

# Acuíferos de Almonte-Marismas y suroeste de la provincia de Sevilla

## 1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El complejo hidrogeológico que engloba los acuíferos de Almonte-Marismas, Aljarafe Sevillano y Mioceno transgresivo de Base (Niebla-Gerena), se extiende sobre un territorio que se localiza en las cuencas bajas de los ríos Guadalquivir y Tinto, entre las provincias de Sevilla y Huelva, con una extensión de más de 3000 km<sup>2</sup>, quedando enmarcado geográficamente entre la Meseta Hercínica al norte, el río Guadalquivir al sur y al este y los ríos Tinto al oeste y Guadiana al este. Comprende las comarcas del Condado de Huelva, Aljarafe Sevillano y Parque Nacional de Doñana, en las que se asientan importantes núcleos de población, como son entre otros La Palma del Condado y Almonte, con la Aldea del Rocío, en Huelva, y Aznalcollar y Sanlúcar la Mayor en Sevilla, que tienen una población conjunta próxima a los 200000 habitantes.

Su topografía es suave y su economía activa, destacando el sector agrícola, aunque también cabe mencionar los asentamientos veraniegos de las playas de Huelva y la actividad minera de Aznalcollar.

## 2. CONTEXTO GEOLÓGICO.

El conjunto territorial antes definido se encuadra desde el punto de vista geológico en la Depresión del Guadalquivir, en su borde suroccidental, en el contacto con la Meseta Hercínica. Su estructura responde a una serie monoclinial (Mioceno transgresivo de Base), que buza suavemente hacia el sur, sobre la que se asientan las formaciones más modernas (Mioceno, Plioceno, Cuaternario) que conforman su geología.

La serie estratigráfica que aparece en la zona es la siguiente:

- Mioceno transgresivo de Base: formación de borde, impropriadamente denominada "Mioceno de Base" que corresponde a la serie monocli-

nal y aflora al norte en forma de franja, siguiendo la línea de contacto de la Depresión del Guadalquivir con la meseta. Su espesor es reducido no sobrepasando los 10-12 metros y su litología responde a conglomerados de base, arenas, gravas y areniscas calcáreas fosilíferas. Cabe destacar sus frecuentes e importantes cambios laterales de facies.

- Margas azules del Mioceno: aparecen al sur de los afloramientos del Mioceno transgresivo de Base sobre el que se asientan, y conforman el sustrato general en el que se han depositado las formaciones limo-arenosas que componen los acuíferos de Almonte-Marismas y Aljarafe Sevillano.
- Limos y arenas del Mioceno-Plioceno: los limos se sitúan en la base y las arenas en el tramo medio y superior de la serie con espesor del conjunto que oscila entre algunos metros al norte y más de 150 metros al sur (Matalascañas). A medida que el espesor aumenta en la dirección N-S, la granulometría se va haciendo más gruesa y limpia.
- Marismas del Cuaternario: tienen su origen en el relleno y colmatación, con sedimentos continentales, del delta del río Guadalquivir. Esta formación así definida se caracteriza por la presencia de dos capas bien individualizadas, que se confunden en los bordes, separadas por un paquete de arcillas, y constituidas por cantos rodados, gravas y arenas. En su conjunto, los espesores que se alcanzan oscilan entre algunos metros en los bordes, y más de doscientos metros en las proximidades del río Guadalquivir. La serie la corona un paquete continuo de arcillas recientes cuyo espesor oscila entre algunos metros y más de 50 metros.
- Playas y dunas actuales costeras: Las playas están formadas por arenas silíceas. Paralelamente a la costa y desde el río Tinto al Guadalquivir, se extiende una serie de dunas recientes que alcanzan su mayor grado de desarrollo en el extremo meridional.

Los materiales descritos forman parte de una cobertera que apenas ha sufrido deformación, a excepción del Mioceno transgresivo de Base que ha experimentado un basculamiento y se ve afectado por un sistema paralelo de fallas, de rumbo E-S no visible en superficie.

## 3. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

**Mioceno transgresivo de Base (Niebla-Gerena):** está constituido por los conglomerados de base, arenas, gravas y areniscas calcáreas fosilíferas anteriormente descritos y que se extienden entre Niebla y Posadas.

