VER NAVEGACION

Atlas **Hidrogeológico** de la provincia de **Sevilla**

[ENTRAR]

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACION DE SEVILLA

Año Internacional del Agua Dulce 2003

VER NAVEGACION

Atlas Hidrogeológico de la provincia de **Sevilla**

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACION DE SEVILLA

Año Internacional del Agua Dulce 2003

PRESENTACIÓN

Las aguas subterráneas son una importante componente del ciclo hidrológico que comprende la mayor parte de las aguas dulces continentales en estado líquido, las que se mueven muy lentamente hacia sus puntos naturales de descarga que son los manantiales, ríos y lagos en el continente y una serie de salidas directas al mar. El hombre tradicionalmente ha abastecido sus necesidades de agua mediante la recolección de esas descargas naturales y de la retención y captación de las aguas que escurren superficialmente. Pero en las últimas décadas se han puesto a disposición de la sociedad, tanto de los individuos como de ciertas colectividades de tamaño muy variable, técnicas para la extracción intensiva de esa agua subterránea desde los cuerpos de agua del terreno, pudiéndose cambiar así de forma importante el funcionamiento del ciclo hídrico. Esto se hace con notorios beneficios sociales, pero también con costes adicionales, afecciones y posibles abusos, además del riesgo de que la propia explotación intensiva de los acuíferos, y sobre todo otras acciones humanas independientes de este aprovechamiento de una nueva forma de recursos, puede degradar seriamente y a largo plazo la calidad de esas aguas dulces.

De aquí nace la necesidad de instituciones capaces de ordenar la explotación integral de los recursos, y de las aguas subterráneas en particular, y de realizar una gestión racional, con la participación e implicación de los usuarios a través de ciertas fórmulas, como por ejemplo las Asociaciones de Usuarios de Aguas Subterráneas. Para llegar a una efectividad de gestión participada un paso necesario es conocer –conocer la hidrogeología- y luego compartir para sustentar un bien comunitario. Este Atlas es un paso más hacia este objetivo.

Una de las misiones que recoge el Estatuto del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), un Organismo Público de Investigación encuadrado en el Ministerio de Ciencia y Tecnología, es la de proporcionar "la asistencia técnica-científica y el asesoramiento a las administraciones públicas, agentes económicos y a la sociedad en general en (...) hidrogeología". En este sentido va el convenio de cooperación establecido entre el IGME y la Diputación de Sevilla para la ejecución del Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Sevilla.

También el Estatuto del IGME indica como labor prioritaria del mismo la necesidad de "estudiar el terreno (...) en cuanto sea necesario para el conocimiento del medio geológico e hidrogeológico, en sus múltiples vertientes, tales como sus recursos, los procesos naturales, la vulnerabilidad de la actividad humana y sus implicaciones medioambientales, entre otras, así como realizar las correspondientes observaciones, controles e inventarios". Como se ha dicho, el agua en general, y la subterránea en particular, es un sustento imprescindible de la actividad humana y del medio natural, que hay que conocer, divulgar y proteger. Las dos primeras facetas (el conocimiento experto del recurso y la divulgación) quedan cubiertas con la publicación del Atlas Hidrogeológico de Sevilla. Para las Administraciones Públicas y para los propios usuarios y ciudadanos queda la tarea –y no precisamente de pequeña envergadura- de la protección y del uso racional y solidario del recurso hídrico.

En el campo del agua subterránea, no olvida el citado texto legal estatutario que también el IGME debe contribuir a "desarrollar actividades en el campo de la hidrogeología tendentes al mejor conocimiento, protección y uso racional de los acuíferos y las aguas subterráneas, teniendo en cuenta su función geológica y ambiental". En esa línea, desde las páginas que siguen se ofrecen múltiples datos y orientaciones para un mejor y más racional aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles en la provincia de Sevilla.

Son numerosas las actividades que el IGME ha llevado y lleva a cabo en Andalucía. Con éste son ya cinco las provincias andaluzas que cuentan con un atlas hidrogeológico, que es un documento de síntesis y consulta obligada para un amplio espectro de profesionales de las administraciones y empresas relacionadas con la gestión del recurso hídrico, del medio ambiente y de la ordenación del territorio; y que es de gran utilidad como documento de base en los ámbitos docentes y de investigación.

Se felicita al conjunto de colaboradores que han aportado, cada uno desde su perspectiva, su contribución a una obra compleja. Una vez más se demuestra que la cooperación institucional y el trabajo conjunto es clave para el éxito de una empresa. El tiempo dirá si el esfuerzo ha merecido la pena.

Emilio Custodio

Director General del IGME

Que el agua es uno de los recursos más importantes para la vida y para el desarrollo de cualquier colectivo humano es algo bien conocido. Tanto como el hecho de que, en nuestra tierra, suele ser asimismo un bien escaso cuyo consumo ha ido aumentando con el tiempo como consecuencia del crecimiento urbano, los regadíos, la industria, el turismo... Precisamente, por ello, la gestión del agua es uno de los temas que merece la mayor atención por parte de las administraciones públicas y privadas y, en realidad, de toda la sociedad en su conjunto.

La necesidad de conciliar adecuadamente la explotación y el consumo con las exigencias de conservación y sostenimiento medioambiental pasa, desde luego, por el conocimiento riguroso de los recursos hídricos disponibles, que permita una mejora de la gestión, del aprovechamiento y de la conservación de los mismos.

Este Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Sevilla es fruto del trabajo de un amplio equipo de investigación y tiene precisamente ese objetivo de dar a conocer los principales acuíferos sevillanos, nuestras aguas subterráneas, que ya ocupan un lugar de primer orden como fuente de abastecimiento, pero necesitadas, al mismo tiempo, de una eficaz planificación y coordinación en aras de una óptima utilización en el presente y en el futuro.

Luis P. Navarrete Mora
Presidente de la Diputación de Sevilla

PRÓLOGO

El Instituto Geológico y Minero de España viene realizando desde hace décadas, en colaboración con distintas administraciones públicas, una serie de Atlas de ámbito provincial o autonómico, relacionados con el medio hídrico. La serie comenzó con el Atlas de Cádiz, y continuó con diferentes provincias andaluzas: Málaga, Granada y Jaén. Fruto de estos esfuerzos de síntesis de ámbito provincial se llevó a cabo el Atlas Hidrogeológico de Andalucía, editado en el año 1998. Fuera de las tierras andaluzas también se realizó algún otro ensayo de atlas provincial, como es el de la provincia de Burgos.

En esta ocasión, ve la luz el Atlas hidrogeológico de la provincia de Sevilla, como colofón a la larga tradición de colaboración entre la Diputación Provincial de Sevilla y el Instituto Geológico y Minero de España, en materia de asesoramiento en aguas subterráneas.

Sevilla es una provincia, como ocurre en todas las andaluzas, donde el agua juega un papel particularmente relevante, en todos sus aspectos y vertientes: económica, social y ecológica. También en las tierras sevillanas ocupan un lugar destacado las aguas subterráneas, junto a las del río Guadalquivir, colector central de la Depresión Bética. Son muchos los núcleos de población que se abastecen con aguas subterráneas. El regadío, tradicionalmente dependiente de las aguas superficiales, gana terreno con caudales provenientes de los acuíferos que se localizan por todo el territorio sevillano. El medio natural provincial está orlado por numerosos espacios naturales protegidos, muchos de ellos zonas húmedas, cuyos ricos y variados ecosistemas dependen en gran medida de la presencia del líquido elemento.

Pero el medio hídrico está sometido también a numerosas amenazas: una presión excesiva sobre los recursos en ciertas zonas, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por actividades industriales, agrícolas y ganaderas o por residuos sólidos urbanos, son algunos de los ejemplos de las actividades potencialmente peligrosas para la correcta conservación del mismo.

Este Atlas hidrogeológico de la provincia de Sevilla pretende ser un compendio de toda una serie de aspectos del medio físico provincial que ayude a entender y a valorar el papel del agua en general, y de la subterránea en particular, en dicho ámbito. En este sentido, su carácter, necesariamente sintético y divulgador, más que una limitación es una gran ventaja, puesto que permitirá llegar a un número grande de ciudadanos, incluidos aquellos que actualmente se encuentran en periodo de formación. Si este atlas llega a jugar un papel, por pequeño que este sea, en la toma de conciencia de los diferentes estamentos que conforman la sociedad sevillana de la importancia del agua, de la necesidad permanente de investigación, del imperativo de su conservación en condiciones aceptables para el hombre y para los ecosistemas dependientes de ella, el esfuerzo habrá merecido la pena.

Juan José Durán, Juan Antonio López Geta
y Miguel Martín Machuca
Coordinadores del Atlas

EQUIPO DE TRABAJO

La presente publicación ha sido realizada por el **IGME (Instituto Geológico y Minero de España)** y la **Diputación de Sevilla**.

Dirección y coordinación:

Juan José Durán Valsero (IGME, Jefe del Servicio de I+D Hidrogeológico, Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas)
Juan Antonio López Geta (IGME, Director de Hidrogeología y Aguas Subterráneas)
Miguel Martín Machuca (IGME, Jefe de la Oficina de Proyectos del IGME en Sevilla)
Antonio Maestre Acosta (Diputación de Sevilla, Diputado delegado de Urbanismo y Medio Ambiente)
Pilar Pérez Martín (Diputación de Sevilla, Directora del Área de Urbanismo y Medio Ambiente)
Pedro Mora Fernández (Diputación de Sevilla, Jefe del Servicio de Medio Ambiente)

ATLAS hidrogeológico de la provincia de Sevilla / Durán Valsero, J.J.; *et al.*, Coord. - Madrid: IGME; Diputación de Sevilla, 2003
- 208 pgs.; 86 figs.; 132 fotos.; 67 tabs.; 1 mapa plegado E. 1:200.000 43x31cm
Incluye Bibliografía
ISBN: 84-7840-476-7
1 Agua subterránea; 2 Recursos del agua; 3 Mapa hidrogeológico; Provincia de Sevilla
I Instituto Geológico y Minero de España II Diputación de Sevilla 556.3 (460.353)

Índice de autores

Rafael Anglada Gómez (IGME)
Ángel Díaz Pérez (IGME)
Esther Fernández Caballero (ADOR consultoría)
Loreto Fernández Ruiz (IGME)
Manuel Gálvez Maestre (ADOR consultoría)
Miguel Martín Machuca (IGME)
Diego Martín Sosa (IGME)
Carlos Mediavilla Laso (IGME)
Raquel Morales García (IGME)
José Manuel Moreira Madueño (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía)
Luis Moreno Merino (IGME)
José Manuel Murillo Díaz (IGME)
José Luis Ordóñez Suárez (IGME)
Manuela Pérez Gago (IGME)
Alfonso Rodríguez Pastor (IGME)
Manuel Rodríguez Surián (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía)
Antonio Silgado Dorado (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir)
Joaquín del Val Melús (ADOR consultoría)
Mercedes Vallejo Ordóñez (IGME)
Manuel Vázquez Mora (IGME)

Tratamiento gráfico y cartográfico

Gerardo Llorente Gil (ADOR consultoría)
Miguel Ángel Lorenzo Linares (IRITER)

Fotografías

Joaquín del Val Melús (1)
Juan José Durán Valsero (2)
Paisajes Españoles, S.A. (3)
Instituto de Cartografía de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía (4)
(Los números entre paréntesis dan cuenta de la autoría de las fotografías que ilustran el presente atlas)

Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
Diputación de Sevilla
Asistencia Técnica: ADOR consultoría, SL
Coordinación de la publicación: Jesús Sáenz de Tejada
Diseño: Pixel Creación y Producción Gráfica SL
Impresión: XXXXXXXX XXXXXXX
ISBN: 84-7840-476-7
NIPO: 405-03-014-4
Depósito legal: XXXXXXXXXXXX

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de las siguientes personas:

Juana Baeza Rodríguez-Caro, de la Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas del IGME, por poner a nuestra disposición numerosos documentos imprescindibles para la redacción del capítulo de Aguas minerales y termales.

Benito Cortínez Torres, por facilitar el acceso a las lagunas del Pilón, la Peña, la Galiana y la Cigarrera, todas ellas situadas en la Reserva Integral del Complejo Endorreico de Lebrija-Las Cabezas.

José Luis Gutiérrez Gorlat, Director del Instituto Cartográfico de Andalucía, por autorizar la reproducción de 14 fotos del vuelo fotogramétrico de Andalucía, en color, del año 1996.

Ana Belén Padrino de la Mata, becaria del IGME, por su labor en la ordenación y tratamiento de datos hidroquímicos en el capítulo de Calidad de las aguas subterráneas.

Francisco Reina, concejal de La Luisiana, por su amabilidad al mostrarnos el balneario de esa localidad, acompañado de explicaciones de gran interés.

VER NAVEGACION

INDICE

PRESENTACIÓN 3
PRÓLOGO 5
EQUIPO DE TRABAJO 7
AGRADECIMIENTOS 8

1. INTRODUCCIÓN 11
2. EL MEDIO FÍSICO PROVINCIAL 15
3. RASGOS DEMOGRÁFICOS Y ECONÓMICOS 21
4. VEGETACIÓN Y CULTIVOS 29
5. SUELOS 35
6. CLIMATOLOGÍA 41
7. HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL 47
8. GEOLOGÍA 51
9. HIDROGEOLOGÍA GENERAL DE LA PROVINCIA 61
10. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 69

11. PRINCIPALES ACUÍFEROS 79
11.1. Lebrija 81
11.2. Montellano y Sierra de Esparteros 87
11.3. Almonte – Marismas 93
11.4. Sierra y Mioceno de Estepa 99
11.5. Arahal – Paradas - Morón 105
11.6. Coronil 109
11.7. Aljarafe 113
11.8. Sevilla – Carmona 119
11.9. Aluvial del Guadalquivir 125
11.10. Otras formaciones aluviales 131
11.11. Altiplanos de Écija 137
11.12. Mioceno de base (Niebla - Posadas) 141
11.13. Sierra Norte 147
11.14. Sierra Sur y Los Caballos 151
12. USO CONJUNTO Y RECARGA ARTIFICIAL 159
13. ABASTECIMIENTO PÚBLICO Y REGADÍO CON AGUAS SUBTERRÁNEAS 165
14. AGUAS MINERALES Y TERMALES 171
15. AGUA Y MEDIO AMBIENTE 177
16. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD 185

DOCUMENTACIÓN CONSULTADA 194
GLOSARIO 198

VER NAVEGACION

VER NAVEGACION

Introducción

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

INTRODUCCIÓN

La provincia de Sevilla lacanza una superficie de 14.001 kilómetros cuadrados, algo más del 16 % del total andaluz. De esta extensión, un porcentaje notable está constituido por afloramientos de rocas y sedimentos recientes permeables, que constituyen acuíferos, y en consecuencia almacenan y transmiten importantes volúmenes de agua subterránea. Todas las comarcas sevillanas, desde la Sierra Norte hasta la Sierra Sur, pasando por las campiñas y valles centrales, albergan acuíferos de interés, bien sean carbonáticos o detríticos, es decir constituidos por rocas duras, pero solubles, o formados por sedimentos porosos. Las aguas subterráneas son estratégicas en el solar sevillano, por múltiples circunstancias: constituyen una valiosa reserva para casos de sequía, tan frecuente en el sur de España; contribuyen al regadío local de gran productividad, y son la única alternativa eficiente de abastecimiento de numerosos núcleos urbanos.

Este Atlas ha sido realizado por un equipo de trabajo pluridisciplinar, compuesto por 25 especialistas pertenecientes a diferentes organismos y empresas. La mayoría de ellos son investigadores y técnicos del Instituto Geológico y Minero de España, complementados por asesores y expertos de la Diputación Provincial de Sevilla, la Junta de Andalucía, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la empresa consultora Ador Consultoría, S.L.

El Atlas hidrogeológico de la provincia de Sevilla está estructurado en 16 capítulos más dos anexos correspondientes a la documentación consultada para su realización, y a un glosario donde se explica el significado de los términos científicos y técnicos más utilizados a lo largo del texto. Los primeros ocho capítulos se dedican a mostrar los diferentes aspectos del medio físico provincial (relieve, suelos, vegetación y cultivos, climatología, hidrografía e hidrología superficial y geología), así como a describir los rasgos demográficos y económicos más relevantes.

Los restantes capítulos (del 9 al 16) están dedicados en exclusiva al tema central del atlas: el agua subterránea y los acuíferos que la contienen. En el capítulo 9 se esboza un panorama general de la hidrogeología de la provincia de Sevilla, que posteriormente se detalla, acuífero a acuífero, en el capítulo 11. El resto de este bloque del atlas está dedicado a calidad de las aguas subterráneas (capítulo 10), uso conjunto y recarga artificial (capítulo 12), abastecimientos públicos (capítulo 13), aguas minerales y termales (capítulo 14), agua y medio ambiente (capítulo 15) y contaminación y vulnerabilidad (capítulo 16).

Se ha prestado especial atención, como es lógico en un atlas, al aspecto gráfico. Además del mapa hidrogeológico a escala 1: 200.000 que se adjunta en la solapa del atlas, se han incluido numerosos mapas temáticos provinciales a escala aproximada 1: 600.000, de los diferentes aspectos tratados. En el caso de los catorce acuíferos descritos en detalle, se ha realizado un mapa de cada uno de ellos, a una escala aproximada 1: 50.000, además de una serie de cortes que ayudan a entender la estructura geológica en profundidad. La parte gráfica está completada por cuantos esquemas, mapas auxiliares, diagramas y tablas se han considerado necesarios para una mayor facilidad de exposición y de comprensión. Por último, el esfuerzo realizado en la parte fotográfica ha sido especialmente importante. Se han realizado dos campañas fotográficas sobre el terreno, en diferentes épocas del año, y se han utilizado imágenes aéreas de gran calidad, suministradas por Paisajes Españoles y por el Instituto Andaluz de Cartografía.

VER NAVEGACION

VER NAVEGACION

El medio físico provincial

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

El medio físico provincial

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MEDIO FÍSICO EN LA PROVINCIA

La provincia de Sevilla, junto con las de Córdoba, Cádiz y Huelva, forma la denominada Andalucía occidental o Baja Andalucía.

Sevilla ocupa una superficie de 14.001 km2 , lo que representa el 2,77% del total nacional y el 31,67% de la Andalucía Occidental. Es la provincia andaluza de mayor extensión, característica por sus tierras bajas, en modelados de llanura o paisajes ligeramente alomados que representan casi el 60% de su superficie, mientras que apenas un 3% de su superficie supera los 600 m de altitud. Las cotas más altas se registran en el norte y en el sur de la provincia, con altitudes de hasta 955 m en La Capitana (Sierra Norte) y 1.130 m en el Terril (Sierra Sur), mientras que las zonas más bajas se localizan en la zona de marisma, en el sudoeste de la provincia.

Distribución de la altitud en la provincia de Sevilla		
Altitud en metros	Superficie en km^2	Superficie en %
0-100	5.449	36,33
100-200	3.325	22,17
200-300	1.518	10,12
300-400	1.470	9,8
400-500	1.998	13,32
500-600	843	5,62
600-700	275	1,83
700-800	107	0,71
800-900	12	0,08
900-1.000	1,5	0,01
1.000-1.200	1,5	0,01

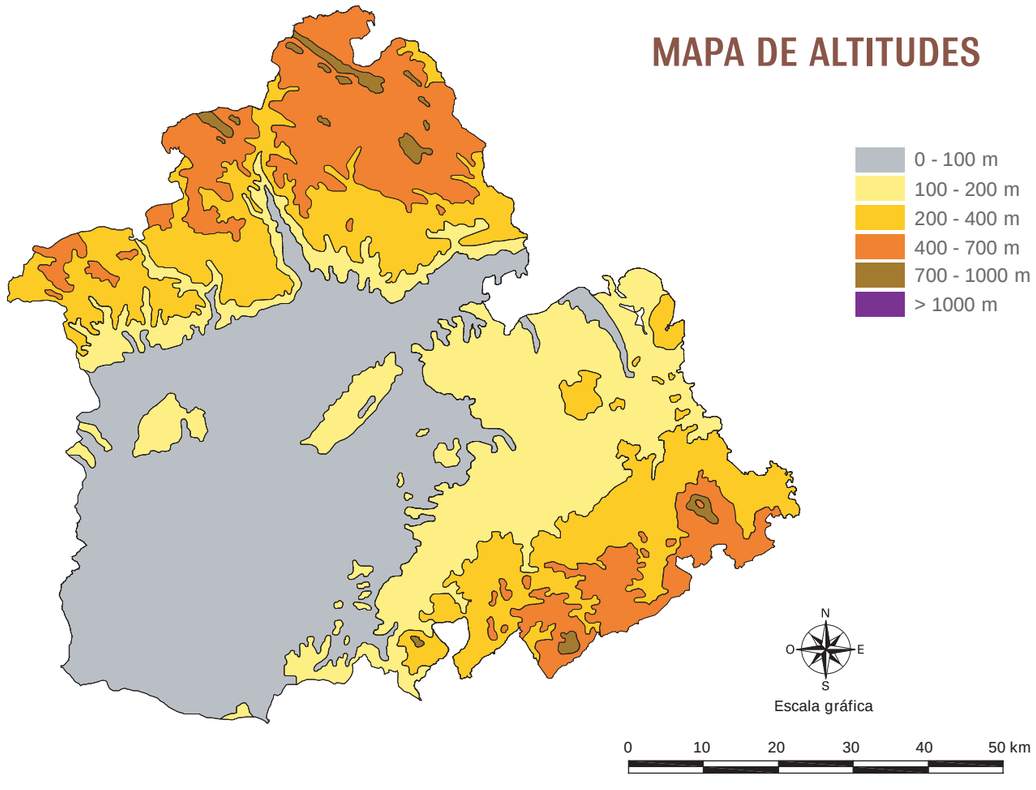
La mayor parte de la superficie de la provincia de Sevilla se localiza en zonas de pendientes bajas, encontrándose las pendientes más fuertes en los sectores montañosos del norte y sur de la misma

Clasificación de pendientes en la provincia de Sevilla	
Pendiente en %	Superficie en %
< 7	68,1
7-15	17,4
15-30	9,2
>30	5,3

Fuente: Atlas de Andalucía

La red fluvial en la provincia de Sevilla está articulada en torno al curso bajo del río Guadalquivir . Discurre a través de una fisiografía de mínima pendiente, primero en dirección ENE-OSO al entrar en la provincia , girando hacia el sur a la altura de Alcalá de Guadaira, con una morfología claramente meandriforme. Aguas abajo, en la zona de marisma, se divide en numerosos brazos, adquiriendo un modelo fluvial en canales anastomosados.

La falta de simetría del valle del Guadalquivir y la distinta naturaleza geológica de los materiales por los que discurren sus afluentes, influyen de forma importante en su carácter. Así, los afluentes por la margen derecha, como el Retortillo, Rivera de Huesna, Rivera de Huelva o el Guadiamar provienen de la Sierra Norte, donde son frecuentes las rocas cristalinas poco permeables. Presentan un recorrido corto, de carácter torrencial, marcada estacionalidad y fuerte poder erosivo debido a la



elevada velocidad de sus aguas a consecuencia de los desniveles entre su nacimiento y su confluencia con el Guadalquivir, siendo frecuentes, en su recorrido, los rápidos y las cascadas. Por el contrario, los afluentes por la margen izquierda, Genil, Corbones, Guadaira o el Salado del Morón, proceden de la Sierra Sur y presentan cursos más largos, de escasa pendiente, estiaje menos acusado y carácter salino de sus aguas, debido al arrastre de sales solubles al circular por terrenos arcillosos ricos en sales.

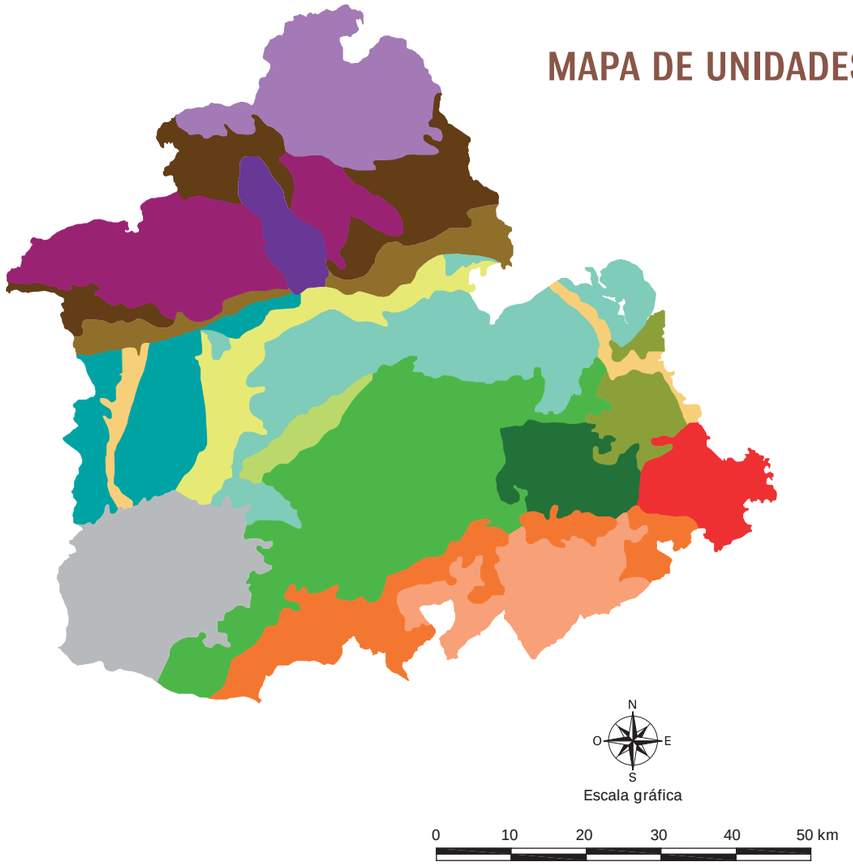
2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES UNIDADES FISIOGRÁFICAS EN LA PROVINCIA

Las características geológicas condicionan fuertemente el medio físico de la provincia, distinguiéndose tres grandes unidades estructurales dispuestas paralelas al río, que coinciden a su vez con la distribución litológica y de relieve de la provincia.

Estas tres grandes unidades son:

- Sierra Norte
- Depresión del Guadalquivir
- Sierra Sur

En el mapa de unidades fisiográficas se muestra la distribución de las grandes unidades y las subunidades o sectores que se pueden diferenciar en ellas.



2.2.1. SIERRA NORTE (I)

Localizada en el sector noroccidental de la provincia, ocupa una superficie de casi 3.750 km2, que representa algo más de un cuarto del total, con altitudes medias comprendidas entre los 600 m y 900 m, alcanzándose la máxima en el sector más septentrional (La Capitana, 955 m). Forma parte de Sierra Morena y está constituida por materiales paleozoicos con predominio de pizarras, cuarcitas, esquistos y calizas y abundantes sectores graníticos.

Es una zona montañosa poco accidentada, salvo en el sector más septentrional, áreas calizas (como el Cerro del Hierro) y valles excavados de los ríos Viar y Huéznar. También son característicos de esta sierra la existencia de importantes enclaves graníticos, como los de las zonas de Castilblanco de los Arroyos y El Pedroso.

El desarrollo de la agricultura intensiva es escaso, en esta zona, debido a la pobreza de sus suelos. La mayor parte de su superficie está ocupada por dehesas que permiten el desarrollo de la ganadería.

Dentro de la Sierra Norte pueden distinguirse varios sectores:

FRENTE Y PIEDEMONTE DE SIERRA MORENA (Ia)

Localizado en la zona más meridional de la Sierra Norte y en contacto con los materiales de la depresión del Guadalquivir. Formado por areniscas, margas y cantos, apareciendo también pizarras y calizas metamórficas.
Es una zona poco accidentada de altitud entre los 180 m y 400 m y pendientes generalmente pequeñas, del 3% al 10%. La morfología más característica es la proporcionada por restos de rañas.

SIERRA: PRIMER ESCALÓN (Ib)

Sector montañoso de relieves suaves sin orientación predominante, con altitudes medias de 500 m y pendientes comprendidas normalmente entre el 10% y el 50%, aunque al sudeste de la subunidad aparecen áreas de pendiente inferior al 10%, mientras que hacia el noroeste son mayores del 50%.
Las litologías predominantes son pizarras, cuarcitas y calizas metamorfizadas.
En la morfología de esta zona son frecuentes la aparición de superficies de aplanamiento en varios niveles, como consecuencia de las desnivelaciones tectónicas y posterior actividad morfogenética.

SIERRA GRANÍTICA (Ic)

Comprende dos zonas no contiguas, interrumpidas por el valle del Viar, formadas por plutones graníticos y otras rocas ígneas intrusivas. Los extensos plutones graníticos presentan una morfología suave en forma de relieves alomados, con superficies de aplanamiento bien conservadas y presentando en algunas zonas niveles de alteración.
La altitud varía entre 300 m y 700 m, mientras que las pendientes suelen ser inferiores al 20%, aunque en algunos sectores occidentales se alcanza el 50%.
Destacan los plutones graníticos de Castilblanco de los Arroyos y El Pedroso.

VALLE DEL VIAR (Id)

Localizado aproximadamente en el centro de la Sierra Norte, representa un valle estructural encajado en forma de uve, excavado por el río Viar, con cotas que van de 500 hasta 120 m y pendientes variables, mayores del 50% en las vertientes y cabecera del río y menores del 30% en el valle central. La litología está constituida por pudingas, areniscas y granitos.

SIERRA: SEGUNDO ESCALÓN (Ie)

Es el sector más septentrional de la Sierra Norte, donde se localizan las cotas más altas de la misma en La Capitana (Sierra del Agua), en que se alcanzan los 955 m. Las cotas medias varían en la zona entre 500 y 900 m y las pendientes más comunes son del 10-20%, con sectores de hasta el 50%.

Las litologías más abundantes son: pizarras silíceas, calizas y cuarcitas del Paleozoico inferior. Destacan, en su paisaje, relieves calizos abruptos, como los de El Cerro del Hierro o los de las sierras del Viento y del Agua.

2.2.2. DEPRESIÓN DEL GUADALQUIVIR (II)

Se localiza en la zona centro y este de la provincia y se corresponde con un área comprendida entre la Sierra Norte y la Sierra Sur, rellena por materiales del Terciario (Mio-Plioceno) y Cuaternario.

En su paisaje predominan las colinas de morfología suave y ondulada, con materiales miocenos de litología margosa, interrumpidos en algunos puntos por la existencia de areniscas y calizas que dan lugar a los puntos topográficamente más elevados de la depresión (alcores y relieves tabulares). Los depósitos cuaternarios se presentan en forma de aluviales poco potentes y extensos en las terrazas fluviales, con presencia de gravas, arenas y limos; en la llanura mareal del Bajo Guadalquivir (marisma), de morfología prácticamente horizontal, aparecen depósitos de limos y fangos.
La existencia de estas diferencias litológicas, junto con el efecto de la erosión, hacen que dentro de la Depresión del Guadalquivir, en la provincia de Sevilla, se diferencien a su vez distintas unidades morfoestructurales.

Las subunidades que se pueden establecer en la Depresión del Guadalquivir son las siguientes:

- Las Vegas(IIa)
- Las Campiñas(IIb)
- El Aljarafe(IIc)
- La Marisma (IId)

LA VEGA DEL GUADALQUIVIR(IIa_1) Y DE LOS RÍOS GUADIAMAR Y GENIL (IIb_2)

La Vega del Guadalquivir constituye una franja llana y estrecha, en torno al río Guadalquivir con una superficie de unos 1.570 km2. Corresponde con la llanura de inundación, los niveles de terrazas bajas del río y sus meandros divagantes. Está formada por depósitos de arenas, limos, gravas y arcillas no cementados, depositados en aluviones recientes y cubiertos por limos en el periodo de inundación.

El paisaje, general, es de morfología llana, con altitudes comprendidas entre los 5 y 50 m y pendientes suaves, generalmente menores del 3%.

Los suelos de esta comarca son muy fértiles y se dedican, fundamentalmente, al cultivo de cítricos y frutales, huertas, algodón y remolacha.

Las Vegas de los ríos Guadiamar y Genil se desarrollan, respectivamente, en los sectores centro-occidental y centro-oriental de la provincia dando lugar, igualmente, a suelos de gran aptitud para el cultivo. El Guadiamar atraviesa, de norte a sur, la unidad del Aljarafe (IIc), con cotas entre 5 y 80m y pendientes generalmente inferiores al 3%.

LAS CAMPIÑAS (IIb)

Están formadas por arcillas y margas que rellenan la Depresión y configuran un paisaje de morfología ondulada y llanuras con amplios valles, resultado de una red fluvial poco organizada.

Es característica la presencia de margas azules muy utilizadas en alfarería. También aparecen, en la comarca de la Campiña, rocas procedentes de la Cordillera Bética, como resultado de deslizamientos de las rocas de la Sierra Sur y que quedaron empaquetadas entre los sedimentos del valle: son formaciones alóctonas de tipo olistostrómico, formadas por margas, margo-calizas y arenas silíceas.

La altitud varía entre los 50 m y los 200 m. Las pendientes son de aproximadamente el 10%, aunque existen amplias zonas donde no se supera el 3%.

Dentro de la Campiña se diferencian:

- Terrazas medias y altas del Guadalquivir (IIb_1)

Formadas por limos , conglomerados, cantos y areniscas. Con una altitud entre 30 y 180 m y pendientes, en general, menores del 3%, llegando hasta el 20%, en sectores del centro este.

Dentro de esta subunidad se consideran cuatro zonas en discontinuidad física. Las dos más importantes se encuentran en la margen izquierda del Guadalquivir y otras dos, de menor importancia, en la margen derecha.

Predomina, en esta zona, la agricultura basada en los olivares y los cultivos de secano (trigo, girasol).

- Los Alcores (IIb_2)

Constituye una zona de características litológicas, hidrológicas y paisajísticas propias. Se trata de una plataforma, diferenciada de su entorno, dentro de la

Depresión del Guadalquivir, vista desde Los Alcores (1)

Extremo noroccidental del macizo de Estepa (1)

Laguna del Pilón (2)

Depresión, por su mayor altitud. Se extiende en dirección NE-SO, desde Carmona, con 242 m de altura, hasta Alcalá de Guadaira , con 122 m, ocupando una superficie de unos 150 km2.

Está formada por arenas, margas arenosas y calcarenitas miocenas. Estas últimas se depositan sobre las margas, que ocupan una gran extensión en la Campiña. La diferencia litológica entre ambas unidades hace que, los Alcores aparezcan a modo de cerro testigo con marcado escarpe al sur y suave pendiente al norte, dentro de un paisaje llano. Las pendientes en esta área son entre el 15% y el 30%.

En esta zona predomina el cultivo de secano, el olivar y las huertas.

- Campiñas de bujeos y albarizas (IIb3)

En la actualidad, esta comarca, se dedica al cultivo cerealista; olivares y dehesas. Constituye una de las regiones agrarias más ricas e importantes de la Península, debido a sus suelos formados a partir de las margas y arcillas cretácicas y terciarias que originan dos variedades: suelos negros y arcillosos, denominados “bujeos”, y suelos blanquecinos y calizos, llamados “albarizas”.

Los bujeos dan lugar a morfologías de suaves lomas y llanuras; aparecen en los tramos topográficamente más bajos, donde afloran los materiales más blandos, a altitudes entre los 60 y 190 m y pendientes de aproximadamente el 10%.

Las albarizas dan lugar a lomas y vallonadas suaves, entre los 50 y 210 m, y se suelen presentar con pendientes inferiores al 3%.

En conjunto, ocupan una superficie de unos 2.300 km2, donde predomina la actividad agrícola con grandes extensiones de olivares y cereales.

- Campiña triásica (IIb4)

Se localiza en ambas márgenes del río Genil, con altitudes de entre 150 a 260 m y pendientes, en general, del 3 al 10%.

Está formada por margas y arcillas abigarradas y yesos triásicos, con morfologías de lomas y vallonadas y áreas endorreicas con lagunas.

La agricultura, actividad económica predominante, con dedicación al secano y a huertas, es de menor potencial que en el resto de la campiña, dado que sus suelos son de menor calidad agrológica.

- Mesetas de Osuna-La Lantejuela (IIb5)

Localizadas en el sector meridional de la depresión y al pie de la Sierra Sur, a una cota de entre 170 y 240 m y pendientes menores del 3%. Están formadas por arcillas arenosas, margas y calizas, que dan una morfología casi llana de suaves lomas, en las que aparecen numerosas lagunas.
Su dedicación es agrícola, al igual que el resto de la Campiña, pero con predominio del olivar.

EL ALJARAFE (IIc)

Otra comarca que puede distinguirse, dentro del valle del Guadalquivir, es el Aljarafe, delimitada por el río Guadalquivir al este, el Guadiamar al oeste, la sierra al norte y la marisma al sur.

Se trata de una plataforma inclinada, con suaves lomas y taludes característicos, formada por arenas, areniscas con cemento calcáreo y margas depositadas durante el Mioceno superior. Destaca, dentro de la depresión, por su mayor altitud, entre 100 m y 200 m. Las pendientes más características son del 7% al 15%, aunque, en algunos puntos, se alcanzan valores de hasta el 30%.

En la comarca del Aljarafe, aparecen materiales de origen fluvial depositados por el río Guadiamar, que atraviesa dicha comarca de norte a sur. Se trata de arenas, limos, gravas y arcillas depositados en un ambiente de llanura de inundación y las terrazas asociadas al cauce.

Constituye una tierra fértil dedicada al cultivo del olivo, los cítricos, huertas y viñedos.

LA MARISMA (IId)

Se encuentra localizada en el tramo final del río Guadalquivir, al sur de Puebla del Río, ocupando una superficie de unos 980 km2. Es una zona amplia y llana de litología limo-arcillosa y depósito reciente de difícil drenaje y escasa aireación.
La altitud varía muy poco, encontrándose la totalidad de la superficie de la marisma entre los 2 m y 5 m. Las pendientes son muy bajas, menores del 3%.

Es una llanura mareal en proceso de colmatación, que se rellena con los depósitos que aporta el río en su tramo final y en su paisaje se distinguen distintas morfologías. Son frecuentes los caños (cauces) y lucios (depresiones con agua durante todo el año) en la zona suroccidental de la marisma, mientras que vetas y paciles (zonas más elevadas que difícilmente llegan a inundarse) son más frecuentes en la mitad oriental. Al norte de la marisma aparecen arenales, que configuran un paisaje de suaves lomas.

El paisaje en la marisma cambia, a lo largo del año, en función de las avenidas en los cauces y de las precipitaciones, de tal forma que alternan los periodos de

encharcamiento, con periodos de intensa evaporación, en los que, el suelo marismeño, se vuelve salino, haciéndose difícil el desarrollo de cultivos.

La transformación agrícola de este suelo ha hecho posible el cultivo de arroz en esta comarca y que Sevilla sea, en la actualidad, la provincia arrocera más importante de España.

2.2.3. SIERRA SUR

En la zona sur y sudeste, ocupa aproximadamente el 15% de la superficie total provincial y está afectada por mantos de corrimiento. Forma parte de la Cordillera Subbética andaluza y está constituida por una serie de sierras que, de noreste a sudoeste, son: sierras de Estepa, del Tablón, Vaquera, de Esparteros y de Montellano.

El paisaje de la Sierra Sur es consecuencia de su geología. Los materiales que la forman son fundamentalmente mesozoicos: arcillas y margas, con sales y yesos, del Triásico, rocas calizas del Jurásico y margas y calizas del Cretácico. El distinto comportamiento de estos materiales, frente a la erosión, hace que se encuentren morfologías de suaves lomas y valles en los materiales arcillosos, mientras que las rocas calizas aparecen en macizos elevados.

La geología de la zona también influye sobre el agua, de tal forma que en las litologías arcillosas ésta se carga de sales, mientras que en las calizas se disuelve la roca y se desarrollan morfologías kársticas.

