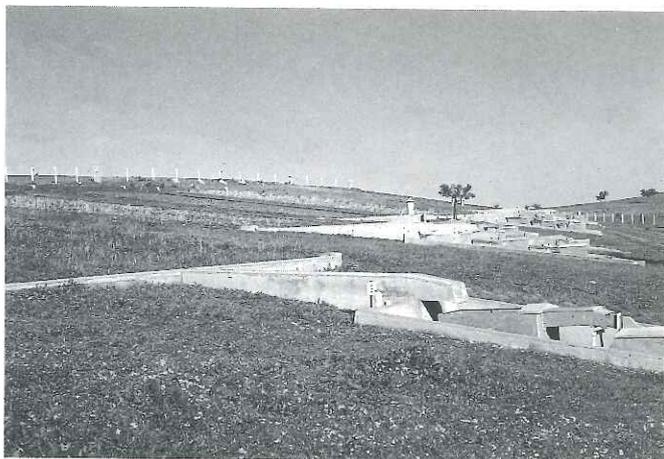
La producción de sedimentos susceptibles de ser transportados a gran distancia se limita a zonas donde pueden formarse incisiones. Su inicio depende fundamentalmente de la tracción ejercida por la arroyada sobre la superficie del terreno y de la resistencia que es capaz de desarrollar. Estas zonas «fuente de sedimentos» necesitan una protección prioritaria. Esto implica que deben ser trabajadas lo menos posible, a veces incluso, excluirlas de la explotación.

En zonas donde las vertientes se ven afectadas por acanaladuras provocadas generalmente por tormentas violentas, la presencia de una cubierta vegetal lo suficientemente protectora parece ser el único medio para evitar el arranque de partículas.

Así, la elección de medidas para evitar la erosión, su aplicación a ciertas áreas, debe tener en cuenta la complementariedad entre soluciones, pueden ponerse en práctica soluciones para, si no totalmente evitar la erosión, sí disminuir sus efectos.

Las investigaciones en el campo agronómico, en este sentido son, a la par que interesantes, necesarias.

Finalmente, no queda más que señalar una serie de conclusiones que



Campo de ensayo para evaluar la erosión.



Erosión en yesos y margas yesíferas.

pueden servir de resumen del presente artículo:

1.-El clima es una realidad cambiante, pero esta apreciación no es un hecho único de nuestros días.

2.-Algunas causas que pueden explicar este fenómeno pueden ser: alteraciones geográficas, erupciones volcánicas, alteraciones del campo magnético terrestre, cambios en el ángulo de la órbita terrestre...

3.-Influencia del hombre en las fluctuaciones climáticas es también un

hecho real: incendios forestales, deforestación de amplias zonas de terreno, contaminación atmosférica...

4.-Resulta difícil darse cuenta de las pérdidas de tierra en el mar por culpa de la erosión. En su mayoría son suelos cultivables de zonas donde la sequía y dureza del clima hacen más difícil que se arraigue la vegetación y donde el suelo es cada vez más pobre. Sin embargo, tampoco debemos olvidar los terrenos aparentemente no amenazados por erosión fuerte, ya que la

pérdida de su productividad de forma paulatina, si no se ponen medidas protectoras es inexorable. ■

Bibliografía

- ALBENTOSA SANCHEZ, L. (1989): «El clima y las aguas». Ed. Síntesis. Colección Geografía de España.
 GRIBBIN, J. et al. (1988): «El libro del clima. El tiempo en España». Ediciones Folio, S. A.
 SCHNEIDER, S. (1989): «Un clima cambiante». Investigación y Ciencia. Noviembre.
 AUZET, A. V. et al. (1990): «L'erosion des sols par l'eau dans les région de grande culture». CEREG-URA 95 du CNRS.

«LA TIENDA VERDE»

C/. MAUDES, N.º 38 - 28003 MADRID

TELS.: 533 07 91 - 533 64 54

FAX: 533 64 54

«LIBRERIA ESPECIALIZADA EN CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA»

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

«VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA»
 «SOLICITE CATALOGO»

INCENDIOS FORESTALES



Teresa Olmos Palomero

Licenciada en Ciencias Geológicas por la U.C.M. en 1988. Ha realizado estudios de Técnico en Gestión de Impacto Ambiental y Control de Contaminación de Aguas y Suelos. Colabora desde hace tiempo en el Centro de Ciencias Medioambientales del C.S.I.C., en el Departamento de Conservación de Suelos.



