

TREINTA AÑOS DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLOGICA EN EL ACUÍFERO ALMONTE-MARISMAS

Miguel Martín Machuca.

Ingeniero de Minas.

Jefe Oficina de Proyectos del I.T.G.E. de Sevilla.

RESUMEN

El acuífero Almonte-Marismas ha sido objeto de numerosos estudios, informes, dictámenes y otras intervenciones de carácter hidrogeológico, desde que en 1965 se inició el Proyecto del Guadalquivir-FAO (1.965-1.974).

La presencia del Parque Nacional de Doñana dentro de sus límites, y la necesidad de compatibilizar conservación y desarrollo ha sido un condicionante en su gestión. Los trabajos de seguimiento que, de forma sistemática y regular ha venido realizando la administración, han permitido conocer su evolución en el tiempo. Importantes proyectos, iniciados en la actualidad, permitirán mejorar conocimientos y crear infraestructuras adecuadas a las exigencias planteadas.

ABSTRACT

The Almonte wetlands have been the subject of innumerable studies, reports, orders and other hydro-geological activities since the Guadalquivir-FAO Project (1965-1974) was put into operation in 1965.

The fact that the Doñana National park lies in this area imposes the need to harmonize conservation and development, and this has loomed large in the management of the wetlands.

The Administration has kept a close watch on developments, and these are duly recorded. New projects are under way to study the problems and to create appropriate infrastructures.

INTRODUCCIÓN

El Acuífero Almonte-Marismas es posiblemente el acuífero más estudiado de toda nuestra geografía, habiendo generado más de 1.000 documentos de carácter hidrogeológico entre estudios, informes, comunicaciones y notas técnicas.

La presencia del Parque Nacional de Doñana dentro de sus límites, junto con otros argumentos de carácter económico y social, como son la agricultura, el turismo y las tradiciones, les confieren una gran importancia y popularidad.

La existencia del Parque Nacional de Doñana es sin lugar a dudas, la circunstancia que más ha condicionado su tratamiento en los últimos decenios, siendo no pocas veces fuente de polémica, y objeto de aplicación de importantes medidas de carácter técnico, administrativo y legal, que han influido decididamente en su gestión.

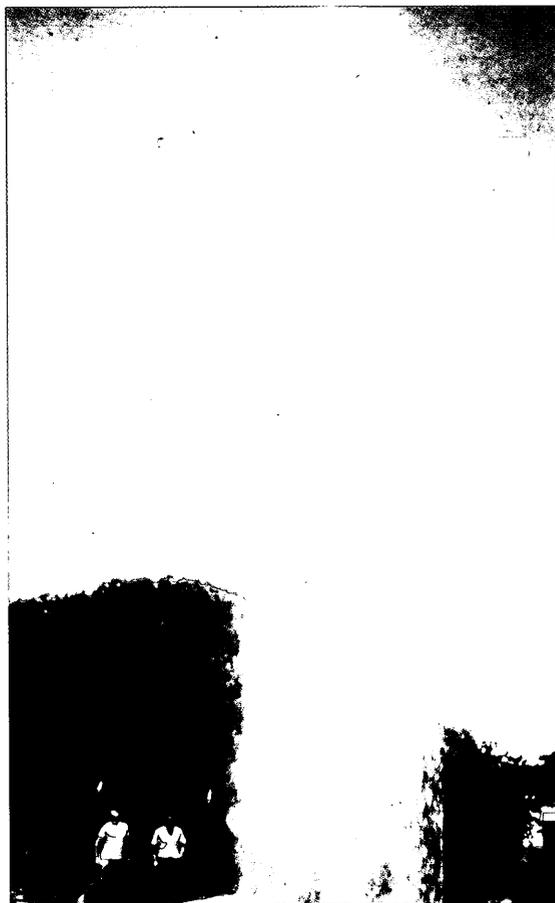
Este acuífero, que corresponde a la Unidad Hidrogeológica intercuenca 00.05 (05.51-04.14) (*Catálogo de unidades hidrogeológicas de la España peninsular e islas Baleares. MO-Pu. Investigaciones y Estudios n° 53 Dic/93*) se localiza en la Cuenca Baja del Guadalquivir en su margen derecha, afectando a unos 2.400 km², dentro de las provincias de Sevilla y Huelva en sus bordes suroccidental y suroriental respectivamente. A efectos prácticos, sus límites quedan comprendidos dentro del triángulo que definen las ciudades de Sevilla, Huelva y Sanlúcar de Barrameda, a excepción del Aljarafe Sevillano, margen izquierda del Guadamar, que corresponde a la Unidad Hidrogeológica 05.50.