El relieve de la Sierra Sur es más joven que el de la Sierra Norte, por lo que es aquí donde se alcanzan las cotas más altas de la provincia de Sevilla. La altitud en la sierra varía desde los 100 m, en el contacto con la Depresión del Guadalquivir, hasta 1.000 m, alcanzándose el máximo en El Terril (1.130 m), en la Sierra del Tablón.

Las pendientes son menores del 10%, en la zona de sierra baja en contacto con la Depresión y de hasta el 50%, en la sierra alta.

SIERRA SUR ALTA (IIIa)

Paisaje de relieves abruptos con diapiros triásicos y bloques calizos, que dan las formas más acentuadas del relieve en el extremo meridional de la provincia. La litología es de margas con yesos, calizas y dolomías del Triásico, Jurásico y Cretácico. La altitud varía desde los 300 a los 1.000 m, localizándose aquí el punto más alto de la provincia en la Sierra del Tablón (El Terril, 1.130 m). La pendiente está comprendida entre el 20 y el 50%.

SIERRA SUR BAJA (IIIb)

Se encuentra en contacto con los materiales neógenos y cuaternarios de la Depresión del Guadalquivir. Está formada por margas triásicas, en un paisaje de colinas con altitudes de 100 a 400 m y pendientes inferiores al 10%, aunque en algunos sectores pueden llegar hasta el 20%.

La mayor parte de la superficie se dedica a la agricultura, con predominio de olivares y herbáceos de secano.

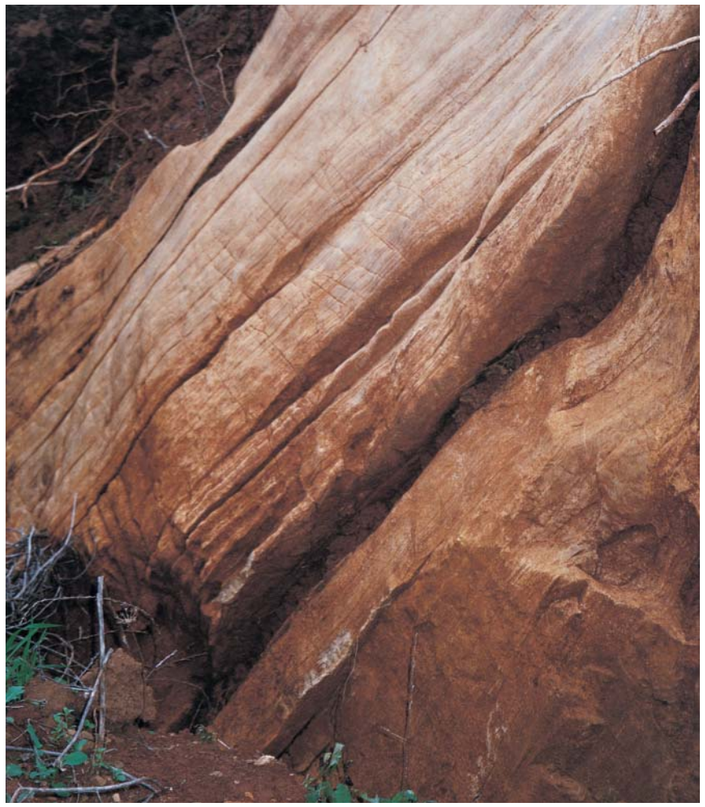
MACIZO DE ESTEPA (IIIc)

Es el sector más oriental de la Sierra Sur, en contacto por el norte con la depresión del Guadalquivir.

Litológicamente está formado por calizas jurásicas y margo-calizas del Cretácico superior.
Las morfologías son muy variadas: lomas, llanuras aluviales en los materiales más blandos y paredes escarpadas en los macizos carbonatados.

La altitud está comprendida entre los 300 y 800 m y las pendientes son generalmente del 5-10%, aunque localmente muy variables en función de las características litológicas.

En la tabla siguiente se resumen las morfologías más características de la provincia y el proceso que las ha originado.



Caliza paleozoica. Puebla de los Infantes (2)

Morfogénesis y fisiografía del relieve en Sevilla

Morfogénesis dominante	Fisiografía y dinámica geomorfológica	Paisaje tipo
Fluvio-coluvial	Vegas aluviales y llanuras de inundación	Vega del río Guadalquivir
	Terrazas fluviales	Terrazas del Guadalquivir
	Coberteras por aporte detrítico	Vega del Genil
Kárstica	Macizos montañosos desarrollados en plataforma	Sierras calizas subbéticas; Sierra de Cazalla-Constantina
	Crestas monoclinales desarrolladas sobre cratón	Alineaciones calizas de Sierra Morena
Denudativa	Colinas con moderada influencia estructural y tectónica. Medios estables	Campiñas de Sevilla
Estructural	Colinas y superficies de aplanamiento	Sierra Morena (Sevilla)
	Colinas con influencia de fenómenos endógenos	Batolito granítico de El Pedroso
	Relieves tabulares monoclinales y aclinales	Los Alcores

Fuente: Atlas de Andalucía

Rasgos demográficos y económicos

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Rasgos demográficos y económicos

3.1 POBLACIÓN

La población de derecho de la provincia de Sevilla, según los datos del Anuario 2002, del Instituto Estadístico de Andalucía, asciende a un total de 1.747.441 habitantes en el año 2001, representando el 23,6% de la población total de Andalucía.

Sevilla tiene una extensión superficial de 14.042,3 km^2, siendo su densidad de población de 124,44 hab/km^2. No obstante, la distribución de la población en la provincia de Sevilla muestra claros contrastes espaciales, con zonas de montaña, donde la densidad de población es inferior a 16 hab/km^2, junto a núcleos urbanos, donde se concentra la mayor parte de la población.

A pesar de que la superficie de Sevilla se encuentra repartida en 105 municipios, el 40% de la población se concentra en el área metropolitana de Sevilla, la cuarta ciudad española más poblada, por detrás de Madrid, Barcelona y Valencia. La existencia de una aglomeración urbana se hace evidente con la concentración de más de cuatrocientos mil habitantes en los municipios del entorno de la ciudad de Sevilla y, fundamentalmente, porque se ha producido la unificación funcional y económica del espacio metropolitano.

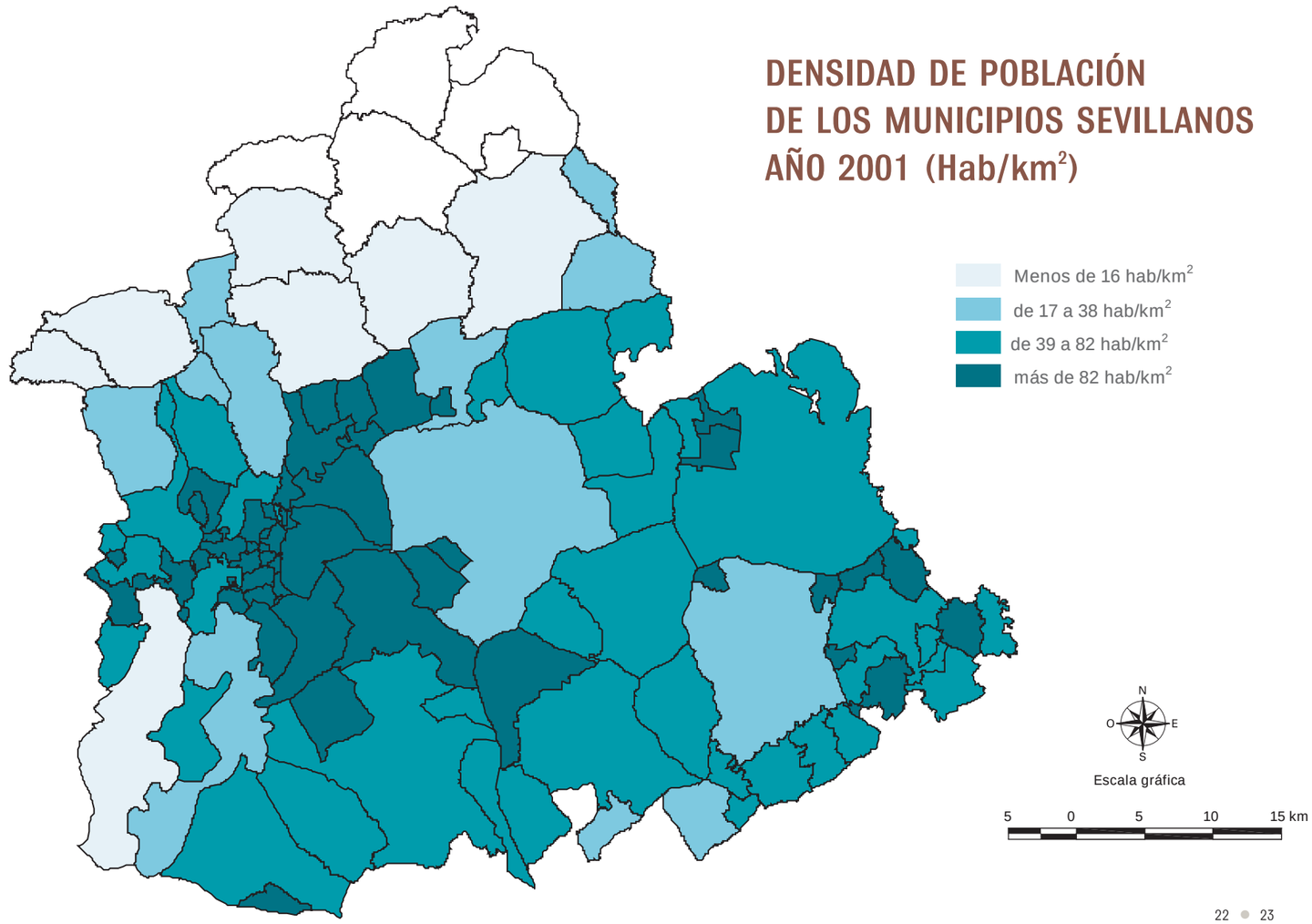
Municipios por estratos de población año 2001

Estratos de población	Número de Municipios	Habitantes
0-500	1	382
501-1.000	4	2.874
1.001-2.000	11	18.183
2.001-3.000	8	19.968
3.001-5.000	22	83.747
5.001-10.000	27	176.608
10.001-20.000	18	255.699
20.001-50.000	11	328.759
50.001-100.000	1	57.830
Más de 100.000	2	803.391

Fuente: Anuario Estadístico de Andalucía 2002 (IEA)

La provincia de Sevilla cuenta, además, con localidades muy pobladas como Dos Hermanas y Alcalá de Guadaira que, junto a Sevilla capital, son las únicas poblaciones que superan los 50.000 habitantes. Esta situación se ve contrarrestada con pueblos pequeños de las Sierras Norte y Sur, que apenas superan los dos o tres mil habitantes.

DENSIDAD DE POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS SEVILLANOS AÑO 2001 (Hab/km^2)



Los tres municipios de más de 50.000 habitantes engloban al 49,3% de los habitantes de la provincia, por lo que su densidad de población supera con creces la media de los 102 restantes.

El crecimiento natural de la población en la provincia es superior al de la media nacional, debido a la constante inmigración procedente, sobre todo, de las provincias andaluzas limítrofes. Según los datos de población de los censos de 2001, 1991 y 1981 la variación de la población de derecho de Sevilla ha aumentado un 16,86% en veinte años (1981-2001), doblando el porcentaje de crecimiento nacional y por encima de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Este crecimiento ha sido más notable en el periodo de 1981-1991, en que la población de Sevilla aumentó en 141.392 habitantes.

La estructura de la población según sexo y edad (datos de la rectificación padronal de 1999) queda reflejada en la configuración de la pirámide de población. Su forma oval representa a una población aún joven, pero estancada, con tendencia a envejecer, ya que base de la pirámide presentaba un estrechamiento causado por la caída de la natalidad. La tasa bruta de natalidad registrada en Sevilla es de 11,27% y el número medio de hijos por mujer es de 1,33. Es muy significativo el peso de la población mayor de 65 años, que supone el 13,2% de la población total de la provincia de Sevilla. Por otro lado, el porcentaje entre la población femenina y masculina es muy similar, aunque se pueden observar, en los tramos altos de edad, que el porcentaje de mujeres está por encima de los hombres, lo que indica una esperanza de vida mayor en el sexo femenino.

Constantina (2)

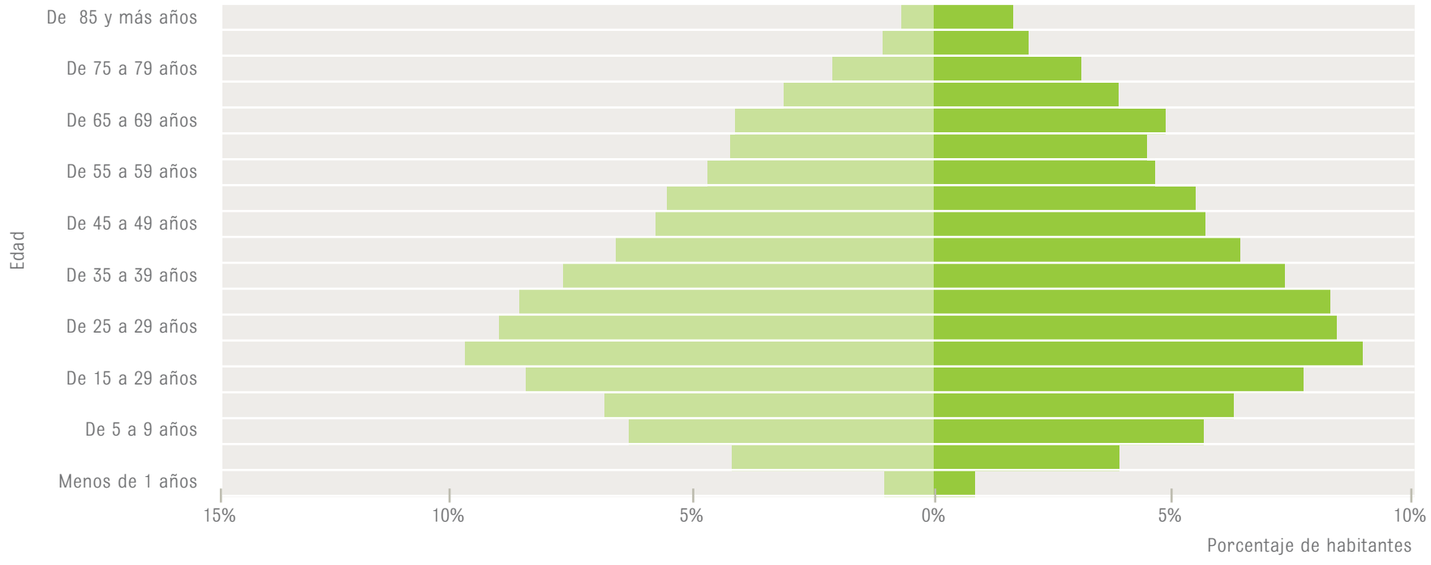
San Nicolás del Puerto es el municipio menos poblado de la Sierra Norte. Cuenta con poco más de 700 habitantes (1)

Variación de la población de derecho en España, Andalucía y Sevilla

				Variación absoluta			Variación relativa		
Censo	2001	1991	1981	Censo1991/1981	Censo 2001/1991	Censo 2001/1981	Censo 1991/1981	Censo 1991/2001	Censo 2001/1981
Total Nacional	40.847.371	38.872.268	37.682.355	1.189.913	1.975.103	3.165.016	3,16	5,08	8,40
Andalucía	7.357.558	6.940.522	6.440.985	499.537	417.036	916.573	7,76	6,01	14,23
Sevilla	1.727.603	1.619.703	1.478.311	141.392	107.900	249.292	9,56	6,66	16,86

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Pirámide de población de la provincia de Sevilla. Año 1999



Fuente: Anuario Estadístico de Andalucía 2002. IEA

Evolución de los principales indicadores demográficos. Años 1979,1989 y 1999

	1979		1989		1999	
	Sevilla	Andalucía	Sevilla	Andalucía	Sevilla	Andalucía
ICF (a)	2,98	2,87	1,69	1,69	1,28	1,32
Edad media a la maternidad	28,46	28,47	28,6	28,56	30,26	30,09
Esperanza de vida al nacer (b)						
Mujeres	77,08	77,05	79,33	79,45	81,00	81,05
Hombres	70,48	70,88	72,11	72,58	73,58	74,17
Esperanza de vida a los 65 años						
Mujeres	16,64	16,64	17,84	18,02	18,83	18,98
Hombres	13,04	13,56	14,21	14,7	14,64	15,11
Tasa de mortalidad infantil (c)						
Niñas	11,61	13,96	8,31	7,68	4,80	4,87
Niños	14,71	17,6	10,72	9,59	6,94	5,55
Indicador coyuntural de primonupcialidad (d)						
Mujeres	0,98	0,96	0,77	0,76	0,64	0,64
Hombres	1,01	1	0,75	0,75	0,61	0,61
Edad media al primer matrimonio						
Mujeres	23,09	23,16	24,70	24,54	27,60	27,24
Hombres	25,52	25,73	26,74	26,78	29,31	29,1

(a) Indicador coyuntural de fecundidad: Número medio de hijos por mujer en periodos de edad fértil

(b) Esperanza de vida a la edad x: El número medio de años que puede esperar vivir una persona de edad x

(c) Tasa de mortalidad infantil: Cociente entre las defunciones de menores de un año y los nacidos en ese año, expresado en tanto por mil

(d) Indicador coyuntural de primonupcialidad: Mide la intensidad de la nupcialidad en un periodo determinado para el caso de matrimonio de solteros

Fuente: IEA. Movimiento Natural de la Población

Población de 16 y más años según su relación con la actividad económica por provincias. Año 2001 (miles de personas)

	Andalucía	Sevilla
Activos	2.905,68	720,05
Ocupados	2.263,23	551,48
Parados	642,45	168,55
Buscan primer empleo	121,70	25,58
Han trabajado	520,75	142,98
Inactivos	2.930,70	657,58
Estudiante	540,95	107,65
Jubilado o pensionista	1.015,13	154,75
Labores del hogar	950,35	167,55
Incapacidad permanente	199,40	82,40
Otra situación	76,18	15,58
Población contada aparte	9,63	2,20
Población de 16 y más años	5.845,98	1.379,80

Fuente: Anuario Estadístico de Andalucía 2003. IEA

Evolución de la población activa en Sevilla, Andalucía y España

	Población activa(miles)			Crecimiento anual de la población activa		
	Sevilla	Andalucía	España	Sevilla	Andalucía	España
1990	554,5	2449,0	15020,0	-1,28%	1,37%	1,35%
1991	555,5	2472,3	15073,1	0,18%	0,95%	0,35%
1992	568,1	2509,0	15,154,9	2,27%	1,48%	0,54%
1993	565,1	2533,3	15318,9	-0,53%	0,97%	1,08%
1994	599,3	2582,3	15468,3	6,05%	1,93%	0,98%
1995	625,5	2620,0	15625,4	4,37%	1,46%	1,02%
1996	633,9	2697,5	15936,2	1,34%	2,96%	1,99%
1997	651,8	2754,1	16121,2	2,82%	2,10%	1,16%
1998	656,2	2779,7	16265,3	0,68%	0,93%	0,89%
1999	681,0	2829,8	16423,5	3,78%	1,80%	0,97%
2000	702,3	2871,9	16844,1	3,13%	1,49%	2,56%
2001	720,1	2905,7	16981,5	2,5%	1,2%	0,8%

Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía

3.2. MERCADO LABORAL

El mercado laboral andaluz posee una situación desfavorable dentro del territorio nacional, ocasionada principalmente por el alto índice de paro registrado. Esta situación, provocada por la mayor dependencia del sector agrícola, actualmente en crisis, y por la progresiva desindustralización, queda reflejada en la estructura del mercado laboral sevillano.

Según los datos del Anuario Estadístico de Andalucía 2002, la población activa de la provincia de Sevilla es de 720.050 personas en 2001, siendo por tanto la provincia que mayor participación tiene en la población activa de la Comunidad Autónoma andaluza. Esta población se caracteriza por estar formada principalmente por personas comprendidas entre los 25 y 54 años de edad, que representan el 73% de la población activa de la provincia.

El crecimiento anual de la población activa ha sido, generalmente en los últimos diez años, superior a la tasa andaluza e incluso a la registrada en España. No obstante, cabe destacar las inflexiones producidas como consecuencia de la Exposición Universal de 1992, que hizo que la tasa de crecimiento de población activa aumentara en un 2,27% en el periodo de su celebración, y posteriormente cayera hasta ser regresiva (-0,53%).

A pesar del crecimiento anual de la población activa, el crecimiento de la población parada posee unos niveles que se sitúan por encima de los valores registrados tanto en Andalucía como en España.

Se observan unos niveles de tasa de paro (cociente entre población parada y población activa) superiores al 25% de la población activa para el periodo considerado, salvando el año 1991, en que se situó en el 22,6%. No obstante, a partir

de 1993 la economía sevillana sufre una crisis de considerables dimensiones, debido al agotamiento del sector terciario en el periodo posterior a la Expo'92, que vuelve a abrir la brecha existente. A partir de 1998, los niveles de la tasa de paro de Sevilla vuelven a disminuir para alcanzar la cifra del 23,4% en 2001. Todo esto queda igualmente reflejado en el crecimiento anual de la población parada, que alcanza su cota más alta en 1993, para luego ir descendiendo progresivamente, aproximándose a los niveles andaluces y nacionales, e incluso situándose en 2001 por debajo de ellos.

La población ocupada en el periodo comprendido entre 1996-2000 ha aumentando un 18% en el caso de las mujeres, mientras que la población ocupada masculina tan sólo ha aumentado un 14% en estos cuatro años. La media andaluza de crecimiento de la población ocupada, registra un 0,6% de aumento más que en la provincia de Sevilla (mujeres 18,6% y hombres 14,6%)

El mayor porcentaje de la población activa se engloba dentro del sector servicios, que ocupa el 61% de la población de Sevilla, seguida muy por debajo por la industria (12%), la agricultura (10,5%) y la construcción (9,6%).

Las personas dedicadas al sector servicios registran un 38% del total de la población parada de la provincia de Sevilla que, aun siendo la proporción más alta, no es significativo si se tiene en cuenta el volumen de población activa que ocupa. Las personas que buscan el primer empleo o dejaron el último hace 3 o más años, ocupan el 28% de la población parada. Por otro lado, cabe destacar que la población parada dentro del sector de la agricultura representa un 19% del total, en comparación con el 10% de la población activa.

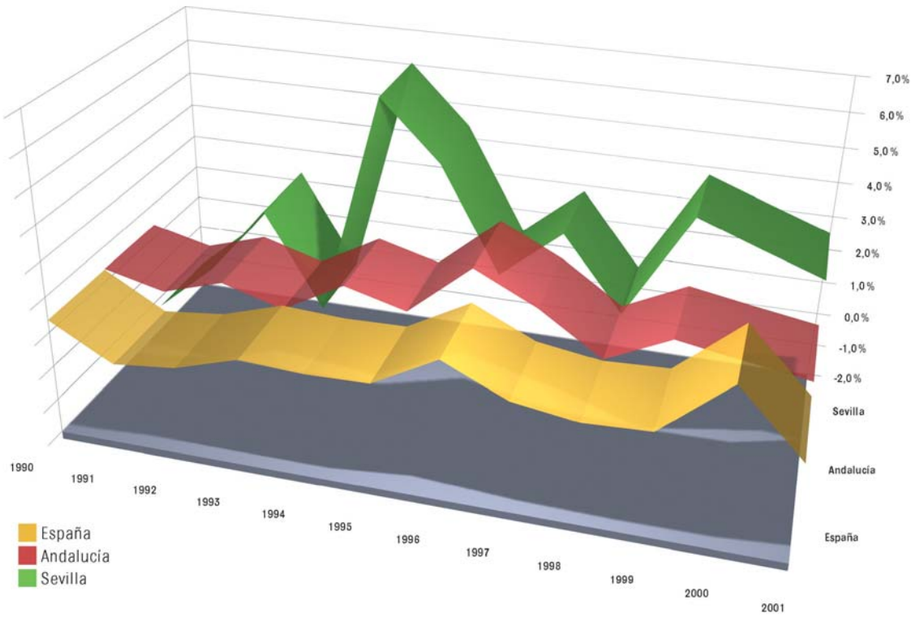
Evolución de la población ocupada por sexo y sectores económicos

Años 1996 y 2000 (miles de personas) (media anual)

	1996		2000	
	Sevilla	Andalucía	Sevilla	Andalucía
Mujeres				
Agricultura	4,8	41,9	9,0	55,9
Industria	10,7	39,5	14,4	53,1
Construcción	1,3	6,5	2,0	8,9
Servicios	128,1	503,1	151,5	608,6
Total	144,9	590,9	176,9	726,5
Hombres				
Agricultura	27,9	172,5	34,2	185,1
Industria	49,4	189,7	57,6	221,6
Construcción	38,4	175,2	47,3	256,0
Servicios	173,7	694,1	199,5	779,8
Total	289,4	1.231,4	338,5	1.442,4

Fuente: INE. Encuesta de Población Activa

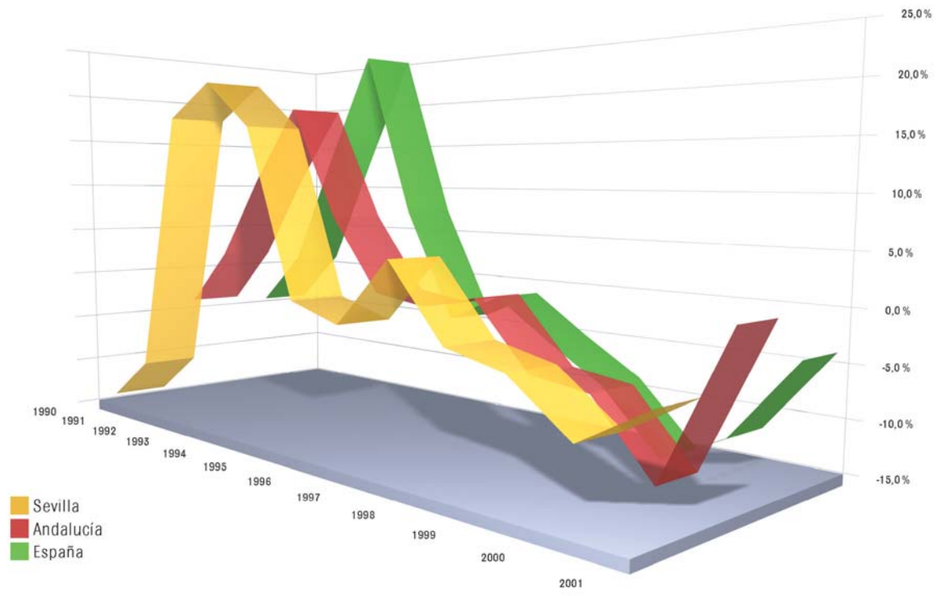
Crecimiento anual de la población activa en Sevilla, Andalucía y España



Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía

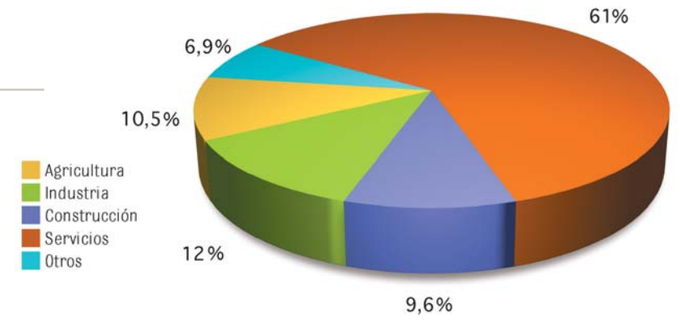
Crecimiento anual de la población parada en España, Andalucía y Sevilla

(Año 1990-2001)



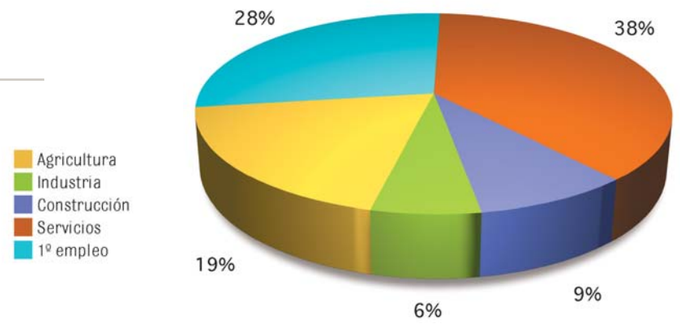
Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía

Población activa por sectores de actividad
(Año 2001)



Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía

Población parada por sectores de actividad
(Año 2001)



Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía

3.3 ASPECTOS ECONÓMICOS

El PIB (producto interior bruto) de la provincia, a precios de mercado, ha sido de 19.427 millones de euros en el año 2000, habiendo mantenido un crecimiento medio del 6% durante los últimos años.

PIB a precios de mercado (millones de euros)

	Sevilla	Andalucía	España
1995	14.865	58.089	437.787
1996	15.732	61.214	464.251
1997	16.278	64.436	494.140
1998	17.012	69.637	527.957
1999	18.305	68.022	565.483
2000	19.427	80.733	608.787

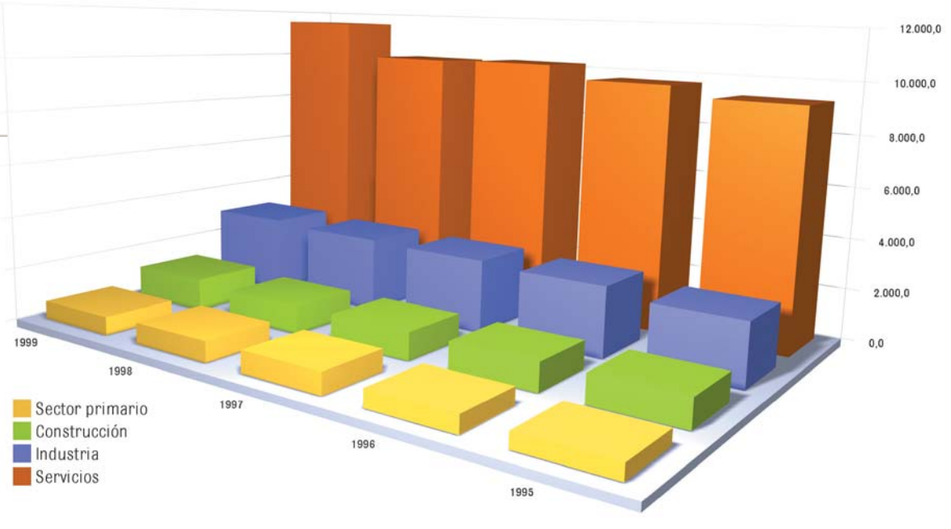
Fuente: Instituto Nacional Estadística, datos 1995-2000

La provincia de Sevilla representa un 3,6% del valor añadido bruto (VAB) nacional y el 26,3% (año 1999) del total de la Comunidad Autónoma Andaluza, con lo que se sitúa en la provincia con mayor aportación dentro de Andalucía.

Respecto a la actividad económica, destaca el sector servicios, que genera un valor añadido del 69,7%, lo que configura a Sevilla como una provincia de marcado carácter terciario, orientando sus actividades, fundamentalmente, al subsector turístico y dependientes (restauración, hostelería, etc.).

Al sector servicios le sigue un sector industrial, que genera el 13% del valor añadido bruto, todavía débil y con una gran diversificación de actividades. Aunque siguen teniendo cierto peso específico actividades tradicionales como las de transformados metálicos (los vinculados a la industria aeronáutica, naval o automoción), y las actividades agroalimentarias, han aparecido otro tipo de actividades asociadas a las nuevas tecnologías.

Evolución del valor añadido bruto (VAB)
a precios básicos por sectores
Periodo 1995-1999 (precios corrientes, millones de euros)



Fuente: INE. Contabilidad Regional de España, base 1995. Serie 1995-2000.

3.3.1 SECTOR PRIMARIO

El sector primario y, en especial, la actividad agrícola, tiene una especial importancia en la provincia de Sevilla, dada la superficie que ocupa (88,5% de la superficie está dedicada a cultivos) y su vinculación con la industria agroalimentaria, con un gran impacto indirecto en la economía de la capital. No obstante, genera tan sólo el 4,1% del VAB de la provincia.

Según los datos del Servicio de Estudios y Estadísticas de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, la producción final agraria en la provincia de Sevilla ascendió, en el año 2000, a 1.343 millones de euros. El interés de la agricultura en la provincia de Sevilla se pone de manifiesto en la distribución de la producción final, en la que la agricultura ocupa un 66,7%, la ganadería el 28,3%, las explotaciones forestales un 2,2% y otras explotaciones el 2,8%

Las producciones más sobresalientes en Sevilla son los cultivos industriales y la producción de cereal. Abarcan el 50% y 47% de la producción andaluza, respectivamente. Otras producciones destacadas son el arroz, naranjo dulce, girasol, algodón y aceituna de mesa y de almazara. Por otro lado, es notable la variación de la producción de las leguminosas y cereal para grano, en el periodo estudiado.

La producción final ganadera ascendió a 381 millones de euros en 2000 y presenta una clara tendencia ascendente. La cuarta parte de la producción ganadera sevillana corresponde a porcino, seguido de vacuno (19%), leche (19%) y huevos (16%).

Producción (toneladas) de los principales cultivos agrícolas
(Año 2001)

			Variación 2001-2000 (%)	
	Sevilla	Andalucía	Sevilla	Andalucía
Cereales para grano	1.320.055	2.806.253	41,8	21,7
Leguminosas para grano	8.374	36.919	116,4	5,8
Tubérculos para consumo humano	79.594	493.042	-44,1	-10,9
Hortalizas	159.296	4.476.574	-26,4	-6,1
Cultivos industriales	1.384.133	2.757.704	-27,7	-22,9
Cultivos forrajeros	55.063	677.614	-41,5	-0,4
Flores y plantas ornamentales (miles unidades)	158.125	1.517.675	-33,8	-29,7
Frutales cítricos	298.049	1.115.148	23,6	16,6
Frutales no cítricos	106.322	358.151	3,4	8,1
Viñedo	23.259	296.940	-18,1	-3,1
Olivar	598.250	5.664.987	20,7	7,2

Principales cultivos agrícolas. Avance de producciones (toneladas)

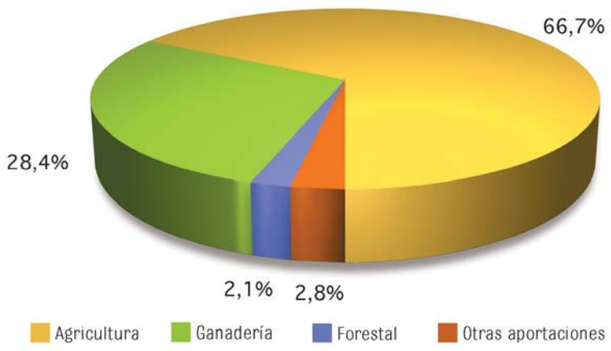
Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca

3.3.2 SECTOR INDUSTRIAL

La actividad industrial andaluza ha experimentado una ligera desaceleración en los últimos años, que se muestra en una evolución menos favorable del índice de producción industrial de Andalucía (IPIAN), reflejándose especialmente en el empleo del año 2000. En esta línea, como ya ha quedado reflejado en años anteriores, la industria sevillana no termina de alcanzar las cotas deseables de cara a articular una economía más equilibrada y compensada. Los pasos se están dando en la dirección de potenciar la inversión en nuevas tecnologías, infraestructuras y cualificación adecuada del capital humano.

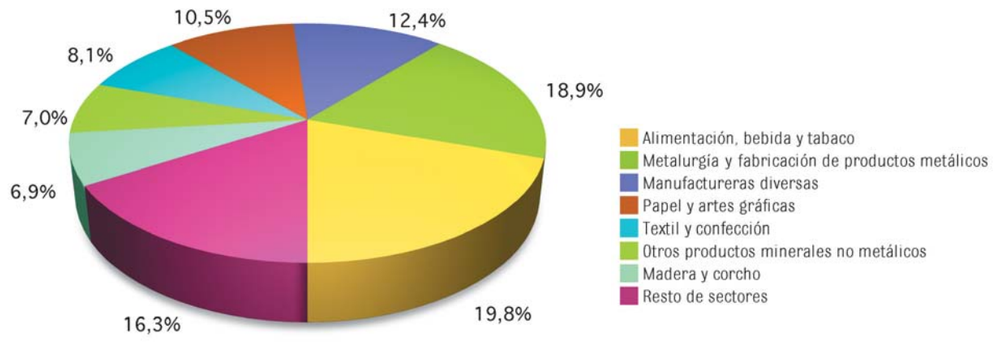
Llanura cerealística (Osuna) (1)

Producción final agraria
provincia de Sevilla (Año 2000)



Fuente: Macromagnitudes agrarias. Servicio de Estudios y Estadísticas de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Elaboración propia.

Distribución de establecimientos comerciales por sectores
(Año 2001)



Fuente: IEA. Directorio de establecimientos con actividad económica en Andalucía. Datos referidos a 1 de Enero de 2001.

La actividad industrial se halla muy concentrada en pocos puntos, donde predominan ramas económicas con una alta inversión en tecnología, frente a un menor protagonismo de otras actividades más tradicionales.

La producción industrial sevillana sigue teniendo poca importancia relativa en el VAB (valor añadido bruto), incluso con una tendencia a la baja en los últimos años, presionada por la creciente terciarización de su economía. En concreto, la actividad industrial tenía tan sólo un porcentaje de participación del 13% (25,1% si se incluye energía y construcción) del VAB de la provincia en 1999.

3.3.3 CONSTRUCCIÓN

Desde comienzos de la década de los noventa, el sector de la construcción ha sido uno de los más dinámicos de la economía andaluza, con tasas de crecimiento positivas en todos sus indicadores. Una de las causas de este crecimiento ha sido el aumento de la inversión en esta actividad, a diferencia de las ramas industriales que dan muestras claras de desaceleración. No obstante, en la provincia de Sevilla, este crecimiento se ha visto ralentizado a partir del año 1996. Este hecho se confirma con el peso de la construcción sobre el VAB de la provincia, que ha pasado de ser de un 8% en 1995 a un 7,6% en 1999.

Por otro lado, en la provincia de Sevilla se han iniciado 91 viviendas menos en el año 2000 que en 1999, lo que supone una reducción del 0,6%. A pesar de todo, el porcentaje de viviendas iniciadas supone el 15% de las iniciadas en Andalucía, creciendo su peso respecto al año anterior. Las viviendas de protección oficial iniciadas registran el mayor descenso, siendo de un 43,7% en el año 2000, en contraposición de la evolución de las viviendas libres, que aumentan un 9,9% respecto al año anterior. Cabe destacar el progresivo incremento de la rehabilitación de viviendas, que en el año 2000 aumentan un 34,4%, aunque éstas representen tan sólo el 14% de las viviendas de la provincia.

3.3.4 TURISMO

La ciudad de Sevilla es uno de los principales puntos turísticos de Andalucía y de España. Los servicios turísticos son una parte fundamental de la actividad económica de Sevilla.

La provincia dispone, a diciembre 2000, de una oferta hotelera amplia y de alta calidad, con un total de 118 hoteles, de los cuales el 57% se encuentran en Sevilla capital. Las pensiones ascienden a 189 y, además, hay 565 hoteles apartamentos. Todo ello supone el 28% de los establecimiento hoteleros de Andalucía.

Cabe destacar, finalmente, que la mayor parte del turismo que visita Sevilla es extranjero (36%), seguido muy de cerca por turistas procedentes del resto de España (34%).