Ana Jiménez López

Licenciada en Ciencias Geológicas por la U.C.M. en 1993. Ha realizado el Curso de Sondeos impartido por la U.C.M. Ha participado en varios Seminarios de Medio Ambiente. Actualmente realiza el Máster en Ingeniería del Agua en la EOI.

De entre los elementos que degradan el terreno y favorecen el avance de la desertificación, los incendios forestales son quizá los que más asolan nuestras áreas boscosas.

Este artículo pretende mostrarnos cuáles son los efectos de los incendios sobre los diferentes elementos del entorno, los factores que afectan tanto al riesgo de incendio como a su propagación, así como las técnicas de lucha para evitar y/o reducir sus efectos.

Among the elements that degrade the soil and favour the advance of the desert, the fires are, perhaps, the main reason of the desolation of the our woods.

This article tries to explain the effects of the fires on the different elements of the environment, the factors that affect to the risk of the fire and his propagation, as well as the techniques to avoid and to reduce his effects.

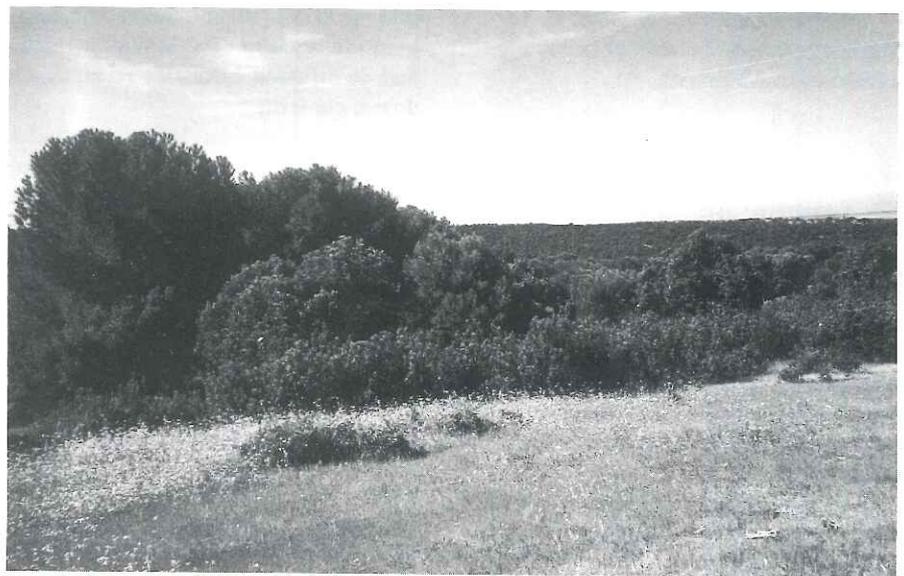
La vegetación contribuye a establecer el equilibrio global del planeta: defiende de la contaminación, regula la escorrentía de las aguas superficiales, amortigua los efectos del ruido y del viento...

En el transcurso de los últimos años, España ha visto cómo el número de incendios forestales se ha multiplicado, ocasionándose un incremento en los procesos de erosión, y como consecuencia, una aceleración de la desertificación.

Cuando nos preguntamos por las causas de los incendios, las respuestas son múltiples. En primer lugar, el fue-

go es un elemento natural presente en los ecosistemas. Así, los rayos, los volcanes, han originado y originan focos naturales de incendios, que condicionan la aparición de formaciones vegetales con mecanismos de adaptación a este agente. También las acciones humanas colaboran en la proliferación de incendios, aunque sus consecuencias son muy diferentes, ya que las estrategias de adaptación en muchos casos aún no se han desarrollado.

Los incendios forestales, entendidos ya como un problema que afecta a una importante superficie del planeta, surgen con la aparición misma del



La vegetación contribuye al equilibrio de los ecosistemas.



Los incendios forestales destruyen a lo largo del año una importante superficie del planeta.

hombre, y con el deseo de transformar su entorno para alcanzar «mejores condiciones de vida». El 92 % de los incendios tienen origen antrópico.

Dentro de los incendios debidos a causas antrópicas, podemos diferenciar entre los originados por negligencias, cuya frecuencia disminuye debido a la adquisición de una mayor conciencia cívica de los individuos; y los intencionados, cuyo aumento resulta preocupante. Los motivos de estos últimos son diversos: cambios de uso de la propiedad, maniobras especulativas, intereses ganaderos, inmobiliarios, agrícolas...

Los efectos del fuego tienen consecuencias sobre la vegetación, el clima, el ciclo hidrológico, el suelo, la fauna.

Vamos a intentar analizar de forma breve estos efectos sobre los elementos mencionados.