El tramo considerado, entre Niebla y Gerena, tiene una superficie de afloramiento de 64 km<sup>2</sup> y se desarrolla sobre una banda de unos 50 km de longitud y 1 km de anchura aproximadamente.

El acuífero se hunde progresivamente hacia el sur con pendientes suaves del 2 al 6%, situándose por encima las margas azules que van adquiriendo mayor potencia en este mismo sentido. Su potencia media es del orden de los 10-15 m y aumenta en la dirección O-E.

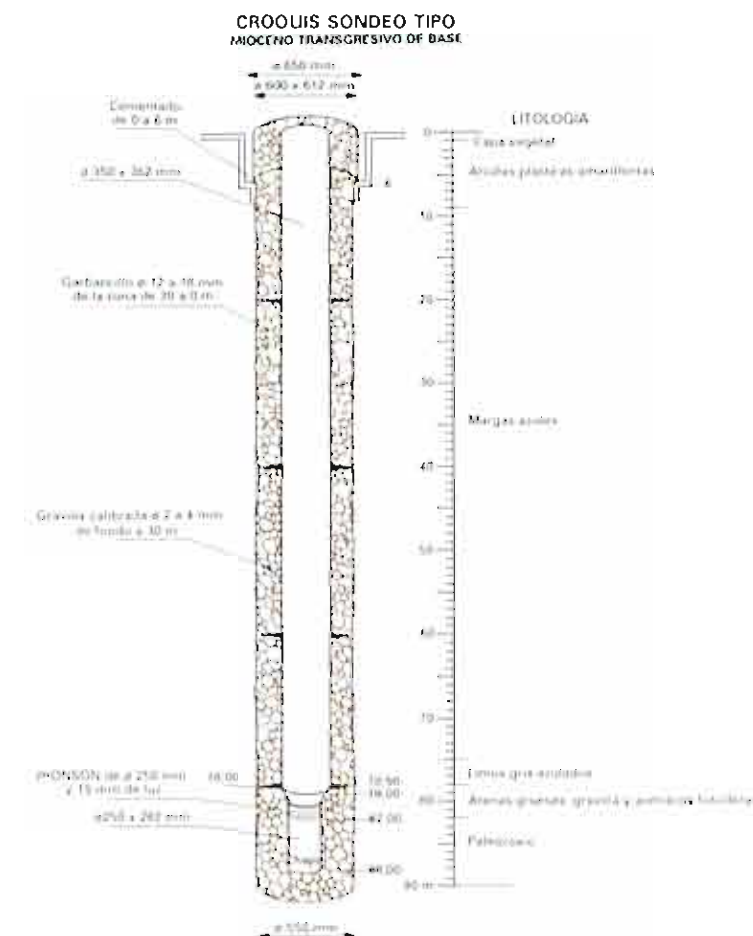
Los terrenos impermeables vienen definidos por el Paleozoico a muro y las margas azules a techo. Esta circunstancia hace que el acuífero, donde no aflora, esté en régimen cautivo y en carga. A distancias de 4-5 km de los afloramientos, el acuífero se sitúa a 150-170 m de profundidad. Permeabilidades y transmisividades no son homogéneas como consecuencia de sus frecuentes cambios de facies y oscilaciones de espesor. Para la

Porcentaje correspondiente por provincias del total aflorante del acuífero

ALMERÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
CÁDIZ																																
CÓRDOBA																																
GRANADA																																
JAÉN																																
HUELVA																																
MÁLAGA																																
SEVILLA																																

transmisividad son frecuentes valores comprendidos entre 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s. Asimismo el coeficiente de almacenamiento varía entre 10<sup>-2</sup> en las zonas libres y 10<sup>-4</sup> en las zonas confinadas.

La alimentación se produce por la infiltración del agua de lluvia, bien directamente o bien como consecuencia de las escorrentías que atraviesan los afloramientos. Las salidas se producen por bombeo. Las aguas subterráneas circulan en dirección N-SE en las proximidades de Aznalcollar y en dirección N-SO en el entorno de La Palma del Condado. Los gradientes hidráulicos varían entre 0'75 y 1%.