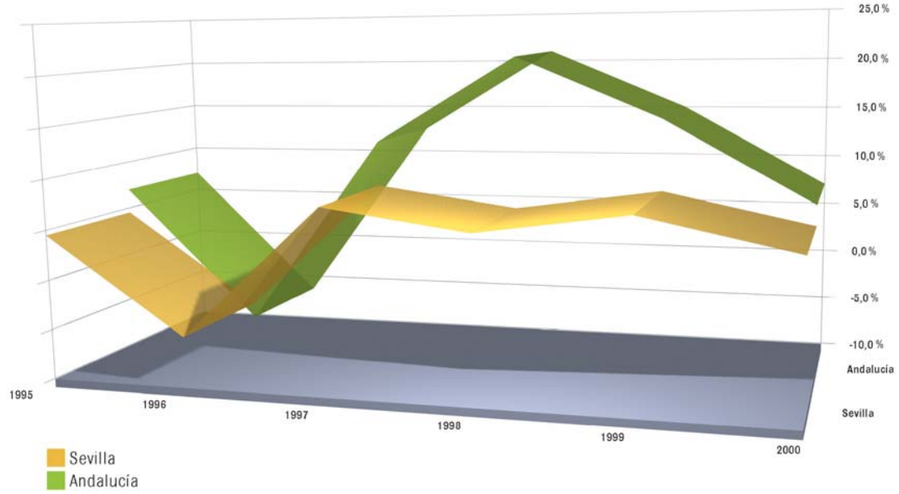
Evolución de la vivienda en la provincia de Sevilla

	1996	1997	1998	1999	2000
Viviendas de nueva construcción					
Viviendas de promoción pública	589	577	236	133	181
VPO Protegida	2.902	4.387	3.615	3.263	1.837
Viviendas libres	3.051	6.936	8.264	11.649	12.936
Viviendas de rehabilitación protegida					
Normativa Estatal	724	255	464	135	181
Normativa Autonómica	1.309	1.208	1.073	1.486	2.291

Fuente: Anuario Estadístico de Andalucía 2002. IEA

Evolución del consumo de cemento. Tasa de variación anual.

Periodo 1995-2000



Fuente: OFICEMEN. Agrupación de fabricantes de cemento de España

Infraestructura turística

Año 2000 (Número de establecimientos)

	Sevilla	Andalucía
Establecimientos hoteleros		
Hoteles	118	989
Hoteles-apartamentos	5 65	669
Pensiones	189	1.374
Apartamentos turísticos	9	408
Campamentos turísticos	11	174
Restaurantes	611	6.714
Cafeterías	103	1.130
Agencias de viaje		
Mayoristas	9	30
Minoristas	116	672
Mayoristas-minoristas	94	366

Fuente: Consejería de Turismo y Deporte

Vegetación y cultivos

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Vegetación y cultivos

4.1. VEGETACIÓN POTENCIAL

Se puede definir la vegetación potencial como la comunidad vegetal estable que existiría en un área dada como consecuencia de la sucesión vegetal progresiva si el hombre dejase de influir y alterar los ecosistemas naturales. En la práctica, se considera la vegetación potencial como sinónimo de clímax (comunidad vegetal que representa territorialmente la etapa de máximo biológico estable) e igual a la vegetación primitiva, aún no alterada por el hombre.

Desde el punto de vista corológico (distribución de especies y comunidades vegetales), la provincia de Sevilla se encuentra biogeográficamente enclavada dentro de la región Mediterránea, al igual que el resto de Andalucía y la gran mayoría del territorio de la Península Ibérica. Dentro de esta región, las provincias corológicas que aparecen, con especies e incluso géneros vegetales exclusivos o endémicos, son la Provincia corológica Luso-Extremadurense, la Provincia corológica Bética y la Gaditano-Onubo-Algarviense.

La primera de estas provincias, la Luso-Extremadurense, incluye toda la Sierra Norte y sus endemismos propios son, entre otros, *Buffonia willkomniana, Digitalis mariana, Sideritis lacaitae y Ulix eriocladus.* Más concretamente, la Sierra Norte pertenece al sector Mariánico-Monchiquense de dicha provincia corológica y en él están representados los pisos bioclimáticos termo y mesomediterráneo. Como serie de vegetación característica, aparece el bosque de encinar con mirto *(Myrto-Quercetum rotundifoliae),* con presencia de acebuches y palmitos y, en su primera etapa de degradación, con un matorral denso donde destaca el bayón, esparragueras y el espino de hoja de olivo.

La Provincia corológica Bética se localiza sobre el Valle del Guadalquivir y las sierras meridionales de la provincia (Sierra Sur), abarcando el resto del territorio provincial, salvo la zona de marismas. En la depresión del Guadalquivir (sector corológico Hispalense), la vegetación potencial sobre los suelos blandos es de encinares con zarzaparrilla *(Oleo-Quercetum rotundifoliae)* en el piso termomediterráneo o, en el mesomediterráneo, de encinares béticos con peonias *(Paeonio-Quercetum rotundifoliae).* Ambos tipos de encinares han desaparecido prácticamente, debido a la presión agrícola, aunque algunos retazos permanecen, sobre todo en los resaltes calcáreos. Otro dominio climácico es el que se desarrolla sobre los suelos vérticos (vertisoles, suelos oscuros sobre arcillas expansivas, conocidos como bujeos) de algunos puntos de la campiña sevillana. La vegetación que corresponde a estas zonas es de acebuchales *(Tamo communis-Oleetum sylvestris).* Estos suelos han sido sobre todo utilizados para cultivo de cereales, por lo que esta comunidad está actualmente muy reducida.

La tercera y última provincia corológica, Gaditano-Onubo-Algarviense, incluye las marismas del Guadalquivir, tratándose de una provincia individualizada por su carácter litoral, de vegetación intrazonal (que no guarda concordancia con las condiciones climáticas regionales), dependiente del agua de la marisma, de sus condiciones de alta salinidad o de la presencia de arenales escasamente edafizables. En los primeros casos, se presentan juncales helófitos salobres y matorral leñoso suculento en suelos muy salinos, más o menos húmedos, que pueden soportar inundaciones temporales. En las áreas más secas, que no se inundan, se dan limonios *(Limonium sp. pl.)* y, en suelos más evolucionados, pequeños arbolillos de taray *(Tamaryx africana).* Ya en los sustratos fuertemente arenosos, prosperan coníferas del género *Juniperus*, con algunos otros géneros acompañantes.

Olivar en secano. El Saucejo (1)

Encinas en la Sierra Norte (1)

4.2. VEGETACIÓN ACTUAL

La vegetación natural actual de la provincia de Sevilla se corresponde fundamentalmente con la existente en las zonas serranas, principalmente en la Sierra Norte y, en menor medida, en la Sierra Sur.

La vegetación de la Sierra Norte es la mejor conservada y está constituida por un bosque de encinas y alcornoques, normalmente adehesado, que se enriquece en quejigos en las zonas más húmedas. En las zonas más próximas al Valle del Guadalquivir es patente la influencia térmica del río, presentándose numerosos elementos termófilos entre los que destacan algarrobos, mirto, lentisco, zarzaparrilla, candiles, etc. Los matorrales (madroñales, lentiscares, jarales, brezales, etc.), ocupan los suelos más degradados y los afloramientos rocosos y pedregosos. En el margen de los ríos, se presentan bosques en galería con especies como alisos, olmos, fresnos y sauces; en las zonas más llanas, donde el río suele desbordarse, se localizan adelfas, tamujos y juncales.

En las zonas menos antropizadas de la Sierra Sur, actualmente deforestada en su gran mayoría, la vegetación natural está compuesta por formaciones boscosas de quercíneas y matorral mediterráneo.

Otras zonas con una vegetación natural destacable son las tierras al norte de Las Marismas y sur de El Aljarafe, donde predomina el matorral mediterráneo con romero, tomillo, cantueso, jara y jaguarzo, dándose el pino piñonero, alcornoque, lentisco y madroño.

4.3. CULTIVOS

La información que integra este epígrafe ha sido elaborada a partir de la cartografía y datos estadísticos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Como se puede apreciar en la figura de distribución de la tierra por aprovechamientos, en el año 2000 la mayor parte de la superficie, en torno al 66%, estaba ocupada por tierras de cultivo. El terreno forestal, prados y pastizales suponían en conjunto algo menos del 24% y finalmente, casi el 10% del terreno era improductivo o sin vegetación.

En la tabla que aparece a continuación, se consigna la estadística resumida correspondiente a la distribución general de la tierra en la provincia para los años 1997 y 2000. Al comparar las estadísticas de los dos años considerados y observar su evolución temporal, destaca el incremento considerable (del 6,7 al 9,7%) de la superficie improductiva y sin vegetación, a costa, básicamente, de una disminución de terreno forestal, de prados y pastizales. En cambio, la superficie de tierras de cultivo permanece prácticamente constante.

Distribución general de la tierra por aprovechamientos en la provincia de Sevilla (años 1997 y 2000)

Aprovechamiento	Año 1997		Año 2000	
	ha	%	ha	%
Tierras de cultivo	929.378	66,2	934.241	66,6
Prados y pastizales	101.473	7,2	84.824	6,0
Terreno forestal	278.760	19,9	247.537	17,6
Improductivo y sin vegetación	93.833	6,7	136.832	9,7
Total superficie provincial	1.403.444 ha			

FUENTE: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía

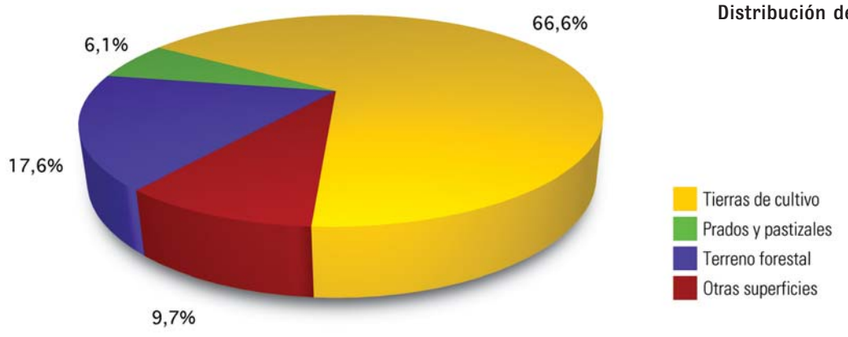
En el Mapa de Vegetación y Cultivos, realizado a partir del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la provincia de Sevilla (Dirección General Agraria, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, 2000), se representan de forma sintética la vegetación y cultivos de la provincia de Sevilla. Las distintas agrupaciones consideradas son las que se describen a continuación.

IMPRODUCTIVO Y SUPERFICIE SIN VEGETACIÓN

En esta clase se han agrupado, por un lado, las superficies construidas y alteradas a través de edificaciones, infraestructuras, espacios de ocio, minas, vertederos y áreas de servicio o en construcción y, por otro, las zonas húmedas y superficies de agua.

Lógicamente, la superficie correspondiente a esta agrupación se distribuye por todo el territorio provincial, aunque en su mayoría corresponde al área urbana metropolitana de la capital y a las marismas del Guadalquivir.

Distribución de la tierra por aprovechamientos (Año 2000)



Arriba izquierda. Campos de cultivo en secano (1)
Abajo izquierda. Repoblación de eucaliptos en Alcalá de Guadaira (1)
Derecha. Girasol (3)

CULTIVOS HERBÁCEOS EN REGADÍO

Como cultivos herbáceos en regadío se han agrupado aquellos cultivos anuales que reciben sistemática y periódicamente agua de riego, incluidos los cultivos bajo plástico (con excepción de los campos de arroz, que han sido considerados aparte).

Se extienden, principalmente, a lo largo de la vega del Guadalquivir, la marisma y la campiña más occidental. Otras extensiones considerables son las vegas de los ríos Genil y Guadiamar, así como la altiplanicie y zonas endorreicas de Osuna–La Lentejuela.

CULTIVOS HERBÁCEOS EN SECANO

Comprende los cultivos anuales indiferenciados que no reciben de forma permanente aportes artificiales de agua. Se incluyen barbechos y rastrojeras.

Suponen prácticamente la mitad de la superficie cultivada y, por tanto, casi un tercio de la superficie total de la provincia de Sevilla. Se distribuyen, fundamentalmente, por toda la depresión del Guadalquivir ocupando la mayor parte de las Campiñas, El Aljarafe y la Sierra Sur baja u occidental.

ARROZALES

Los arrozales han sido considerados como un grupo diferenciado, además de por su considerable extensión superficial en la provincia, por la especificidad en cuanto al uso del agua y las labores preparatorias del terreno. En este sentido, cabe comentar que los campos preparados para el cultivo de arroz están cubiertos regularmente de agua y son modificados a fin de lograr superficies planas y canales de regadío.

En cuanto a la distribución espacial, se trata de un cultivo que se realiza exclusivamente en las marismas y que ocupa la mayor parte de su superficie agrícola.

CULTIVOS LEÑOSOS EN REGADÍO

El cultivo de cítricos y todos los frutales con aporte sistemático de agua de riego conforman el grupo de cultivos leñosos en regadío.

Se concentran a lo largo de la vega del Guadalquivir, en la vega y proximidades del río Guadiamar y en la zona de los Alcores.

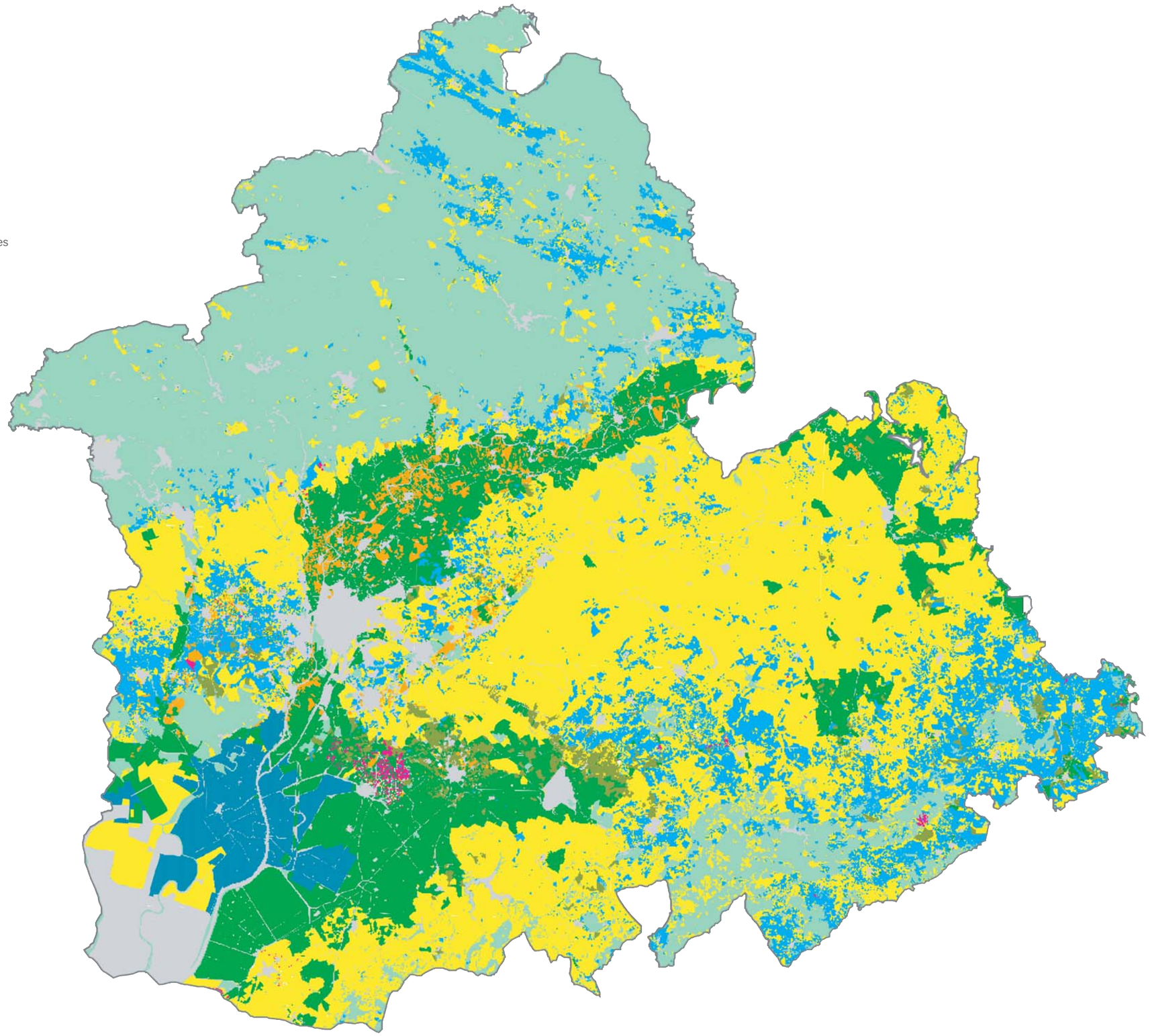
CULTIVOS LEÑOSOS EN SECANO

Los cultivos leñosos en secano comprenden las prácticas extensivas de parcelas de viñedos en secano, así como parcelas plantadas con árboles frutales en secano (almendros, higueras, etc.).

Sus principales extensiones corresponden a los viñedos situados en las tierras de campiña de los términos municipales de Utrera y de Los Palacios y Villafranca. También se localizan, en menor medida, en zonas de El Aljarafe, la Campiña central y la Sierra Sur oriental.

MAPA DE VEGETACIÓN Y CULTIVOS

- Sin vegetación
- Cultivos herbáceos en regadío
- Cultivos herbáceos en secano
- Arroz
- Cultivos leñosos en regadío
- Cultivos leñosos en secano
- Olivar en regadío
- Olivar en secano
- Superficies forestales y naturales



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

OLIVAR EN REGADÍO

El olivar en regadío es el cultivo que está experimentando un mayor aumento relativo de superficie, en los últimos años, en la provincia de Sevilla. Este incremento se produce vía nuevas plantaciones, o bien por la puesta en riego de olivares tradicionalmente de secano.

La mayor parte de los olivares en regadío se desarrollan en la zona suroeste de la Campiña, la Sierra Sur oriental, el Macizo de Estepa y El Aljarafe.

OLIVAR EN SECANO

Las superficies actuales con olivos de secano se corresponden, en general, con el olivar más tradicional, es decir, con zonas marginales desde el punto de vista agrícola y con una orografía accidentada no apta para cultivos más intensivos.

Consecuentemente, el olivar de secano se distribuye por la Sierra Norte y la Sierra Sur de Sevilla y en las zonas con suelos más pobres de la campiña y El Aljarafe.

SUPERFICIES FORESTALES Y NATURALES

En esta amplia categoría se engloban todas las zonas forestales y naturales arboladas, las superficies de matorral sin arbolado y los prados naturales y pastizales, cuya vegetación natural se comenta en el anterior apartado de este mismo capítulo.

Estas superficies se corresponden, básicamente, con las comarcas naturales de la Sierra Norte y la Sierra Sur y el mosaico del resto de las zonas que no corresponden a suelo agrícola, ni improductivo o sin vegetación.

Olivar en regadío en el término municipal de Paradas (1)

VER NAVEGACION

Suelos

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACION DE SEVILLA

Año Internacional del Agua Dulce 2003

Suelos

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Generalmente, el concepto de suelo ha sido asociado al uso que de él se hace y de la disciplina a través de la cual se estudia; tal diversidad de definiciones se han sucedido, que ha llegado a ser definido por E. Fitzpatrick, en 1984, como "cualquier cosa así llamada por una autoridad competente".

Las nuevas visiones sintéticas del medio conjugan muchas de las definiciones existentes, llegando a definir el suelo como aquella formación superficial mullida, soporte de la vegetación, que tiene su origen en los materiales resultantes de la alteración de las rocas in situ o transportados y en los aportes de materia orgánica realizados por vegetación y fauna que soporta; subdividido en una fase sólida (minerales y materia orgánica), líquida y gaseosa cuya conjunción hace que se produzcan determinados proceso físico-químicos, y que es sede de una gran actividad biológica que hace que a su vez, sea un medio dinámico y en evolución.

El suelo puede considerarse como un ser "casi" vivo. Un suelo nace a partir de un material original resultado de la alteración de la roca madre o del transporte de los resultados de esta alteración. La acción de los denominados factores formadores (clima, seres vivos y relieve actuando a lo largo de otro factor, que es el tiempo) sobre estos materiales iniciales, que aportarán sus características mineralógicas, provocará que éstos se transformen, reorganicen y diferencien, en definitiva evolucionen, en capas más o menos horizontales denominadas horizontes del suelo que, observadas en su conjunto, forman lo que se denomina el perfil del suelo. Las características, tanto morfológicas como físico-químicas que presentan estos horizontes, así como la ausencia o presencia de sus diferentes tipologías, van a definir las distintas clases de suelos. Por último, un suelo puede morir, ya sea por una remoción natural de sus componentes o por un mal manejo por parte del factor más condicionante actualmente, el hombre, que provoque su pérdida o degradación.

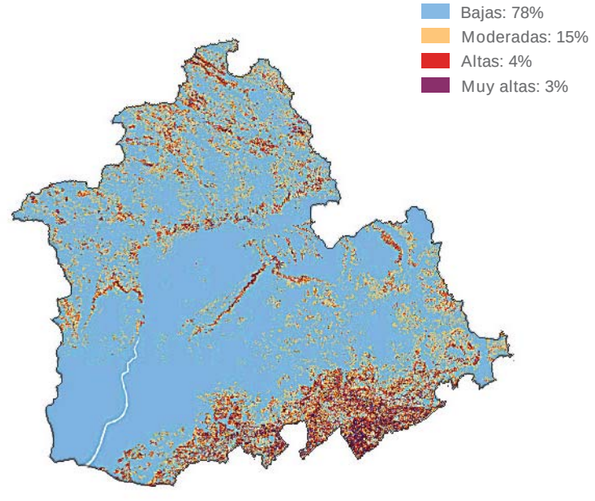
El papel del suelo se hace fundamental a la hora de sustentar el medio natural, su papel de soporte de la vegetación, base primaria de los ecosistemas, hace que su pérdida o degradación reduzca su potencial biológico. Pero el suelo no es sólo la superficie donde el hombre lleva a cabo sus principales actividades: agrícolas, industriales, ocio o residencial, sino que además se revela como una parte fundamental del ciclo hidrológico:

- El suelo es el primer elemento filtrante de las aguas subterráneas gracias a su gran capacidad de almacenaje y amortiguación de agentes contaminantes naturales y artificiales.

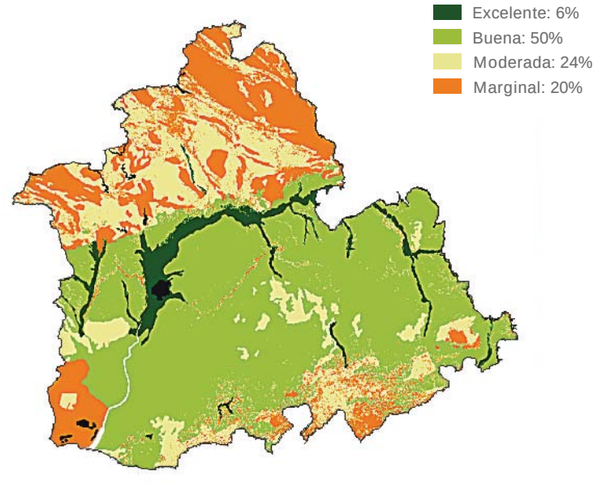
- Su degradación por contaminación va a suponer un fondo de dispersión de ésta de manera difusa, asociada a su remoción natural, y que puede verse especialmente incrementada cuando el hombre acelera los procesos erosivos. Esta contaminación difusa afecta en gran medida a las reservas hídricas artificiales, eutrofizando las aguas por el arrastre de fertilizantes químicos.

- Igualmente, la degradación por erosión, entendiendo ésta como la pérdida del suelo a través de la red de drenaje, hace que los sedimentos transportados se depositen en los embalses, limitando la capacidad de almacenamiento de éstos e incluso llegando a colmatarlos en pocos años. Indirectamente esta situación va acabando con un recurso no renovable, como es la situación de cerradas aptas para construir presas con objeto de almacenar agua para usos agropecuarios, industriales o consumo humano.

PÉRDIDAS DE SUELO PROMEDIO EN LA PROVINCIA DE SEVILLA



CAPACIDAD DE USO GENERAL DE LAS TIERRAS EN LA PROVINCIA DE SEVILLA



5.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS

La complejidad y variabilidad del suelo, junto a la dificultad de sistematizar sus características, ha llevado a que existan multitud de sistemas de clasificación. La clasificación empleada para describir los suelos en el presente trabajo es la desarrollada por F.A.O. (1974) para realizar el mapa de suelos del mundo, sistema especialmente diseñado para realizar unidades cartográficas que tuvieran una representación general sobre los suelos de regiones más o menos amplias y que ha sido la empleada en la única cartografía existente a escala regional (IARA-CSIC, 1989).

Son 11 las grandes tipologías de suelos presentes en la provincia de Sevilla, aunque no es descartable la presencia de alguna otra como inclusión. Estos grandes grupos de suelos se subdividen a su vez en 23 unidades distintas de suelos, que conforman 26 unidades cartográficas formadas por asociaciones de éstas, tal como queda reflejado en las correspondientes tablas.

Los suelos más abundantes a nivel provincial son los *Cambisoles*, suelos poco desarrollados con horizonte B ligeramente diferenciado de tipo cámbico y perfil tipo ABC, ocupando más del 25 % de la superficie provincial. Se presentan dos subtipos de éstos: Cambisoles cálcicos, cuando presentan horizontes con reacción calcárea y Cambisoles eútricos, para los desarrollados sobre materiales no calcáreos y complejo de cambio saturado.

Fluvisol. Limos, con algún canto, de la llanura de inundación del Guadalquivir. Tocina (1)

Regosol, desarrollado sobre margas blancas. Sierra de San Pablo, Montellano (1)

Le siguen los *Vertisoles* con un 18%, son suelos ricos en arcillas expansivas y que presentan amplias grietas en los periodos estivales. Se distinguen dos subvariantes: Vertisoles crómicos cuando el drenaje no está impedido y Vertisoles pélicos (de color oscuro) en áreas mal drenadas.

Luvisoles y *Regosoles* se reparten el 30% de la superficie provincial. Los primeros son suelos evolucionados que presentan como principal característica la presencia de un horizonte enriquecido en arcillas (perfil ABtC), estando presentes las siguientes variedades: Luvisoles crómicos cuando el horizonte B tiende a ser de color rojizo, Luvisoles cálcicos cuando tienen un horizonte cálcico, Luvisoles plínticos cuando tienen plintita y Luvisoles órticos cuando no tienen características especiales fuera de las que lo clasifican como Luvisol. Los *Regosoles* son suelos poco desarrollados con un perfil tipo AC y sin horizontes superficiales orgánicos; generalmente son la etapa inicial de muchos suelos o fruto de un rejuvenecimiento contínuo de los materiales al ser desmantelados por la erosión. Los principales subtipos que se encuentran son Regosoles calcáreos sobre este tipo de material, Regosoles eútricos en materiales no carbonatados y con saturación del complejo de cambio por encima del 50%, y Regosoles dístricos cuando el complejo de cambio se encuentra desaturado.

Los *Solonchacks*, con perfil AC o ABC, ocupan gran parte de las marismas del Guadalquivir, alcanzando casi un 9% del territorio provincial, son suelos salinos ricos en elementos finos y con hidromorfismo (Solonchacks gleicos) o agrietamientos poligonales superficiales (Solonchacks takíricos).

Los *Fluvisoles* desarrollados sobre los depósitos aluviales recientes ocupan casi un 7% de la superficie provincial, encontrándose los subtipos calcáreo y eútrico.

Los suelos esqueléticos, *Litosoles* de perfil AR, de no más de 10 cm de profundidad, se encuentran presentes en todas las sierras de la provincia asociados a Regosoles, alcanzando a casi el 5 % de la superficie provincial.

Los *Planosoles*, en su subtipo eútrico, ocupan no más de un 3% de la superficie provincial, son suelos desarrollados en áreas planas que presentan un horizonte E álbico sobre un B poco permeable (perfil AEIIBC).
Rankers, *Rendsinas* y *Arenosoles* álbicos prácticamente no tiene representación a nivel provincial, no ocupando en conjunto más del 1% en superficie.

Estos suelos se agrupan formando unidades cartográficas de características similares, identificándose 26 unidades distintas. Hay que resaltar que los suelos de carácter calcáreo suponen más del 50% de la superficie provincial, concentrándose al sur del río Guadalquivir, eje que les sirve de divisoria aproximada.

Se pueden distinguir tres grandes regiones estructurales, cuyas características litológicas, morfológicas y dedicación de uso van a condicionar los suelos existentes en ellas:

- Sierra Morena: situada en el tercio norte de la provincia, rica en materiales no carbonatados de origen plutónico, metamórfico y volcánico, aunque cuenta con algunos crestones de calizas metamórficas. Presenta relieves de alomados a montañosos y una dedicación eminentemente forestal y ganadera. Básicamente, las tierras de esta comarca presentan una capacidad de uso de moderada a marginal.

- Depresión del Guadalquivir: situada entre Sierra Morena y las Béticas, ocupa casi dos terceras partes de la superficie provincial, con materiales terciarios de origen marino y carácter margoso, y posteriores depósitos fluviales en un relieve eminentemente llano o suavemente alomado y donde se encuentran las mejores tierras de cultivo de la región, con una capacidad excelente en el valle del Guadalquivir y buena en el resto.

- Cordillera Bética: representada por las primeras estribaciones del Subbético en el sur provincial, ocupando menos del 17% de la superficie provincial. Este área se viene denominando últimamente como Sierra Sur. Se caracteriza por la presencia de materiales carbonatados, arcillosos y yesíferos de carácter margoso o margocalizo y paquetes de rocas carbonatadas. La capacidad de uso de las tierras es en general buena, observándose en las áreas más abruptas una capacidad de moderada a marginal.

SIERRA MORENA

En Sierra Morena predominan tres asociaciones de suelos. La primera se desarrolla sobre fuertes pendientes y tanto sobre materiales graníticos como metamórficos, donde dominan los Regosoles eútricos y Litosoles, suelos pobres y poco profundos, desarrollándose puntualmente Cambisoles eútricos en los lugares más protegidos de la erosión. Sobre materiales similares, pero sobre relieves ondulados, que permiten un mayor desarrollo de los suelos, se localizan Cambisoles eútricos y

Luvisoles crómicos y órticos, suelos de relativa poca profundidad y muy pedregosos. Puntualmente, y sobre estos materiales graníticos en las zonas planas de acumulación, se desarrollan suelos profundos, de carácter ácido y bien desarrollados, conformando la asociación de Luvisoles órticos y gleicos. Sobre materiales de carácter metamórfico dominan los Cambisoles eútricos en las zonas de acumulación más resguardadas, desarrollándose en las zonas más altas, donde el suelo es continuamente rejuvenecido por la erosión, Regosoles eútricos y Litosoles, suelos de escaso desarrollo y profundidad. La dedicación de estos suelos es de bosque mediterráneo con predominio de los encinares o matorral arbolado en las zonas de peores suelos, y de dehesa o pastizales en las zonas más alomadas y de suelos más profundos.

Particularmente destaca la existencia, en el *Andévalo Oriental,* sobre materiales del complejo vulcano-sedimentario y relieve ondulado, de Cambisoles eútricos y Luvisoles órticos, ocupando los Rankers las laderas de mayor pendiente y zonas altas, en general suelos relativamente profundos que son dedicados a la dehesa, olivar y repoblaciones de eucalipto.

Sobre los conglomerados permo-triásicos del *Valle del Viar* y en un relieve de colinas se encuentran como suelos dominantes Regosoles y Cambisoles eútricos, refugiándose los Luvisoles órticos en las áreas más suaves. Son suelos pedregosos y con una dedicación eminentemente forestal y ganadera. Igualmente, es de destacar la presencia en el fondo del valle de depósitos fluviales sobre los que se desarrollan Fluvisoles eútricos.

En las zonas de *Constantina* y *Sierra Morena Occidental,* se encuentra la asociación compuesta de Luvisoles Crómicos, Cambisoles eútricos y Litosoles, suelos desarrollados fundamentalmente sobre calizas metamórficas, descalcificados (salvo los Litosoles) y en general bastante profundos, salvo en las zonas altas, donde dominan los Litosoles y la roca aflorante. Soportan los mejores bosques de alcornoques y castaños, aunque es bastante frecuente que se dediquen al cultivo del olivar y a frutales y huertas.

Sobre el *Piedemonte de Sierra Morena,* y dada su condición de unidad de transición entre la Sierra y la Depresión del Guadalquivir, sobre los distintos materiales metamórficos, margosos y margocalizos que la constituyen, se desarrollan unidades características tanto de Sierra Morena, como de áreas de terrazas o campiñas, destacando, por tanto, su heterogeneidad edáfica.

DEPRESIÓN DEL GUADALQUIVIR

Sobre el valle del Guadalquivir pueden distinguirse dos plataformas que destacan de su entorno. Ambas conforman las comarcas de los *Alcores* y del *Aljarafe* sevillano, formadas por sedimentos marinos del Mioceno de carácter limo-arenoso y areniscoso en ocasiones, y fuertemente calcáreos que, bajo un paisaje de suaves lomas, han dado lugar a suelos similares. En ambos lugares, predominan asociaciones en las que los principales suelos son los Luvisoles en sus variantes cálcica, crómica y órtica en las zonas más llanas, Planosoles sobre antiguos depósitos fluviales o restos de glacis y Cambisoles y Regosoles en las áreas más onduladas y rejuvenecidas. Igualmente destacan los depósitos fluviales formados a lo largo del río Guadiamar y Pudio en el Aljarafe, donde el suelo dominante es el Fluvisol cálcico.

En la *Campiña* sevillana dominan asociaciones desarrolladas sobre materiales margosos terciarios y cuyos suelos constituyen los denominados “bujeos” o “tierras negras”, donde predominan los Vertisoles crómicos y pélicos, ricos en arcillas expansivas y de carácter calcáreo. Cuando este relieve se vuelve más accidentado y por efecto de la erosión afloran los materiales subyacentes, predominan Regosoles calcáreos y Cambisoles cálcicos que constituyen las denominadas “albarizas”, suelos donde el material original funciona como un horizonte más del suelo. En las zonas bajas, se desarrollan Vertisoles pélicos.

Más puntualmente, se distinguen Fluvisoles calcáreos en las vegas de los principales ríos tributarios del Guadalquivir y Luvisoles y Cambisoles sobre depósitos fluviales antiguos o coberteras detríticas tipo glacis.

Sobre materiales margocalizos y calcarenitas de relieve acolinado, se desarrollan suelos fuertemente calcáreos y de escasa evolución y profundidad (Litosoles y Regosoles calcáreos) en laderas y áreas culminantes, existiendo Cambisoles calcáreos en áreas de menor pendiente y vaguadas. Es de reseñar la presencia de Cambisoles cálcicos en los contactos de la Campiña con las principales vegas de los ríos.

Como continuación de la *Campiña,* pero en la margen derecha del Guadalquivir, se encuentran los *Campos de Tejeda,* donde sobre materiales similares y relieve ondulado, predominan los suelos con características vérticas estando presentes también suelos del tipo Luvisol y Fluvisol asociados a los depósitos antiguos y recientes, respectivamente, del río Guadiamar. Al igual que los bujeos de la *Campiña,* estos suelos destacan por su buena actitud para el uso agrícola, siendo su dedicación principal los cultivos herbáceos de secano.

La *Vega del Guadalquivir,* constituida por la llanura de inundación actual, ocupada por Fluvisoles calcáreos, y por las terrazas más recientes, donde los suelos presentan una mayor evolución, con Luvisoles y Planosoles como los suelos mayoritarios. Estos suelos presentan una textura equilibrada y una gran profundidad, dedicados desde muy antiguo al cultivo. Presentan una aptitud excelente para la agricultura intensiva de regadío.

Sobre los sedimentos pleistocenos del Guadalquivir, que constituyen las Terrazas, se pueden distinguir dos zonas claramente diferenciadas. En las *Terrazas* colindantes a los Alcores y en el límite con la provincia de Córdoba, sobre una topografía plana o suavemente inclinada, se encuentran suelos evolucionados con predominio de Luvisoles y Planosoles. Son suelos profundos, pedregosos y en ocasiones de difícil drenaje, que tienen una clara vocación agrícola, predominando los herbáceos de secano y el olivar. Los depósitos de las *Terrazas* localizados entre los ríos Genil y Corbones, afluentes del Guadalquivir, parcialmente desmantelados por la red de drenaje, presentan un relieve alomado donde afloran las margas sobre las que se asientan. Allí donde se conservan estos depósitos se desarrollan Luvisoles, Cambisoles y Planosoles. En las zonas bajas, donde afloran las margas, predominan los Vertisoles como los suelos más importantes. Estos suelos, al igual que los anteriores, presentan una clara vocación agrícola.

Sobre el paisaje de las *Marismas* se extienden, mayoritariamente, los Solonchacks takíricos y gleicos, suelos dedicados en gran parte al cultivo del arroz dada su deficiente capacidad de drenaje y su alta salinidad. Se integran también en este paisaje los contactos margosos de la Campiña, donde predominan Vertisoles en un relieve absolutamente plano.

Es necesario reseñar la existencia de una asociación encajada entre el *Aljarafe* y las *Marismas,* en el límite provincial, arealmente poco significativa, pero destacable, por estar desarrollada sobre antiguos mantos eólicos de carácter arenoso y sobre los que se desarrollan Regosoles eútricos y dístricos y Arenosoles álbicos.

COORDILLERA BÉTICA (SUBBÉTICO)

Todo el límite sur de la provincia de Sevilla está recorrido por las primeras estribaciones de las Subbéticas, áreas ricas en arcillas y margas yesiferas, margocalizas y areniscas calcáreas. Inicialmente se pueden distinguir tres zonas características.

En el contacto con la Campiña, de morfología en colinas, y sobre arcillas y margas abigarradas con yesos, predominan suelos con características vérticas donde se desarrollan herbáceos en secano y olivares. Cuando el relieve aumenta al alejarse de la Campiña y sobre unos materiales similares, los suelos se hacen menos desarrollados, predominando Cambisoles y Regosoles calcáreos y, en ocasiones, Litosoles sobre las áreas culminantes, cuando afloran calizas conformando relieves destacados. Estos suelos son muy deleznables y, por tanto, susceptibles a la erosión si son deforestados o manejados mediante prácticas agrícolas incorrectas.

En el extremo suroriental de la provincia, coincidiendo con las laderas de la depresión de Antequera, donde abundan los afloramientos de calizas dolomíticas en relieves abruptos y suelos esqueléticos, predominan las asociaciones sobre margas y margocalizas cretácicas, donde los suelos dominantes son los Regosoles calcáreos y Litosoles en laderas y áreas culminantes y, en menor medida, Cambisoles cálcicos, en las zonas de pendientes más suaves. La dedicación principal de estos suelos es el olivar de secano. Ocupando las laderas de las sierras se encuentra una cobertera detrítica de glacis, donde los suelos desarrollados son de tipo Luvisol cálcico y crómico y Cambisoles cálcicos. Es de destacar también la unidad de Fluvisoles cálcicos que se desarrolla sobre los depósitos recientes del río Yeguas.

Perfil de suelo sobre una terraza fluvial (2)

5.3. DEGRADACIÓN DE SUELOS

Las principales amenazas que se ciernen sobre este recurso difícilmente renovable, se centran en la pérdida del suelo por erosión y en el sellado de suelos por la urbanización y construcción de infraestructuras, ambas de carácter irreversible y, en menor medida, en su contaminación local y difusa.