1.-Efectos sobre la vegetación

Según el ICONA 1987, la mayor parte de los incendios forestales (alrededor del 74 %) son de los denominados de suelo. En estos casos, se destruye totalmente la cubierta herbácea y casi la del matorral, consumiéndose la totalidad del mantillo de la capa superficial del suelo.

En contra de lo que se piensa muchas veces, el suelo no se esteriliza tras el incendio, y con la lluvia se produce el rebrote de numerosas plantas. Esta regeneración es posible siempre que la

lluvia llegue antes de que la erosión comience a actuar sobre el suelo.

Así analizado, podría parecer que los incendios no son un elemento catastrófico en el panorama de nuestro país, ya que el fuego ha sido un elemento más y la vegetación ha ido adaptándose. El problema comienza al reducirse los períodos entre incendios, y como consecuencia la degradación continua del ecosistema.

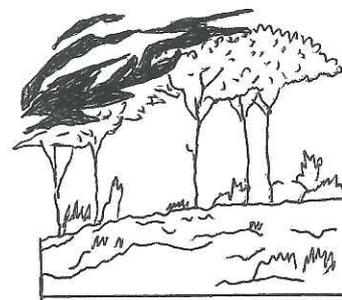
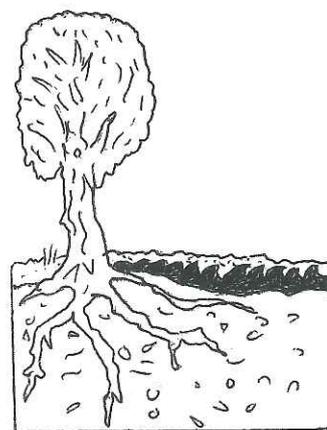
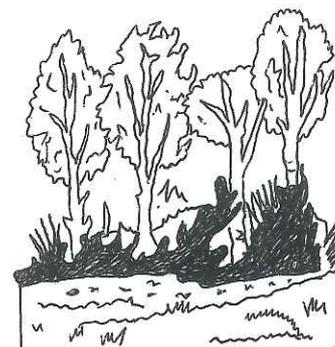
2.-Efecto sobre el clima

La eliminación de la cubierta arbórea influye en el microclima de una zona:

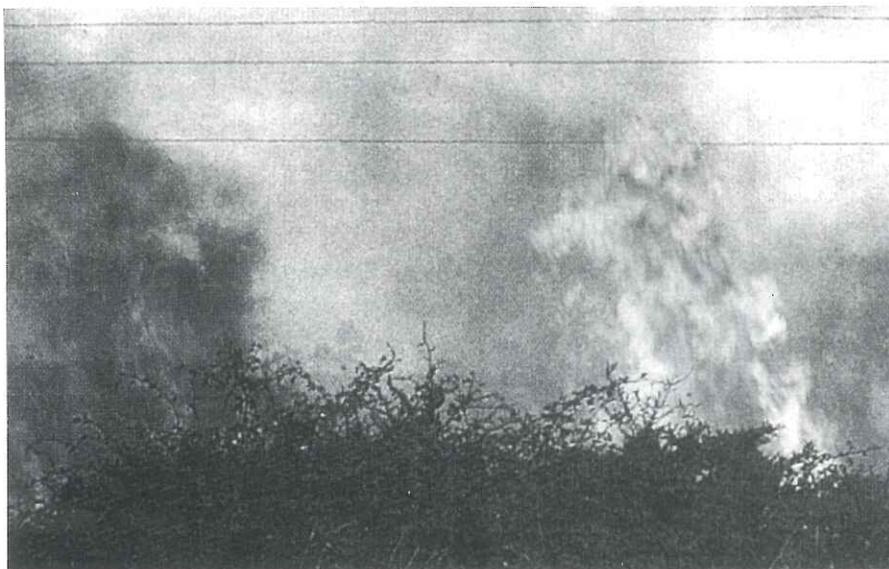
- Mayor absorción de luz y calor durante el día y disminución de la temperatura nocturna por la mayor facilidad de difusión calorífica en ausencia de esa cubierta.
- Disminución de la humedad a consecuencia de la mayor temperatura diurna y la falta de transpiración vegetal.
- Aumento de la velocidad del viento a nivel del suelo con consecuencias importantes en los procesos de erosión.

3.-Efecto sobre el ciclo hidrológico

Mientras la cubierta arbórea produce una caída de la lluvia sobre el suelo de forma más lenta, evitando la escorrentía rápida y permitiendo la fil-



Tipos de incendios forestales, según el ICONA. a) Fuego de suelo. b) Fuego subterráneo. c) Fuego de copa.