Su caracterización hidrogeológica, de forma esquemática, responde a la presencia de unos potentes depósitos detríticos permeables, constituidos por arenas y gravas, que tienen como substrato general impermeable margas azules, y en los que es frecuente que aparezcan intercalaciones arcillosas que les confieren, en cierto grado, carácter de acuífero multicapa.

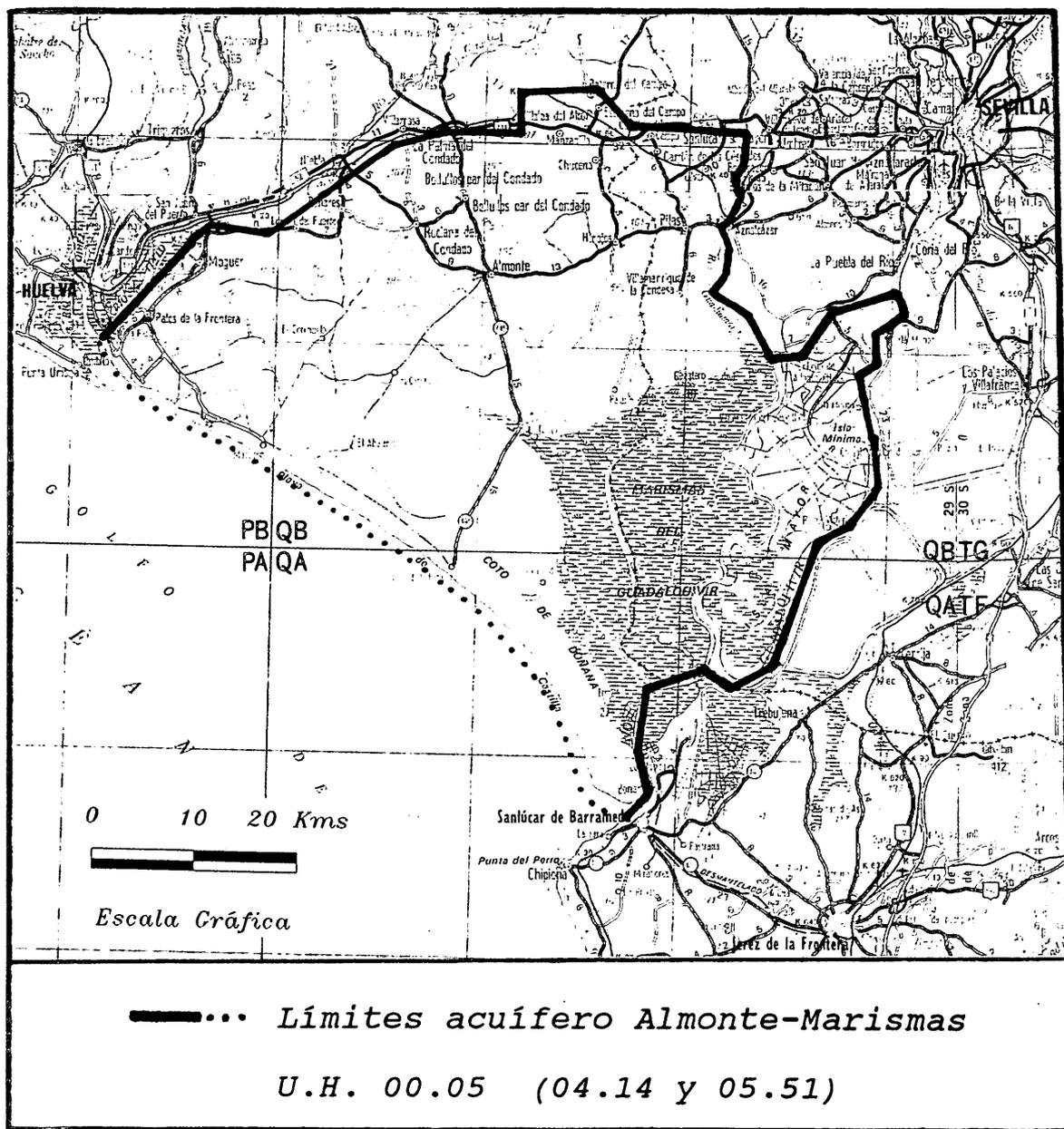
Estas formaciones permeables que, de forma sensible aumentan su espesor en dirección Norte-Sur-Sureste, con variaciones que van desde 15/20 metros a la altura de Almonte, hasta próximo a los 200 metros en el centro de Marismas, penetran por debajo de éstas, para constituirse en acuífero cautivo y en carga a diferencia del régimen libre del acuífero de la zona de arenas.