**Almonte-Marismas y Aljarafe sevillano:** Aunque en realidad se trata de dos acuíferos diferentes que están separados por el río Guadiamar, su continuidad geográfica y características geológicas e hidrogeológicas semejantes, permiten tratarlos conjuntamente.

La superficie sobre la que se asientan es de unos 3000 km<sup>2</sup>, de los que aproximadamente 2000 km<sup>2</sup> corresponden a los afloramientos de terrenos permeables, y el resto a superficie ocupada por marismas.

Los materiales acuíferos que los forman son los diferentes depósitos detríticos descritos con anterioridad. Con frecuencia aparecen intercalaciones arcillosas entre las arenas, lo que les confiere en cierto grado, carácter de acuífero multicapa. Los terrenos impermeables son las margas azules de fondo y las arcillas de marismas.

Se constituye así un sistema hidrogeológico en el que hay que distinguir el acuífero libre, en la zona de arenas, y el acuífero semiconfinado en la zona de marismas. La conexión entre ambos se realiza a través de la fran-

ja que define la línea de contacto que los separa. Los límites geológicos del acuífero libre vienen definidos prácticamente por las margas azules que afloran al norte y las arcillas de marismas al sur.

El espesor de los terrenos permeables es variable, aumenta sensiblemente de norte a sur, siendo del orden de los 15 m a 20 m al norte de la línea Almonte-Hinojos y próximo a los 150 m en el área de Matalascañas.

El acuífero semiconfinado se constituye en las arenas, gravas y cantos rodados que se localizan debajo de las marismas. Sus límites impermeables en vertical, vienen definidos por margas azules a muro y arcillas de marismas a techo. Esta circunstancia es la que le confiere el confinamiento.

En su conjunto, el espesor que alcanzan éstas formaciones de edad reciente, oscila entre los 50 m en su contacto con la zona de arenas, en el sector noroccidental, y más de 200 m en el interior de las marismas. Los parámetros hidráulicos son muy variables, y están en función del espesor del terreno acuífero y de sus granulometrías.

En cuanto a transmisividades se pueden diferenciar las siguientes:

- En el área más septentrional suelen ser de  $10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s.
- En la franja de contacto entre zona de arenas y marismas los valores medios son del orden de  $10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s.
- En el área de marismas, en general superan los  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s, llegando hasta  $4 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

Las permeabilidades, como se ha indicado, evolucionan de forma similar, obteniendo valores que oscilan entre  $10^{-4}$  m/s al norte y  $10^{-1}$  m/s en marismas.

El coeficiente de almacenamiento se ha estimado para el acuífero semi-confinado entre  $10^{-4}$  y  $10^{-1}$ . En el acuífero libre la porosidad eficaz está comprendida entre 2% y 5%.