El fuego sobre la vegetación, el suelo..., constituye un factor de cambio en los ecosistemas.

tración del agua en el terreno, el suelo desnudo recibe la lluvia directamente, acelerándose la escorrentía superficial y con ella los procesos de erosión. El agua de lluvia llega al nuevo sistema creado tras el incendio sin pérdidas por retenciones en la vegetación.

4.-Efectos sobre el suelo

Un incendio aumenta de forma aparente la fertilidad del suelo al aumentar la disponibilidad de Ca, K, P y N asimilables, pero esta mayor fertilidad no es aprovechable siempre ya que en este estado se facilita la posibilidad de migración de los cationes a capas más profundas por efecto del lavado.

Es de destacar la importancia de los suelos forestales en relación con la erosión, al destruir total o parcialmente la protección derivada de la cubierta vegetal. Estudios realizados con clavos de erosión ponen de manifiesto niveles altos de pérdida de suelo (de 20 a 150 Tm/Ha/año), que por otro lado tienen una evolución muy rápida en el tiempo, ya que normalmente el 80 % de la erosión originada se produce en los 3 ó 4 primeros meses posteriores al fuego.

Un estudio de laboratorio para demostrar la influencia del calentamiento del suelo sobre su estabilidad estructural, se encontró que ésta, después de un breve episodio de mejora de la estabilidad con temperaturas inferiores a 200 °C, experimentaba un proceso creciente de degradación

hasta los 450 °C, donde se estabiliza. Asimismo se destacó la existencia de degradación estructural: seca, sin la intervención del agua y húmeda, como consecuencia de la acción de la lluvia. Se completa el estudio de la influencia de los incendios forestales sobre la erosión con experiencias en parcelas experimentales, poniéndose de manifiesto la importancia de la intensidad y tipo de fuego como factor determinante y que puede hacer variar las pérdidas de suelo de las 13 Tm/Ha/año, en incendios moderados o débiles que afectan sólo a la vegetación. Asimismo se demuestra cómo la hidrofobia que se detecta después del fuego puede afectar sensiblemente

te a los incrementos de escorrentía superficial.

Finalmente, se pone de manifiesto la importancia que pueden llegar a tener como zonas susceptibles a la erosión los terrenos de agricultura intensiva con cultivos de primavera, sobre todo en las parcelas que como consecuencia de la concentración parcelaria aumentaron mucho su longitud.

5.-Efectos sobre la fauna

Los efectos de un incendio afectan en primer lugar a la microfauna edáfica, que debido al calor, se destruye y por lo tanto se eliminan una parte de los responsables de la mineralización de la materia orgánica.

En segundo lugar, tras el incendio, la huida y muerte de muchos organismos, la llegada de otros de hábitos xilófagos (atraídos por las sustancias volátiles desprendidas con la combustión) implica cambios importantes en la fauna, y por lo tanto en las características del ecosistema.

Analizados los efectos de los incendios conviene reseñar qué factores estructurales y coyunturales afectan al inicio y propagación de un incendio:

- Factores estructurales que afectan el riesgo de incendio

- 1.-Densidad demográfica.
- 2.-Actividades recreativas en el monte.



La disponibilidad de agua en puntos próximos es indispensable para los tratamientos aéreos.

3.-Uso del territorio. La estructura forestal-agrícola aumenta el riesgo de incendio.

4.-Proporción y tipo de cultivos en el territorio. La proporción de cultivos incide en el número de actividades culturales, que influyen a su vez en el riesgo de incendio.

5.-La red vial del monte, tanto la propia forestal como la general, contribuyen al mayor riesgo de inicio de fuego.

6.-La red de vigilancia, desde el punto de vista disuasorio de incendiarlos logra disminuir el riesgo.

- Factores que afectan al riesgo de propagación

1.-La red de detección consigue intervenciones rápidas que evitan la propagación.

2.-La mala accesibilidad a los focos incipientes en el monte, contribuye a la propagación.

3.-La fisiografía del terreno. Las zonas forestales abruptas ofrecen dificultades a la hora de apagar los fuegos, lo que incide en su propagación.

4.-Las discontinuidades en la vegetación influyen en la velocidad de propagación, bien aumentado o disminuyendo ésta. La propagación es más rápida en zonas de arbolado que en zonas de matorral, mayor en las arboledas con matorral que en las desbrozadas, y más rápida en las arboladas de capa clara que en las de copa espesa.

5.-La estructura de uso del suelo.



Facilitar el acceso de vehículos terrestres para la extinción es una medida de lucha contra la propagación.

La población rural contribuye de forma espontánea a dificultar la difusión del fuego.