Muy discutidas han sido y son las cifras que definen sus recursos hídricos, inicialmente estimados por el Proyecto Guadalquivir-FAO en 190 hm³/año y últimamente acotados por un Comité de Expertos entre 150 hm³ y 420 hm³/año (*Dictamen sobre estrategia para el desarrollo sostenible del entorno de Doñana-Sevilla 1.992*).

Por otra parte, las extracciones por bombeo para 1.990, año considerado de máxima explotación, fueron estimadas en 77 hm³/año (*Hidrogeología del parque nacional y su entorno. ITGE-1.992*), teniendo como destino el riego de unas 20.000 has. y el abastecimiento de 40.000 habitantes, incrementados a 170.000 en la estación veraniega.



Desarrollo de sondeo con nieve carbónica. (1973).



EL PROYECTO DEL GUADALQUIVIR-FAO

El conocimiento hidrogeológico del acuífero Almonte-Marismas tiene su origen en los años sesenta, cuando en junio de 1963 el Gobierno Español presenta al Fondo Especial de las Naciones Unidas, un proyecto titulado *Proyecto de investigaciones hidrogeológicas de los ríos Duero y Guadalquivir*.

Después que este proyecto fue estudiado, *El Fondo Especial* decidió, de acuerdo con el en-

tonces director del Instituto Geológico Minero de España (I.G.M.E.), D. Antonio Almela, limitar el estudio a la Cuenca del Guadalquivir y Región Suroccidental de Huelva, aprobándose dicho proyecto en enero de 1965 por el Consejo de Administración del *Fondo Especial*.

El proyecto, popularmente conocido como *Proyecto del Guadalquivir-Fao*, tenía un plazo de ejecución de 4 años (1965-1969) y un presupuesto, en aquel entonces de 1.700.000 \$, siendo designados para su ejecución, la F.A.O. por parte de Naciones Unidas y el Instituto Ge-

**Campaña de
Sondeos
Almonte-Marismas.
Ensayo de Bombeo
(1973).**



ológico y Minero de España por parte del Gobierno Español.

Tuvo este proyecto, como objetivos generales, el aprovechamiento de las aguas subterráneas para su utilización en agricultura y abastecimiento, y como fines concretos, como textualmente se recoge en su "Plan de Operaciones":

▼ "Determinar los procedimientos más efectivos y económicos para obtener y distribuir las aguas subterráneas en la zona".

▼ "Formular recomendaciones para el control de la explotación de las aguas subterráneas, al objeto de contar con un fundamento técnico para la legislación futura".

▼ "Prestar ayuda en la capacitación de especialistas y científicos en tecnología hidrogeológica para proseguir las tareas del Proyecto una vez retirados los expertos internacionales".

Durante su desarrollo se procedió a la creación de un inventario general de puntos de agua con un registro de 7.500 puntos, se realizaron estudios de geología de detalle, campañas de geofísica, sondeos de investigación y de observación piezométrica, ensayos de bombeo, encuestas de aprovechamiento, etc, permitiendo todas estas actuaciones, que afectaron a unos

35.000 km², identificar y evaluar en una primera aproximación, los acuíferos más importantes de la Cuenca, al mismo tiempo que se sentaron bases para posteriores estudios y se propició la formación de especialistas nacionales en hidrogeología y técnicos en captación de aguas subterráneas.