No es la provincia de Sevilla una de la más afectada por la erosión de suelos en Andalucía, ya que se mantiene en unos niveles bastante aceptables, prácticamente el 93% de su superficie presenta pérdidas bajas o moderadas. Este hecho se debe, en gran parte, al escaso relieve de las zonas eminentemente agrícolas y al importante efecto protector de la cubierta vegetal en las sierras del norte de la provincia. Fundamentalmente los problemas erosivos se concentran en áreas muy concretas de Sierra Morena y su piedemonte, los escarpes de los Alcores y el Aljarafe y, sobre todo, en las sierras del sur, donde unos materiales muy deleznables, pendientes relativamente elevadas y unos usos agrícolas poco protectores, hace que se concentren las mayores pérdidas provinciales.

En cuanto al sellado de suelos, es Sevilla la provincia andaluza que presenta una mayor extensión de suelo perdido por esta causa, alcanzando en 1999 las 46.420 ha, lo que representa un 3,3% de la superficie provincial. Es de destacar que, más del 80% de la superficie sellada, se asienta sobre suelos de una calidad excelente para la agricultura. El ritmo de sellado en el periodo 1991-1999 alcanza las 3,2 hectáreas/día, valor todavía alejado de la mayoría de los países de la Europa del norte. No obstante, cabe destacar que, en términos relativos, el sellado de suelos alcanza valores de 6 m^2/habitante/año, fiel reflejo de una fuerte actividad constructiva si se comparan con los 5 m^2/habitante/año de países como Alemania o Francia.

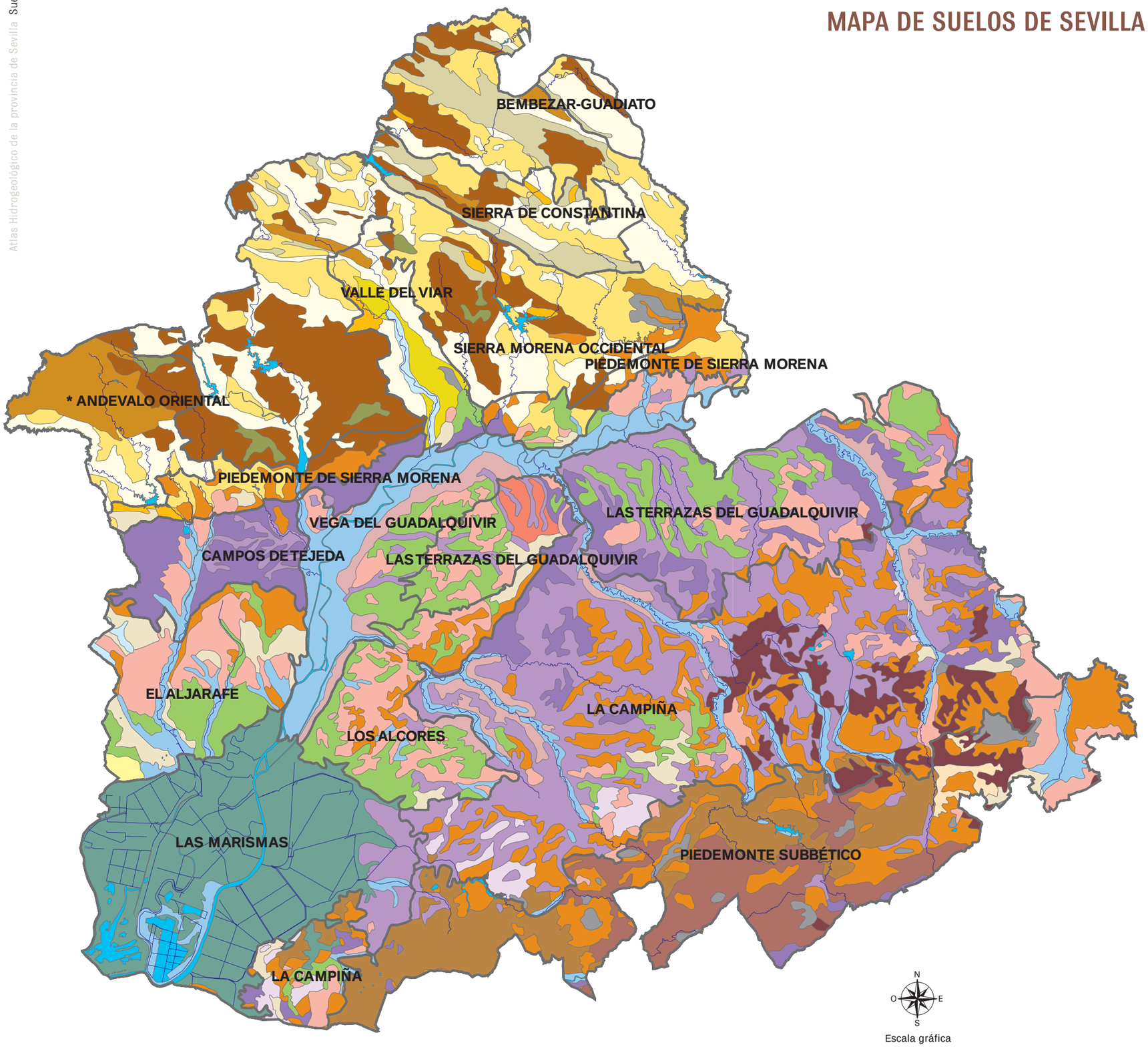
Superficies aproximadas de los distintas unidades de suelos en la provincia de Sevilla
(% sobre superficie provincial)

Arenosoles álbicos	0,02
Cambisoles cálcicos	12,93
Cambisoles eútricos	10,16
Cambisoles vérticos	5,42
Fluvisoles calcáreos	6,45
Fluvisoles eútricos	0,25
Litosoles	4,54
Luvisoles cálcicos	5,13
Luvisoles crómicos	5,89
Luvisoles gleicos	2,11
Luvisoles órticos	2,08
Luvisoles plínticos	1,26
Planosoles eútricos	3,16
Rankers	0,55
Regosoles calcáreos	7,50
Regosoles dístricos	0,04
Regosoles eútricos	6,31
Rendsinas	0,41
Solonchaks gleicos	3,07
Solonchaks takíricos	4,61
Vertisoles crómicos	8,83
Vertisoles pélicos	8,13
Ríos, lagunas y embalses	1,15

Superficies aproximadas de los distintas unidades cartográficas de suelos en la provincia de Sevilla
(% sobre superficie provincial)

Cambisoles cálcicos	1,9
Cambisoles cálcicos y regosoles calcáreos	3,0
Cambisoles cálcicos, luvisoles cálcicos y luvisoles crómicos	2,4
Cambisoles cálcicos, luvisoles cálcicos y luvisoles crómicos	1,9
Cambisoles eútricos, luvisoles crómicos y luvisoles órticos	7,0
Cambisoles eútricos, rankers y luvisoles órticos	1,8
Cambisoles eútricos, regosoles eútricos y litosoles	6,4
Cambisoles eútricos, regosoles eútricos y luvisoles crómicos	0,4
Cambisoles vérticos, vértisoles crómicos y cambisoles cálcicos	4,5
Fluvisoles calcáreos	6,4
Fluvisoles eútricos	0,3
Litosoles, luvisoles crómicos y rendsinas	0,7
Luvisoles cálcicos, cambisoles cálcicos y luvisoles crómicos	7,3
Luvisoles cálcicos, luvisoles crómicos y luvisoles gleicos	0,4
Luvisoles crómicos, cambisoles eútricos y litosoles	2,1
Luvisoles órticos y luvisoles gleicos	0,3
Planosoles eútricos, luvisoles gleicos y luvisoles plínticos	6,3
Regosoles calcáreos y cambisoles cálcicos	10,0
Regosoles calcáreos y litosoles	0,2
Regosoles eútricos, cambisoles eútricos y luvisoles órticos	0,6
Regosoles eútricos, litosoles y cambisoles eútricos	7,9
Regosoles eútricos, regosoles dístricos y arenosoles álbicos	0,1
Solonchaks takíricos y solonchaks gleicos	7,7
Vertisoles crómicos y cambisoles vérticos	5,5
Vertisoles pélicos y vertisoles crómicos	12,8
Vertisoles pélicos, rendsinas y regosoles calcáreos	0,9
Rios, lagunas y embalses	1,1

MAPA DE SUELOS DE SEVILLA



- Fluvisoles éutricos
- Fluvisoles calcáreos
- Regosoles éutricos, Regosoles dístricos y Arenosoles álbicos
- Regosoles éutricos, Litosoles y Cambisoles éutricos
- Regosoles éutricos, Cambisoles éutricos y Luvisoles órticos
- Regosoles cálcareos y Litosoles
- Regosoles cálcareos y Cambisoles cálcicos
- Litosoles, Luvisoles crómicos y Rendsinas
- Vertisoles pélicos, Rendsinas y Regosoles cálcareos
- Vertisoles pélicos y Vertisoles crómicos
- Vertisoles crómicos y Cambisoles vérticos
- Solonchaks takíricos y Solonchaks gleicos
- Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos y Litosoles
- Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos y Luvisoles crómicos
- Cambisoles éutricos, Rankers y Luvisoles órticos
- Cambisoles éutricos, Luvisoles crómicos y Luvisoles órticos
- Cambisoles cálcicos
- Cambisoles cálcicos y Regosoles calcáreos
- Cambisoles cálcicos, Regosoles calcáreos y Litosoles
- Cambisoles cálcicos, Luvisoles cálcicos y Luvisoles crómicos
- Cambisoles vérticos, Vertisoles crómicos y Cambisoles cálcicos
- Luvisoles órticos y Luvisoles gleicos
- Luvisoles crómicos, Cambisoles éutricos y Litosoles
- Luvisoles cálcicos, Cambisoles cálcicos y Luvisoles crómicos
- Luvisoles cálcicos, Luvisoles crómicos y Luvisoles gleicos
- Planosoles éutricos, Luvisoles gleicos y Luvisoles plínticos
- Embalses, ríos y lagunas

* Unidad de ámbito supraprovincial

N
O E
S

Escala gráfica

10 0 10 20 30 40 50 km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

VER NAVEGACION

Climatología

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACION DE SEVILLA

Año Internacional del Agua Dulce 2003

Climatología

6.1. INTRODUCCIÓN

La información estadística correspondiente al presente estudio climático se ha elaborado a partir de los datos del Sistema de Información Medioambiental de Andalucía y del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Concretamente, se han considerado cuatro estaciones climatológicas, todas ellas de carácter termo-pluviométrico, que han sido elegidas por ser representativas de las principales zonas geográficas de la provincia de Sevilla. Las estaciones seleccionadas han sido las siguientes:

- Constantina, como estación representativa de la Sierra Norte.
- En la depresión del Guadalquivir, teniendo en cuenta su extensión superficial, se han elegido dos estaciones: Écija, en el tramo medio-bajo del Guadalquivir, y Sevilla Aeropuerto, en el Bajo Guadalquivir.
- La estación de El Saucejo, para la Sierra Sur.

A continuación, se muestra la relación de estaciones utilizadas, indicándose las coordenadas UTM, altitud y años de registro de cada una de ellas.

Índice general de estaciones utilizadas

Nombre Estación	Coordenadas UTM (m)			Serie Termométrica	Serie Pluviométrica
	X	Y	Z	AÑOS DE REGISTRO	
Constantina	2.694.365	41.951.010	556	1951 - 1992	1953 - 1997
Écija	3.160.166	41.567.610	110	1951 - 1985	1951 - 1985
Sevilla, Aeropuerto	2.436.900	41.455.650	25	1952 - 1998	1953 - 1998
El Saucejo	3.135.171	41.050.100	531	1953 - 1989	1951 - 1989

Fuente: Sinamba, Junta de Andalucía

En este punto, cabe mencionar que las cuatro estaciones seleccionadas, aunque representativas de la mayor parte del territorio, no reflejan en su totalidad la diversidad climática de toda la provincia. Por esta razón, la información estadística se complementa con mapas confeccionados a partir de la cartografía perteneciente al Plan de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Temperaturas medias mensuales y media anual

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Constantina	9,6	11,1	13,3	16	18,5	23,3	26,9	26,5	23,8	19,2	14,2	10,1	17,7
Écija	10,1	11,2	13,8	16,2	20,0	24,5	27,8	28,0	25,1	19,2	13,9	10,5	18,4
Sevilla, Aeropuerto	10,6	11,9	14,2	16,3	19,7	23,7	27,1	27,0	24,5	19,5	14,5	11,2	18,3
El Saucejo	9,1	10	12,4	14,6	18,5	22,3	26,1	26,1	22,6	17,7	12,2	8,9	16,7

Pluviometría media mensual y media anual de las estaciones seleccionadas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Constantina	148,2	109,1	90,5	81,8	59,8	32,1	4,5	6,7	25,2	100,0	130,7	172,7	961,3
Écija	75,3	66,7	60,4	47,0	31,3	22,8	2,1	5,1	21,9	51,6	74,5	78,7	537,4
Sevilla, Aeropuerto	84,3	69,1	58,2	55,20	31,0	17,7	2,0	6,1	20,1	60,9	80,6	90,0	575,2
El Saucejo	91,0	81,5	75,6	56,3	38,9	15,5	3,9	6,8	24,7	59,2	98,7	112,2	664,3

Embalse José Tarán (2)

6.2. RÉGIMEN DE TEMPERATURAS

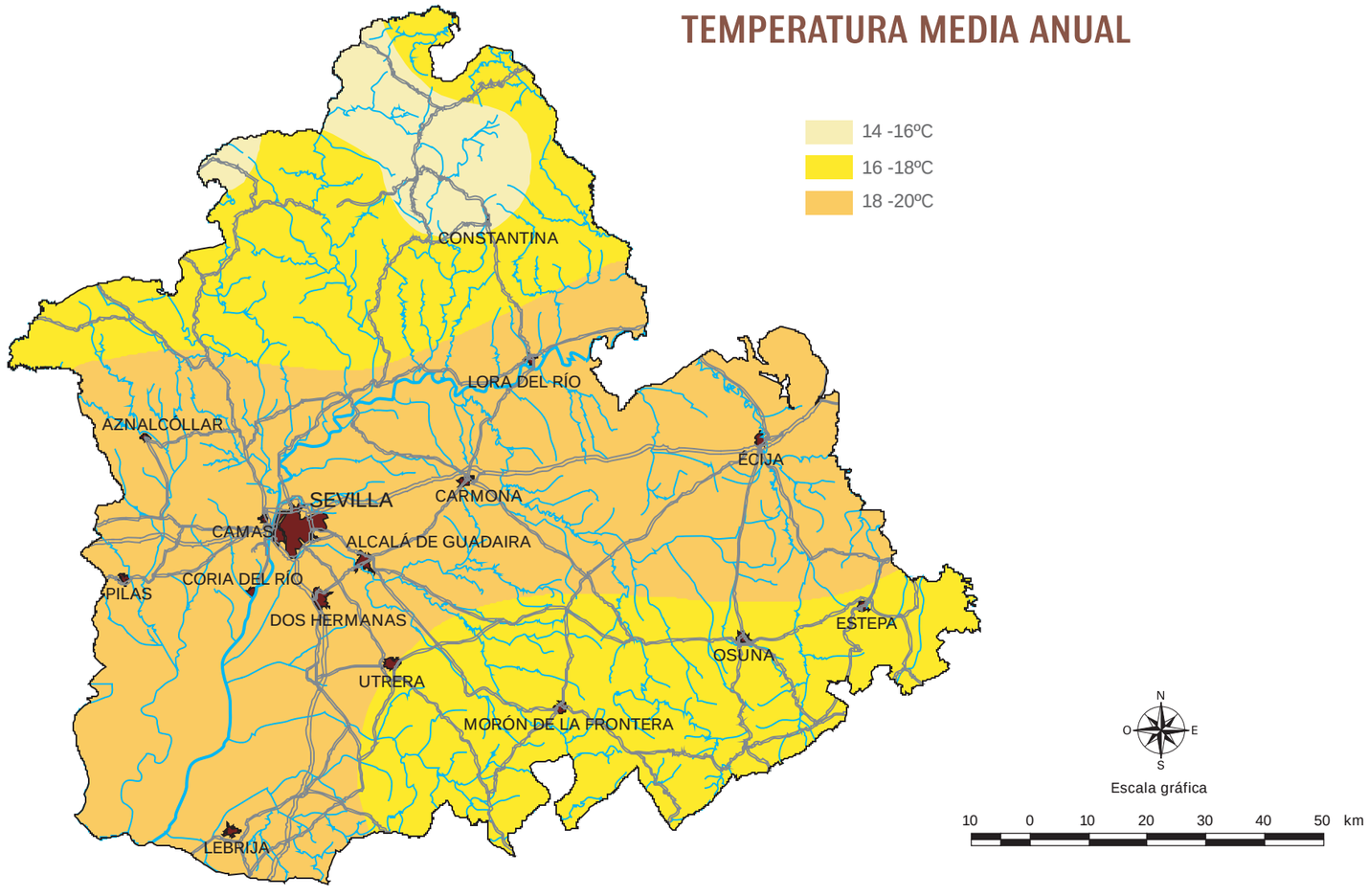
La temperatura media anual destaca por alcanzar valores relativamente homogéneos y generalmente elevados en todo el territorio provincial (superior a los 14ºC). Las variaciones espaciales son debidas principalmente a las características geográficas y especialmente a la cota sobre el nivel del mar. Así, en la depresión del Guadalquivir se dan valores superiores a los 18ºC, mientras que en las zonas serranas, tanto en la Sierra Norte como en la Sierra Sur, la temperatura media anual está comprendida, por lo general, entre 16 y 18ºC, llegando en las zonas de mayor altura a estar comprendida entre 14 y 16ºC.

Los meses más fríos son diciembre y enero, en los que las temperaturas medias no son excesivamente bajas, entre 9 y 11ºC para la mayor parte del territorio, aunque en algunas zonas interiores de sierra llegan a ser inferiores a 7ºC.

Los meses de julio y agosto son los meses más cálidos, con temperaturas medias alrededor de los 26ºC y que oscilan entre valores extremos inferiores a los 23ºC en zonas de la Sierra Norte y superiores a los 29ºC en diversas zonas del Valle del Guadalquivir.

En términos absolutos, la temperatura máxima supera habitualmente los 40ºC en el valle del Guadalquivir y la mínima, en la Sierra Norte, puede llegar a ser inferior a -6ºC.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL



Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2001

6.3. RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO

Como se puede apreciar en el correspondiente mapa y en los valores de pluviometría media consignados, la precipitación media anual en la mayoría de la superficie de la provincia de Sevilla está comprendida entre los 500 y 700 mm, si bien en algunas zonas de la depresión del Guadalquivir se supera ligeramente los 400 mm, mientras que en otras zonas de la Sierra Norte se sobrepasan los 1.000 mm.

A lo largo del año, las lluvias se concentran en los meses de otoño e invierno, con descensos en primavera y una prolongada época de marcada sequía en el periodo estival.

En cuanto a las precipitaciones máximas en 24 horas, hay zonas de la Sierra Norte y Aljarafe, en las que la lluvia prevista para un periodo de retorno de 100 años es superior a 150 mm, e incluso llega a sobrepasar los 200 mm en determinadas localizaciones de la Sierra Sur de Sevilla.

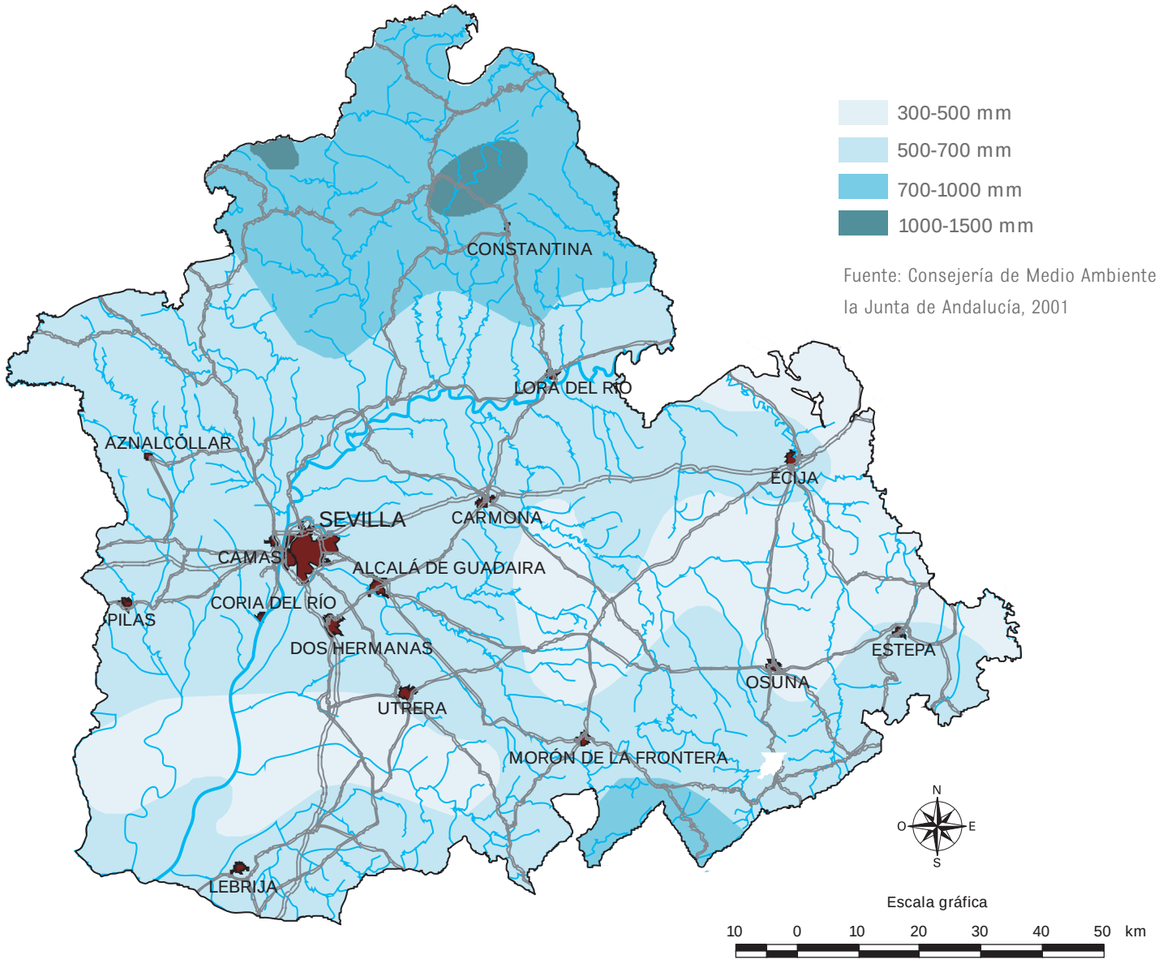
6.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN Y BALANCE HÍDRICO

La evapotranspiración media anual de la provincia de Sevilla, se caracteriza por alcanzar valores considerablemente elevados. En todo el territorio provincial, salvo en una pequeña zona de la Sierra Norte, se superan los 850 mm anuales de media, llegándose en amplias zonas de la Depresión del Guadalquivir a sobrepasar el valor de 1.000 mm.

Lógicamente los máximos mensuales de evapotranspiración potencial se producen en los meses de verano, siendo ésta mínima en el periodo invernal.

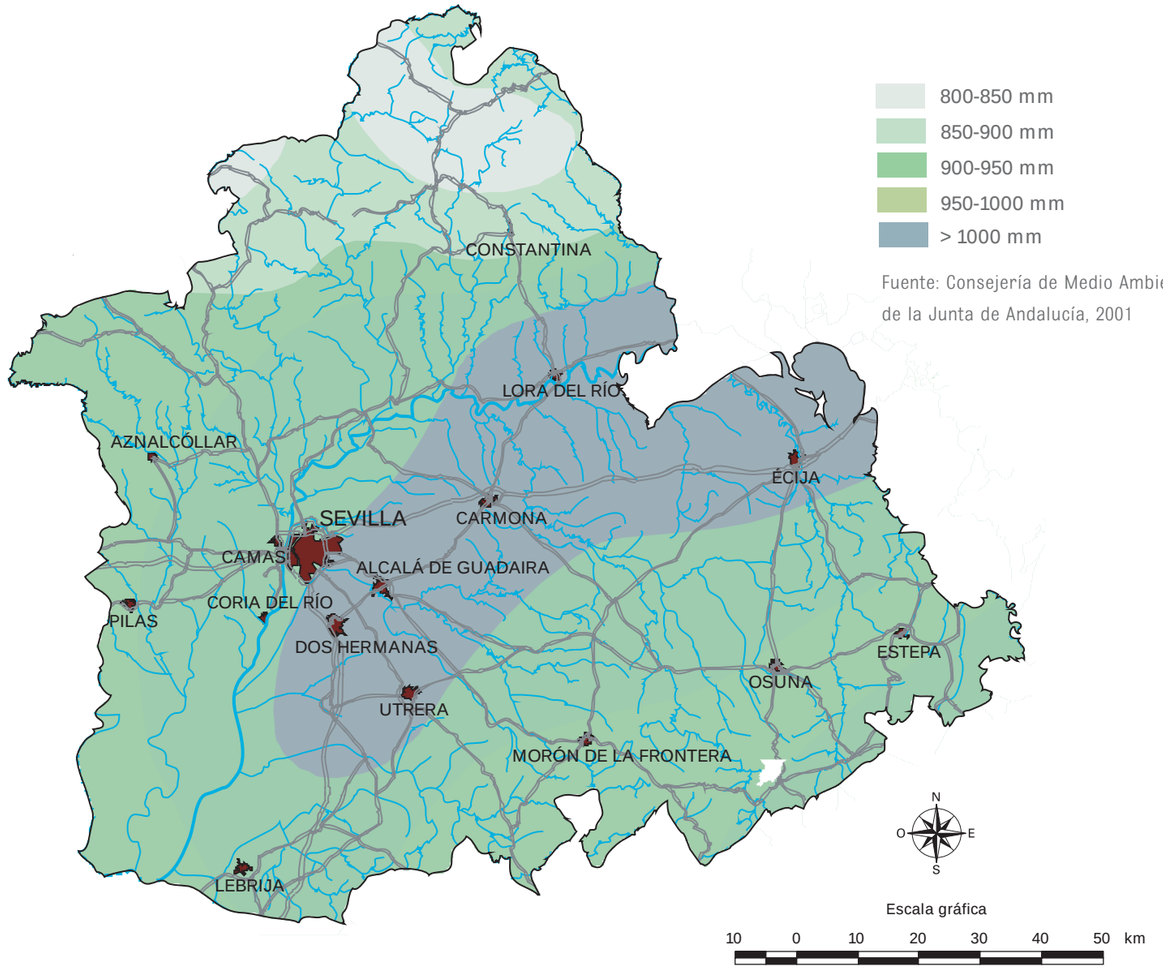
En lo referente al Balance Hídrico, esta alta evapotranspiración unida al régimen pluviométrico descrito anteriormente, provoca un marcado déficit anual, que se concentra en los meses de primavera y, fundamentalmente, en todo el verano. Lógicamente, el déficit hídrico, aunque importante, es menos acusado en las zonas de sierra, ya que a ello contribuye la suma de la mayor pluviometría con una menor evapotranspiración. Por el contrario, en el resto del territorio, fundamentalmente las zonas mas interiores de la depresión del Guadalquivir, estas dos condiciones se presentan de forma inversa (menor pluviometría y mayor evapotranspiración), por lo que la falta de disponibilidad de agua, si cabe, es mayor.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL



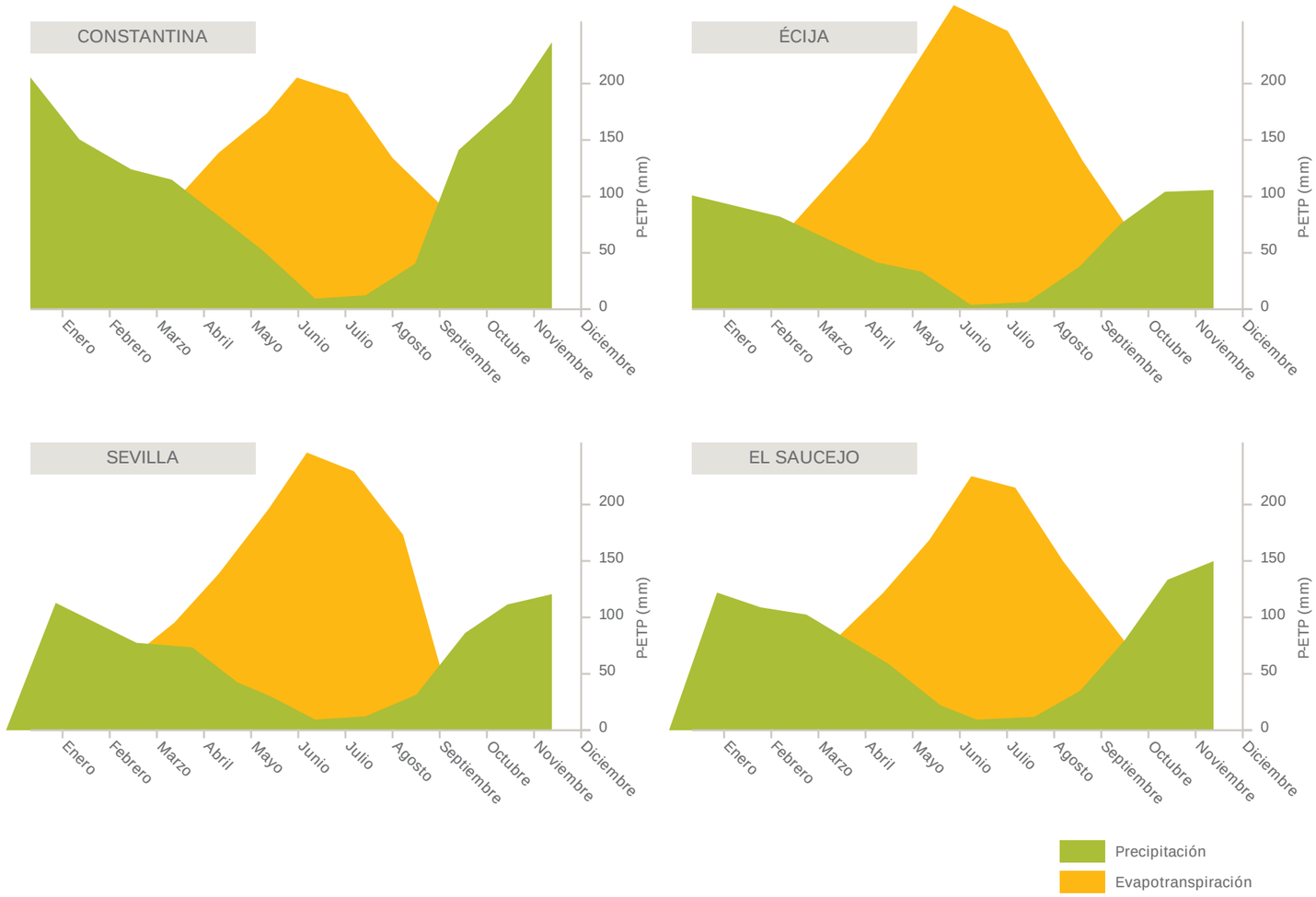
Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2001

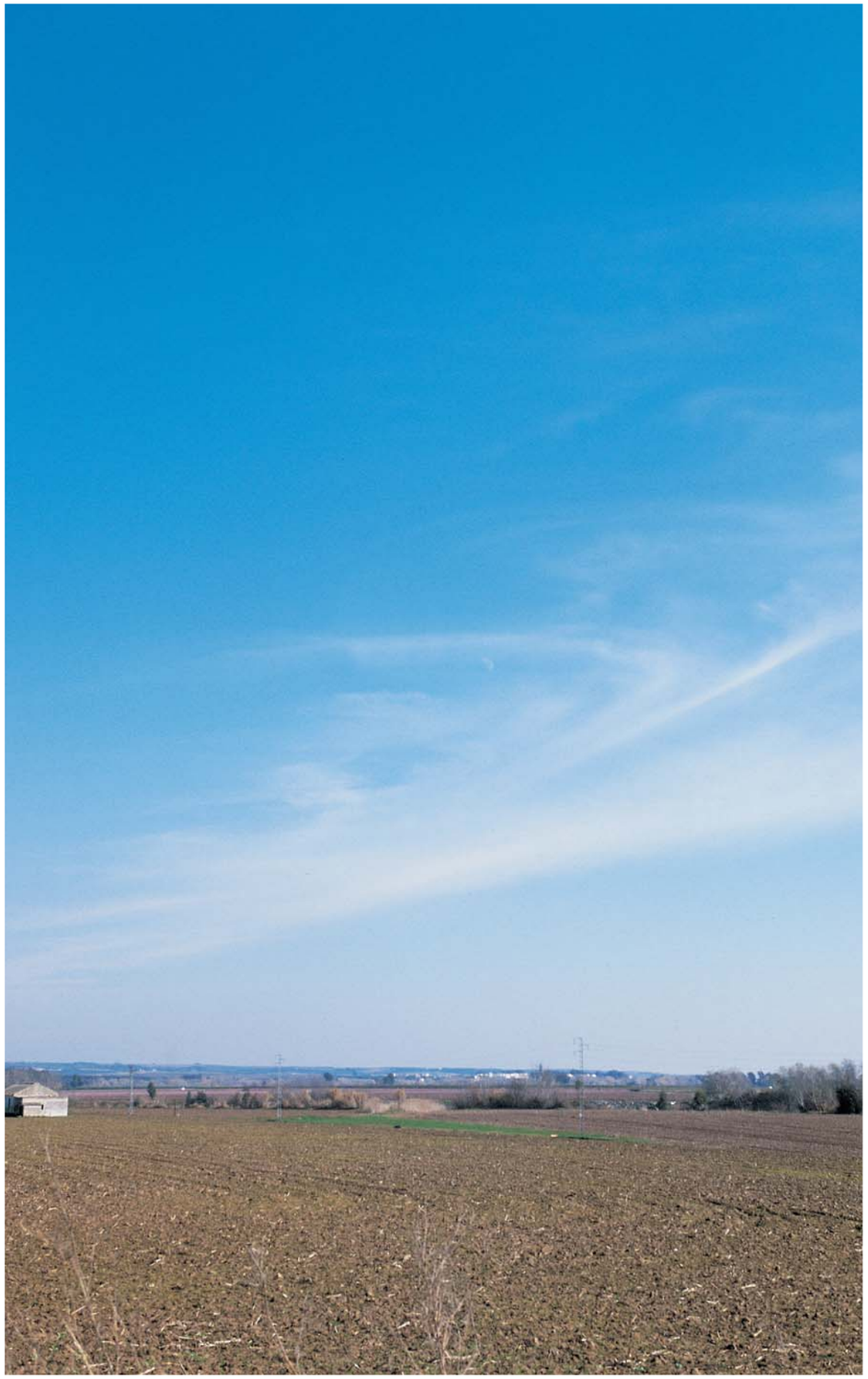
EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA ANUAL



Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2001

Gráficos comparativos de precipitación - evapotranspiración potencial en las estaciones seleccionadas





Típica situación anticiclónica invernal, con cielo casi despejado y algunas nubes altas tipo cirro.
Valle del Guadalquivir (1).

6.5. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Como resumen de lo expuesto en el presente capítulo, el clima de la provincia de Sevilla se clasifica dentro del tipo Mediterráneo, con dos variantes en función de la localización geográfica:

- Mediterráneo semiárido en la Sierra Norte
- Mediterráneo continental en el resto de la provincia (es decir, la depresión del Guadalquivir y sur de la provincia)

Por otro lado, desde el punto de vista agroclimático y siguiendo la clasificación de Papadakis, el clima de la provincia de Sevilla presenta las siguientes características:

- Tipo de invierno: Citrus
- Tipo de verano: Algodón más cálido
- Régimen de humedad: Mediterráneo seco
- Régimen térmico: Subtropical más cálido

De acuerdo con estas características, el tipo agroclimático de la provincia de Sevilla es Mediterráneo Subtropical.

Sierra Esparteros (vista desde el Sur) (2)

VER NAVEGACION

Hidrografía e hidrología superficial

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Hidrografía e hidrología superficial

7.1. RED HIDROGRÁFICA

La red hidrográfica de la provincia de Sevilla se vertebra en torno al cauce del río Guadalquivir, que la atraviesa describiendo un gran arco de parábola que se inicia en Peñaflor, con rumbo Oeste y va girando hacia el Sudoeste hasta Alcalá del Río, tomando desde allí una orientación franca Sudsudoeste, apuntando hacia su desembocadura en Sanlúcar de Barrameda.

El cauce responde a las características de un río de llanura, con abundantes meandros: unos activos y otros abandonados, segados éstos por numerosas cortas que responden bien a causas naturales, bien a obras realizadas por el hombre a lo largo del siglo pasado, con objeto de mejorar las condiciones de desagüe de las crecidas o de facilitar la navegación hasta el puerto fluvial de Sevilla.

Estas cortas han dado lugar a numerosas islas y a cauces abandonados que se integran en la llanura de inundación. De entre ellas cabe citarlas Cortas de la Cartuja, la de Tablada, construidas para alejar de la ciudad el riesgo de las crecidas del Guadalquivir, la de Los Jerónimos, para mejorar las condiciones de navegación, existiendo además otras de menor entidad, como las de la Punta del Verde, Olivillos y La Isleta, que enderezan antiguos cambios bruscos que existían en el canal de navegación.

Embalse de José Torán (3)

En el tramo comprendido en la provincia de Sevilla, existen dos presas sobre el Guadalquivir, la de Cantillana y la de Alcalá del Río, cuyo único objeto es el de crear salto para producir energía eléctrica al turbinar los caudales circulantes. A partir de ésta última el cauce se convierte en estuario, llegando la onda de marea hasta el pie mismo de la presa.

A lo largo del tramo, recibe el Guadalquivir numerosos afluentes de características muy diferenciadas entre los de la margen derecha y los de la izquierda.

Los afluentes de la margen derecha drenan la Sierra Norte de la provincia y se caracterizan por sus considerables pendientes y sus estrechos valles que propician la construcción de presas de embalse que regulan sus aguas, de excelente calidad tanto para la agricultura como para el abastecimiento humano.

Entre ellos hay que destacar, de aguas arriba a aguas abajo: el Retortillo, que limita las provincias de Sevilla y Córdoba, con el Embalse del Retortillo; el Guadalbacar, con el embalse José Torán; la Rivera de Huesna, con el embalse del Huesna; el Viar, con los embalses de El Pintado y de Los Melonares (este último actualmente en construcción); la Rivera de Huelva, con los embalses de Aracena y Zufre en la provincia de Huelva y los de La Minilla y El Gergal en la de Sevilla, que constituyen la principal fuente de abastecimiento para Sevilla y su área metropolitana; y, por último, el Guadiamar (víctima reciente del desastre ecológico causado por la rotura de la balsa de Aznalcóllar y hoy día rápida y felizmente restaurado), con el embalse del Agrio en cabecera y que se encuentra encauzado en la zona de marismas hasta desembocar en el Brazo de la Torre.

Los afluentes de la margen izquierda, por el contrario, presentan cursos sinuosos con escasa pendiente y sus aguas son de calidad inferior, en muchos casos salobres, lo que se refleja en su toponimia en la que abundan las denominaciones de "Salado de ..."

El más importante es el río Genil, que en su tramo final se encuentra en el límite entre las provincias de Sevilla y Córdoba, cruzando repetidas veces el límite provincial, decidiéndose por fin a entregar sus aguas al Guadalquivir en esta última provincia, que extiende sus límites hacia el interior de la de Sevilla para recogerlas.

Desembocan también por la margen izquierda, el arroyo Madrefuentes; el río Corbones, con el embalse de La Puebla de Cazalla; el arroyo del Tamarguillo que, a pesar de su pequeñez, inundó Sevilla el año 1961, el río Guadaira, cuyo cauce en otros tiempos rodeó la ciudad de Sevilla y que hoy día se encuentra encauzado desembocando varios kilómetros aguas abajo; y, ya en zona de marismas, desembocan el Caño de la Vera, el Salado de Morón - cuyo curso superior está regulado por el embalse de La Torre del Águila - y, por último, el Salado de Lebrija.