6.-El aprovechamiento pastoril del monte contribuye a disminuir la masa combustible del estrato inferior y por lo tanto, a disminuir el riesgo de propagación.

- Factores coyunturales que afectan al inicio y propagación de un incendio

Básicamente podemos resumirlos en las circunstancias meteorológicas durante el inicio y la difusión del incendio, así como el desarrollo meteorológico del año en la época previa a

los incendios. La humedad relativa baja y el fuerte viento favorecen el riesgo de inicio y propagación.

Prevención y técnicas de lucha contra incendios

Llegados a este punto se hace necesario hablar de las estrategias de prevención de incendios, que constituyen un conjunto de medidas de planificación territorial, para por una parte, evitar que se produzcan incendios, y por otra, en el caso de originarse que causen el mínimo impacto. Medidas interesantes en este sentido son:

- Diversificar los usos del monte, adecuando las ofertas a las demandas de la población.

- Aumentar la variedad de especies, proporcionando discontinuidades que eviten la propagación. Es importante imitar a la Naturaleza y evitar las repoblaciones monoespecíficas.

- Mantener limpios los bosques mediante tratamientos silvícolas que eliminen materiales innecesarios susceptibles de arder.

Técnicas de lucha

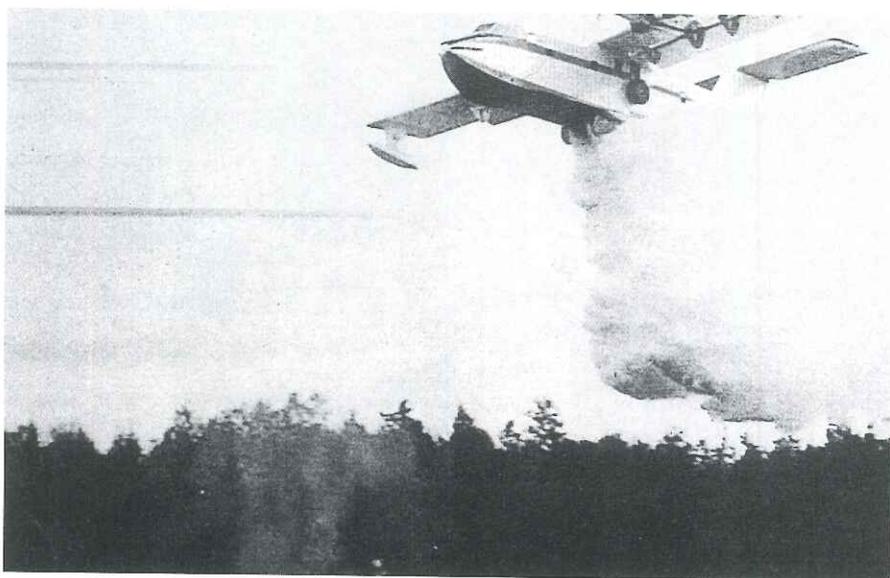
1.-Disminuir la cantidad de combustible disponible para el fuego.

2.-Facilitar el acceso del personal y vehículos para la extinción.

3.-Disponibilidad de agua en puntos donde puedan repostar vehículos motobomba que faciliten la extinción.

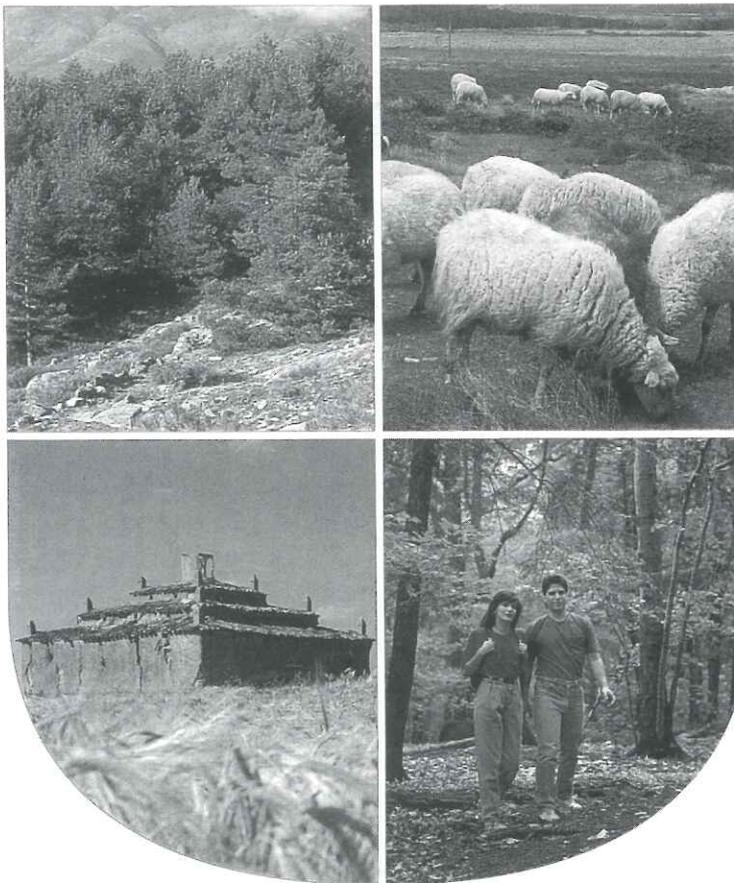
Es importante señalar en este punto las campañas de sensibilización llevadas a cabo por las diferentes Comunidades Autónomas entre cuyas competencias se hayan los montes, aprovechamientos, servicios forestales..., así como la labor del SEPRONA y las policías autónomas, entre cuyas misiones se encuentra velar por la conservación de la riqueza forestal, y una de sus actividades es colaborar en la prevención de incendios. El aprovechamiento ganadero también es interesante, si bien tiene que definirse la carga ganadera adecuada a cada espacio.