Estos resultados, indujeron a que se continuaran los trabajos con la redacción y realización de un nuevo *Proyecto piloto de utilización de las aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir*, eligiéndose para tal fin las zonas de *Almonte-El Rocio y margen derecha de las marismas, Vega de Granada y Vega de Guadix*, contemplándose un plazo de ejecución de tres años (1969-1971), y teniendo como objetivos concretos además de aquellos otros que se fijaron en su primera fase (1965-1969), los que se recogen en su *Plan de trabajo*, que fueron:

▽ La determinación de las cantidades de agua subterránea susceptibles de ser explotadas para el regadío en las tres zonas escogidas.

▽ Preparar estudios de viabilidad para el desarrollo extensivo de los recursos en aguas subterráneas para regadío.

▼ Examinar los problemas agronómicos y socioeconómicos, involucrados en el desarrollo agrícola de estas zonas a través del establecimiento de tres fincas piloto.

Muchas fueron las actuaciones que materializaron este proyecto extraordinario, en sus dos primeras fases, y sería prolijo enumerarlas todas, no obstante, cabe resaltar que, en lo que se refiere a la zona de Almonte-Marismas, los trabajos de campo más significativos pueden resumirse como sigue:

▼ Cartografía hidrogeológica : 11 hojas E, 1:50.000.

▼ Sondeos eléctricos verticales (S.E.V.): 291.

▼ Inventario de puntos de agua : 1.416.

▼ Nivelación de puntos de agua: 492.

▼ Toma de muestras y análisis de agua: 375.

▼ Sondeos mecánicos (7.000 m.):

- De reconocimiento geológico : 7
- De explotación: 21
- Piezométricos: 40

	68
TOTAL	

▼ Ensayos de bombeo: 19.

▼ Caudal aforado: 451 l/s.

▼ Fincas encuestadas: 45 (1.200 l/s.).

Asimismo, se hicieron seguimientos de la superficie piezométrica, se elaboraron series de datos meteorológicos, se modeló el acuífero y se hicieron ensayos de balance hidráulico. Todo ello con el concurso de acreditados especialistas internacionales.

Consecuencia de los trabajos que se venían realizando fue la publicación del Decreto 735/1971 del 3 de abril por el que se dan normas a la explotación de las aguas subterráneas en determinadas zonas de Andalucía y en el que se manifiesta la importancia de los logros alcanzados, como contiene su preámbulo que dice: "...Los estudios realizados conjuntamente por el Gobierno Español y las Naciones Unidas en la Cuenca del Guadalquivir han puesto de manifiesto la existencia de acuíferos subterráneos para contribuir a la atención de la creciente demanda de agua para abastecimientos, usos

industriales y para la transformación en regadío de una importante extensión de tierra de la cuenca, susceptible de una explotación racional...".

También se resalta la necesidad de la planificación hidrológica, explotación conjunta y coordinada de los recursos hídricos, e imprescindible control técnico y administrativo: "... Para lograr el más adecuado aprovechamiento conjunto de los recursos existentes y obtener los máximos beneficios económicos y sociales de los estudios realizados, parece conveniente ordenar la explotación de las aguas subterráneas en diferentes zonas de la cuenca del Guadalquivir, teniendo en cuenta su posible interrelación con las aguas superficiales y la necesidad de una planificación y explotación conjunta y coordinada de los recursos hídricos existentes en la cuenca ...".

Las zonas delimitadas de explotación controlada fueron 9 y para cada una de ellas se fijaron los volúmenes de aguas subterráneas disponibles, así como las normas a la explotación en cada una de ellas, teniendo lugar por primera vez en España una ordenación, seguimiento y control técnico-administrativo de aguas subterráneas, llevado a cabo por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, previo informe vinculante, del Instituto Geológico y Minero de España.