7.2. EL RÉGIMEN DE LOS RÍOS SEVILLANOS

Los afluentes de la margen derecha, con su extremada irregularidad y sus cuencas de fuertes pendientes y terrenos impermeables, imprimen al Guadalquivir el carácter de río de frecuentes y violentas avenidas. Los de la margen izquierda, discurren por materiales permeables y presentan amplias llanuras de inundación, lo que constituye un considerable elemento autorregulador ante las avenidas.

El gran número de embalses construidos en los últimos años ha contribuido a paliar los efectos de temporales que, en los años sesenta, hubieran resultado desastrosos, mediante la adopción de resguardos (volumen vacío para laminación de avenidas) durante el período de llenado. En el cuadro que aparece a continuación se relacionan los principales embalses de la provincia, indicando su capacidad y el uso a que se destinan.

Río Guadalquivir, entre Tocina y Villanueva de Río y Minas y puente de la línea de ferrocarril Mérida - Sevilla (1)

Presa de Alcalá del Río (1)

Principales embalses de la provincia de Sevilla

Embalse	Río	hm^3	Usos
Retortillo	Retortillo	61,2	Abastecimiento al Consorcio de Écija y riego
Retortillo (Derivación)	Retortillo	3,8	Abastecimiento al Consorcio de Écija y riego
José Torán	Ayo. Guadalbacar	113,2	Abastecimiento a Lora del Río y riego
Huesna	Rivera de Huesna	138,4	Abastecimiento al Consorcio del Huesna
El Pintado	Viar	212,8	Riego
Cala	Rivera de Cala	58,8	Producción de energía
La Minilla	Rivera de Huelva	57,8	Abastecimiento a Sevilla
El Gergal	Rivera de Huelva	35,0	Abastecimiento a Sevilla
Agrio*	Agrio	20,3	Abastecimiento a Aznalcóllar y uso ecológico*
Cordobilla	Genil	33,1	Riego y producción de energía
Puebla de Cazalla	Corbones	73,7	Riego
Torre del Águila	Salado de Morón	64,4	Riego
Cantillana	Guadalquivir	14,0	Producción de energía
Alcalá del Río	Guadalquivir	20,4	Producción de energía
Capacidad total		906,9	

* Antes del cierre de la Mina de Aznalcóllar: abastecimiento a Aznalcóllar y uso minero

RED HIDROGRÁFICA Y EMBALSES

Límites Administrativos

PROVINCIAL

Límites Hidrográficos

CUENCA DEL GUADALQUIVIR

Información Hidráulica

Ríos Río Bembézar

Embalses

Infraestructura Existente: Embalse de Negratín

Infraestructura Futura: Embalse de San Clemente

Escala gráfica

10 0 10 20 30 40 50 Km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Geología

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Geología

La provincia de Sevilla goza de una extraordinaria riqueza geológica, que condiciona las características hidrogeológicas de la misma. Desde el punto de vista litoestratigráfico, es decir, los rasgos físicos y descriptivos de sus rocas, se pueden distinguir cuatro zonas distintas.

La litología y estructura de las dos primeras zonas, Sierra Norte y Faja Pirítica, son complejas. Los materiales, incluidos en el dominio morfoestructural del Macizo Hespérico Meridional, están intensamente plegados y fracturados, afectados principalmente por la orogenia hercínica. El grado de metamorfismo de las rocas es variable, desde bajo grado hasta alto. Hay numerosos indicios de yacimientos mineros metálicos y antiguas minas –la gran mayoría actualmente inactivas-, ligados a la actividad magmática herciniana, bien a plutones intrusivos , bien a la actividad volcánica.

La primera zona, la Sierra Norte de Sevilla, está formada principalmente por rocas antiguas, paleozoicas, con más de 590 millones de años (590 MA) de antigüedad, que llegan hasta el Precámbrico superior, y por rocas del período Cámbrico (500 a 590 MA) dominantes. Entre estas últimas resaltan, por su interés hidrogeológico, especialmente para los abastecimientos de agua urbanos, las formaciones de carbonatos cámbricos (calizas, dolomías, mármoles), que son permeables por karstificación. La Sierra Norte de Sevilla queda incluida, según la tradicional división por zonas del Macizo Hespérico, dentro de la denominada *zona de Ossa-Morena.*

La segunda zona, al oeste de la Sierra Norte y en el noroeste de la provincia, está formada por rocas paleozoicas que constituyen la parte más oriental de la Faja Pirítica. La edad de sus rocas abarca desde el Devónico al Carbonífero (360 a 320 MA). Su característica fundamental es el carácter volcánico submarino y, a la vez, sedimentario. Constituyen lo que se denomina “Complejo Vulcanosedimentario” o CVS. El metamorfismo es de grado bajo. Existen importantes yacimientos de sulfuros masivos y complejos de piritas con cobre, zinc, plomo y plata ligados al Complejo Vulcanosedimentario por procesos exhalativos. En la Faja Pirítica prácticamente hay ausencia de calizas. El carácter de los materiales es en general impermeable. Pertenece a la zona Surportuguesa del Macizo Hespérico.

La tercera zona son las rocas, de notable importancia hidrogeológica, del Valle del Guadalquivir. Se trata de rocas o sedimentos más modernos, de los períodos Terciario y Cuaternario (desde 65 MA a la época reciente). Estos materiales están muy poco o nada deformados. Destacan, entre otros, calizas y calcarenitas permeables, margas impermeables del Mioceno y los materiales permeables aluviales y terrazas del Cuaternario. Todas estas formaciones reposan en gran parte sobre los materiales paleozoicos de la Sierra Norte, que constituyen su basamento o zócalo. Una característica peculiar e importante es que en la Depresión del Guadalquivir se alojan también terrenos procedentes de la zona Subbética, los olitostromas, los cuales se trasladaron por gravedad a partir del Mioceno inferior.

Por último, al sur del Valle del Guadalquivir, se extiende la zona Subbética, que incluye la Sierra Sur de Sevilla y la Sierra de Estepa, donde afloran las margas y arcillas impermeables del Triásico, las calizas permeables del Jurásico, así como las rocas del sistema Terciario, entre las que se encuentran las albarizas, impermeables o poco permeables. Son terrenos afectados por deformaciones de la orogenia alpina, durante el Cretácico, Eoceno y con posterioridad, cuando se produjo la fase de deformación principal alpina. También hay formaciones permeables del Neógeno (1,8 a 25 MA), constituidas por areniscas, arenas, margas arenosas, calizas y depósitos aluviales del Cuaternario con menor representación.

8.1. LA SIERRA NORTE DE SEVILLA

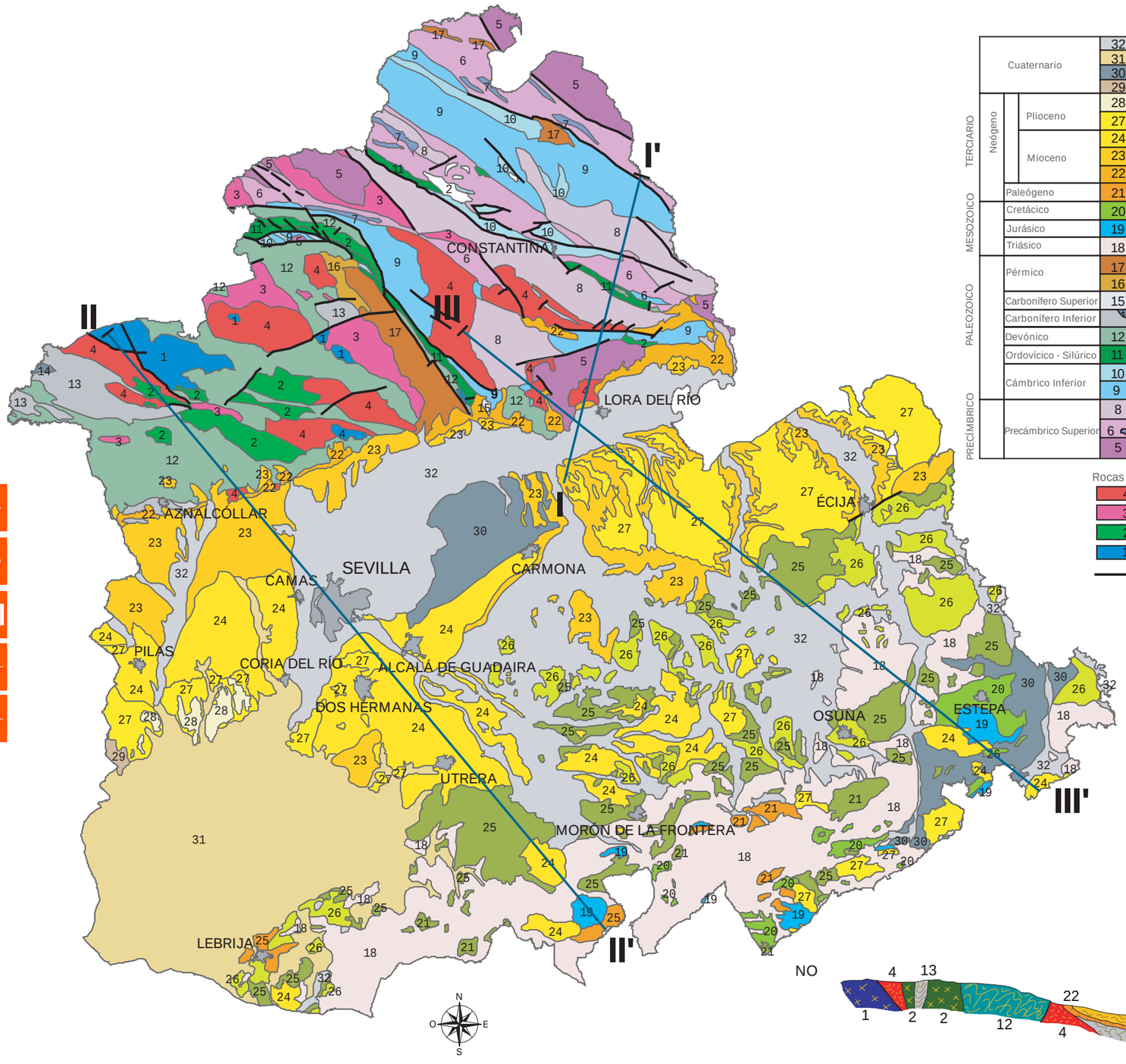
Al norte del río Guadalquivir y de los sedimentos de la Era Cenozoica (Terciario y Cuaternario) que lo circundan, se encuentra la Sierra Norte de Sevilla, constituida casi exclusivamente por rocas de la Era Paleozoica, de más de 250 millones de años hasta el Precámbrico superior (590 MA). La Sierra Norte de Sevilla forma parte del Macizo Hespérico o Ibérico y , dentro de él, de una zona geológica muy compleja llamada Ossa-Morena, que se extiende desde Portugal por toda la Sierra Morena española, en dirección noroeste a sudeste.

En la descripción que sigue se exponen los tramos litoestratigráficos de forma generalizada, pues no todos se encuentran -más bien, eso es la excepción- por la existencia de lagunas estratigráficas, discordancias y las complicaciones tectónicas de la zona. Por ello, la Sierra Norte ,al igual que toda la Ossa-Morena, de la que forma parte, se ha dividido en “dominios” y “unidades estructurales” con facies y disposiciones estratigráficas y tectónicas distintas, y que no se representan, sin embargo, en el mapa, dada su escala y objetivos.

Granito de grano grueso y composición cuarzo-diorítica. El Pedroso (1)

VER NAVEGACION

SÍNTESIS GEOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE SEVILLA



	Cuaternario	32	32 Aluviones, coluviones: limos, gravas, arenas, arcillas
		31	31 Limos, arcillas, arenas, gravas (Formación de Marismas)
		30	30 Gravas, arenas, limos y arcillas de terrazas fluviales
		29	29 Formación de arenas eólicas y dunas antiguas
TERCIARIO	Neógeno – Plioceno	28	28 Conglomerados, limos, arcillas rojas
		27	27 Arenas, gravas, conglomerados, arcillas rojizas (Formación de Arenas Basales)
	Neógeno – Mioceno	24	26 Formación Alóctona. Olistostromas: margas, margocalizas, calizas arrecifales (Mioceno superior)
		23	25 Formación Parautóctona. Albarizas: margocalizas, margas, calizas, arenas silíceas (Mioceno inferior y Mioceno superior)
		22	24 Calcarenitas y limos arenosos amarillos 23 Margas grises y azuladas, limos arcillosos, l·minas de yeso (Tortoniense)
	Paleógeno	21	22 Conglomerados, brechas calcáreas con conchas, biocalcarenitas, calizas conglomeráticas (Mioceno de Base)
MESOZOICO	Cretácico	20	21 Margas y margocalizas pelágicas
	Jurásico	19	20 Margas, margocalizas, calizas margosas, calizas margoso-arcillosas
	Triásico	18	19 Dolomías, calizas, mármoles
PALEOZOICO	Pérmico	17	18 Arcillas, margas versicolores con yesos, areniscas, calizas, ofitas
		16	17 Conglomerados y areniscas rojas, argilitas, calizas brechoides (Formación del Viar)
	Carbonífero Superior	15	16 Lavas y espilitas (tramo volcánico de la Formación del Viar)
	Carbonífero Inferior	14	15 Areniscas, pizarras, lechos de carbón, conglomerados
	Devónico	12	14 Pizarras, grauvacas (Culm)
	Ordovícico - Silúrico	11	13 Complejo Vulcano-Sedimentario: tobas, pizarras, riolitas, andesitas, aglomerados
	Cámbrico Inferior	10	12 Pizarras, grauvacas, cuarcitas
		9	11 Pizarras, areniscas, cuarcitas, filitas, algunas calizas marmóreas intercaladas
PRECÍMBRICO	Precámbrico Superior	8	10 Bancos de calizas masivas
		7	9 Pizarras, arcosas, grauvacas, volcanitas básicas con niveles de carbonatos
		6	8 Pizarras, grauvacas, esquistos, arcosas, neises, conglomerados (incluye la Formación de Torreárboles)
		5	7 Calizas 6 Complejo Vulcano-Sedimentario: conglomerados, pizarras, tobas, vulcanitas, epiclastitas, esquistos 5 Series Negras: pizarras, grauvacas, liditas, cuarcitas, neises, anfibolitas, migmatitas (macizo de Lora del Río)

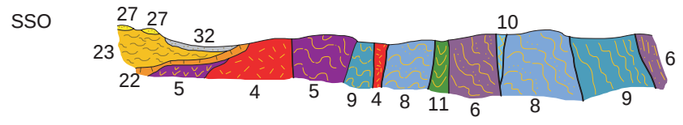
Rocas intrusivas

- 4 Granitoides, granitos, granitos biotíticos
- 3 Granodioritas
- 2 Dioritas y diabasas
- 1 Gabros

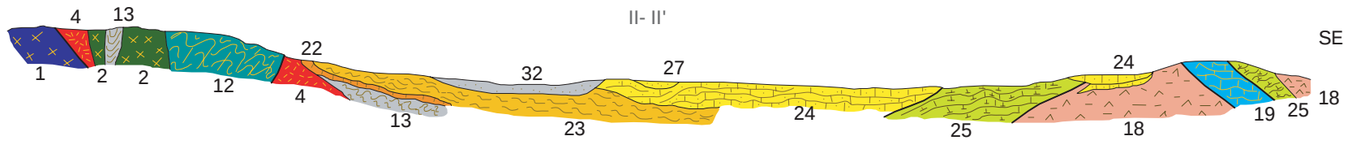
Fallas y contactos mecánicos

CORTES GEOLÓGICOS

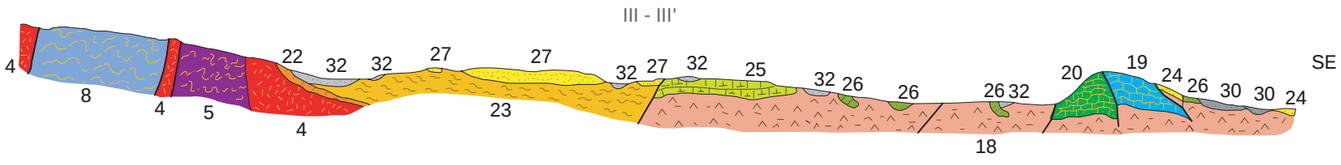
I - I'



II- II'



III - III'



Escala horizontal de los cortes 5 0 5 10 15 20 25 Km

Escala vertical de los cortes 0 50 100 m

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA · Instituto Geológico y Minero de España · DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Pizarras rítmicas de la base de la Serie de Campoallá (Cámbrico inferior). Constantina. (1)

ROCAS DEL SISTEMA PRECÁMBRICO SUPERIOR (590 Ma) (5, 6, 7, 8)

Los terrenos del Precámbrico superior comprenden cuatro formaciones litológicamente impermeables que, de muro a techo, es decir, desde la más antigua y estratigráficamente más baja hasta la más moderna y más alta, se conocen como Formaciones de Montemolín, Tentudía, Malcocinado y Torreárboles, nombres referidos a los lugares donde se establecieron estas unidades litoestratigráficas básicas.

La denominación de "Serie Negra" (5) se aplica para designar un conjunto de pizarras y grauvacas, esquistos grafitosos, cuarcitas negras, liditas, todos con colores negros dominantes y que se corresponden estratigráficamente con una o varias de las Formaciones de Montemolín y Malcocinado indicadas.

Las litologías de las tres primeras formaciones tienen un componente de rocas volcánicas (6). En la Formación de Montemolín aparecen: esquistos, neises e intercalaciones de anfibolitas y ortoneises. En la Formación de Tentudía: pizarras, esquistos, grauvacas y tobas volcánicas. Y en la Formación de Malcocinado: conglomerados, pizarras, tobas, epiclastitas con intercalaciones de rocas volcánicas (riolitas, basaltos, andesitas) y lentejones de calizas (7), tratándose por tanto de un conjunto mixto vulcanosedimentario.

El tramo más alto del Precámbrico superior (8) son pizarras, grauvacas, esquistos y neises e incluye, además, a la Formación de Torreárboles: conglomerados con cantos de cuarcitas, grauvacas o tobas de las formaciones inferiores, arcosas, cuarcitas y grauvacas (tramo inferior) y pizarras con areniscas intercaladas (tramo superior pelítico). Esta última formación representa el paso del Precámbrico al Cámbrico y su litología señala que hubo una transgresión general al inicio de la orogenia hercínica.

ROCAS DE LA SERIE CÁMBRICO INFERIOR DEL SISTEMA CÁMBRICO (590 A 540 Ma) (9, 10)

El Sistema Cámbrico está representado por rocas depositadas en el Cámbrico inferior o Georgiense (9, 10). No se han observado materiales estratigráficamente superiores al Georgiense, debido a la erosión asociada a los plegamientos durante la orogenia caledoniana (Fase Sárdica). Se distinguen, de muro a techo, una serie detrítica, una serie carbonatada-detrítica y la serie detrítica superior. Las dos series detríticas se incluyen dentro del término cartográfico 9.

Serie detrítica inferior o "Serie del Tambor": Conglomerados con cantos cuarcíticos blancos y cemento silíceo-areniscoso, arcosas, cuarcitas blancas, pizarras arcillosas e intercalaciones de areniscas, filitas, lentejones de calizas detríticas, volcanitas básicas. El conjunto de la serie, que es impermeable, está representado en el mapa dentro del término 9.

Serie carbonatada-detrítica o "Serie de Campoallá": Pizarras rítmicas con niveles de carbonatos, arcosas y diques básicos. Por su carácter permeable, debido a su fisuración y disolución, se han separado lentejones de calizas (10) con algas en bancos gruesos, que pasan lateralmente a calizas bioquímicas, con niveles intercalados de pizarras amarillentas y violáceas y calizas cristalinas con Arqueociátidos.

Serie detrítica superior, "Capas de Alanís" o "Benalija": Esta serie está datada mediante trilobites y se asigna al Georgiense superior. Es una formación impermeable, constituida por capas finas de pizarras margosas abigarradas, verdes o amarillentas, con intercalaciones de vulcanitas básicas y ácidas. Los carbonatos van decreciendo hacia el techo de la serie. Tampoco se diferencian y se incluyen igualmente en el término cartográfico 9 .

Las formaciones carbonatadas (10) de la serie "carbonatada-detrítica", de importancia hidrogeológica, se sitúan en la hoja geológica - y mapa topográfico nacional (MTN)- de Constantina y en la de Guadalcanal, desde Guadalcanal hasta Alanís y hasta San Nicolás del Puerto y el Cerro del Hierro.

Al oeste de Cazalla de la Sierra, en la zona del embalse del Pintado, hay calizas, pizarras y cuarcitas de la serie carbonatada, alrededor de un núcleo sinclinal ordovícico.

En la hoja de Las Navas de la Concepción, se distinguen lentejones de calizas de la serie carbonatada, en un extenso flanco anticlinal que se acuña al sudeste (unidad de Las Navas de la Concepción). En otra unidad, la de Fuente de Cantos, afloran calizas marmóreas y pizarras que se abren hacia el sudeste, dentro de la hoja de Palma del Río.

En la hoja de Ventas Quemadas, en los límites entre Constantina y Lora del Río, hay intercalaciones de calizas, dolomías y mármoles acompañados de rocas básicas, equivalente estratigráfico de la serie carbonatada.

En la hoja de Palma del Río, el Cámbrico inferior constituye un tercio de los afloramientos del Paleozoico y aflora, fundamentalmente, como materiales de la formación detrítica-carbonatada: calizas marmóreas, pizarras, niveles de metabasitas y algunos materiales de la serie detrítica superior.

ROCAS DE LOS SISTEMAS ORDOVÍCICO – SILÚRICO (500 A 410 Ma) (11)

Los materiales impermeables del Ordovícico-Silúrico son: (11) Pizarras verdes oscuras, pizarras arenosas, areniscas micáceas, calcáreas y ferruginosas, cuarcitas, areniscas, pizarras arcillosas negruzcas y liditas. Hay calizas marmóreas de estos períodos intercaladas en pizarras en el sudoeste de la hoja de Ventas Quemadas, en zonas con cabalgamientos de dirección noroeste a sudeste.

Cuarcitas del Devónico superior - Carbonífero inferior. Villanueva del Río y Minas (1)

ROCAS DE LOS SISTEMAS DEVÓNICO – CARBONÍFERO (365 A 290 Ma) (12, 15)

Los materiales devónicos (12) presentan una tipología "flyschoide" de carácter detrítico, cuarcítico y pizarroso: pizarras, grauvacas, cuarcitas, pizarras azules con calizas y rocas graníticas, lentejones de calizas, andesitas, basaltos y cuarcitas, éstas sobre todo en la base. Las litologías más típicas se encuentran en la Sierra Traviesa, al oeste de la hoja de Ventas Quemadas. Esta serie es impermeable, exceptuando pequeños lentejones calizos.

La datación de los materiales, obtenida a partir de conodontos, señala que su edad va desde el Devónico superior, (365 MA) al Carbonífero inferior. Al estar la serie bastante incompleta, se admite una discordancia Devónico-Carbonífero inferior y una laguna estratigráfica que ocupa todo el Devónico medio. Sin embargo, en la Faja Pirítica, más al oeste, sí se depositaron materiales en el Carbonífero Inferior (13 y 14).

El Carbonífero medio a superior (15) (Westfaliense a Estefaniense, de 310 a 290 Ma) está principalmente representado en la parte sur de la hoja de Ventas Quemadas, en la cubeta sinclinal del antiguo pueblo minero de Villanueva del Río y Minas. Consta, de muro a techo, de: areniscas, pizarras y lechos de carbón cubiertos por conglomerados de clastos de cuarzo y feldespatos, así como fragmentos de pizarras y areniscas unidos por una matriz arcillosa. Estos materiales son también impermeables.

ROCAS DE LOS SISTEMAS CARBONÍFERO - PÉRMICO (290 A 270 Ma) (16, 17)

Están representadas por la Formación del Viar, de naturaleza impermeable y edad Estefaniense a Pérmico inferior, que rellena un sinclinal alrededor del río Viar. De muro a techo consta de: (16) lavas y espilitas (tramo volcánico), (17) conglomerados (serie roja inferior) y la serie gris: arenas, conglomerados, argilitas-lutitas y calizas brechoides.

El flanco oeste del sinclinal del Viar reposa sobre el macizo granítico de Castilblanco, mientras que el flanco este del mismo, está afectado por un gran cabalgamiento de dirección noroeste a sudeste.

En la Sierra Norte de Sevilla, destaca el granito del Pedroso o Ventas Quemadas, que está constituido por granitos rosados, leucogranitos, granitos biotíticos y algún cuerpo de granodioritas. Se trata, en realidad, de dos grandes cuerpos o "stocks", uno con tendencia direccional hacia el sur, desde el norte de El Pedroso hasta el norte de las minas de Villanueva del Río y Minas y otra rama del stock, el granito de El Garrotal, situado al norte de la falla del Minjandre y dirección hacia el sudeste. Ambos son preorogénicos a sinorogénicos, presentan las orientaciones hercínicas y están afectados por intensas cizallas.

En la zona de Castilblanco de los Arroyos, se presentan grandes cuerpos de granitos biotíticos y de dioritas a través de la Ribera de Huelva hasta cerca del embalse de La Minilla. Al norte del embalse de Cala y El Ronquillo, hay grandes cuerpos de granitos biotíticos y granodioritas, que también afloran en la margen derecha del Viar. El emplazamiento de los macizos plutónicos es posterior a la fase de deformación principal, pues sus estructuras están rotas y no presentan orientación interna, con lo que se admite que no son sinorogénicos.

Al sur, en la hoja de Alcalá del Río, las rocas intrusivas ocupan el setenta por ciento de su superficie. Hay granitos y granodioritas sintectónicos que produjeron fenómenos de metamorfismo de contacto en los sedimentos del Devónico. Ya al final de la orogenia hercínica, tuvieron lugar intrusiones de gabros y dioritas al oeste de la hoja. El último cuerpo intruído fue el granito de Gerena, que es claramente postectónico.

En el noroeste de la hoja de Palma del Río, hay una granodiorita y pórfido felsítico post- Precámbrico, cataclastizado y milonitizado, de unos seis kilómetros de longitud y de dirección oeste-noroeste a este-sudeste.

8.2. LA FAJA PIRÍTICA EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

El extremo oriental de la Faja Pirítica aflora dentro de la provincia de Sevilla desde El Castillo de las Guardas hasta Aznalcóllar. El nombre de Faja Pirítica alude a la gran concentración de yacimientos de piritas, en una banda de unos 300 kilómetros

Conglomerados y areniscas del Pérmico. Río Viar en Cantillana (1)

de largo y 30 a 40 kilómetros de ancho, que se extiende desde Lousal en Portugal, por el Bajo Alentejo, a través de Huelva al sur de la Sierra de Aracena, hasta Aznalcóllar en Sevilla. Se sabe que se prolonga al este, cubierta por los sedimentos terciarios y cuaternarios del Valle del Guadalquivir, como lo demuestran los yacimientos de sulfuros masivos descubiertos en rocas vulcanosedimentarias bajo la cobertera miocena, cerca de Sevilla.

Las características geológicas de esta zona son distintas a las de la Sierra Norte. En la Faja Pirítica las litologías son menos variadas, falta el Precámbrico superior y los terrenos del Cámbrico y del Ordovícico-Silúrico. Característica fundamental de la Faja Pirítica es el gran desarrollo de rocas volcánicas del Carbonífero inferior, que constituyen el denominado Complejo Vulcanosedimentario (CVS), en el que están enclavados importantes yacimientos de sulfuros complejos. De estos yacimientos, dentro de Sevilla, destacan el de Aznalcóllar, que ya está agotado, y los de Los Frailes y Las Cruces, éste último recientemente descubierto. El metamorfismo regional es relativamente débil, con facies cloríticas, frente al más fuerte de las rocas más antiguas de la zona de Ossa-Morena. Los materiales de la Faja Pirítica son, en general, impermeables. Su estratigrafía se describe en los siguientes párrafos.

SERIE DEL DEVÓNICO SUPERIOR (365 –360 Ma) (12)

Las rocas de esta potente serie constituyen alternancias de pizarras, cuarcitas, grauvacas y tufitas, que forman el llamado “Grupo Filítico-Cuarcítico” o “Formación Prevolcánica” (12). El setenta por ciento de la hoja de Aznalcóllar, está ocupado por un anticlinorio de esta serie, datada como Devónico superior, a partir de fósiles en un pequeño nivel calizo. La formación es impermeable.

COMPLEJO VULCANOSEDIMENTARIO (CARBONÍFERO INFERIOR) (360 A 340 Ma) (13)

Todos los materiales del Complejo Vulcanosedimentario (CVS) son impermeables. En su forma más generalizada, y cuando se encuentra completo el CVS, comprende cinco formaciones. De muro a techo son:

1) **Formación volcánica felsítica inferior:** aglomerados, brechas, tobas esquistosas, clastos félsicos, pizarras y grauvacas. Presenta mineralizaciones de piritas hacia el techo.
2) **Formación volcánica máfica inferior:** lavas básicas, diabasas espilitizadas y piroclastos (tobas) cloritizados con diseminaciones de pirita.
3) **Formación volcánica felsítica superior:** lavas ácidas o felsíticas (riolitas y cuarzoqueratófidos); lavas intermedias (queratófidos), piroclastos (aglomerados, brechas, tobas); sills de diabasas y niveles sedimentarios de pizarras grises y negras, grauvacas.
4) **Formación volcánica máfica superior:** lavas máficas (diabasas y metabasitas).
5) **Formación manganesífera:** pizarras grises, tobas, tufitas, pizarras moradas y verdes, jaspes rojos intercalados, con mineralizaciones de manganeso, en una estrecha banda. Esta formación presenta fuertes variaciones laterales y verticales de las facies.

FACIES CULM (340 A 330 Ma) (14)

Esta facies, situada en el tramo superior del Carbonífero inferior, está constituida por pizarras y grauvacas (14) en un sinclinorio bordeado por la Formación Manganesífera, en la esquina sudoeste de la hoja de El Castillo de las Guardas.

En la Faja Pirítica, las rocas intrusivas ocupan una gran extensión en la hoja de El Castillo de las Guardas, extendiéndose, hacia el sur, por el norte de la hoja de Aznalcóllar. Las intrusiones son tardiorogénicas, es decir, posteriores a la fase principal de la orogenia hercínica, cuando se originaron cabalgamientos este-oeste con vergencia al sur. Las primeras intrusiones fueron los gabros, y después los granitos y los cuerpos intrusivos intermedios.

Los cuerpos intrusivos asimilaron, en parte, a las rocas vulcanosedimentarias, y aquellas que no lo fueron sufrieron un metamorfismo de contacto. Además de las rocas señaladas, hay diques no representados en el mapa, desde basaltos y diabasas a felsitas y diques de cuarzo.

8.3. EL VALLE DEL GUADALQUIVIR

El Valle o Depresión del Guadalquivir se extiende a lo largo de 400 kilómetros por las provincias de Cádiz, Huelva, Sevilla, Córdoba, Jaén y Granada. Dentro de la provincia de Sevilla, limita al norte con la Sierra Norte, cuyos materiales paleozoicos se hunden bajo los sedimentos cenozoicos (Terciario y Cuaternario) depositados en el valle. Áquellos constituyen el “zócalo” o basamento de los sedimentos de la depresión. El límite sur, dentro de la provincia de Sevilla, son las formaciones del dominio Subbético.

La depresión está geológicamente ligada a las Cordilleras Béticas , de las que constituye la antefosa (exogeosinclinal) sobre el cratón paleozoico, donde se acumulan sedimentos clásticos del cinturón orogénico de las Cordilleras Béticas.

En el Valle del Guadalquivir hay materiales de formaciones autóctonas -que se formaron en el mismo sitio donde se encuentran- y materiales alóctonos. Los autóctonos son terrenos postorogénicos que reciben el término genérico de molasas. Son sedimentos modernos, no consolidados ni afectados por la tectónica de mantos de corrimiento que afecta a la Zona Subbética.

Las formaciones alóctonas se formaron en otro lugar y después se fueron desplazando hasta la depresión. Se trata de materiales procedentes del ámbito de las Cordilleras Béticas, tanto anteriores al Cretácico superior, afectados por deformaciones anteriores a las fases principales de la orogenia alpina, como materiales posteriores -del Eoceno, Oligoceno y Mioceno-, trasladados por deslizamiento gravitatorio durante esta última época. A continuación, se describe la litoestratigrafía generalizada.

En el cuadro referente al Valle del Guadalquivir se representa la litoestratigrafía generalizada, de muro a techo, para los distintos pisos y series y se indica, con carácter orientativo, la permeabilidad de los materiales.

8.3.1. FORMACIONES AUTÓCTONAS

Los sedimentos autóctonos se depositaron en el Neógeno y en el Cuaternario

SERIE DEL MIOCENO (25 A 5 Ma) (22, 23, 24)

Mioceno de base (Mioceno medio a Mioceno superior, 25 a 12 Ma) (22)

El llamado "Mioceno de Base" - o base del Mioceno- es de carácter permeable y está constituido por: conglomerados y brechas calcáreas con lamelibranquios (ostreas, pectínidos), gasterópodos y equinodermos, y clastos procedentes del Paleozoico, calizas conglomeráticas, biocalcarenitas, arenas y areniscas intercaladas, margas azules impermeables en el techo.

Se considera que el "Mioceno de Base" es del final del Helvetiense (Mioceno medio), pues es inferior a las margas azules (23) impermeables tortonienses (10 a 7 Ma), datadas con microfauna. Estas margas azules son el material principal que rellena la depresión, con espesores de hasta mil metros.

Los afloramientos del Mioceno de Base (22) se sitúan al norte de la depresión del Guadalquivir, cerca del contacto con los terrenos paleozoicos de la Sierra Norte. Constituyen una banda estrecha, más o menos continua, con anchura media de un kilómetro. Sus materiales yacen subhorizontalmente y descienden con una inclinación del 2 al 3 por 100 hacia el sudoeste, debajo de las margas azules. El Mioceno de Base está bien representado, desde Alcalá del Río hasta Peñaflor. El contacto de estos materiales con las formaciones subbéticas al sur, es complejo, debido al depósito simultáneo en la depresión de los materiales subbéticos.

Litoestratigrafía del Valle del Guadalquivir

Formación	Periodo	Serie/Época	Piso/Edad	Litología	Permeabilidad
Formaciones autóctonas de la Depresión del Guadalquivir. Terrenos post orogénicos (molasas)	Cuaternario	Holoceno		• Aluvial: gravas, arenas, limos (arcillas). Última terraza. • Marismas: capas fluviales (gravas, arenas) capas marinas (arcillas, sales)	Muy permeable Semipermeable
		Pleistoceno		• Terrazas fluviales: gravas, arenas, limos, arcillas. (Formación primeras marismas) • Arenas eólicas	Permeable Muy permeable
	Neogeno	Plioceno-Mioceno Plioceno		• Arenas, areniscas, conglomerados (molasas) • Glacis: conglomerados y arenas con limos	Permeable Semipermeable
		Mioceno	Saheliense Andaluciense Tortoniense Helvetiense	• Calcarenitas, arenas y areniscas • Limos, arenas, areniscas y niveles margosos • Margas azules compactas • Conglomerados, arenas, areniscas y calcarenitas. (Mioceno de base)	Permeable Semipermeable Impermeable Permeable
Formaciones alóctonas (olistostroma)	Neógeno	Mioceno Sup. Mioceno Inf.	Andaluciense Burdigaliense	• "Albarizas": margas, margocalizas y arenas silíceas de color blanco, con o sin margas (Formación parautóctona)	Semipermeable
	Paleógeno	Paleoceno-Oligoceno Eoceno		• Margas, calizas, areniscas, arenas • Calizas, margas, arcillas	Impermeable Impermeable
	Cretácico	Cretácico Superior		• Margas, margocalizas, areniscas (Cretácico a Neógeno) • Arcillas de la Unidad del Aljibe (Flysch) • Facies de capas rojas: margas, margocalizas, calizas margosas	Impermeable
	Jurásico			• Dolomías, calizas, mármoles	Permeable
	Triásico			• Arcillas y margas versicolores con yesos, areniscas, calizas, ofitas	Impermeable

Serie del Mioceno superior (12 a 5 Ma) (23, 24)

En su base están las margas grisáceas, azules a negras, con láminas de yeso (23), impermeables, que comenzaron a depositarse en el Tortoniense en fondos marinos profundos. La presencia de arenas y margas alternantes, así como limos arenosos amarillos, señalan la existencia de una fase regresiva.

Los limos arenosos amarillos cambian de facies lateralmente a calcarenitas, permeables, o "albero" de la Formación "Calcarenitas de Carmona" (24). Esta formación está muy bien representada desde Sanlúcar la Mayor hasta Carmona, Utrera y Marchena, pasando por Sevilla y Dos Hermanas. En Osuna, se han identificado las margas calcáreas del Tortoniense-Andaluciense y un pequeño retazo de areniscas y calizas biodetríticas del Mioceno superior suprayacente. Entre Gilena y Pedrera, se observa esta formación, con margas dominantes y areniscas incluidas.

En la zona de las marismas del Guadalquivir, se cita el Saheliense como subpiso del Messiniennse o Andaluciense (Mioceno superior). Allí alcanza una potencia de hasta 60 metros y está formado por arenas, areniscas y calcarenitas con fósiles. Es una serie regresiva, depositada sobre las margas azules del Tortoniense. El tránsito del Andaluciense al Plioceno, está marcado por margas verdes con microfósiles. Encima de ellas se depositan las "arenas basales" del Plioceno, que se describen a continuación.

Serie del Plioceno (5 a 1,7 Ma) (27, 28)

Durante el Plioceno, se produjo una emersión que afectó a la zona y, como consecuencia, la sedimentación quedó muy restringida, de ahí la escasa representación de los materiales de esta época. Al norte de las marismas del Guadalquivir, el Plioceno se encuentra representado por las "arenas basales" (27),

Conglomerados con ostreidos, del Mioceno superior (Tortoniense). Villanueva del Río y Minas (1).

que representan rápidas alternancias de arenas, gravas, conglomerados y arcillas rojizas, propias de un ambiente continental. Se interpretan como sedimentos de un gran paleodelta con sedimentación fluviomarina.
Las arenas basales, en general, son permeables, aunque las zonas de conglomerados y arenas con limos y arcillas son impermeables (28).

Periodo Cuaternario (1,8 Ma a la actualidad) (29, 30, 31, 32)

Encima de las arenas basales pliocuaternarias, se halla una formación muy permeable, mixta, de dunas antiguas y arenas eólicas (29), de color blanco y naturaleza arcósica, con cuarzos, feldespatos, fragmentos de rocas, conchas y minerales pesados. Las arenas eólicas proceden de la erosión de las dunas y afloran al sur de Pilas y Aznalcázar, cerca del límite con la provincia de Huelva.

Se desarrollaron terrazas fluviales alrededor del río Guadalquivir y de algunos cursos de agua importantes como el Genil, Corbones, o el Guadiamar. Las formaciones permeables de las terrazas fluviales, están constituidas por gravas, arenas, limos y arcillas (30).

Hay tres niveles de terrazas a lo largo del curso del río Guadalquivir. Las dos más antiguas, de la época pleistocena (1,8 Ma hasta hace 10.000 años), ocupan las posiciones altas. La terraza más baja se desarrolló durante el Holoceno (últimos 10.000 años). Las más antiguas presentan cementaciones, costras calcáreas y colores rojizos característicos, ausentes en los sedimentos de la terraza más moderna. Esta suele tener una elevación sobre el nivel del río menor de 10 metros, mientras que la más antigua puede llegar a 45 metros. En la zona de las marismas, lindando con el Parque de Doñana, existen niveles de paleoterrazas cubiertas, que pasan lateralmente a formaciones de marismas.