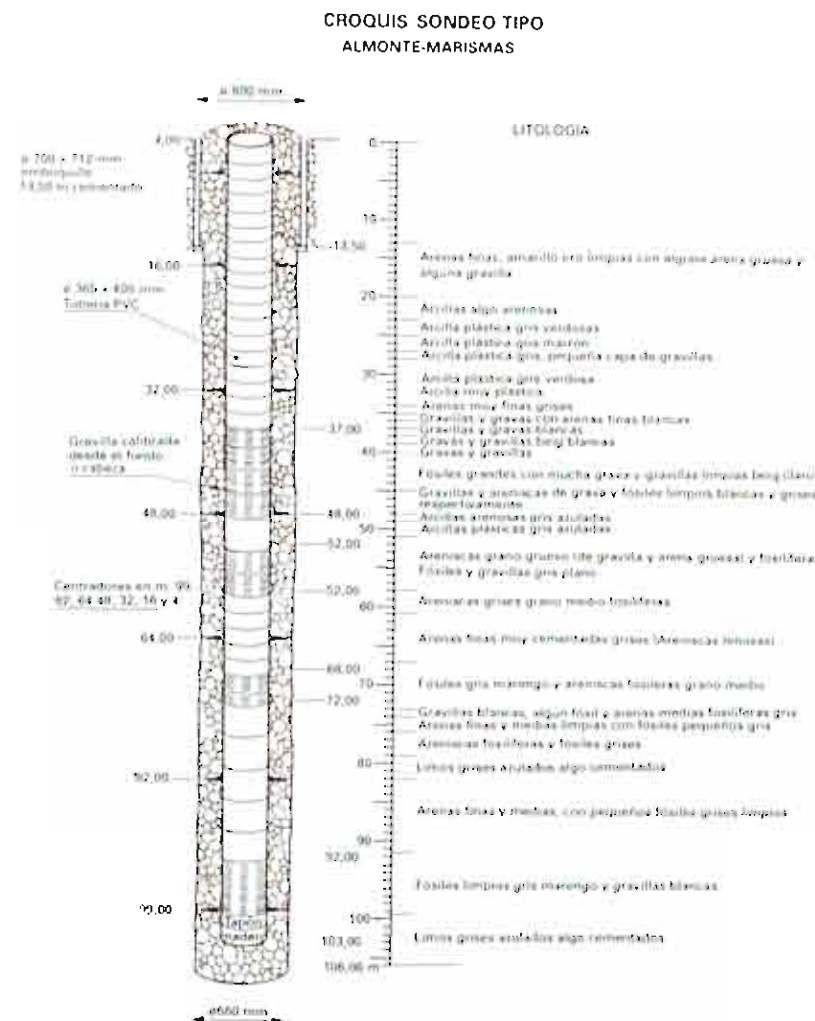
La alimentación se genera principalmente por infiltración directa del agua de lluvia. Las descargas se producen por drenaje de ríos, arroyos y mar, flujo ascendente en la zona de marismas y, principalmente, por bombeos. La circulación de las aguas subterráneas se dirige sensiblemente hacia el S-SE, salvo en la zona costera en la que en parte se dirige hacia el arroyo de la Rocina y en parte hacia el mar. La piezometría en general se adapta a la topografía, siendo la profundidad hasta el agua en un alto porcentaje, inferior a 10 m con valores medios próximos a los 6 metros. Las mayores profundidades se localizan en la zona de Villamanrique de la Condesa e Hinojos y norte del Aljarafe donde se sitúa a unos 15-20 metros. Las mínimas se encuentran al sur del Rocio con valores inferiores a los 5 m e incluso con surgencias en ciertas áreas. Las variaciones estacionales de nivel piezométrico son del orden de los 3 metros. En general, y en la mayoría de los piezómetros, los niveles se recuperan después de ciclos secos relativamente largos, aunque hay que hacer excepciones (norte del Aljarafe). En los últimos tiempos se detectan deformaciones en la superficie piezométrica (área de Villamanrique de la Condesa y proximidades del Rocio) provocadas por efecto de los bombeos.

La evapotranspiración potencial deducida (840 mm/año) supera en un 50% la precipitación media anual (575 mm/año) y la evapotranspiración real (420 mm/año) alcanza el 73% de dicha precipitación media.

En su conjunto los recursos hídricos estimados para los acuíferos Almonte-Marismas, Aljarafe y Mioceno transgresivo de Base (Niebla-Gerena), ascienden a unos 249,5 hm<sup>3</sup>/año, de los que 8,5 hm<sup>3</sup>/año se utilizan en abastecimiento público de agua potable y 103 hm<sup>3</sup>/año para atender la demanda de riego de unas 17000 ha.

ACUÍFERO	SUPERFICIE PERMEABLE km <sup>2</sup>	ENTRADAS hm <sup>3</sup> /año	SALIDAS hm <sup>3</sup> /año	
			NATURALES	BOMBEO
Almonte-Marismas	1840	213	136	77
Aljarafe	350	28,5	3,5	25
Mioceno transgres. Base	64	8	—	9,5
<b>TOTALES</b>	<b>2254</b>	<b>249,5</b>	<b>139,5</b>	<b>111,5</b>

La situación y circunstancia de éstos acuíferos es diferente. En la actualidad es preciso ajustar a la realidad las extracciones por bombeo. En el caso del acuífero Almonte-Marismas éstas cifras, han descendido de forma significativa habiéndose incrementado tanto en el acuífero del Aljarafe como en el Mioceno Transgresivo de Base (Niebla-Gerena), en los que existen evidentes desequilibrios.