Refiriéndonos a la zona número 1 Almonte-Marismas, los volúmenes disponibles de aguas subterráneas, se fijaron en 160 hm³/año y en dicho decreto, en su artículo 6º se dice: "En relación con la zona de Almonte-Marismas el Ministerio de Agricultura procederá seguidamente a su declaración de interés nacional, así como a la captación y aplicación de las aguas subterráneas para su transformación". Esta declaración tiene lugar con la publicación del Decreto 1.194/1971 de 6 de mayo, en base al *Anteproyecto de transformación en regadío de la zona de Almonte-Marismas*, redactado por los técnicos de *Proyecto Guadalquivir-Fao*.

Se inicia el Plan, que podemos considerar como una 3ª fase del Proyecto del Guadalquivir-FAO, con la publicación del Decreto 2.148/1972 de 6 de julio en el que se aprueba la primera parte, y se contempla una superficie

a transformar de 28.532 has que posteriormente fué limitada a 23.598 has (Decreto 2.244/1974 de 20 de julio).

En consecuencia, se inicia y realiza una campaña de sondeos de explotación que realiza el IRYDA y dirige el Instituto Geológico y Minero de España, siendo el número total de sondeos realizados de 460 y el caudal aforado 31,4 m³/s (*Informe final de los sondeos de la zona regable de Almonte-Marismas. IRYDA 1976*), "que permitirán la puesta en riego de 25.000 has".

SEGUIMIENTO DEL ACUIFERO DESPUÉS DEL PROYECTO GUADALQUIVIR-FAO

La campaña de sondeos de explotación, tercera fase del Proyecto Guadalquivir-FAO (1972-1974), realizada por el IRYDA, permitió mejorar el conocimiento del acuífero, después de que se perforaron los 460 sondeos, se estudiaran sus litologías y se analizaran sus comportamientos hidrodinámicos mediante la realización de 460 ensayos de bombeo.

Estos hechos hidrogeológicos, junto con el control piezométrico que, en 40 piezómetros, venía haciendo el IGME desde finales de los años sesenta, continuos trabajos de actualización, y demás información generada con anterioridad, permitió el diseño y aplicación de modelos matemáticos (IGME-1976, IRYDA-1976, IGME-1983), concebidos como herramientas de gestión, capaces de dar respuesta en los grandes números, a los interrogantes que planteaba la puesta en riego de casi 25.000 has y que contribuyeron a un mejor conocimiento del acuífero.

Aunque en un principio el Proyecto Guadalquivir-FAO no ignoró la existencia de Doñana, declarado Parque Nacional por decreto en 1969, es con la promulgación de la Ley 91/1978 de 28 de diciembre, sobre el régimen jurídico del Parque Nacional de Doñana (P.N.D.), y constitución de su Patronato, cuando se empieza realmente a tomar conciencia del valor ecológico de la zona, y se plantean dudas razonables sobre el posible impacto que la

transformación de regadío, y, en particular, la extracción masiva de aguas subterráneas, pudiera provocar en el P.N.D. con la existencia de áreas de alta sensibilidad a la variaciones de los niveles de aguas subterráneas (arroyo de la Rocina, Vera, Retuerta y otras).

En consecuencia con estos hechos, se piden por primera vez estudios de impacto ambiental, realizándose al efecto el "*Informe Hidrogeológico y de recursos hidráulicos, desagües y vertidos y posibles incidencias de los mismos en el P.N.D.*" que, por acuerdo del Consejo de Ministros del 8/5/79 emite la Dirección General de Obras Hidráulicas con la participación en su redacción de la C.H.G., IARA e IGME, y donde se plantea la necesidad de compatibilizar Conservación y Desarrollo.

Asimismo, se hacen multitud de declaraciones, se organizan debates y se realizan estudios y dictámenes, con la intervención de ilustres investigadores, nacionales y extranjeros, que se pronuncian sobre la "Cantidad y Calidad de las aguas en Doñana", llegándose a cuestionar las conclusiones del Proyecto Guadalquivir-FAO (1965-1974) y poniéndose en duda la viabilidad del "*Plan Almonte-Marismas*".

Al mismo tiempo que se producen estos hechos y circunstancias, se continua el control de las redes piezométricas, de calida e intrusión, generándose decenas de miles de medidas (IGME-IARA), se procesan e informatizan estos datos, se aplican modelos matemáticos, se abordan estudios específicos para un mejor conocimiento de los componentes del balance hidráulico y se emiten informes sobre la situación hidrodinámica del acuífero (ITGE,IARA).