Si estudiamos a lo largo de la Historia las disposiciones contra incendios forestales veremos que ya el Fuero de Recesvinto en el año 654 dice en el Título II del Libro VIII, «Si algún hombre enciende monte ajeno, o árboles de cualquier manera, pré-



Los hidroaviones desempeñan un papel importante en la lucha contra incendios.

No quememos



que te quemas.



Junta de
Castilla y León

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Cuida tu tierra

Las campañas de sensibilización son una medida preventiva que comienza a tener sus efectos.

*«El hombre de estos campos que incendia los pinares
y su despojo aguarda como botín de guerra,
antaño hubo raído los negros encinares
y talando los robustos robledos de la sierra.
Hoy de sus pobres hijos huyendo de sus lares
la tempestad llevarse los limos de la tierra,
por sagrados ríos hacia los anchos mares,
y en páramos malditos trabaja, sufre y yerra.»*

Antonio Machado
«Campos de Castilla»
1907-1917

dalo el juez y haga que se le den cien azotes y haga enmienda de lo que quemó». El Fuero de Castilla en el año 1225, es más tajante y dice «Todo hombre que a sabiendas, quemara mieses ajenas o monte, quemara a él por ello, pague así todo daño que causare». Las Cortes de Jerez, las disposiciones de Córdoba para estructurar la Santa Hermandad Nueva, la Real Ordenanza para el aumento y conservación de montes y plantíos dictada por Fernando VI, son algunas de las medidas preventivas y punitivas para evitar los incendios.

Nosotros podemos remitirnos al artículo 45 de la Constitución Española donde se establece como uno de los principios rectores de la política social y económica el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.

1.-«El fuego es un elemento natural presente en los ecosistemas».

2.-«El 92 % de los incendios tienen origen antrópico».

3.-«Las estrategias de prevención de los incendios constituyen un conjunto de medidas dentro de la planificación territorial, para por una parte, evitar que se produzcan los incendios y, por otra, en el caso de originarse, que causen el mínimo impacto».