La Formación de Marismas (31) se desarrolló durante el Pleistoceno hasta el Holoceno. Tras la deposición de las "arenas basales" pliocuaternarias, se produjo una emersión excepto en una zona de ensenada, en lo que hoy constituye las marismas, cuyo relleno comenzó en el Pleistoceno. Están constituidas principalmente por limos, arcillas, arenas y gravas con capas alternantes de cantos, gravas, arenas, de origen fluvial (por inundación) y capas con arcillas dominantes, de origen marino. Se han distinguido distintos tramos superpuestos, pero existen numerosas variaciones laterales de facies.

Los depósitos aluviales (32) del fondo del cauce del río Guadalquivir y de otros cauces, así como los coluviones de las bases de laderas, junto con la terraza más moderna, constituyen los depósitos –generalmente poco o nada consolidados- más recientes del Holoceno.

8.3.2. FORMACIONES ALÓCTONAS

Además de los sedimentos terciarios autóctonos indicados, hay formaciones alóctonas. De carácter intermedio son las llamadas formaciones parautóctonas, como las denominadas "albarizas", descritas más adelante.

Como se ha indicado, hasta el Mioceno inferior hubo una emersión de la cuenca y no existió sedimentación sobre el zócalo paleozoico de la depresión del Guadalquivir. Sin embargo, más al sur, en el área Subbética, sí se produjo sedimentación durante la Era Mesozoica y en el período Paleógeno. Durante el Triásico (18) se depositaron sedimentos impermeables: arcillas, margas versicolores con yesos, areniscas, calizas y ofitas; en el Jurásico (19), se generaron depósitos permeables de dolomías, calizas y mármoles; en el Cretácico superior (20), rocas mayoritariamente impermeables o poco permeables: margas, margocalizas, calizas margosas y arcillas; en el Paleógeno, se depositaron margas y margocalizas impermeables pelágicas (21).

En el Tortoniense (Mioceno superior), se produjo una gran transgresión desde el área Subbética, hasta la Cuenca del Guadalquivir, que era entonces una cuenca, con fuerte subsidencia, que se había formado más al norte. Con el aumento de la subsidencia la potencia de los sedimentos creció hacia el sur, y la cuenca adquirió carácter de antefosa. El desplazamiento de los sedimentos subbéticos antes indicados, alóctonos, en estado semifluido, desde la zona Subbética hasta la cuenca del mar tortoniense en el Valle del Guadalquivir, se realizó mediante deslizamiento gravitatorio en un medio submarino. Se depositaron así tanto margas como calizas arrecifales, areniscas y conglomerados. Los sedimentos así desplazados y depositados, muy rotos y dislocados, forman masas caóticas que reciben el nombre de olistostromas (26).

A partir del Burdigaliense (Mioceno inferior) hasta el Mioceno medio, se depositaron, en gran parte sobre las masas olistostrómicas, las denominadas "albarizas" o "moronitas" (25), en general de baja permeabilidad: margas, margocalizas, calizas y arenas silíceas. Más tarde, durante el Tortoniense, se produjo una emersión que dió lugar a un hiato en la sedimentación hasta el Andaluciense (Mioceno superior). Posteriormente volvieron a depositarse albarizas que se deslizaron por gravedad hacia posiciones inferiores.

Al finalizar los deslizamientos, quedó un mar somero, donde se depositaron las arcillas margosas azuladas del Andaluciense-Plioceno, las cuales aparecen con continuidad en el Valle del Guadalquivir. En el Plioceno se depositaron las arenas litorales, se retiró el mar mioceno y se instaló un ambiente lacustre. En el Pleistoceno se denudaron los relieves y se depositaron los sedimentos cuaternarios. Se formó la red fluvial actual del Guadalquivir y comenzó la formación de los depósitos de marisma.

8.4. LA ZONA SUBBÉTICA

Al sur del Valle del Guadalquivir, el dominio Subbético se extiende por la Sierra Sur de Sevilla: su límite norte va desde la Sierra de Gibalbín en el sudoeste, por el sur de El Coronil, la Sierra de Montellano, Sierra de Esparteros, Morón de la Frontera, Sierra de Peñagua y Osuna, hasta la Sierra de Estepa en el extremo oriental; el límite sur está marcado por la divisoria con las provincias de Cádiz y Málaga, las sierras de San Juan y del Tablón y, al este de Estepa, con el límite de la provincia de Córdoba.

El dominio o zona Subbética, es una zona "externa" de las Cordilleras Béticas. Las Cordilleras Béticas forman el extremo oeste de las cordilleras alpinas de Europa y están situadas entre los cratones europeo y africano, subdividiéndose en zonas "internas" y "externas". La zona Subbética, al ser externa, significa que se originó en una posición del geosinclinal más cercana al cratón o antepaís, es decir, más cerca de los bordes de la placa europea. Dicho de otro modo, el Subbético se originó del surco miogeosinclinal, con poco volcanismo.

Las rocas de la Zona Subbética presentan facies pelágicas o de alta mar, como margas, calizas nodulosas, radiolaritas o facies turbidíticas, desde el Jurásico al Cretácico superior.

El Subbético tiene una estructura de cobertera plegada, con mantos de corrimiento. Entre el Cretácico y el Mioceno superior existieron varias etapas de diastrofismo e, incluso posteriormente, durante la fase principal de la orogenia alpina. Como

Margas azules del Mioceno superior (Andaluciense), con alteración superficial (color pardo), Alcalá del Río (1)

Calizas y dolomías del Jurásico inferior (Lías), muy karstificadas y con arcillas rojas de descalcificación, Montellano (1)

consecuencia de ello, en la zona Subbética se originaron cabalgamientos con vergencia al noroeste de sus distintas unidades, extruyéndose los materiales del Triásico en la base de las unidades y esparciéndose con los restos de su cobertera, constituyéndose el Subbético indiferenciado. Los deslizamientos gravitatorios de las formaciones alóctonas se produjeron después, dando lugar a masas caóticas, la "formación olitostrómica" antes mencionada.

Las llamadas "albarizas" (por su color) o "moronitas", por su presencia en Morón de la Frontera (25), se depositaron, en gran medida, sobre las masas olistostrómicas subbéticas. Son arcillas, margas, margocalizas, arenas silíceas de color blanco, con diatomeas y foraminíferos. Primero se depositaron en el Mioceno inferior (Burdigaliense) y después, tras un periodo sin sedimentación, se volvieron a depositar durante el Mioceno superior (Andaluciense).

Mientras lo anteriormente dicho ocurría en la zona Subbética, en la Depresión del Guadalquivir continuaba la sedimentación, aconteciendo una regresión al final del Andaluciense y continuando el levantamiento durante la época del Plioceno y en el período Cuaternario hasta la actualidad.

A continuación, se describen los tipos de rocas según los distintos sistemas representados en la zona Subbética, en la Sierra Sur de la provincia de Sevilla.

ROCAS DEL SISTEMA TRIÁSICO (230 Ma) (18)

El Triásico es de facies continental, "germano andaluza": margas y arcillas dominantes, además de areniscas, yesos y carbonatos (dolomías, calizas y carniolas). Hay también presencia de rocas ígneas intrusivas verdes, ofitas, que aparecen en pequeños afloramientos, aunque en algunos lugares éstos sean numerosos.

ROCAS DEL SISTEMA JURÁSICO (210 Ma A 140 Ma) (19)

Son dolomías, brechas dolomíticas, calizas y calizas nodulosas representadas en las sierras de Estepa, Pedrera, Montellano, Esparteros, Peñagua, en la Sierra de San Juan, un asomo en la Sierra de los Caballos, así como en la Sierra de las Lebronas. Son importantes, pese a sus escasas dimensiones, por su naturaleza permeable. Forman, en general, los núcleos calcáreos de anticlinales de la época Lias (Jurásico inferior), de 210 a 185 millones de años.

ROCAS DEL SISTEMA CRETÁCICO
(Cretácico inferior, 140 a 130 Ma) (20)

Están muy poco representadas. Hay margocalizas impermeables en la Sierra de Estepa, alrededor de un núcleo anticlinal Jurásico, así como pequeños retazos de calizas y margocalizas blancas del Cretácico inferior (Neocomiense) al norte del Madroñal, al este de la Sierra de Peñagua, así como otros más extensos y más numerosos de calizas y margocalizas, de color salmón, al sur de la Sierra de las Lebronas.

ROCAS DEL SISTEMA TERCIARIO (65 A 1,8 Ma)

Sistemas Paleógeno y Neógeno (Paleoceno a Mioceno Inferior, 65 a 25 Ma) (21). Los afloramientos más extensos corresponden a una formación flyschoide de calcarenitas, margas y areniscas que se depositaron desde la época del Paleoceno al Mioceno Inferior (Aquitaniense). Son materiales blandos y poco resistentes con una fuerte trituración tectónica y pueden confundirse con las "albarizas".

-Formación parautóctona: las "albarizas" (25). Las albarizas son materiales en general de baja permeabilidad: margas, margocalizas, arenas silíceas de color blanco, generalmente suprayacentes y discordantes sobre los depósitos olistostrómicos subbéticos (26). Se les considera como "formación parautóctona", intermedia entre autóctona y alóctona, es decir, materiales depositados en el frente de la formación olistostrómica y que posteriormente fueron arrastrados por el avance del mismo. Afloran extensamente al este y oeste de Morón de la Frontera y forman bandas más o menos contínuas de dirección nordeste- sudoeste. Esta disposición parece ser indicativa de que el empuje sobre estas formaciones procedía del sudeste.

-Formaciones postorogénicas (Neógeno, hasta 1,8 Ma, y Cuaternario). Aparecen, en general, sólo al norte de una línea imaginaria que pasa en dirección nordeste entre Morón de la Frontera y Estepa. Son rocas sedimentarias, permeables, de tipo molasa y facies marinas litorales del período Terciario: areniscas, arenas y margas arenosas amarillentas (24) y conglomerados poligénicos, limolitas y calizas (28).

Las formaciones aluviales y depósitos de valle (limos, arenas y cantos) (32) del período Cuaternario tienen poca representación. Son terrenos permeables que se apoyan sobre el Triásico impermeable.

Materiales pliocenos en las cercanías de El Escorial (1)

Formación de vertiente en la Sierra Sur (2)

VER NAVEGACION

Hidrogeología general de la provincia

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Hidrogeología general de la provincia

9.1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento hidrogeológico de una región viene condicionado por su geología y por su clima. Las características litoestratigráficas y estructurales del territorio, junto con su régimen de precipitaciones, son determinantes en este sentido.

En la provincia de Sevilla se distinguen tres dominios geológicos bien diferenciados: la Sierra Norte, el Valle del Guadalquivir y la Sierra Sur.

La Sierra Norte, forma parte de Sierra Morena; su extensión, próxima a los 3.700 km2 representa el 26% del total de la provincia (14.000 km2). Geomorfológicamente responde a una zona montañosa, constituida por un conjunto de rocas paleozoicas, de litologías variadas y fuertemente tectonizadas.

El régimen de lluvias de esta comarca es el más abundante de toda la provincia, destacando Constantina con una pluviometría media que supera los 900 mm/año.

El Valle del Guadalquivir, asociado al propio río, queda encajado entre la meseta hercínica al norte y la zona subbética al sur. Su extensión y límites superan ampliamente el ámbito provincial. Excepto a Almería y Málaga, afecta a todas las demás provincias andaluzas, y de forma especialmente importante a la provincia de Sevilla en sus tramos medio y bajo, en los que se engloban las comarcas de la Vega, la Campiña, el Aljarafe y las Marismas, comarcas éstas las más prósperas y pobladas de la provincia, con una agricultura bien desarrollada en la que destacan el olivo, como cultivo de secano y riego, y el algodón, maíz, frutales y arroz como cultivos de regadío.

El Valle del Guadalquivir se presenta como una gran cubeta, rellena de materiales terciarios y cuaternarios, en los que hay formaciones tanto de carácter alóctono como autóctono, aunque con predominio de estas últimas.

Estratigráficamente se trata de sedimentos relativamente modernos, generalmente poco consolidados y poco afectados por movimientos tectónicos significativos que van desde el Mioceno hasta el Cuaternario y en los que sus litologías corresponden a arcillas y margas, arenas, gravas, areniscas y limos.

Entre las características más significativas del clima del Valle del Guadalquivir hay que destacar sus altas temperaturas veraniegas, las más elevadas de la provincia, y las escasas precipitaciones anuales, con medias que apenas alcanzan los 500mm/año en algunos escenarios como son los altiplanos de Écija.

La Sierra Sur de Sevilla se extiende sobre una superficie de unos 2.000 km^2, ocupando algo más del 14% del total de la provincia.

Se trata de un territorio de topografía quebrada y altitudes variables entre los 300 y 1.000 m, donde impera un clima seco y duro con predominio de los vientos de levante y en el que se desarrollan los cultivos del cereal y el olivo.

Se identifica la Sierra Sur con la Zona Subbética de la provincia, franja que se extiende de oeste a este, al sur de la línea definida por Montellano, Sierra de Esparteros, Osuna y Sierra de Estepa.

Geológicamente se caracteriza esta zona por la presencia casi generalizada del Trías, con abundancia de yesos y arcillas abigarradas y en la que aparecen, a modo de isleos, formaciones carbonatadas de edad jurásica, como son las Sierras de Estepa, El Tablón, Peñón de Algámitas, Esparteros y Montellano, y una cobertera terciaria en buena parte desmantelada por la erosión.

Entre las características del clima de esta comarca hay que destacar sus altas temperaturas veraniegas y escasas lluvias anuales.

9.2. ACUÍFEROS DE LA PROVINCIA

Los terrenos permeables de la provincia de Sevilla alcanzan una superficie de 4.543 km^2 lo que representa el 32,45% de la superficie total, que es de 14.000 km^2.

Estos terrenos permeables se distribuyen en 18 acuíferos diferenciados que se agrupan a su vez en 10 Unidades Hidrogeológicas, entendidas éstas como superficies englobadas, cada una de ellas, dentro de una poligonal definida con criterios y fines administrativos y dentro de la cual hay uno o más acuíferos.

Los acuíferos, por la naturaleza litológica de los terrenos que los constituyen, se diferencian en dos grupos esenciales: carbonatados y detríticos. Los primeros son permeables por fisuración. El agua circula y se almacena en las fisuras y huecos que ella misma ha creado o ampliado por un efecto de disolución de los carbonatos. Las rocas que generan estos acuíferos son principalmente calizas y dolomías. En ellas el agua circula con rapidez y su tiempo de permanencia dentro del acuífero es corto en comparación con lo que ocurre con los acuíferos detríticos, saliendo de forma natural por los manantiales.

Los acuíferos detríticos son permeables por porosidad. El agua circula y se almacena entre los poros del terreno, y los terrenos que los forman son limos, arenas, gravas y areniscas. La circulación del agua subterránea en ellos es lenta y su capacidad de almacenamiento, y por tanto de regulación, es grande en comparación con los acuíferos carbonatados. Es por esto que presentan una mayor inercia ante los estímulos externos como pueden ser una sequía o un bombeo intensivo.

En la provincia de Sevilla, el 91% de la superficie permeable (más de 4.292 km^2) es de naturaleza detrítica y, a excepción de casos de menor rango, ésta se identifica con los grandes acuíferos del Valle del Guadalquivir como son los de Sevilla-Carmona, Aluvial del Guadalquivir, Aljarafe Sevillano, Almonte-Marismas, Niebla-Posadas (Mioceno de base) y otros.

Acuíferos de la provincia de Sevilla

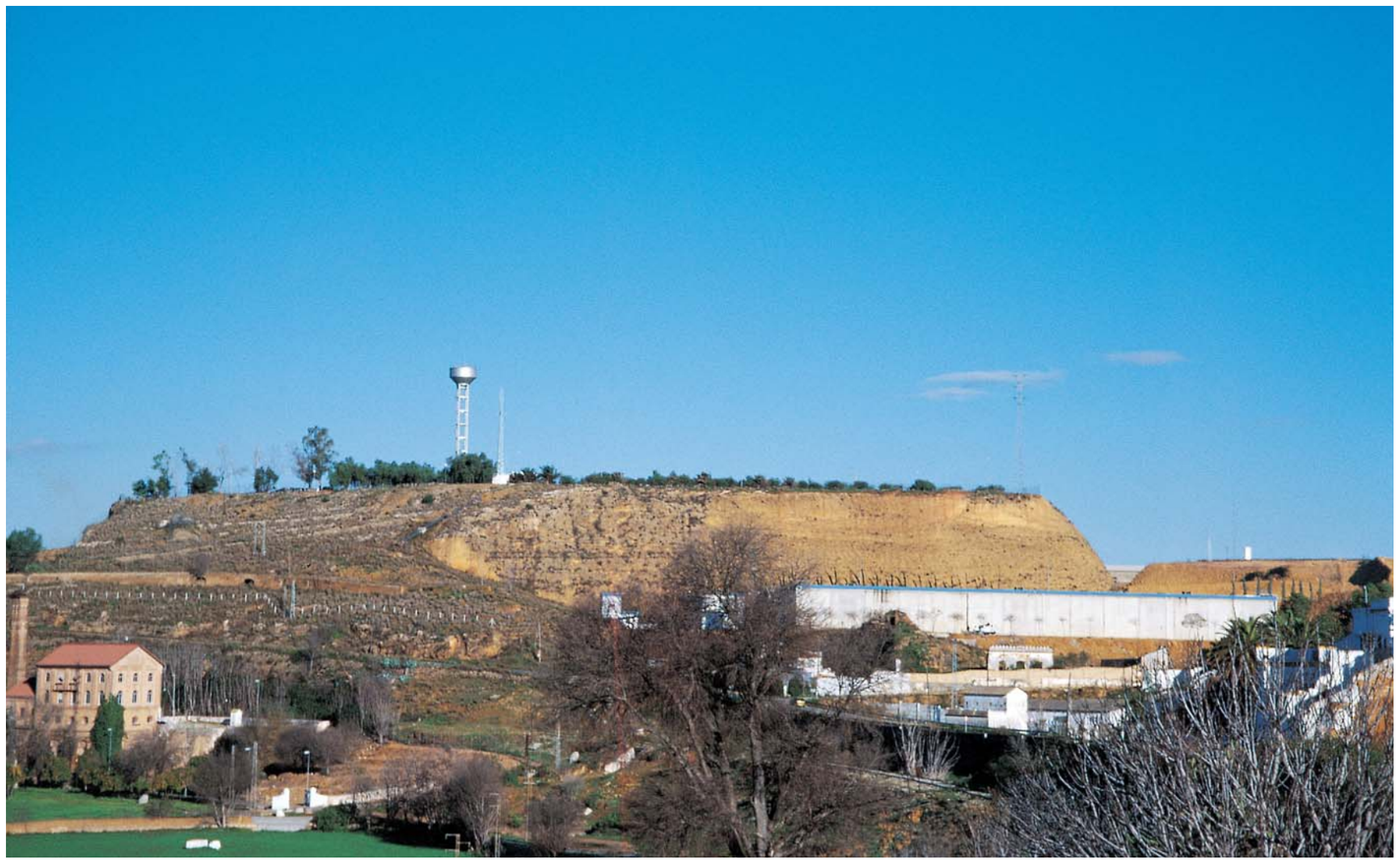
Acuífero	Naturaleza* (c) (d)	Unidad hidrogeológica	Superficie permeable en la provincia de Sevilla km^2	Entradas hm^3/año	Bombeos hm^3/año
Lebrija	d	05.52	75,00	6,50	5,20
Almonte- Marismas	d	05.51	600,00	305,00 (1)	36,59
Sierra de Estepa	c	05.43	32,70	7,20	9,00
Mioceno de la Sª Estepa	d	-	25,00	4,20	3,80
Arahal-Paradas-Morón	d	05.48	395,00	12,00	8,92
El Coronil	d	05.48	35,00	1,85	1,00
Aljarafe Sevillano	d	05.50	350,00	26,40	25,00
Sevilla-Carmona	d	05.47	1.380,00	174,00	50,00
Aluvial del Guadalquivir	d	05.46	200,00	77,80	55,22
Altiplanos de Écija	d	05.44	880,00	89,00 (1)	11,35
Mioceno transgresivo de base (Niebla-Posadas)	d	05.49	190,00	20,00 (1)	19,00
Carbonatados de Sª Morena	c	05.45	288,00	29,00	6,00
Acuíferos aislados Sª Sur (2)	c	-	30,19	6,73	6,52
Acuíferos aislados Sª Sur (2)	d	-	62,30	1,05	0,20
Total:			4.543,19	760,73	237,80

(1) Datos referidos a todo el acuífero

(2) Se incluyen los acuíferos de la Sierra de Montellano y Esparteros que aportan 9,19 km^2 de materiales carbonatados y 17,8 km^2 de materiales detríticos

* C: Acuíferos carbonatados * D: Acuíferos detríticos

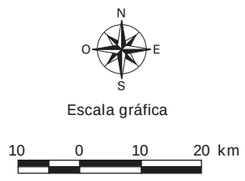
Medida de nivel del agua en punto de la red piezométrica del IGME. Acuífero carbonatado de la Sierra de Estepa. (1)



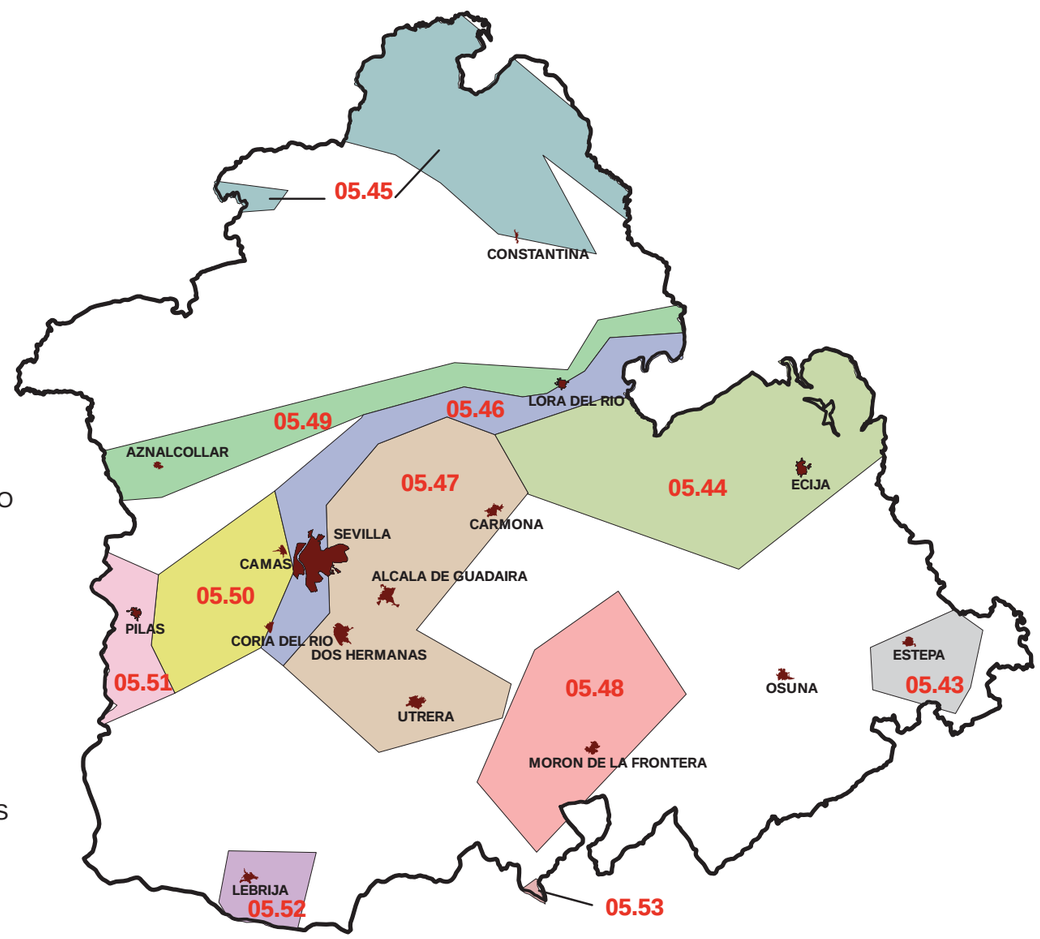
Depósito en Alcalá de Guadaira (1)

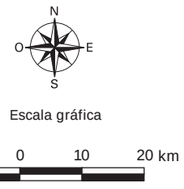
LOCALIZACIÓN DE ACUÍFEROS DESCRITOS

11.1 Lebrija
11.2 Montellano y Sierra de Esparteros
11.3 Almonte - Marismas
11.4 Sierra y Mioceno de Estepa
11.5 Arenal - Paradas - Morón
11.6 Coronil
11.7 Aljarafe
11.8 Sevilla - Carmona
11.9 Aluvial del Guadalquivir
11.10 Otras formaciones aluviales
11.11 Altiplanos de Écija
11.12 Mioceno de base (Niebla - Posadas)
11.13 Sierra Norte
11.14 Sierra Sur y Los Caballos



UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

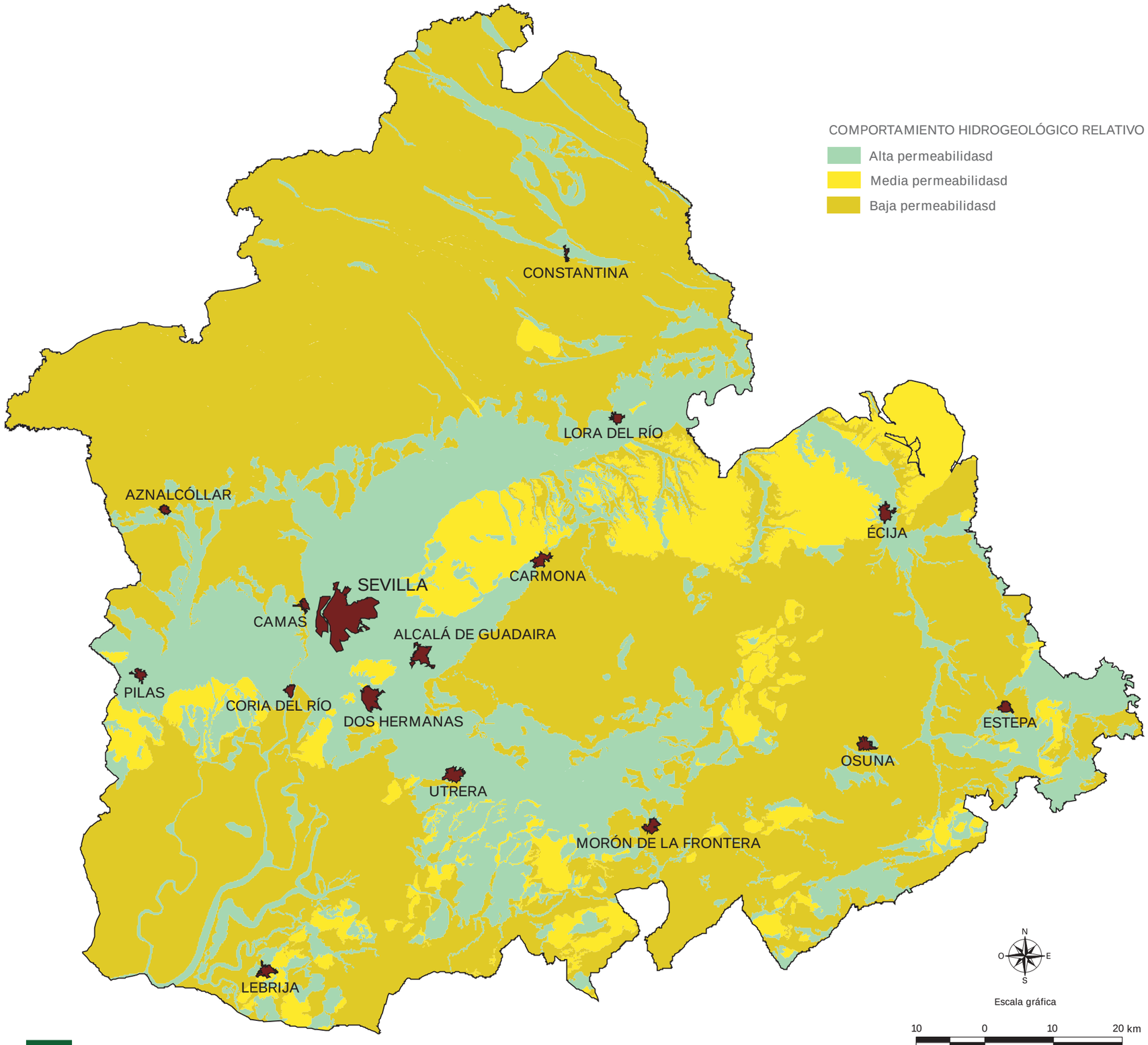




DENOMINACIÓN Y Nº UNIDAD HIDROGEOLÓGICA

- SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA (05.43)
- SIERRA MORENA (05.45)
- SEVILLA-CARMONA (05.47)
- NIEBLA-POSADAS (05.49)
- LLANOS DE VILLAMARTIN (05.53)
- LEBRIJA (05.52)
- ARAHAL-CORONIL-MORON-PUEBLA CAZALLA (05.48)
- ALUVIAL GUADALQUIVIR (SEVILLA) (05.46)
- ALTIPLANOS DE ECIJA (05.44)
- ALMONTE-MARISMAS (05.51)
- ALJARAFE (05.50)

ESQUEMA DE PERMEABILIDADES



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Los acuíferos carbonatados, que sólo representan el 8% (351 km²) de la superficie total permeable, se localizan en la Sierra Norte, donde aparecen diseminados (Almadén de la Plata, Guadalcanal-San Nicolás, Constantina-Cazalla y Puebla de los Infantes), y en la Sierra Sur, donde destacan las Sierras de Estepa, Los Caballos, Montellano, El Tablón, Esparteros y otras de menor entidad.

Aunque en la hidrogeología clásica es norma citar como impermeables las rocas duras, entendiendo como tales el conjunto de rocas compactas no carbonatadas ni volcánicas, es necesario comentar el comportamiento que, bajo el punto de vista que nos ocupa, tienen los extensos afloramientos de rocas graníticas y metamórficas que se localizan al norte de la provincia. Generalmente este tipo de rocas se comporta como terreno impermeable. No obstante, cuando, como consecuencia de fenómenos tectónicos, la roca se rompe, el conjunto de fracturas, diaclasas y fisuras que se originan, actúan a modo de colector, permitiendo la circulación y almacenamiento de las aguas subterráneas. Se originan así unos acuíferos que, aunque marginales, llegan a tener un cierto interés local. Este es el caso del gran afloramiento granítico de Castilblanco de los Arroyos, área sur del Pedroso y, sobre todo, la franja definida en la línea de contacto entre la meseta hercínica (Sierra Morena) y el Valle del Guadalquivir, en el tramo comprendido entre Guillena y Cantillana, donde este acuífero aparece en la base del de Niebla-Posadas y asociado a él, incrementando de forma notable su rendimiento.

Entre las poblaciones de Osuna, Puebla de Cazalla Marchena y La Lantejuela se extiende una amplia llanura (más de 300 km²) en la que predominan terrenos pliocenos y cuaternarios, que responden litológicamente a niveles de conglomerados, arenas, limos y arcillas que, en su conjunto, alcanzan espesores que van desde los 3 ó 4 metros hasta los 20 metros y que tienen como sustrato general las arcillas abigarradas del Trías.

Se constituye así un acuífero que tiene como terrenos permeables los conglomerados, arenas y limos anteriormente citados, y como fondo impermeable las arcillas abigarradas del Trías.

Es un acuífero éste que, aunque conocido, está muy poco estudiado y en la actualidad no incluido en ninguna de las Unidades Hidrogeológicas contempladas en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir.

Su alimentación y recarga se produce por infiltración directa del agua de lluvia. Los flujos subterráneos circulan sensiblemente en dirección sureste-noroeste y el río Corbones y arroyo Salado de Jarda son los ejes naturales de drenaje de estas aguas subterráneas.

Existen numerosos aprovechamientos que se utilizan para el riego de pequeñas parcelas de algodón y olivar por goteo, cultivos estos resistentes a la natural salinidad de las aguas de acuífero, causada por la presencia de las arcillas abigarradas del Trías.

Los acuíferos y los sistemas de explotación y gestión de los recursos hídricos

Acuíferos	*Sistemas de explotación (nº)	**Sistema supramunicipal de gestión del agua
Lebrija	Regulación general (15)	Consorcio del Huesna
Sierra de Estepa y mioceno de la Sª de Estepa	Regulación general (15)	Estepa
Arahal-Paradas-Morón	Salado de Morón (1) Campiña sevillana (2)	Consorcio plan Écija
Aljarafe sevillano	Almonte-Marismas (14)	Aljarafe
Sevilla-Carmona	Campiña sevillana (2)	Sevilla y área metropolitana Consorcio del Huesna
Aluvial del Guadalquivir	Regulación general (15)	Ribera Sevilla y área metropolitana
Altiplanos de Écija	Regulación general (15)	Consorcio plan Écija
Carbonatados de la Sª Norte	Viar (12) Sevilla (13) Almonte-Marismas (14) Regulación general (15)	Sierra Norte
Acuíferos aislados de la Sierra Sur	Salado de Morón (1)	Sierra Sur

*Sistemas de explotación de recursos hidráulicos, plan hidrológico nacional. Cuenca del Guadalquivir.

**Sistemas supramunicipales de gestión del agua en la provincia de Sevilla en funcionamiento, en contrucción o propuestos (COPT de la Junta de Andalucía, 2002)

La explotación se hace mediante pozos abiertos generalmente provistos de taladros radiales. Los caudales de explotación raramente superan los 10l/s.

Aunque no hay datos fiables, el volumen del agua extraído puede estar próximo a los 10hm³/año aplicados a una demanda de algunos miles de hectáreas.
Dado el interés social de este acuífero y circunstancias actuales, deberá ser incluido en el Catálogo de Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Guadalquivir.

9.3. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS Y SUS USOS

Un análisis del cuadro expuesto sobre los acuíferos de la provincia de Sevilla pone de manifiesto que los recursos potencialmente utilizables (entradas) del conjunto de acuíferos que, de forma exclusiva o compartida con otras provincias (como es el caso de Almonte – Marismas, Altiplanos de Écija y Mioceno de base), afectan al territorio provincial, ascienden a 760,63 hm³/año, ante una explotación por bombeo, estimada para la provincia de Sevilla, de 237,80 hm³/año, que representa el 31% del total de las entradas.

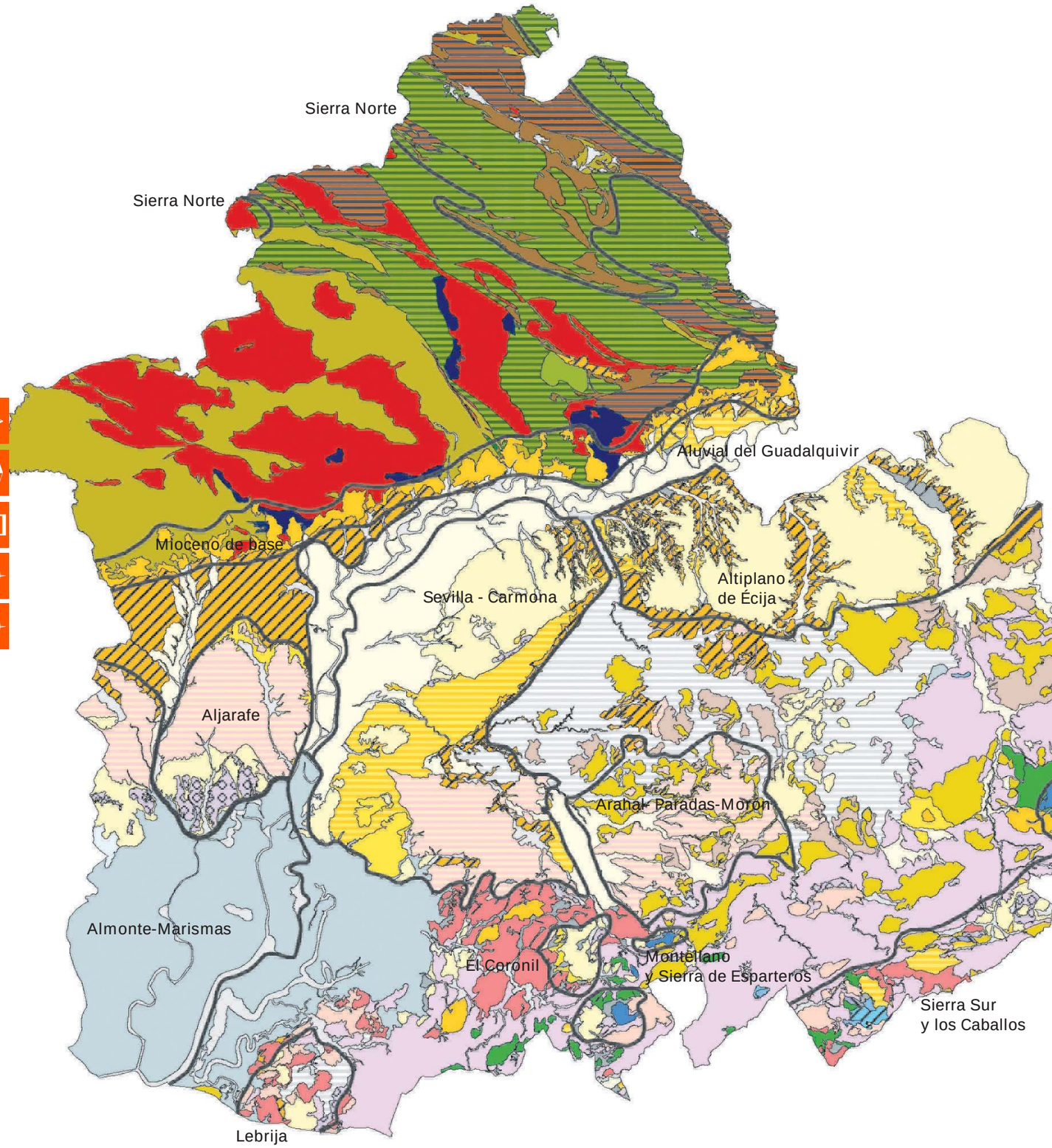
De los 237,80 hm³/año bombeados, 216,80 hm³/año (91%) se utilizan para el riego de 48.639 ha y 21 hm³/año (9%) para el abastecimiento, de forma exclusiva o complementaria, de una población del orden de los 288.000 habitantes.

9.4. SOBRE LA CALIDAD QUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

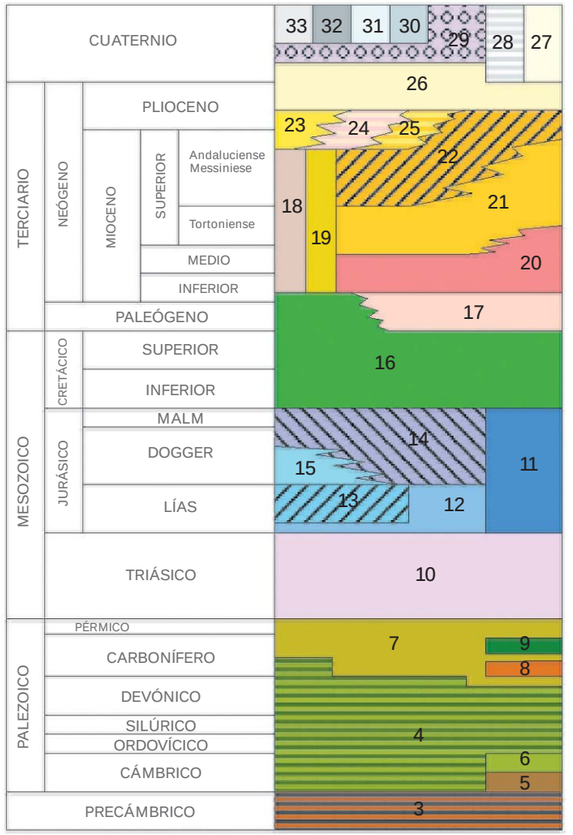
El agua, cuando circula a través de las fisuras, poros y huecos en los terrenos que constituyen los acuíferos, incorpora a su composición los elementos y compuestos que son solubles.