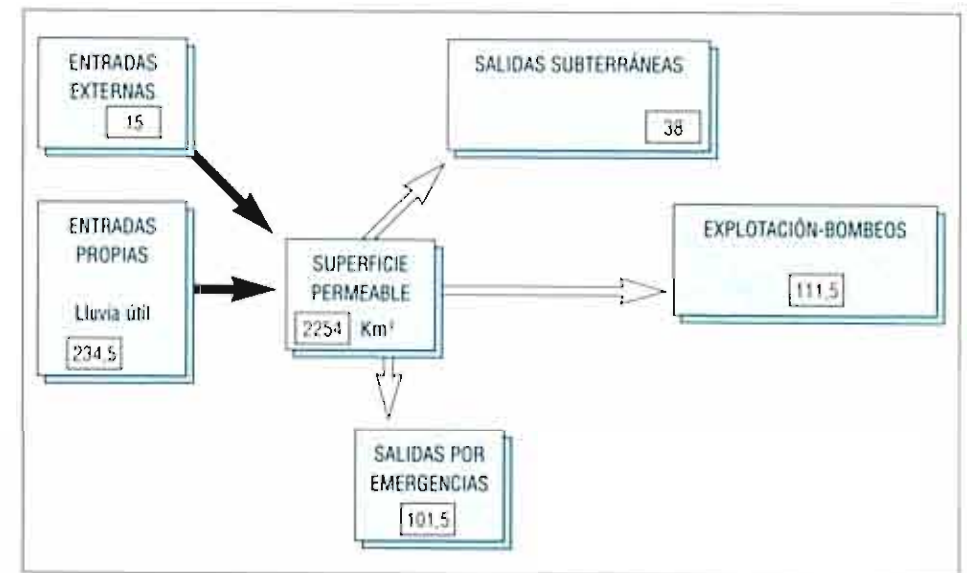


Vista general de la marisma Parque Nacional de Doñana. (53)

#### 4. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

El clima que predomina es el mediterráneo subhúmedo con influencia atlántica, caracterizado por la irregularidad hiperanual e interanual de las precipitaciones, con oscilaciones comprendidas entre los 300 mm/año y 900 mm/año y valores medios de 575 mm/año. La distribución temporal de las lluvias se concentran en los meses de otoño e invierno, con una prolongada sequía estival.