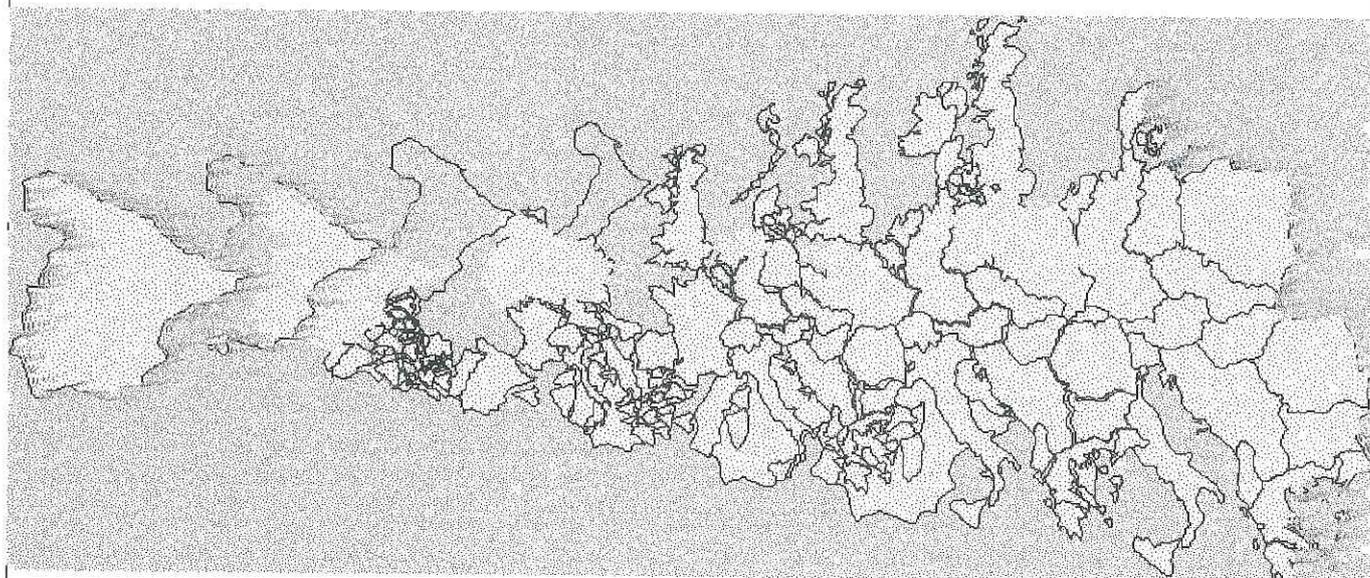
4.-«La Constitución Española establece el derecho de disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo». ■

Bibliografía

- GARCIA DE PEDRAZA, L. y GARCIA VEGA, P. (1987): «La meteorología y los incendios forestales». En: N.º 14/87 H.A.D.G. de Investigación y Capacitación Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ACEDO, J. M. et al. (1988): «Los incendios forestales en la Comunidad Valenciana». Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura i Pesca.
- DIAZ-FIERROS, F.; BENITO, E. y SOTO, B. (1994): «Action of forest fires on vegetation cover and soil evodibility». En: Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires. M. Sala & J. L. Rubio eds. Geoforma Ediciones.
- BENITO, E.; SOTO, B. y DIAZ-FIERROS, F. (1991): «Soil Erosion Studies in NW Spain». En: Soil Erosion Studies in Spain. M. Sala, J. L. Rubio & J. M. García Ruiz eds. Geoforma Ediciones.

CURSO

PREPARACIÓN DE OFERTAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS PARA CONTRATAR CON LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS



CARACTERÍSTICAS DEL CURSO

LUGAR DE DESARROLLO:

Sala de Actos del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, sita en la Avda. de la Reina Victoria, n.º 8 piso 4.º B de Madrid en jornadas de 16,30 a 19,30 horas.

FECHAS:

Septiembre de 1995.

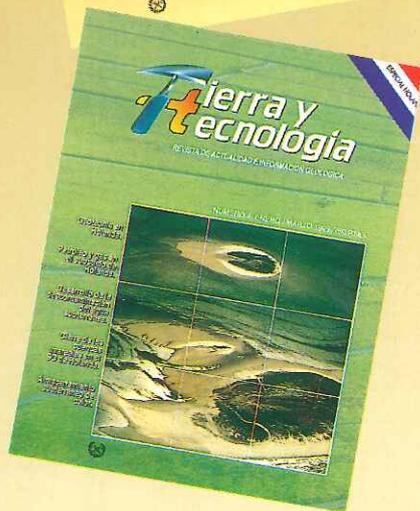
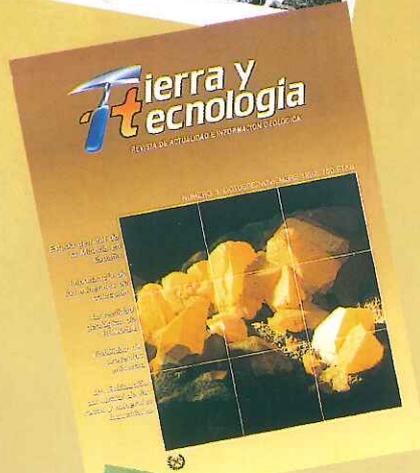
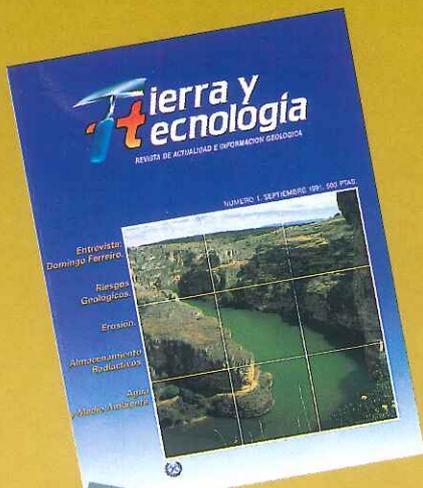
PROFESORADO:

- Abogado de Estado.
- Funcionarios de las Administraciones Públicas.
- Directores Técnicos de Empresas.
- Otros Profesionales.