LA INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN LA ACTUALIDAD

A finales de los años ochenta y principios de los noventa, el tratamiento que, a nivel de opinión, se venía dando al acuífero Almonte-Marismas, continúa. Las cifras que definen sus recursos hídricos son frecuentemente retocadas a la baja, y no es raro que, hechos hidrogeológi-

cos considerados normales, como son los naturales descensos de niveles piezométricos de un acuífero cuando se bombean sus aguas o simplemente por oscilación estacional, sean interpretados como signos inequívocos de sobreexplotación. La "situación del acuífero" que se traslada a la opinión pública, probablemente, es inexacta.

Por otra parte, voces autorizadas, definen la necesidad de "Conservar Doñana", denunciando los peligros que la amenazan, en los que se incluyen naturalmente, los que tienen que ver con la "Cantidad y Calidad del agua".

La administración competente toma como decisión, una importante modificación del Plan de Transformación en Regadío, orientándose claramente la gestión del acuífero hacia la conservación del P.N.D. y su Entorno.

En consonancia con estos hechos, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, que, desde la promulgación de la Ley de Aguas (2/8/1985), ha venido asumiendo un mayor protagonismo en la gestión del acuífero, acorde con sus responsabilidades legales, ha emprendido importantes proyectos y acciones, teniendo como objetivos, mejorar conocimientos e infraestructuras necesarios y adecuados para el control técnico que exige la "conservación".

En este sentido, caben destacar los proyectos: "*Estudio cuantitativo y cualitativo de la hidrogeología superficial de los distintos arroyos incidentes en Doñana (1993)*" y "*Diseño y ejecución de sondeos de una red de control piezométrico en la U.H. 05.51 Almonte-Marismas (1992-1996)*" que, con la ejecución e instalación de 9 estaciones de aforo y 56 sondeos piezométricos proporcionarán series de datos, suficientes en cantidad y calidad, y que serán objeto de tratamiento, información y aplicación a modelos matemáticos (*Proyecto para la actualización del modelo de simulación de las aguas subterráneas del acuífero Almonte-Marismas. ITGE 1991-1995*) puestos a punto para ensayar simulaciones y conseguir ajustes conceptuales que permitan prever comportamientos del acuífero en el tiempo, facilitando de esta forma la toma de decisiones futuras.

Asimismo, también propiciada por la propia Confederación Hidrográfica del Guadalquivir,

se ha intensificado en los últimos años la presencia en Doñana en el campo de la hidrogeología de las universidades de Sevilla, Granada, Barcelona y Huelva, debiéndose destacar entre otros, los trabajos relacionados con el funcionamiento hidrodinámico del acuífero, calidad del agua subterránea y procesos de su contaminación por fertilizantes.

Consecuencia de estos hechos, junto con el sistemático y regular control que se ha venido haciendo sobre el acuífero (ITGE, IARA, CHG) y aplicación de las técnicas modernas de tratamiento de la información, se han creado Bases de Datos (ITGE, CHG), y se han puesto a punto programas específicos para uso y tratamiento, de su contenido, cifrándose este en 2.100 puntos de agua, 1.000 columnas litológicas, 1.500 análisis de aguas subterráneas, 1.000 datos de parámetros hidrodinámicos y 65.000 registros de niveles piezométricos.

Sin perjuicio de las muchas actuaciones que se realizan, pueden, y deben realizarse en este acuífero, su gestión exige entre otras demandas, conocer con mayor precisión las componentes del balance hidráulico, en especial tasas de infiltración y volúmenes de extracción de aguas subterráneas. Para ello se deberían aplicar respectivamente, métodos experimentales que aporten fiabilidad (lisímetros, otros) y sistemas bien diseñados y técnicamente apoyados (teledetección, vuelos, encuestas...), que permitan un riguroso control de bombeos y de superficies regadas. En este sentido, se considera imprescindible la participación del usuario, asumiendo la responsabilidad que le corresponde, a través de sus órganos de representación (Comunidades de Usuarios).