#### BALANCE HÍDRICO GLOBAL (hm<sup>3</sup>/año)

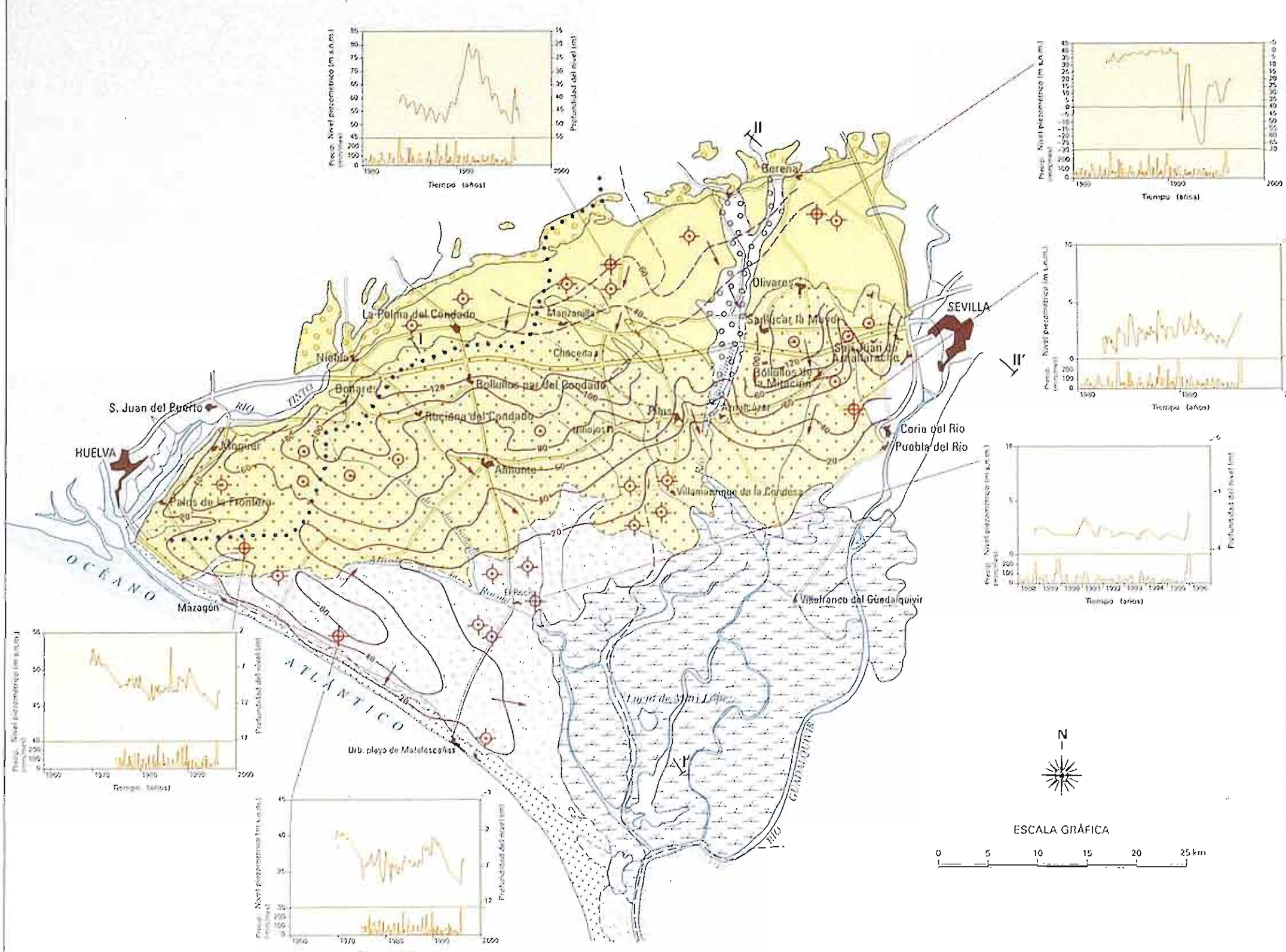


#### 5. HIDROQUÍMICA, CALIDAD Y CONTAMINACIÓN

En general la calidad química del agua de estos acuíferos es buena y apta para cualquier uso. En el Mioceno transgresivo de Base predomina las facies bicarbonatadas-cálcicas-magnésicas, aunque hay excepciones, como ocurre al sur de Aznalcóllar donde las aguas presentan facies cloruradas sódicas. Su residuo seco, en las áreas próximas a los afloramientos, no supera los 500 mg/l. No obstante, éste va aumentando al alejarse, con variaciones que van desde 500 mg/l a 1200 mg/l. Excepcionalmente hay puntos donde se superan los 5 g/l.



# ACUÍFEROS DE ALMONTE-MARISMAS Y SUROESTE DE LA PROVINCIA DE SEVILLA



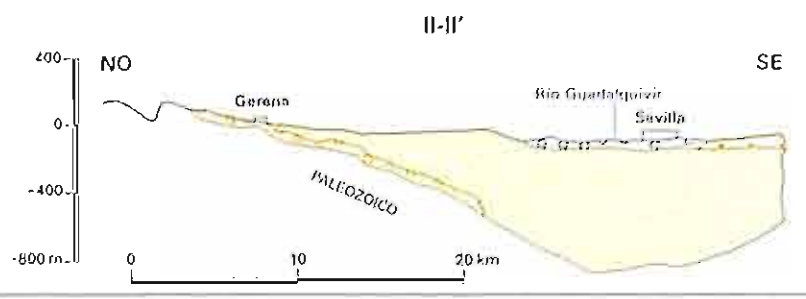
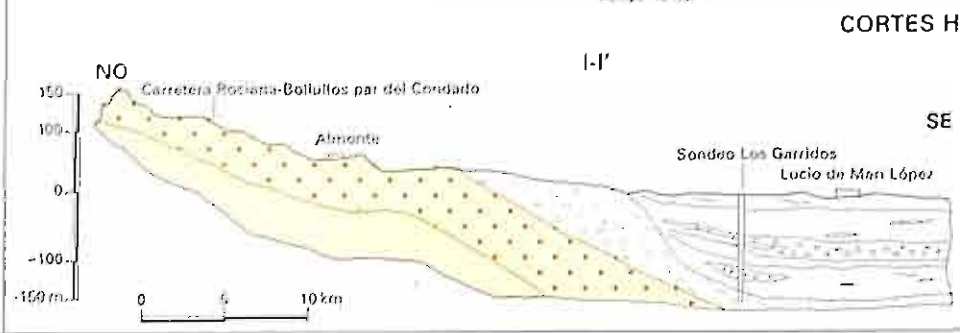
- 1. Almonte-Marismas
- 2. Aljarafe sevillano
- 3. Mioceno transgresivo de Base