PROGRAMA

- NUEVA LEY DE CONTRATOS CON LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS (MAYO 1995)
- CÓMO ELABORAR UNA OFERTA
- LA CONTRATACIÓN EN EL MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA
- ELABORACIÓN DE OFERTAS TÉCNICAS DE DIVERSOS TEMAS (HIDROGEOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE, GEOTECNIA, ETC...)
- CASO PRÁCTICO. CÓMO SE PREPARA UNA OFERTA GANADORA

Para más información contactar con la secretaría del ICOG:
Teléf. (91) 553-24-03



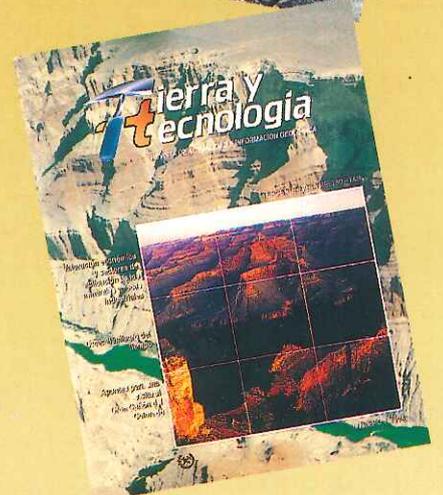
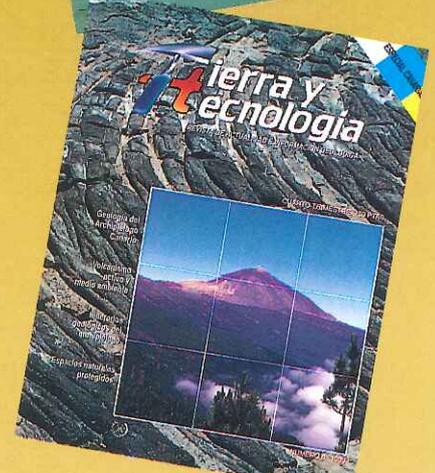
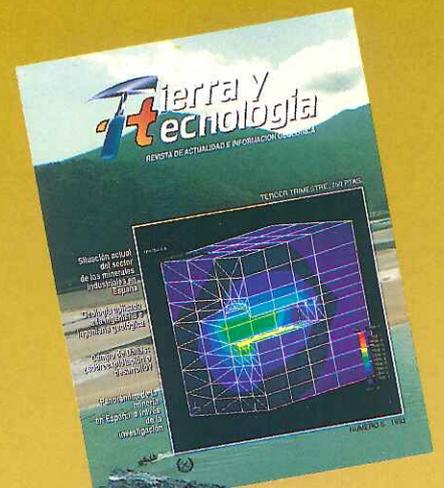
TIERRA Y TECNOLOGIA

3.000

Ejemplares que se distribuyen a
entidades Públicas y Privadas de
los siguientes sectores:

Medio Ambiente
Ingeniería Geológica
Teledetección y SIG
Exploración Minera
Recursos Minerales
Hidrogeología
Hidrocarburos
Geofísica
Mineralogía

Construcción y auxiliar
Energía eléctrica, agua y gas
así como a otros sectores
relacionados con las Ciencias de la
Tierra y el Medio Ambiente



**Pero...,
¿no sabe como
anunciarse?
no lo piense más**

contacte con:
Dpto. Publicidad
Telf.: (91) 553-24-03 (3) líneas

**ASOCIACION DE INGENIEROS DE MINAS,
METALURGISTAS Y GEOLOGOS DE MEXICO, A. C.**

**CONVENCION
LA MINERIA EN EL SIGLO
REUNION INTERNACIONAL**

XXI

**Octubre 18 al 21, 1995
Acapulco, México.**

**CONFERENCIAS
Y FORO DE MINERIA**

**CONGRESOS Y SEMINARIOS
DE PRIMER NIVEL**

**TECNOLOGIA DE VANGUARDIA
EN LA EXPOSICION DE
EQUIPO Y MAQUINARIA**

INSCRIPCIONES Y HOTELES:
Jaime Torres Bodet Núm. 176
Col. Sta. María la Ribera
Deleg. Cuauhtémoc, C.P: 06400
Tels.: 547-1473, 547-1094, 547-0751
Fax. 547-0707