Asimismo, urge la estructuración de la red de calidad de las aguas subterráneas, necesaria para el conocimiento al respecto y seguimiento de su evolución.

Muchos más hechos y aspectos, y con toda seguridad mejor tratados, se podían analizar sobre la Hidrogeología Histórica de Doñana y su Entorno. No obstante, es de desear que lo expuesto contribuya a que la imagen que generalmente se tiene del acuífero Almonte-Marismas se ajuste más a la realidad. ●

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Proyecto del Guadalquivir-FAO.**- "Requete du Gouvernement de L'Espagne au Fond Special des Nations Unies. Etude des resouces en eaux souterraines du bassin du Guadalquivir". (Roma 1.964).
- Proyecto del Guadalquivir-FAO.**- "Informe hidrogeológico sobre la región del Bajo Guadalquivir y la región de Huelva". Informe técnico. (Roma 1.967).
- Ruiz Celaa, C.** - "Investigaciones hidrogeológicas en la Cuenca del Guadalquivir. Nota sobre un sondeo en las marismas". Boletín Geológico y Minero, T. LXXXIX-III-I: 286-289. (1.968).
- Proyecto del Guadalquivir-FAO.**- "Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la Cuenca del Guadalquivir. Anteproyecto de transformación de regadío de la zona de Almonte-Marismas". Informe técnico I AGL: SF/SPA16. (Madrid 1.972).
- Proyecto del Guadalquivir-FAO.**- "Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la Cuenca del Guadalquivir. Proyecto de transformación de la zona regable Almonte-Marismas". Informe técnico 7. AGL:SF/SPA16. Roma: 1-157. (1.975).
- I.G.M.E..**- "Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS)". (Madrid 1.975).
- I.G.M.E..**- "Evolución de niveles piezométricos en los sistemas acuíferos". Cuenca del Guadalquivir. Serv. Publ. del Ministerio de Industria y Energía. (Madrid 1.976).
- IRYDA.**- "Informe final de los sondeos de la zona regable de Almonte-Marismas y síntesis hidrogeológica". (1.976).
- I.G.M.E..**- "Modelo matemático del Sistema Acuífero de Almonte-Marismas". (Madrid 1.976).
- MOPU. Dirección General de Obras Hidráulicas.**- "Informe hidrogeológico y recursos hidráulicos, desagües y vertidos, y posibles incidencias de los mismos en el Parque Nacional de Doñana". (1.979).
- I.G.M.E..**- "Modelo matemático bidimensional del sistema nº 27. Unidad Almonte-Marismas". (Madrid 1.982).
- Baonza, E.; Plata, A. y Silgado, A..**- "Hidrología isotópica de las aguas subterráneas del Parque Nacional de Doñana y zona de influencia". CEDEX. Comisaría de Aguas del Guadalquivir. (Sevilla 1982).
- I.G.M.E..**- "Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno". (Madrid 1982).
- Coromnas Masip, J..**- "El acuífero Almonte-Marismas (Sevilla-Huelva). Dinámica de flujos y su condicionamiento de la calidad de aguas". Actas del V Congreso Nacional de Química. Puerto de la Cruz: 515-523, 4 fig. (1983).
- Rodríguez Arevalo, F.Javier .-** "Estudio hidrogeológico de la zona de contacto entre los depósitos eólicos y de marisma en el área de Doñana (La Vera-La Returta)". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. (1984).
- SCOPE .-** "La cantidad y calidad del agua disponible en el Coto de Doñana". Informe final reunión de trabajo. (Sevilla 1987).
- Tejanas López, Jesús, L..-** "Contribución a la hidrogeología e hidroquímica de las marismas del Parque Nacional de Doñana con aplicación del análisis de imágenes Landsat". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. (1984).
- Vela Guzman, Antonio, L..-** "Estudio preliminar de la hidrogeología e hidroquímica del sistema de dunas móviles y flecha litoral del Parque Nacional de Doñana". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. (1984).
- I.G.M.E..**- "Actualización de los datos hidrogeológicos de Almonte-Marismas. Aplicación del modelo matemático bidimensional del sistema acuífero nº 27. Procesamiento de datos de ordenador. (Sevilla 1986).
- I.G.M.E..**- "Simulación de la evolución piezométrica del acuífero Almonte-Marismas. Horizonte año 2010". (Sevilla 1.987).
- I.G.M.E..**- "Mapas de Normas de explotación de acuíferos". Escala 1: 1:50.000. 982 (La Palma del Condado), 983 (Sanlúcar La Mayor), 999 (Huelva), 1000 (Moguer), 1001 (Almonte), 1017 (El Abalario), 1018 (El Rocio), 1033 (Palacio de Doñana), 1047 (Sanlúcar de Barrameda). (Sevilla 1987).
- Hollis, T.; Heurteaux, P, y Mercer, J..-** "The implications of Groundwater extraction for the long term future of Doñana National Park". WWF-IUNC-ADENA Mission to the Doñana National Park. (1989).
- I.T.G.E..**- "Proyecto de reestructuración de la red piezométrica del sistema acuífero Almonte-Marismas". (Sevilla 1989).
- I.T.G.E..**- "Situación hidrodinámica del acuífero Almonte-Marismas". (Sevilla 1990).
- I.T.G.E..**- "Red de control de calidad de las aguas subterráneas en el acuífero de Almonte-Marismas". (Sevilla 1990).
- I.T.G.E..**- "Evaluación de los procesos de evaporación e infiltración a partir del estudio de la zona no saturada. Parque Nacional de Doñana". ITGE. (Madrid. 1991).
- Custodio Gimena, E.; Manzano Arellano, M.; Poncela Poncela, R..-** "Contribución de la hidrogeoquímica al conocimiento de la hidrodinámica de los acuíferos de Doñana". III Simposio del agua en Andalucía. Córdoba. (Septiembre 1991).
- Suso, J.; Llamas, M.R..-** "Estudio hidrogeológico de la influencia de los bombeos en la zona de El Rocio". Estudios Geológicos, 46: 317-345. (1991).
- Custodio, E.; Dolz, J.; Guimerá, J.; Manzano, M.; Poncela, R.; Samper, J.; Sánchez, M. y Velasco, E..-** "Aportaciones al conocimiento hidrológico de los acuíferos del Parque Nacional de Doña-