VER NAVEGACION

MAPA GEOLÓGICO Y LOCALIZACIÓN DE ACUÍFEROS DESCRITOS



LEYENDA



33 Gravas, arenas y limos (Aluvial)
32 Arenas, arcillas, cantos y limos (Derrubios de ladera)
31 Arenas blancas (Dunas, playas y depósitos eólicos)
30 Arcillas, fargos, limos y evaporitas (Marismas y depósitos de laguna)
29 Conglomerados, arenas, limos y arcillas (Glacis)
28 Arcillas, limos arenas y gravas (Cuaternario indiferenciado)
27 Conglomerados, arenas, limos y arcillas (Terrazas)
26 Conglomerados, arenas, limos, rañas y costras calcáreas
25 Calcarenitas y limos
24 Limos arenosos, areniscas y arcillas
23 Margas, limos y arenas
22 Margas azules-verdosas
21 Conglomerados, arenas y margas arenosas
20 Margas, arenas y calizas margosas
19 Margas, calizas y areniscas
18 Margas con yesos, calizas y dolomías
17 Margas, arenas, calizas arenosas y calcarenitas
16 Margas y margocalizas
15 Calizas y dolomías brechoides
14 Margocalizas
13 Margas y calizas
12 Calizas y dolomías
11 Calizas y dolomías
10 Arcillas y arcillas con yesos, dolomías, calizas y camiolas
9 Cuarcitas
8 Calizas
7 Pizarras, cuarcitas, areniscas y conglomerados
6 Cuarcitas
5 Mármoles calco-dolomíticos, calizas marmóreas, calizas y dolomías
4 Pizarras, grauvacas, esquistos, areniscas y cuarcitas
3 Pizarras, esquistos, cuarcitas y rocas volcánicas
2 Rocas metamórficas
1 Rocas intrusivas, filonianas y volcánicas

N
O E
S

Escala gráfica

10 0 10 20 30 40 50 Km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

La agricultura es la actividad que supone mayor consumo de agua subterránea (más del 90%). Finca dedicada al cultivo de fresas en el acuífero de Almonte-Marismas. (1)

La calidad natural de un agua subterránea viene condicionada por la naturaleza de los terrenos con los que se pone en contacto en los procesos de circulación y almacenamiento dentro del acuífero y por el tiempo que dura este contacto.

En general, las aguas subterráneas procedentes de los acuíferos carbonatados, en los que la circulación suele ser rápida y el tiempo de permanencia corto, son de mejor calidad que las aguas que proceden de acuíferos detríticos.

El tipo y predominio de las especies iónicas presentes en las aguas subterráneas, definen su facies hidroquímica.

El 9% de la superficie acuífera (permeable) de la provincia de Sevilla es de naturaleza carbonatada (acuíferos carbonatados de la Sierra Norte, Sierras de Estepa, Los Caballos, Tablón, Morón, Montellano y otros). Sus aguas son de facies bicarbonatada cálcica, magnésica o ambas; presentan mineralizaciones de ligeras a notables, conductividades eléctricas medias, que van de 300m s/cm a 900m s/cm y durezas medias comprendidas entre 200 y 300 mg/l de Ca Co3, aunque en ocasiones pueden ser duras.

Las formaciones detríticas presentan una variabilidad litológica derivada de su propia génesis. En consecuencia con este hecho, presentan, así mismo, distintas y variadas características hidroquímicas.

En general, y como uno de sus rasgos significativos, suelen ser aguas más mineralizadas que las procedentes de acuíferos carbonatados.

Las facies hidroquímicas de las aguas procedentes de acuíferos detríticos (en la provincia de Sevilla el 92% de la superficie permeable es de naturaleza detrítica), van desde las sulfatadas-cloruradas calcico-sódicas de mineralización de notable a fuerte y dureza media (Aluvial del Guadalquivir, Sevilla-Carmona, Arahal-Paradas-Morón y otros) a bicarbonatadas cálcico-magnésicas de mineralización débil y baja dureza (Aljarafe, Almonte-Marismas).

La composición natural de las aguas subterráneas no permanece necesariamente constante. Puede ser alterada y, de hecho, así ocurre con frecuencia como consecuencia de actividades humanas impactantes.

Los acuíferos son vulnerables, dependiendo esta vulnerabilidad en primer lugar de la mayor o menor permeabilidad de la superficie aflorante del terreno acuífero.

Prácticas agrícolas, como el uso inadecuado y excesivo de fertilizantes y productos fitosanitarios, vertidos urbanos e industriales deficientemente tratados y gestionados, son fuentes graves de contaminación.

El alto contenido de nitratos en numerosos acuíferos provinciales está limitando seriamente su capacidad de uso. En acuíferos como el aluvial del Guadalquivir, Sevilla-Carmona, Lebrija y otros, las concentraciones en nitratos de sus aguas superan los 100mg/l e incluso los 200 mg/l.

Un estudio sobre la calidad de las aguas subterráneas utilizadas en abastecimientos urbanos en la provincia de Sevilla, realizado por el IGME en mayo de 2002, en el que se muestrearon y analizaron las aguas procedentes de 44 captaciones, llegó a las siguientes conclusiones:

- En el 64% de los casos muestreados las aguas fueron de buena calidad.
- El 36% de las muestras analizadas presentaron algún parámetro que sobrepasó los límites de la potabilidad establecidos.
- La caracterización hidroquímica predominante correspondió a aguas de facies bicarbonatada cálcica, mineralización débil y muy duras.
- Se observa, en comparación con campañas anteriores, un progresivo deterioro de la calidad química del agua debido, principalmente, a los fertilizantes nitrogenados utilizados en agricultura.

VER NAVEGACION

Calidad de las aguas subterráneas

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACION DE SEVILLA

Año Internacional del Agua Dulce 2003

Calidad de las aguas subterráneas

10.1. INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas adquieren su composición característica a través de un complejo proceso de disolución y ataque químico a los materiales que forman la matriz sólida del terreno; este proceso está regulado no sólo por la composición inicial del agua de infiltración y su contenido en gases, sino que factores tales como el clima, la velocidad de infiltración o la actividad biológica de las capas superiores de la zona no saturada - el suelo- también son determinantes. Por otra parte, la actividad humana (industria, ganadería, agricultura, crecimiento urbano) son responsables de la introducción de numerosos compuestos extraños a la composición natural de las aguas subterráneas (nitratos, herbicidas, hidrocarburos, metales pesados) que, en condiciones extremas, pueden llegar a comprometer su uso o su función ecológica.

A lo largo del presente capítulo, se realiza la descripción de las aguas subterráneas de acuerdo a los principales acuíferos (o grupos de acuíferos) que están comprendidos, parcial o íntegramente, en la provincia de Sevilla:

- Mioceno de base (o Niebla-Posadas)
- Almonte- Marismas y Aljarafe
- Sevilla- Carmona
- Altiplano de Écija, Arahal-Paradas-Morón y El Coronil
- Lebrija
- Sierra Sur (sector occidental)
- Sierra Sur (sector oriental)
- Sierra y Mioceno de Estepa
- Aluvial del Guadalquivir
- Sierra Norte (acuíferos carbonatados y otros acuíferos aislados)

Pivotes para riego por aspersión. Valle del Guadalquivir, término municipal de Carmona. (1)

La provincia de Sevilla se caracteriza por poseer una notable riqueza y variedad de aguas subterráneas, en relación directa con la variedad de materiales geológicos que forman sus acuíferos. Así, por ejemplo, se pueden encontrar desde aguas de débil mineralización y facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico -magnésicas en los acuíferos carbonatados del norte de la provincia - formados principalmente por mármoles, calizas marmóreas y calizas -, a aguas fuertemente mineralizadas, de facies cloruradas sódicas en algunos sectores de las zona suroccidental en los que la existencia de formaciones evaporíticas, con abundancia de sales muy solubles (yeso, halita), dan lugar a la aparición de aguas de salinidad muy elevada.

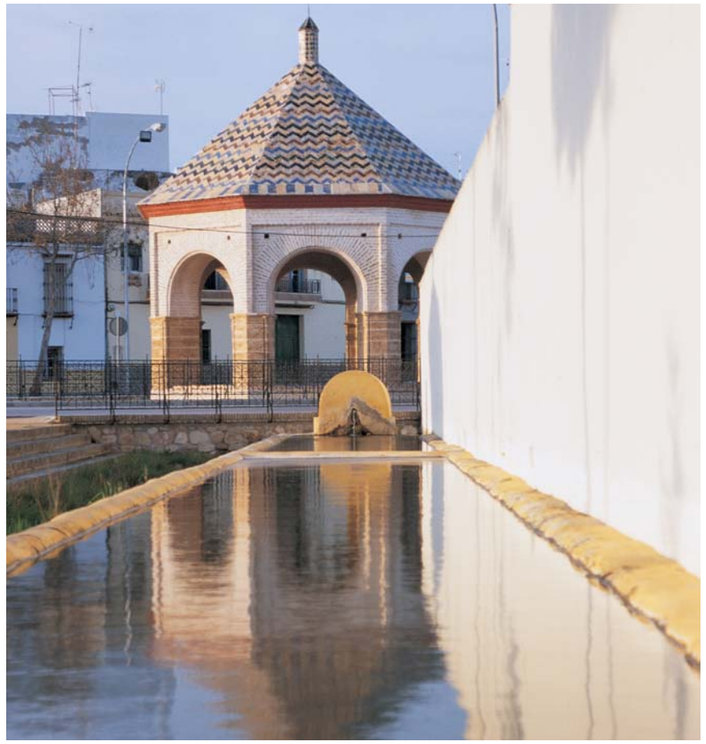
Una característica común a casi todos los acuíferos de esta provincia es su complejidad estructural y variedad de materiales que los conforman. Como ejemplo ilustrativo puede citarse el acuífero de Sevilla-Carmona, subdividido en tres sectores (Calcarenitas de Carmona, Terraza antigua y Terraza media) que, además, se encuentra conectado hidráulicamente con el río Guadalquivir, haciendo aún más difícil la descripción e interpretación de la composición química de sus aguas subterráneas.

Los acuíferos conectados hidráulicamente con grandes ríos, principalmente el Guadalquivir (Almonte-Marismas, Sevilla-Carmona, Aluvial del Guadalquivir) muestran con frecuencia su influencia con él, dependiendo del sentido del flujo, y manifestándose especialmente vulnerables a la contaminación.
De forma muy resumida, puede decirse que, en el subsuelo de la provincia de Sevilla, se captan aguas de muy diversa calidad y características hidroquímicas, aunque predominan las de mineralización elevada o media, de calidad mediocre para el abastecimiento a poblaciones y no siempre adecuadas para el uso agrícola, sobre todo si se trata de cultivos sensibles a la salinidad.
Desde el punto de vista de la calidad el problema más frecuente, además de la salinidad, es el elevado contenido en nitratos, generalmente de procedencia agrícola.

10.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ACUÍFEROS

10.2.1. MIOCENO DE BASE (NIEBLA-POSADAS)

A pesar de su notable extensión y compleja estructura, en el que se pueden encontrar una gran diversidad de materiales acuíferos (conglomerados, gravas, molasas, arenas y areniscas con intercalaciones arcillosas de edad miocena), existe un claro predominio de las facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico- magnésicas en las aguas captadas en las zonas de afloramiento del acuífero. Son, además, aguas de dureza media (entre 120 y 350 mg/l de $CaCO_3$) y mineralización media (las conductividades eléctricas dominantes se encuentran en torno a los 500-600 µS/cm). Conforme el acuífero se hunde bajo los sedimentos de la Depresión del Guadalquivir, el trayecto recorrido por el agua es mayor y la disolución de las sales más solubles hace que la mineralización aumente progresivamente (se alcanzan valores de conductividad eléctrica de más de 1.000 µS/cm) y las facies sean algo más sódicas.



Fuente de los Ocho Caños o de la Alamedilla, de estilo gótico-mudéjar (construida en el siglo XV y remodelada en el siglo XVI). Ha sido restaurada recientemente. Se nutre de la construcción subterránea del siglo XIV llamada Arca del Agua, en la que se combinan ladrillo y piedra. Utrera (1)

Estación automática de alerta de calidad de las aguas. Presa de Alcalá del Río (1)

Una zona singular, que no comparte las características generales descritas, es el entorno de Villanueva del Río y Minas y Brenes-Alcalá del Río, donde se captan aguas con residuos secos elevados de facies clorurada-sódica o sódico-cálcica en sondeos con influencia directa de domos salinos, o de aguas congénitas depositadas en terrenos sedimentarios de origen marino y naturaleza más arcillosa que el resto del acuífero.

Como aguas de consumo, el principal inconveniente que presentan es su salinidad algo elevada, casi siempre sobre los 400 µS/cm y, en ocasiones, concentraciones de sodio también altas. En algunos puntos aislados se han detectado niveles de nitratos inaceptables para el consumo, de más de 100 mg/l, pero se trata de casos aislados, no pudiéndose hablar de la existencia de un problema generalizado.

Como aguas de riego, presentan una calidad muy buena, sin riesgo de alcalinización de los suelos en ninguno de los casos (S1) y, a excepción de los puntos muy salinos descritos en la zona de Villanueva del Río y Minas, donde sólo pueden cultivarse variedades muy resistentes y en condiciones especiales de drenaje, en general se trata de aguas adecuadas para cualquier tipo de cultivos, aunque en ocasiones los más sensibles pueden requerir una vigilancia especial (C_1-C_2).

10.2.2. ALMONTE-MARISMAS Y ALJARAFE

En este apartado se han incluido los acuíferos de Almonte-Marismas y Aljarafe debido a su continuidad geográfica y características geológicas e hidrogeológicas semejantes, aunque en la provincia de Sevilla es el acuífero del Aljarafe el que tiene una mayor extensión e importancia. Una característica de estos acuíferos, como se describe en el capítulo 11, es la existencia de gran variedad de materiales (arenas basales del Pliocuaternario, arenas eólicas, gravas y cantos rodados, conglomerados con matriz arcillosa, etc.). Esta complejidad se ve reflejada en la composición natural del agua que contienen las formaciones permeables, siendo frecuente que en un área geográfica poco extensa se puedan encontrar captaciones que dan lugar a aguas de muy diversa naturaleza.

En el acuífero Almonte-Marismas, desde el punto de vista de la calidad del agua, pueden diferenciarse cuatro sectores: el acuífero libre, la parte del acuífero en carga con agua dulce, el resto del acuífero en carga y los lentejones permeables incluidos en las formaciones semiconfinantes con aguas de elevado contenido salino.

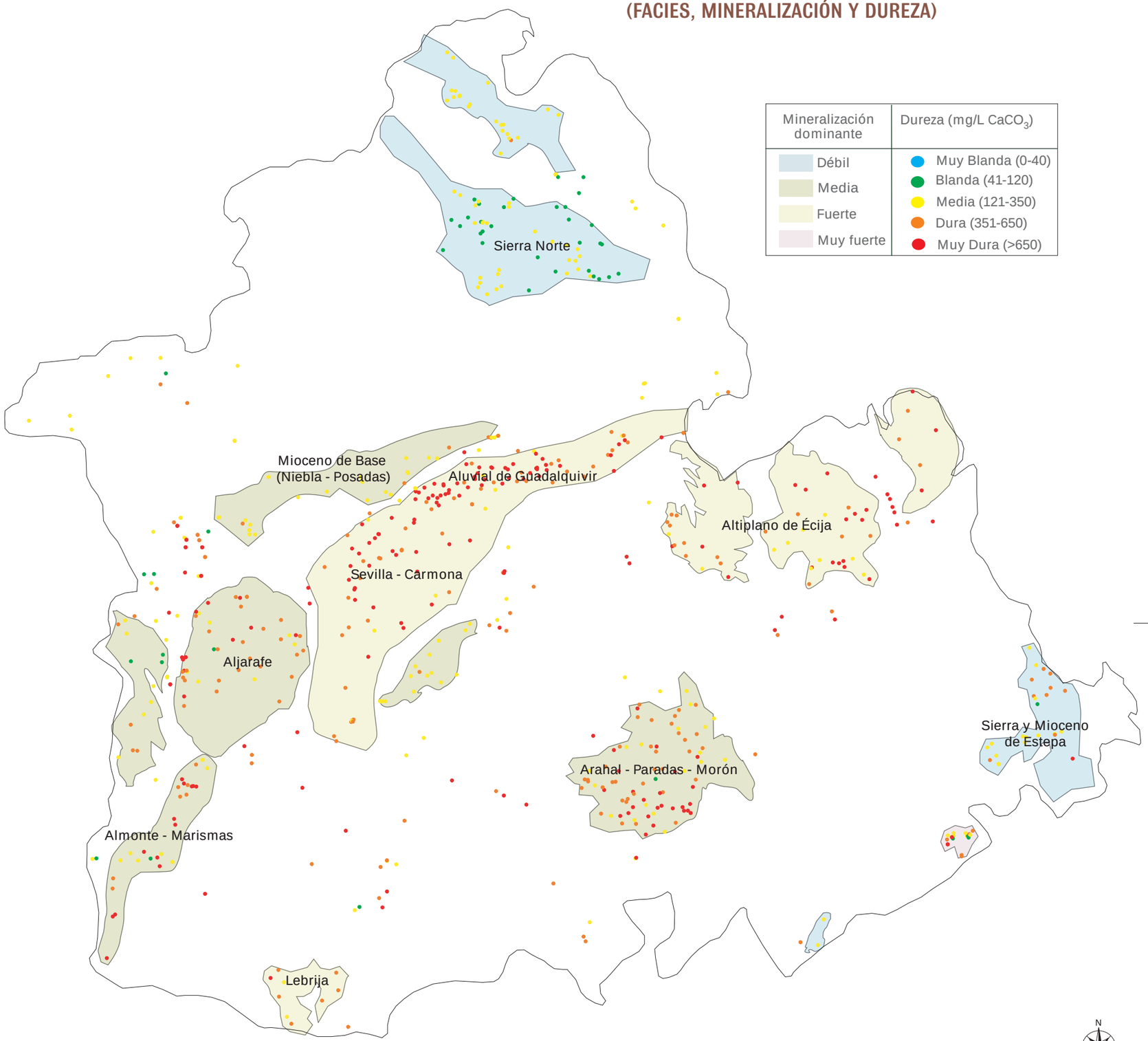
Las aguas captadas en el acuífero libre superficial presentan una dureza y mineralización medias (las conductividades eléctricas oscilan en la mayoría de las captaciones entre 300 y 900 µS/cm) siendo la facies dominante bicarbonatada cálcica. Se trata de aguas de buena calidad para su uso en agricultura (C_1/C_2-S_1) y adecuadas para cualquier tipo de cultivo, ya que los suelos están generalmente bien drenados. La calidad para abastecimiento también es buena, aunque en la actualidad se ha producido un notable incremento del contenido en nitratos que en muchos puntos convierte el agua en no potable .

El acuífero semiconfinado tiene agua dulce y salada separada por una línea de interfase no bien conocida que, orientada NO-SE, se sitúa al oeste del Brazo de la Torre. Las zonas de buena calidad, situadas más al oeste, muestran concentraciones de cloruros que oscilan entre 50 y 500 mg/l, mientras que las concentraciones de sulfatos - que pueden llegar a los 400 mg/l-, no superan en extensas áreas los 60 mg/l. En las zonas más salinizadas, al sureste, es frecuente encontrar facies fuertemente cloruradas sódicas o sódico-cálcicas, inadecuadas para cualquier uso.

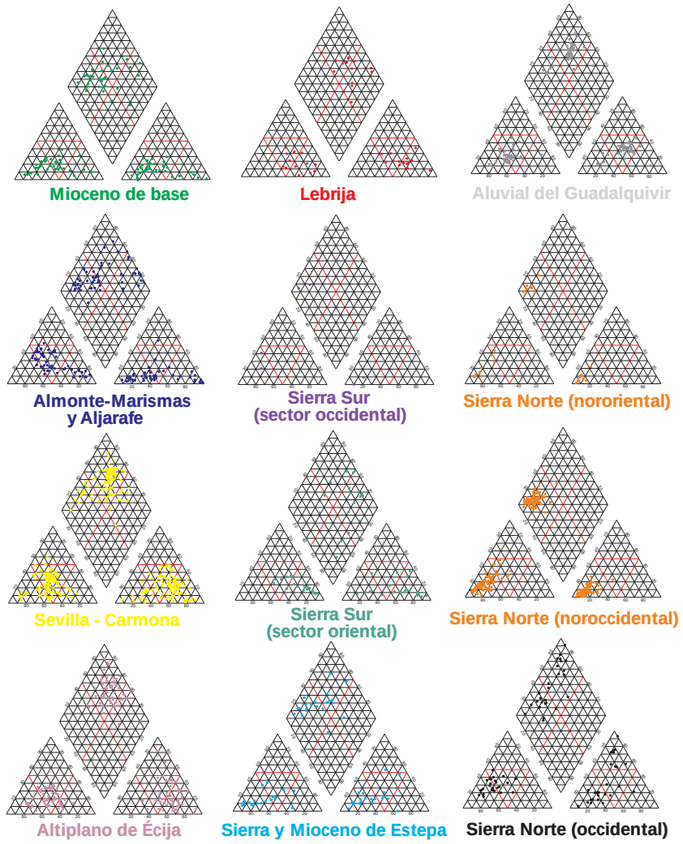
El acuífero del Aljarafe presenta aguas de mineralización media a elevada y facies variable, dominando en las facies catiónicas los tipos intermedios o sódicos y en las facies aniónicas los bicarbonatados o clorurados. Son, en general, aguas adecuadas para el riego (C_1/C_2-S_1). Se observa un aumento de la mineralización en dirección norte-sur.

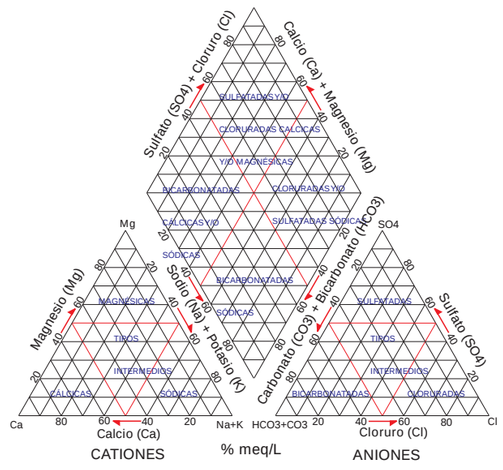
COMPOSICIÓN NATURAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (FACIES, MINERALIZACIÓN Y DUREZA)

Mineralización dominante	Dureza (mg/L $CaCO_3$)
Débil	Muy Blanda (0-40)
Media	Blanda (41-120)
Fuerte	Media (121-350)
Muy fuerte	Dura (351-650)
	Muy Dura (>650)



Facies características de las aguas subterráneas





Escala gráfica

10 0 10 20 30 40 50 km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACIÓN DE SEVILLA

MAPA DE COMPOSICIÓN NATURAL

La composición natural de las aguas de los acuíferos se ha representado mediante tres parámetros:

- **La mineralización,** que se estudia a través de la medida de la conductividad eléctrica, con la que está relacionada directamente. Se trata de una variable mucho más fácil de medir que, por ejemplo, el residuo seco y, por ello, se dispone de abundante información. Las aguas más conductivas lo son porque han tenido contacto con sales fácilmente solubles (yeso, halita). Otro factor importante es la longitud del trayecto recorrido a través del acuífero y el tiempo de residencia: las aguas de más largo recorrido suelen estar más mineralizadas. Otra causa frecuente de elevada mineralización es cuando, en acuíferos costeros, el bombeo excesivo produce la intrusión de agua marina.

- **La dureza,** expresada como mg/l de CaCO3, representa el contenido en ciertos cationes, principalmente calcio y magnesio. La mayoría de la dureza del agua proviene de la disolución de rocas carbonatadas, calizas y dolomías, abundantes en algunas de las formaciones acuíferas estudiadas.

- **La facies** de un agua da idea de la proporción en la que se distribuyen los cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) y aniones (bicarbonatos, sulfatos, cloruros) mayoritarios. Esta proporción depende de un complejo proceso de interacción entre el material que forma la zona no saturada, la zona saturada y el agua que las atraviesa. Cuando las aguas sólo han tenido contacto con un único material, suelen presentar facies claramente definidas (bicarbonatadas cálcicas o cloruradas sódicas, por ejemplo). Las aguas con largo tiempo de residencia, que han estado en contacto con materiales de muy diversa naturaleza o las resultantes de procesos de mezcla, suelen presentar facies mixtas, en las que se observa la huella de los diferentes materiales con los que han tenido contacto.

Para representar las facies se ha elegido el diagrama de Piper, ya que permite la representación simultánea de todos los puntos pertenecientes a una misma zona.

10.2.3. SEVILLA-CARMONA

El conjunto acuífero puede ser dividido, desde la perspectiva de la calidad de sus aguas subterráneas, en tres grandes sectores, que se corresponden con los acuíferos que lo conforman: Calcarenitas de Carmona, Terraza Antigua y Terraza Media. Este último se encuentra directamente conectado, hidráulicamente, con el río Guadalquivir y, en situaciones de aguas altas, puede recibir agua de él. Las características de las aguas captadas son muy variables, debido tanto a la gran extensión del conjunto como a la confluencia de factores que- como la diversidad de materiales que atraviesa el agua, el largo recorrido de ésta y la influencia del río y de los riegos- hacen que sea difícil hablar, de forma general, de las características de la unidad. El flujo general va desde las calcarenitas, donde el agua presenta su menor mineralización y facies más bicarbonatadas, hacia las terrazas más antiguas y de éstas a las más recientes, donde el agua, al haber tenido un contacto más intenso con los materiales solubles, alcanza sus mayores niveles de mineralización y dureza.

Las facies encontradas son muy variables. En la zona norte predominan las aguas de elevada mineralización y de facies mixta, con elevada dureza. Son, en general, aguas adecuadas para el riego cuando los suelos no presentan restricciones de drenaje y los cultivos no son especialmente sensibles (C2-C3). No obstante, existen puntos de calidad aceptable en las zonas situadas más al norte.

En la zona oriental se observa una calidad sensiblemente mejor, con facies bicarbonatadas o bicarbonatadas cloruradas cálcicas. La mineralización y dureza son, por regla general, de tipo medio y los contenidos en sales solubles son lo suficientemente bajos como para permitir la existencia de puntos, en las áreas situadas al sureste, con aguas de buena calidad para cualquier tipo de cultivo (C1-S1).

Los contenidos en nitratos, especialmente en las terrazas más bajas, pueden llegar a ser muy elevados, de más de 200 mg/l, lo que hace el agua inadecuada para el abastecimiento urbano. La elevada salinidad también pude ser un problema importante en áreas localizadas.

10.2.4. ALTIPLANO DE ÉCIJA, ARAHAL-PARADAS-MORÓN Y EL CORONIL

La información de la que se dispone es algo antigua ya que- a excepción de tres puntos aislados en los términos municipales de Écija, El Arahal y La Luisiana, con análisis recientes -, el resto son anteriores a 1990. Las facies presentes en las aguas procedentes de los acuíferos del altiplano de Écija son de mineralización notable, con conductividades superiores a los 2.000 µS/cm; incluso ocasionalmente no es infrecuente encontrar aguas que superan los 4000 µS/cm. Son aguas, además, extremadamente duras (más de 600 mg/l de $CaCO_3$) o muy duras, de facies cloruradas bicarbonatadas cálcico-sódicas. El contacto con las margas yesíferas del Trías hace que las aguas, influenciadas por los materiales de la formación para-autóctona (margas y margocalizas con intercalaciones de areniscas y arenas arcillosas), presenten una calidad muy deficiente, inadecuada para el abastecimiento. Los nitratos también se muestran muy elevados. No son aguas adecuadas para el riego, salvo en condiciones muy excepcionales, tales como suelos permeables, drenaje intenso y cultivos muy tolerantes a la salinidad.

En el conjunto de los acuíferos de El Arahal - El Coronil - Puebla de Cazalla, predominan las aguas de facies bicarbonatadas cloruradas cálcicas o cálcico-sódicas, de mineralización elevada, llegándose a conductividades eléctricas que sobrepasan los 1.500 µS/cm, y de muy duras a extremadamente duras. Los contenidos en sodio pueden llegar a ser elevados en casos concretos, debido a la presencia de niveles evaporíticos en las arenas sahelienses. También el contenido en sulfatos es elevado cuando el agua tiene contacto con yesos triásicos. Debido a su elevada salinidad, no son adecuadas para el consumo humano y sólo pueden ser empleadas para riego en cultivos que presentan buena tolerancia a la salinidad y en suelos bien drenados. No existe riesgo de alcalinización de los suelos.

10.2.5. LEBRIJA

Las aguas captadas en el acuífero de Lebrija son de facies mixta: cloruradas-bicarbonatadas cálcico-sódicas, aunque en puntos aislados (en las proximidades de El Cuervo), donde existen materiales pliocenos, aumenta el contenido en sulfatos y calcio, cambiando las facies hasta ser sulfatadas-bicarbonatadas sódico-cálcicas. Se trata de aguas duras o muy duras (en la mayoría de las ocasiones entre 500 y 700 mg/l de $CaCO_3$), de mineralización elevada (entre 1.500 y 2.000 µS/cm). Las elevadas concentraciones de iones, como el cloruro, sulfato, calcio y magnesio, se atribuyen a la disolución de los niveles evaporíticos de los depósitos lacustres cuaternarios y a las formaciones yesíferas del Triásico.

Se trata de aguas poco adecuadas para el consumo humano, debido no sólo a su elevada mineralización y dureza, sino también al continuo incremento en la concentración de nitratos de procedencia agrícola. Las áreas en las que el agua presenta una calidad mayor para la bebida coinciden con las de recarga, próximas a Lebrija y a la laguna de los Tollos (provincia de Cádiz).

Desde el punto de vista de su aptitud agrícola, la calidad es mediocre; la salinidad varia entre media y elevada (C2-C3), por lo que en general no pueden ser empleadas con cultivos exigentes o en suelos insuficientemente drenados, requiriendo en ocasiones de un especial control para evitar los problemas derivados de la elevada concentración en sales. Sin embargo, a pesar de las facies dominantemente sódicas,

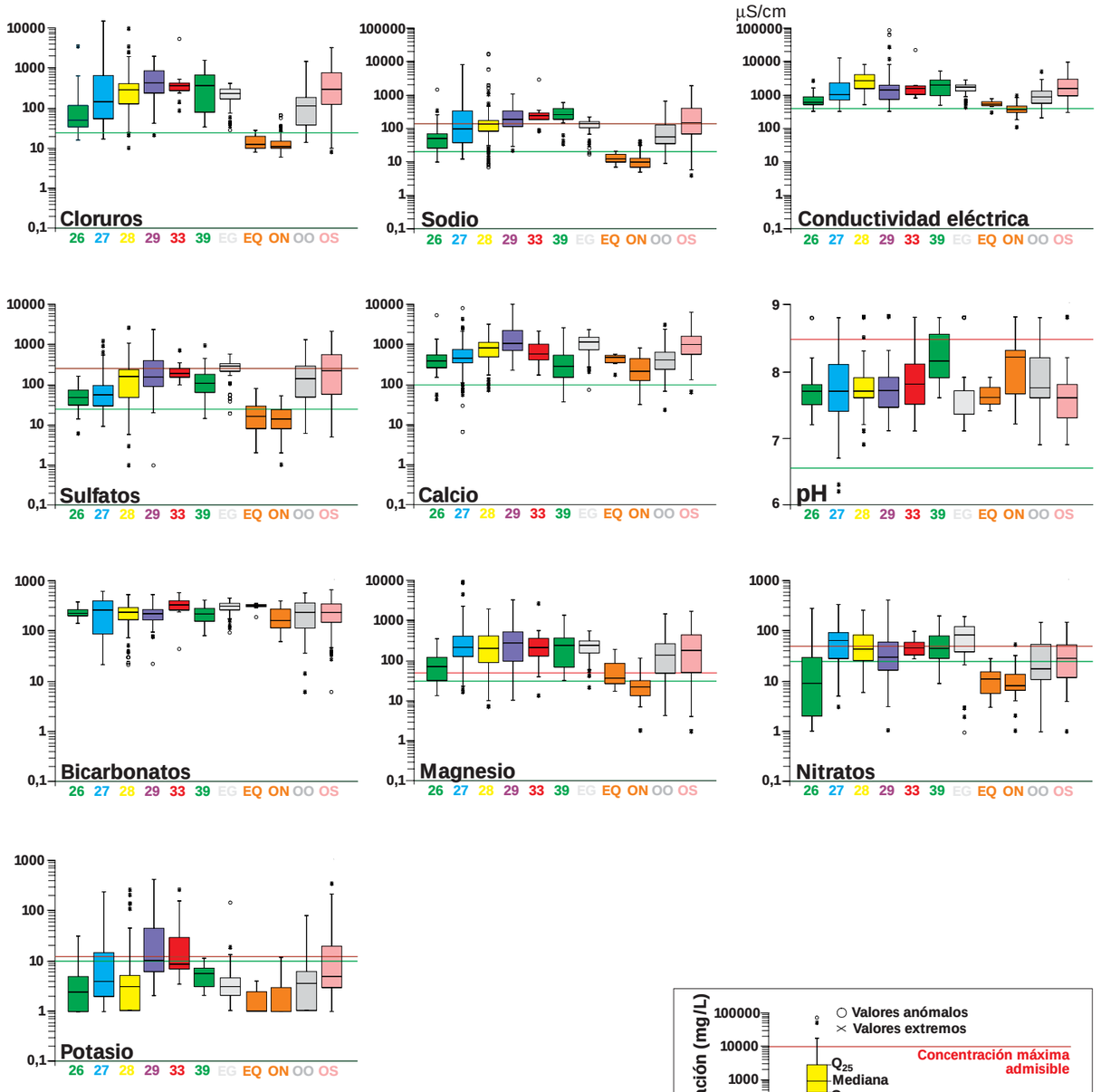
Fuente La Reina, fuente y abrevadero de interés arqueológico. Fuentes de Andalucía (1)

la presencia de suficiente cantidad de cationes divalentes (calcio y magnesio), hace que el riesgo de alcalinización sea bajo (S1). Desde el punto de vista de las normas de Scott, se clasifican en su mayoría como aguas tolerables, en ocasiones incluso malas, por lo que su uso hace necesario una cuidadosa elección del suelo o el apoyo de medios artificiales de drenaje.

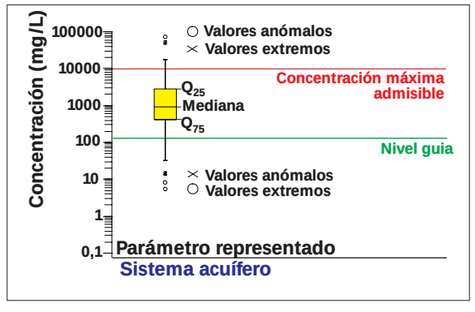
10.2.6. SIERRA SUR (SECTOR OCCIDENTAL, MACIZOS CARBONATADOS DE LA SIERRA DEL TABLÓN Y PEÑÓN DE ALGÁMITAS)

Captando acuíferos carbonatados aislados (calcarenitas de Carmona), se controlan dos puntos al sudeste de la provincia, en las poblaciones de Pruna y Villanueva de San Juan. Se trata de captaciones poco frecuentes (una es una galería de más de 400 metros y la otra un pozo con galería) cuyas aguas, de buena calidad para el consumo y el riego, presentan las características típicas del contacto con materiales calizos: pH ligeramente alcalinos, baja mineralización y facies bicarbonatada cálcica.

DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES MAYORITARIOS



26: Mioceno de base
27: Almonte-Marismas y Aljarafe
29: Altiplano de Écija, Arahal-Paradas-Morón y El Coronil
33: Lebrija
39: Sierra Sur (sector oriental)
EQ: Sierra Norte (acuíferos nororientales)
ON: Sierra Norte (acuíferos noroccidentales)
OO: Sierra Norte (acuíferos occidentales)
OS: Distintos acuíferos del suroeste



MAPA DE CALIDAD PARA ABASTECIMIENTO

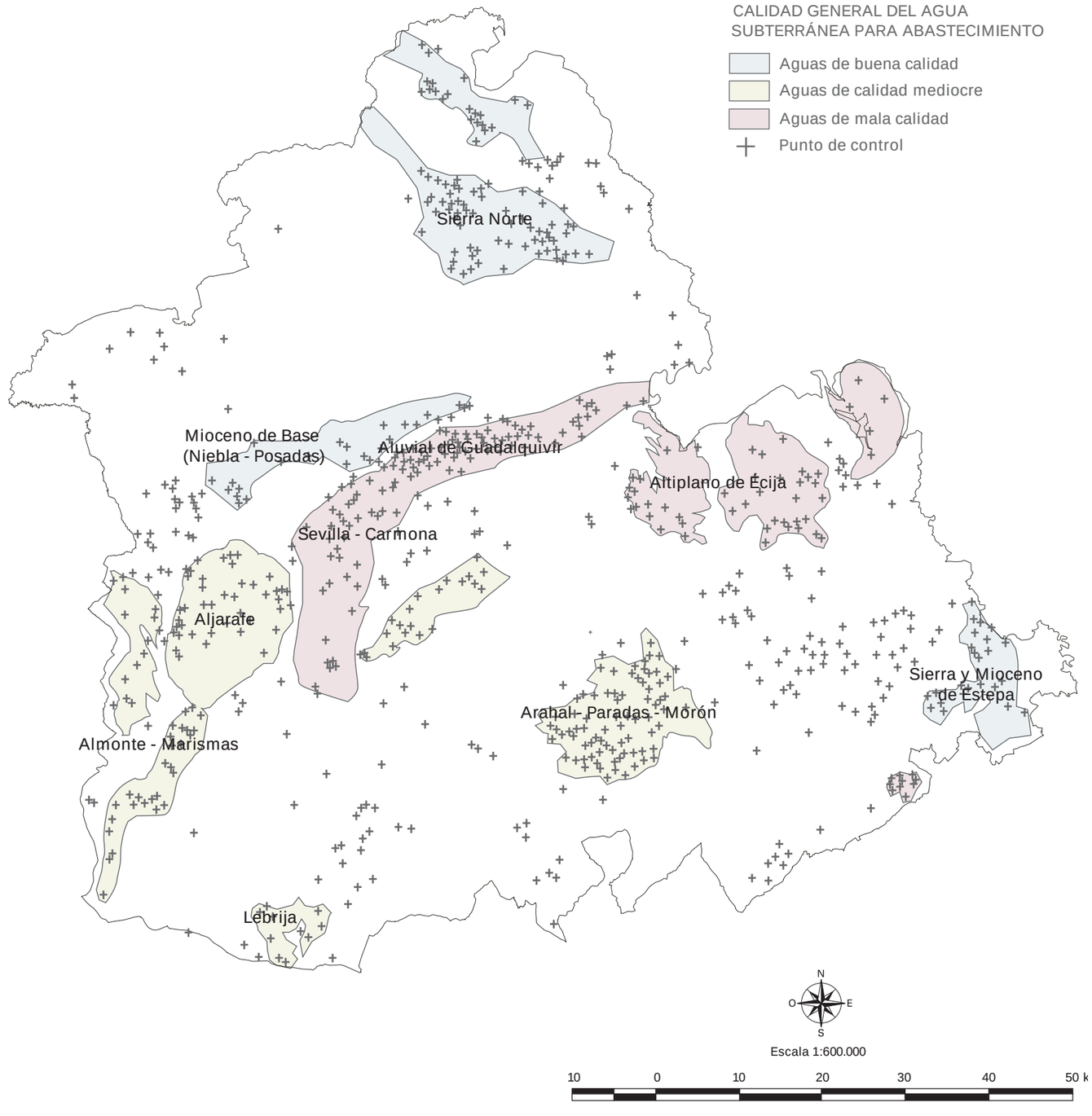
Los criterios establecidos para determinar la calidad de un agua de abastecimiento, que han sido empleados para la elaboración del mapa , son los recogidos en el Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público, que armoniza la legislación española con la Directiva 80/778/CEE.