### LEYENDA

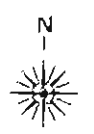
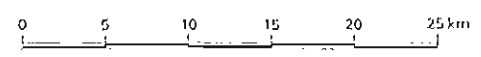
LITOLÓGIA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
	CUATERNARIO	Baja permeabilidad
	CUATERNARIO	Alta permeabilidad
	CUATERNARIO	Alta permeabilidad
	CUATERNARIO	Alta permeabilidad
	PLIOCENO-TERCIARIO	Alta permeabilidad
	MIOCENO	Baja permeabilidad
	MIOCENO BASAL	Alta permeabilidad

### SIMBOLOGÍA

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 



### ESCALA GRÁFICA





En el acuífero Almonte-Marismas hay que distinguir entre el acuífero libre y el acuífero semiconfinado. Tomando como referencia los contenidos en cloruros, sulfatos y sólidos disueltos, las concentraciones en el acuífero libre, para los cloruros, están comprendidas entre 25 mg/l y 350 mg/l, para los sulfatos son inferiores a 400 mg/l con la existencia de grandes áreas en las que no se superan los 25 mg/l y para el total de sólidos disueltos, se mantienen por debajo de los 750 mg/l.

En el acuífero semiconfinado existe agua dulce y agua salada separadas ambas por una línea de interfase que, aunque no bien conocida, se sitúa al oeste del Brazo de la Torre y está orientada de NO-SE.

Las aguas del sector que se sitúa al oeste de la línea de interfase, son de una calidad similar a las del acuífero libre. Las aguas que se sitúan al este de dicha línea alcanzan concentraciones de varios gramos de cloruros.

La calidad natural de las aguas del acuífero del Aljarafe es muy similar a lo dicho para las aguas del acuífero Almonte-Marismas aumentando su contenido en sales en la dirección norte-sur.

Los afloramientos del acuífero Mioceno transgresivo de Base son muy vulnerables a la contaminación. Al sur de los afloramientos, donde el acuífero aparece recubierto por los materiales margosos, este se encuentra protegido. No obstante, se ha detectado en sondeos profundos, en las proximidades de La Palma del Condado altas concentraciones de nitratos que podrían tener su origen en la actividad agrícola.

En Almonte-Marismas, el acuífero libre es el más vulnerable a la contaminación, y dentro de él, en aquellas áreas donde la permeabilidad es mayor y la profundidad de los niveles piezométricos menor.

Como causas potenciales de contaminación hay que resaltar principalmente:

- Vertederos de residuos sólidos urbanos incontrolados y aguas residuales.
- Vertidos industriales.
- Actividades agrícolas por uso de fertilizantes y pesticidas.

Se analiza a continuación la incidencia de éstas causas, si bien admitiendo que, por el momento, el acuífero no sufre problemas graves de contaminación.

La cuantía de los vertidos producidos por los principales núcleos urbanos de la zona, superan las 55000 t/año de residuos sólidos urbanos que, en una buena parte, se vierten de forma incontrolada. Los lixiviados producidos, al infiltrarse, pueden originar contaminaciones puntuales en el entorno del vertedero. Asimismo los vertidos líquidos urbanos e industriales se eliminan a través de los arroyos próximos a los centros de producción, sin depuración, aunque está previsto hacerlo en un futuro próximo.

La contaminación de las aguas subterráneas por actividades agrícolas, suele afectar a grandes áreas, siendo el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) el agente más abundante.