na y su entorno". V Simposio de Hidrogeología. (Alicante 1992).

I.T.G.E..- "Evolución piezométrica. Sistema acuífero nº 27. Almonte-Marismas. Años 1.979-1.985". (Sevilla 1992).

I.T.G.E..- "Evolución piezométrica. Sistema acuífero nº 27. Almonte-Marismas. Años 1.985-1.991". (Sevilla 1992).

Comisión Internacional de Expertos.- "Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible del entorno de Doñana". Sevilla (1992).

I.T.G.E..- "Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno". ITGE.(Madrid. 1992). (2ª edición).

Secretaría de Estado para las Políticas de Agua y Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.- "La gestión hidráulica del Parque Nacional de Doñana". (Madrid 1993).

Poncela, R..- "Análisis del funcionamiento hidrogeológico del Parque Nacional de Doñana en el entorno del Arroyo de La Rocina". Master Thesis in Groundwater. Universitat Politècnica de Catalun-

ya. Barcelona. (unpublished).(1993)

Custodio, E..- "Posibles procesos de contaminación agrícola en el área de Doñana (Huelva). Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas". Alcalá de Henares. Asoc. Intern. de Hidrogeólogos. Grupo Español, IV: 283-308.(1994)

I.T.G.E..- "Proyecto para la actualización del modelo de simulación de las aguas subterráneas del acuífero Almonte-Marismas (Sevilla-Huelva)". (1992-1995).

I.T.G.E..- "Primeras observaciones sobre el modelo de Almonte-Marismas (Parque Nacional de Doñana) en régimen transitorio (1991-95)". (Sevilla 1994).

C.H.G..- "Estudio cuantitativo y cualitativo de la hidrología superficial de los distintos arroyos incidentes en el Parque Nacional de Doñana". (1993).

C.H.G..- "Diseño y ejecución de sondeos de una red de control piezométrico en la unidad hidrogeológica 05.51 (Almonte-Marismas). Informe 1ª Fase". (Octubre. 1992-1996).