Encuestas realizadas por ITGE han puesto de manifiesto que las concentraciones máximas en nitratos se encuentran en las zonas de Palos-Moguer y sur de Villamanrique, superando los 100 mg/l. Contenidos entre 50 mg/l y 100 mg/l se localizan alrededor de los anteriores y en las proximidades de Bollullos, Rociana, Almonte, Pilas y Aznalcóllar. En el resto del acuífero, las aguas presentan contenidos en nitratos, en general por debajo de 25 mg/l.

En el acuífero del Aljarafe, que tiene un comportamiento similar en cuanto a la contaminación, se detectan altos contenidos en nitratos como consecuencia de la intensa actividad agrícola de la zona. Así mismo existe un gran número de vertederos incontrolados y aún se carece de una adecuada red de saneamiento que evite la infiltración de lixiviados.

## 6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE

Las características y circunstancias particulares de cada uno de estos acuíferos, hace que la problemática que plantean sea diferente. El acuífero Mioceno transgresivo de Base (Niebla-Cerena) presenta síntomas claros de sobreexplotación. Igualmente en el acuífero del Aljarafe Sevillano se detecta ese fenómeno en el sector norte, así como un deterioro progresivo de la calidad de sus aguas como consecuencia de su incremento en el contenido de nitratos.

Los problemas que se detectan en el acuífero Almonte-Marismas, tienen dos vertientes bien diferentes aunque concurrentes. Una, inherente a la presencia del Parque Nacional de Doñana, otra, derivada de la explotación del acuífero y desarrollo agrícola de la zona. La necesidad de compatibilizar conservación y desarrollo conlleva mayores limitaciones en lo que sería el aprovechamiento convencional del acuífero. El descenso de nivel piezométrico, consecuencia de los bombeos, en áreas ecológicamente sensibles como son La Vera-Retuerta, entorno del arroyo de La Rocina y lagunas, puede provocar afecciones no deseadas, si bien, en la actualidad, al menos aparentemente, no se han producido.

Independientemente de los descensos, considerados como normales cuando se explota un acuífero, hay que llamar la atención en los que se observan al sur de Villamanrique, en las proximidades de la finca Partido de Resina, por el hecho de encontrarse localizada dicha finca en los límites entre acuífero libre y acuífero semiconfinado. Un cierto descenso del nivel piezométrico en este área puede provocar, cuando se bombea, una inversión de los gradientes hidráulicos, con afluencia de aguas provenientes del acuífero semiconfinado, propiciando así el avance de la interfase salina.

Las prácticas agrícolas, con el uso de fertilizantes y la evacuación no controlada de vertidos urbanos e industriales, puede provocar la aparición localizada de áreas y puntos de contaminación.

## 7. OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

La gestión correcta de las aguas subterráneas exige un adecuado conocimiento de las características hidrogeológicas y circunstancias actuales de los acuíferos, así como el debido seguimiento y control, tanto técnico como administrativo.

En el Mioceno transgresivo de Base es urgente una actualización del inventario de puntos de agua y grado de explotación, con el fin de establecer un balance hidráulico ajustado a la realidad. Así mismo, urge la reestructuración de las redes de control piezométrico y de calidad, con la construcción de nuevos piezómetros de correcta ubicación y ejecución.

En el Aljarafe Sevillano es preciso actualizar el grado de explotación, con el fin de definir un plan de ordenación de los recursos en aguas subterráneas, racional y justo.

En el acuífero Almonte-Marismas la sensibilidad del sistema ecológico que se define en el Parque Nacional de Doñana y su entorno, exige de un riguroso plan que contemple acciones para el mejor conocimiento, seguimiento y control de la evolución en el tiempo del acuífero, tanto en lo que se refiere a aspectos cuantitativos como cualitativos de las aguas subterráneas.

Será necesario continuar con la realización de estudios y experiencias que permitan definir mejor los parámetros hidráulicos del acuífero, componentes del balance hidráulico, y efectos de los agentes contaminantes.

Bajo el punto de vista administrativo urge la redacción de un plan de ordenamiento que racionalice los aprovechamientos hidráulicos, tanto en el sector urbano como en el agrícola, propiciándose al mismo tiempo una mayor intervención de la administración competente.



Arroyo de la Posada. Frente de la Virgen del Rocío. (134)