En el mapa se ha realizado una clasificación cualitativa general de las aguas de los acuíferos en tres rangos: buena, mediocre y mala, según se pueda usar sin ningún tipo de restricción (buena), si es necesario prestar atención a la posible presencia de sustancias no tóxicas pero en concentraciones excesivas (mediocre) o, en el caso de las aguas calificadas como malas, si no son adecuadas para el abastecimiento. Los principales problemas de potabilidad se deben a la presencia de compuestos de nitrógeno (generalmente de origen agrícola), elevada salinidad (en la mayoría de las ocasiones correspondientes a la composición natural de las aguas) y, en raras ocasiones, a otras sustancias, como los metales pesados de origen antrópico o no, las agua ácidas o la presencia de microorganismos o compuestos orgánicos.

Los gráficos de dispersión de cajas (distribución de componentes mayoritarios) muestran, para cada uno de los elementos mayoritarios que la legislación define como “Caracteres físico-químicos en relación con la estructura natural de las aguas”, además de para el nitrato, los rangos de variación y los valores extremos y anómalos. Este tipo de gráficos permite conocer tanto los valores que más se repiten en el agua de un determinado acuífero, representativo de su calidad general, como los valores que se alejan de los medios, tanto hacia los límites superiores como inferiores.

En los mismos gráficos de cajas, mediante una línea verde, se muestra el nivel guía de cada ion representado, correspondiente a valores que se consideran deseables en un agua potable y, mediante una línea roja, las concentraciones máximas admisibles, que corresponden a la mínima calidad admisible en al agua potable. Valores éstos que no deben ser rebasados en las aguas de abastecimiento, ni de forma sistemática ni en cantidades significativas. Cuando alguna de estas líneas no está presente, significa que no se ha establecido ese límite determinado.

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA BEBIDA



10.2.7. SIERRA SUR (SECTOR ORIENTAL, ACUÍFEROS DETRÍTICOS Y CARBONATADOS)

Aunque se extiende en su mayor parte en la mitad septentrional de la provincia de Málaga, una pequeña parte de la zona de Fuente de Piedra - que incluye parte de la Sierra de los Caballos - pertenece a la de Sevilla. Todos los puntos controlados en esta zona son pozos de escasa profundidad (uno tiene 40 metros, el resto oscila entre 5 y 16) y se encuentran en el término municipal de Martín de la Jara.

Las facies dominantes son muy variables, afectadas por la presencia de niveles margo-arcillosos, con presencia de abundantes yesos de edad triásica: son desde netamente cloruradas sódicas a mixtas (clorurado-sódicas magnésico-cálcicas), incluso alguno de los puntos muestreados presentan facies equilibradas bicarbonatadas. La mineralización, también muy variable, se distribuye según las facies; los puntos de mayor mineralización, con conductividades eléctricas que llegan a sobrepasar los 3.000 µS/cm, corresponden a los puntos de facies clorurada sódica, sulfatada cálcica o mixta. Los puntos de menor mineralización, con conductividades entre 500 y 1.000 µS/cm, son los que muestran unas facies más equilibradas.

Esta gran variabilidad en las facies y mineralización de las aguas, se refleja claramente en su aptitud para uso agrícola. Aunque en su mayoría no son adecuadas más que para el cultivo de especies resistentes en condiciones de elevado drenaje (C2/C3), existen puntos aislados que presentan una calidad muy buena (C1). Desde el punto de vista de la capacidad de alcalinización, la posibilidad es reducida, debido al elevado contenido en calcio y magnesio que neutralizan la acción alcalinizante del sodio, siendo la mayoría de los puntos del tipo S_1.
Como aguas de abastecimiento son, en general, de muy mala calidad, aún sin contar con el elevado contenido en nitratos que alcanza niveles muy elevados (hasta 200 mg/l). Se han detectado, en casos aislados, presencia de especies reducidas de nitrógeno (nitritos y amonio).

10.2.8. SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA

Las aguas subterráneas captadas en la Sierra y Mioceno de Estepa presentan facies bicarbonatadas cálcicas y baja mineralización, con conductividades eléctricas en torno a los 500 µS/cm, mientras que las captaciones relacionadas con materiales miocenos dan lugar a aguas duras de facies mixtas bicarbonatadas-cloruradas o cloruradas-bicarbonatadas cálcico-sódicas o sódico-cálcicas. Se observa un progresivo aumento de la mineralización a lo largo del recorrido del agua por el acuífero, llegando a ser muy elevada en las zonas de descarga (con conductividades superiores a 2.500 µS/cm).

La calidad para el abastecimiento urbano es muy variable: buena en las aguas provenientes de los materiales calizos de la Sierra de Estepa (donde ninguno de los parámetros llega a alcanzar los límites permitidos por la reglamentación técnico-sanitaria), empeorando cuando se produce la influencia de los materiales triásicos que aportan sales muy solubles, sulfatos y cloruros principalmente, hasta hacer el agua no potable en algunos puntos de elevada mineralización (en los que se llega a alcanzar contenidos en sodio de hasta 150 mg/l). Un problema añadido es la presencia de nitratos de procedencia agrícola que, con frecuencia, superan el límite permitido de 50 mg/l.

Desde el punto de vista del uso para riego, la situación es parecida a la de abastecimiento. Los materiales calizo-dolomíticos jurásicos de la Sierra de Estepa dan lugar a aguas que se clasifican como C1S1, es decir, de muy buena calidad sin riesgo de salinización o alcalinización del suelo. Sin embargo, los acuíferos detríticos miocenos dan lugar a aguas más mineralizadas, que se clasifican en el grupo C2S1 que - sin dejar de ser adecuadas para el riego- pueden presentar problemas si se emplean con cultivos especialmente sensibles.

10.2.9. ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR

Desde el punto de vista hidroquímico, las aguas captadas en el aluvial del río Guadalquivir presentan una mineralización generalmente muy elevada, siendo frecuente que la conductividad eléctrica supere el valor de 1.500 µS/cm, además de elevada dureza. La mayor parte de las muestras se encuentran en el rango de 500 a 1000 mg/l de $CaCO_3$. Presentan facies de tipo intermedio, equilibradas sobre todo en el contenido aniónico, resultado de la compleja interacción del agua con los materiales de las terrazas del río y con otros (margas arenosas, arenas, calcarenitas y las propias margas azules, que constituyen el sustrato impermeable). Se trata de captaciones de poca profundidad, de entre 6 y 25 metros, la mayoría de menos de 15 metros, de forma que la calidad química de sus aguas se ve influenciada rápidamente por la recarga proveniente de la lluvia o el río.

Se observa un incremento en la salinidad en el sentido del flujo del agua subterránea, debido al mayor tiempo de contacto con los materiales solubles del acuífero.

Excepción hecha de los puntos situados más al noreste, en el término de Peñaflor, y al norte, en Cantillana y Tocina, cuya calidad es sensiblemente mejor al resto de la cuenca, la situación de las captaciones en las terrazas del río, con tramos de muy elevada permeabilidad, hace que se trate de un sistema muy vulnerable a la contaminación. Por ello, no es de extrañar que, la intensa actividad agrícola, haya traído consigo elevadas concentraciones de compuestos nitrogenados, principalmente nitratos, que en más del 70% de los puntos analizados, superan ampliamente los 50 mg/l, haciendo el agua inadecuada para el consumo humano.

MAPA DE APTITUD PARA USO AGRÍCOLA

La producción agrícola depende directamente de tres pilares que la sustentan: el clima, el suelo y el agua de riego, de forma que si los cultivos no se adaptan perfectamente a cualquiera de ellos, la producción vegetal puede verse mermada hasta convertirse en económicamente inviable.

El agua de riego permite mantener el equilibrio hídrico del vegetal. Sirve, además, de medio de transporte de las sustancia nutritivas que el agua disuelve - a partir de los minerales del suelo - hasta los distintos órganos de la planta.

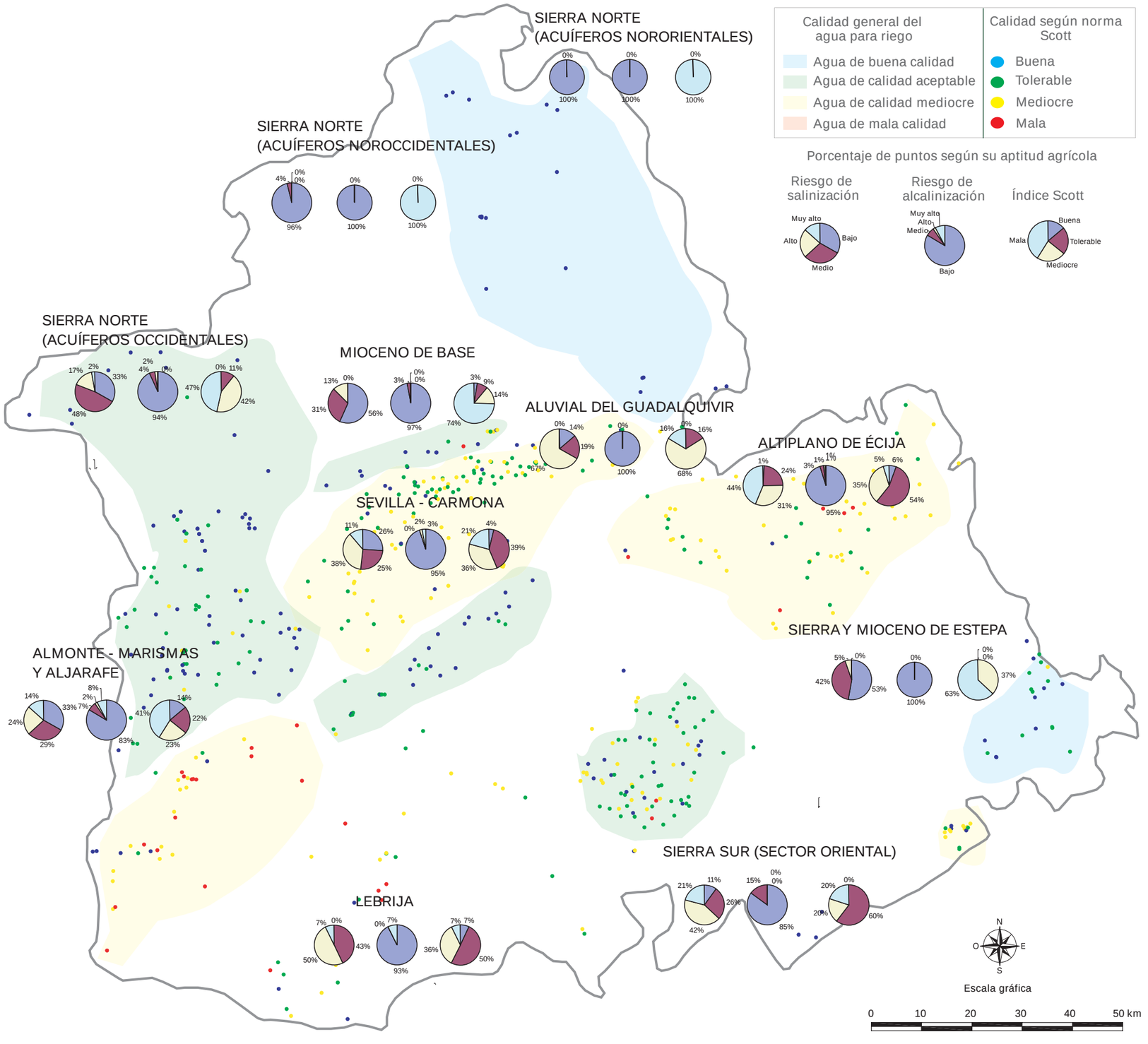
Los índices de calidad del agua de riego no pueden ser entendidos sin considerar de forma simultánea el suelo sobre el que se van a aplicar, el método de riego y el tipo de cultivo. Los suelos menos permeables, más arcillosos, precisan un agua de mucha mejor calidad que los suelos arenosos; los sistemas de riego ahorradores de agua, por ejemplo el goteo, precisan agua de mejor calidad que otros, como el riego a manta, que permite un drenaje más eficaz del suelo.

La deficiente calidad del agua de riego, especialmente el exceso de sodio o, más exactamente aún, la inadecuada proporción entre el contenido en este metal y el calcio y magnesio, puede afectar no sólo a la nutrición y equilibrio hídrico de la planta, sino también a la permeabilidad de los suelos agrícolas que pueden llegar a ser inutilizados, en casos extremos, debido al uso de agua de calidad deficiente.

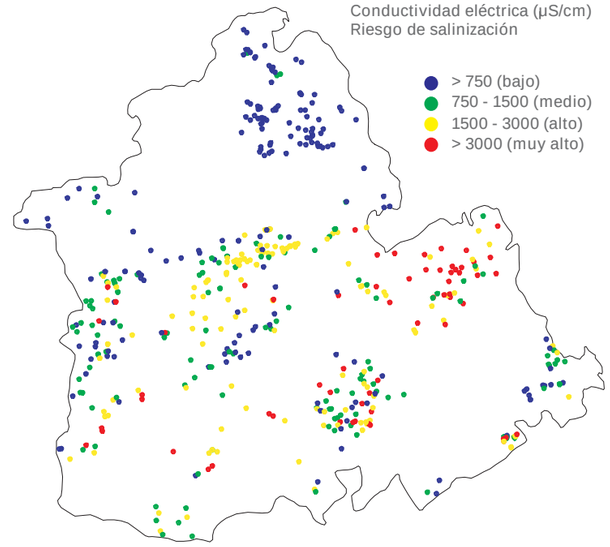
En base a estos criterios se han seleccionado tres índices de calidad: la conductividad eléctrica, la relación de adsorción de sodio (SAR) y el índice alcalimétrico (norma Scott), que escuetamente tienen la siguiente interpretación:

- Conductividad eléctrica: proporciona una medida indirecta de la salinidad del agua. Son preferibles las aguas de conductividad media o baja (menor de 1500 µS/cm).
- SAR: muestra la proporción entre el sodio y el calcio y magnesio. Valores elevados, mayores de 18 unidades, corresponden a aguas con gran poder alcalinizante, en general no adecuadas para el riego.
- Norma Scott: da una idea de la cantidad de álcali que deja el agua que se evapora del suelo y que impide el normal desarrollo vegetal.

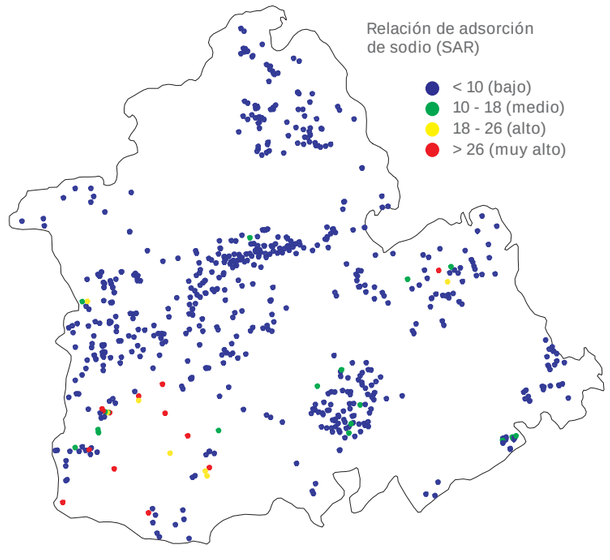
APTITUD PARA USO AGRÍCOLA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS



CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN SU CONTENIDO SALINO



CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN SU CAPACIDAD DE ALCALINIZACIÓN DEL SUELO



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

También es frecuente encontrar otros compuestos de nitrógeno - nitritos y amonio ; que suelen ser indicadores de un proceso de contaminación orgánica reciente.
Como aguas para abastecimiento, son de calidad muy deficiente, superando, en la mayoría de las ocasiones, los límites impuestos por la reglamentación técnico-sanitaria para los principales constituyentes (cloruros, sulfatos, sodio, magnesio, calcio).

Como agua de riego, aunque ninguna de las captaciones presenta problemas desde el punto de vista del riesgo de alcalinización, las elevadas conductividades eléctricas, hacen que la mayoría de las captaciones se englobe dentro del grupo C3, en ocasiones C2, tratándose, por tanto, de aguas de salinidad media a elevada. En el caso de las C3, las más abundantes, no pueden ser empleadas con suelos de drenaje restringido o con cultivos de baja tolerancia a la salinidad. Al igual que sucedía con la calidad para abastecimiento, existe algún punto, en la zona más septentrional y oriental del acuífero, con aguas de calidad sensiblemente mejor a la media.

Sierra de Montellano. Pozos en zona con actividad agrícola y minera (2).

10.2.10. SIERRA NORTE (ACUÍFEROS CARBONATADOS AISLADOS)

Los acuíferos, aunque aislados, de pequeña extensión y recursos hídricos limitados, presentan interés local para el regadío y abastecimiento a pequeñas poblaciones. Las aguas captadas en estas formaciones presentan todas ellas facies típicas bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas, mineralización débil, y dureza media, como corresponde a aguas procedentes de materiales carbonatados y tiempos de residencia no muy elevados. Desde el punto de vista de la calidad química, son aguas muy adecuadas para el consumo humano que, además, no presentan problemas de nitratos. Como aguas de riego, su calidad es excelente (C1S1), no habiendo peligro de salinización o de alcalinización de los suelos. El único inconveniente puede ser los elevados valores de carbonato sódico residual, que no tienen por qué ser problemáticos con los actuales contenidos en sodio.

VER NAVEGACION

Principales acuíferos

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACION DE SEVILLA

Año Internacional del Agua Dulce 2003

Principales acuíferos

11.1. Lebrija
11.2. Montellano y Sierra de Esparteros
11.3. Almonte – Marismas
11.4. Sierra y Mioceno de Estepa
11.5. Arahal – Paradas – Morón
11.6. Coronil
11.7. Aljarafe
11.8. Sevilla – Carmona
11.9. Aluvial del Guadalquivir
11.10. Otras formaciones aluviales
11.11. Altiplanos de Écija
11.12. Mioceno de base (Niebla - Posadas)
11.13. Sierra Norte
11.14. Sierra Sur y Los Caballos

LOCALIZACIÓN DE ACUÍFEROS DESCRITOS

VER NAVEGACION

Vista aérea oblícua del núcleo urbano de Lebrija y su entorno (3)

Vista aérea vertical de El Cuervo y la laguna de Los Tollos (4)

11.1. ACUÍFERO DE LEBRIJA

11.1.1. SITUACIÓN Y LÍMITES

El acuífero de Lebrija, situado en la cuenca baja del Guadalquivir, se corresponde con la Unidad Hidrogeológica 05.52. Con una superficie de unos 75 km^2, se sitúa aproximadamente entre la Laguna de Val de Ojo, Lebrija, El Cuervo, la laguna de Los Tollos, y un tramo de la autopista Sevilla-Cádiz, incluyéndose la mayor parte en la provincia de Sevilla y tan sólo unos 6 km^2 en la de Cádiz.

Se sitúa en la comarca de Lebrija, eminentemente agrícola, con dos núcleos de población principales: Lebrija y El Cuervo, con un total de 31.709 habitantes (23.924 Lebrija y 7.785 El Cuervo, según datos del año 1999).

La hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, en las que se encuentra son: 1.034 (12-43) Lebrija y 1.048 (12-44) Jerez de la Frontera.

11.1.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.1.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima existente es mediterráneo continental, con veranos secos y calurosos e inviernos suaves y lluviosos.

11.1.2.2. HIDROLOGÍA

La red hidrográfica está constituida por numerosos arroyos de carácter estacional, que discurren hacia la laguna de Val del Ojo. El curso más importante es el arroyo Salado, que bordea el extremo oriental a través de los materiales triásicos.

11.1.3. HIDROGEOLOGÍA

11.1.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

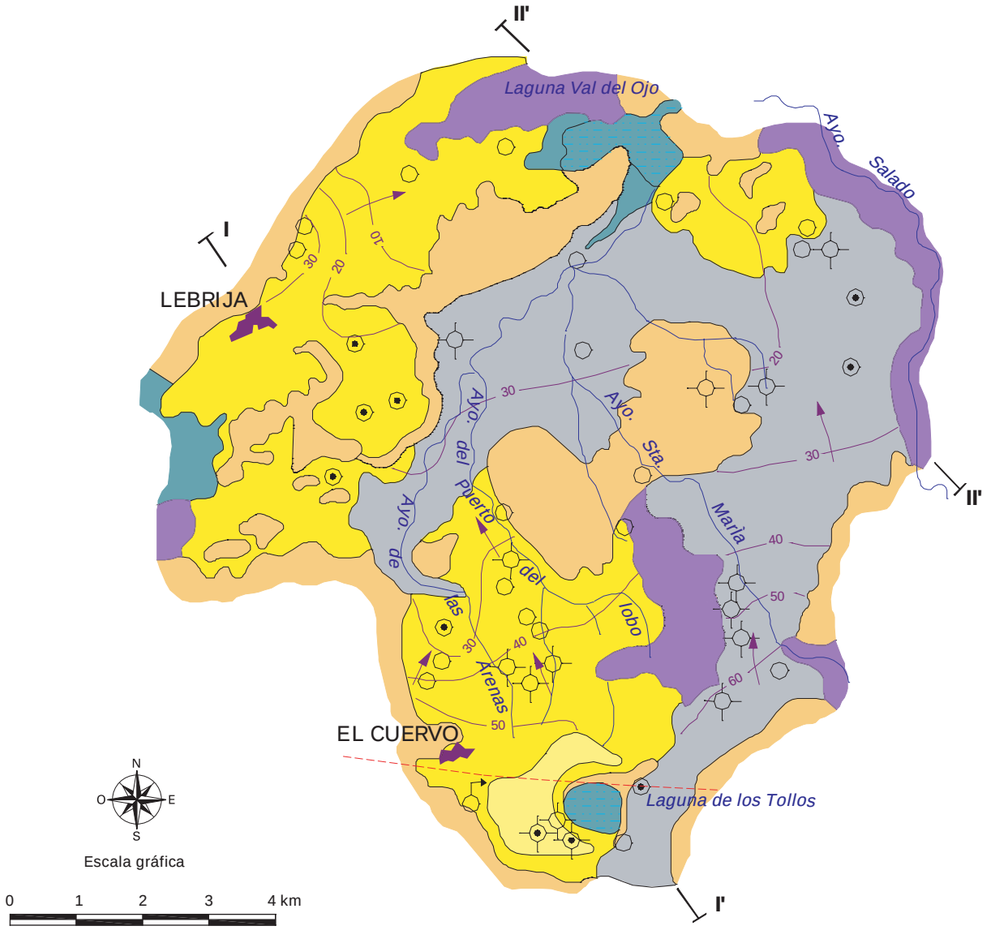
El acuífero de Lebrija se encuentra en el extremo occidental de las cordilleras béticas, diferenciándose en él dos grandes conjuntos:

- La zona subbética, integradas por formaciones alóctonas cuyas edades van del Triásico al Mioceno superior, y
- Los depósitos detríticos, terciarios y cuaternarios, de la Depresión del Guadalquivir.

Esquemáticamente, y a grandes rasgos, la serie estratigráfica está constituida por:

- Margas abigarradas, arcilla y yesos (Triásico)
- Arenas, areniscas y margas arenosas (Paleógeno)
- Margas blancas y grises (Mioceno)
- Arenas, gravas, limos y arcillas (Plioceno y Cuaternario de génesis lacustre)
- Arcillas, arenas y gravas (Plioceno - Cuaternario)

ACUÍFERO DE LEBRIJA



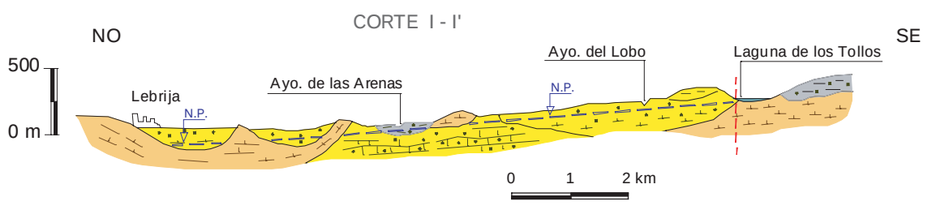
LEYENDA

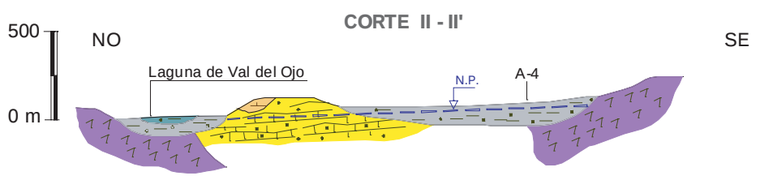
LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Marisma	Cuaternario	Baja permeabilidad
Gravas, arenas, limos y arcillas	Cuaternario	Alta permeabilidad
Calizas y margas blancas	Plioceno	Baja permeabilidad
Areniscas, arenas, calizas y margas	Plioceno - Mioceno	Alta permeabilidad
Margas con calcarenitas y margocalizas	Cretácico -Terciario	Baja permeabilidad
Margas, arcillas y yesos	Triásico	Baja permeabilidad

SIMBOLOGÍA

- Núcleos de población
- Límite provincial
- Límite cerrado
- Límite abierto
- I - I' Localización corte de hidrogeológico
- Cauce de corriente continua
- Cauce de corriente discontinua
- Humedales
- Manantial
- Sondeo
- Pozo
- Agrupación de pozos
- Agrupación de sondeos
- Dirección y sentido preferencial del flujo subterráneo
- 30 Isopiezas m s. n. m. (marzo 1985)
- N.P. Nivel piezométrico

CORTES HIDROGEOLÓGICOS





MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

11.1.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.1.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El acuífero de Lebrija es libre, permeable por porosidad intergranular y presenta una extensión de unos 75 km^2. Está formado por un conjunto permeable de areniscas y calizas arenosas del Paleógeno, arenas finas fosilíferas del Plioceno y recubrimientos cuaternarios de arcillas con arenas y cantos, así como glacis que descienden desde la Sierra de Gibalbín a la laguna de Los Tollos, por donde pasa el límite con la provincia de Cádiz.

En los alrededores de la laguna de Los Tollos existen recubrimientos cuaternarios semipermeables de génesis lacustre, formados por alternancias de calizas y margas que incluyen sales de origen evaporítico. La potencia de estos materiales suele ser reducida, presentando los depósitos cuaternarios unos 10 m de potencia y las arenas pliocenas unos 13 m, salvo en dos zonas: una, correspondiente a la laguna de Los Tollos, donde el espesor puede alcanzar los 150 m, y otra, situada a unos 5 km al NO de la citada laguna, en la que se observan espesores próximos a los 80 m.

Los límites y sustrato impermeable del acuífero lo constituyen las arcillas y margas del Triásico y materiales del Mioceno inferior (albarizas del Burdigaliense y margas azules del Tortoniense-Andaluciense), así como del Cuaternario (arcillas y limos de marismas).

La dirección del flujo subterráneo se establece desde Lebrija hacia el este y desde la laguna de Los Tollos hacia el norte, confluyendo en ambos casos hacia las marismas del Guadalquivir.

11.1.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

La información sobre parámetros hidrogeológicos del acuífero, a partir de ensayos de bombeo realizados en los sondeos de abastecimiento a El Cuervo, en el sector de la laguna de Los Tollos, ofrece los siguientes resultados:

- Transmisividad: entre $3x10^{-5}$ $m^2.S^{-1}$ y $9x10^{-4}$ $m^2.S^{-1}$, dependiendo del espesor de la formación acuífera.
- Permeabilidad: entre $1x10^{-6}$ y $3x10^{-5}$ $m.S^{-1}$
- Coeficiente de almacenamiento: estimado en un 5 %
- Caudales: entre 5 y 50 l/s

No obstante, hay que destacar que estos valores presentan una gran variación de unos puntos a otros.

El gradiente hidráulico se encuentra próximo al 1%, si bien al norte de El Cuervo y en las proximidades de las lagunas se alcanzan gradientes más elevados.

11.1.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

Existe una relación hidráulica directa entre el acuífero y las lagunas de Val del Ojo y de Los Tollos, que provoca el encharcamiento de dichas zonas, hecho que les confiere un gran interés ecológico.

El nivel del agua se localiza, generalmente, a menos de 5 m de la superficie, excepto en la margen meridional y oriental del acuífero, donde puede llegar a situarse a más de 10 m de profundidad.

El IGME ha venido controlando hasta diciembre de 2001, con frecuencia mensual, 21 puntos, pertenecientes a la red piezométrica de observación del acuífero. La mayoría de ellos se han controlado desde el año 1981.

Del análisis a lo largo del tiempo de los piezómetros, se deduce una evolución cíclica, con mínimos en las épocas de estiaje y recuperación durante las épocas de lluvia. La cota piezométrica más alta se sitúa en 52 m s.n.m. al NE de la localidad de El Cuervo, disminuyendo hasta 16 m s.n.m. en la zona de confluencia entre el arroyo del Sequillo y el de las Arenas, al E de Lebrija.

Los niveles de agua siguen una pauta de oscilación en clara dependencia de las lluvias (subida de nivel) y de los bombeos de primavera-verano para riego (descenso de nivel). No obstante, se ha llegado a un régimen casi estacionario, que no muestra una marcada tendencia al descenso a lo largo del tiempo, debido a la compensación de aportes por infiltración a través de los materiales salinos suprayacentes, lo que si bien prácticamente compensa al agua extraída, empeora de manera muy notablemente a su calidad.

Hay que hacer constar que en algunos sectores, por la situación particular de sobreexplotación, junto con las condiciones climatológicas que se produjeron (sequía de los años 1990-1995), los niveles estáticos experimentaron un descenso más acusado, como ocurrió en el entorno cercano a la laguna de Los Tollos y en los sondeos de abastecimiento a El Cuervo. Niveles que manifestaron un ascenso durante los años 1998-1999, coincidentes con la paralización de la explotación minera de arcillas especiales del área de la laguna, así como con el cese del abastecimiento, a través de sondeos, a la localidad de El Cuervo.

Asimismo, existe una red piezométrica de 21 sondeos mecánicos con un total de 608 m de perforación, y su instalación como piezómetros, y seis sondeos-pozos experimentales, con un total de 180 m de perforación, realizados por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

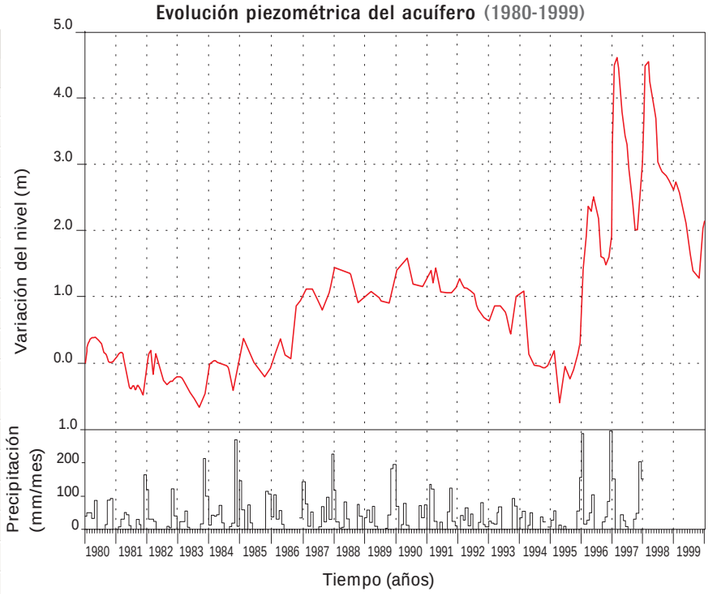
Laguna de Los Tollos (1)

Laguna de La Peña (1)

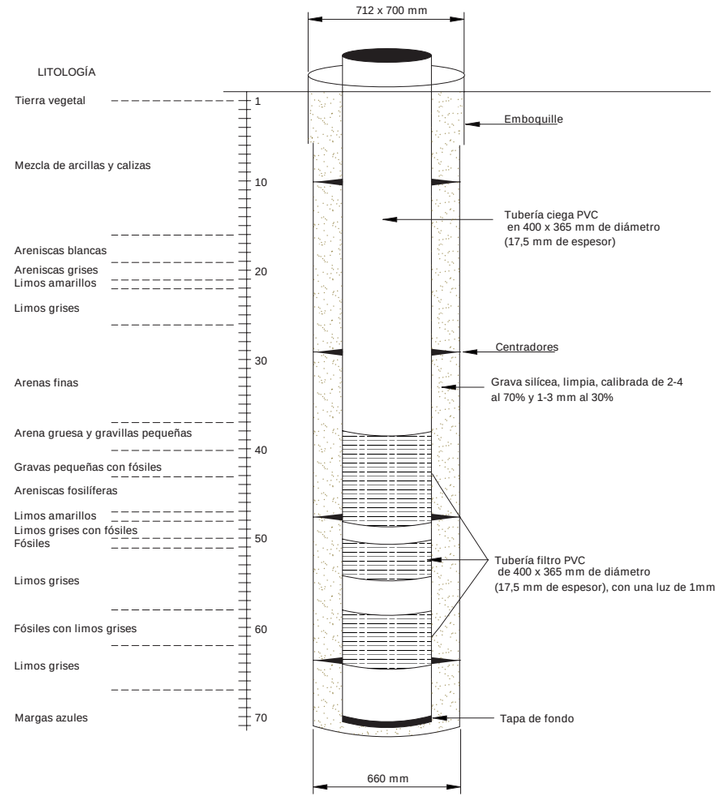
Red piezométrica del IGME (1999)

Nº Piezómetro	Coordenadas UTM				Prof. (m)	Naturaleza
	X	Y	Z (m)	Huso		
124320016	763775	4090850	27,22	29-S	18	Piezómetro
124320017	761550	4092500	30	29-S	30	Sondeo
124330012	770381	4091351	27	29-S	25,2	Piezómetro
124360009	762990	4084999	37	29-S	5,5	Pozo
124360011	761850	4088100	15	29-S	4,2	Pozo
124360041	763000	4088200	36	29-S	12	Pozo
124360059	765500	4085070	41,5	29-S		Piezómetro
124360060	765150	4086820	40	29-S	32,6	Piezómetro
124360063	762480	4088650	34	29-S	---	Piezómetro
124360064	763650	4084850	34	29-S	---	Piezómetro
124360067	765250	4082500	70	29-S	46,7	Piezómetro
124360070	763200	4089150	17	29-S	63	Piezómetro
124370010	233290	4087650	41	30-S	10	Pozo
124370018	766770	4086780	39,23	29-S	6	Pozo
124370020	768426	4085395	52,51	29-S	75	Sondeo
124370027	766200	4080800	70	29-S	14	Pozo
124370033	235150	4088750	28	30-S	26	Sondeo
124370034	236720	4089670	22,67	30-S	32,1	Piezómetro
124370035	766750	4081950	62,2	29-S	60	Piezómetro
124370036	766050	4089470	18	29-S	27,3	Piezómetro
124370038	235650	4089700	25,5	30-S	41	Sondeo

Evolución piezométrica del acuífero (1980-1999)



Croquis sondeo tipo



Una obra característica de la zona es la del pozo de brocal; pozo de 3 a 6 m de diámetro, cuya profundidad no sobrepasa los 8 m, hasta alcanzar las margas o arcillas impermeables, explotándose caudales del orden de 5 l/s. El sondeo mecanizado constituye la obra de captación más importante, con profundidades que oscilan entre los 40 y 80 m, localizándose en aquellas explotaciones agrarias de mayor superficie de riego y en los que se alumbran caudales del orden de 50 a 100 l/s.

11.1.4. HIDROQUÍMICA

11.1.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Se trata de aguas de facies bicarbonatadas–cloruradas y cloruradas sódico-cálcicas.

Son aguas de tipo C_2S_2 a C_4S_2, con dudosa potabilidad y mediocre calidad para riego, con peligro alto o muy alto de salinización.

Están notablemente mineralizadas, fundamentalmente en iones CO_3H^-, Cl^-, SO_4^{-2}, Ca^{2+} y Mg^{2+}.

Debido a la influencia de los niveles evaporíticos de los depósitos lacustres cuaternarios y de la formación yesífera del Triásico, son aguas extremadamente duras, con residuo seco superior a 1-2 g/l, a excepción únicamente de las áreas de recarga (alrededores de la laguna de Los Tollos y de Lebrija), donde son aptas para el consumo humano.

La red de calidad data del año 1978 y está constituida por un único punto, correspondiente a uno de los sondeos que abastecían a la población de El Cuervo, cercano a la laguna de Los Tollos.

Los valores obtenidos no son extrapolables a otras zonas del acuífero.

Conductividad eléctrica. Los valores máximos oscilan entre 3.419 y 2.950 µS/cm (año 1995) y los mínimos son de 916 µS/cm (año 1998/99), año hidrológico en que quedaron paralizadas las actividades mineras y el abastecimiento público por aguas subterráneas a la población de El Cuervo. El rango de variación entre esos años es de –2503 µS/cm.

Red de calidad (IGME)

Nº Piezómetro	Coordenadas UTM				Prof. (m)	Naturaleza
	X	Y	Z (m)	Huso		
124360024	765400	4081500	70	29-S	56	Sondeo

En los valores máximos de conductividad queda patente la existencia de contaminación natural, debido muy probablemente a la proximidad de los materiales salinos del Keuper.
Tanto en iones nitratos como en cloruros, es notable su tendencia al descenso y el brusco cambio observado y producido en ese período de tiempo debido a distintas causas. En el ión NO_3 , las posibles causas de este descenso son:

- Disolución, por infiltración de las precipitaciones acaecidas en el intervalo de tiempo comprendido entre ambos muestreos.

- Lavado y arrastres de nitratos durante el descenso de los niveles de agua, producido durante el período de estiaje.

En cualquier caso, los nitratos existentes son consecuencia de las actividades agrícolas y ganaderas desarrolladas sobre el acuífero.

Evolución de la calidad química de las aguas

Iones o parámetros	Año 1987/95 Máximos	Año 1999 Mínimos	Variación
Cloruros	700 mg/l	111 mg/l	- 589 mg/l
Nitratos	44 mg/l	3 mg/l	- 41 mg/l
Conductividad eléctrica	3.419 µS/cm	916 µS/cm	- 2.503 µS/cm

11.1.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

En general, estas aguas pueden presentar riesgos elevados de salinización y alcalinización edáfica por riego. Asimismo, poseen elevadas concentraciones de nitratos derivados de las actividades agropecuarias.

Según el mapa de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por vertido sobre el terreno, la unidad está calificada como zona con riesgo previsible de contaminación de las aguas subterráneas de grado alto.
Los principales focos de contaminación causantes de que el agua no sea tolerable para el consumo humano (salvo, como ya se ha mencionado, las zonas de recarga cercanas a la laguna de Los Tollos y Lebrija) son fundamentalmente las actividades agrícolas y ganaderas, que incrementan fuertemente el contenido en nitratos, así como los vertidos incontrolados de industrias y la alcalinización y salinización edáficas.

Las aguas residuales urbanas no depuradas se vierten, generalmente, a cauces superficiales. Los residuos sólidos se depositan en un vertedero de reciente creación (año 1995), en el paraje conocido como "El Cubo". Este vertedero ha sustituido al antiguo, denominado "El Valliscal".

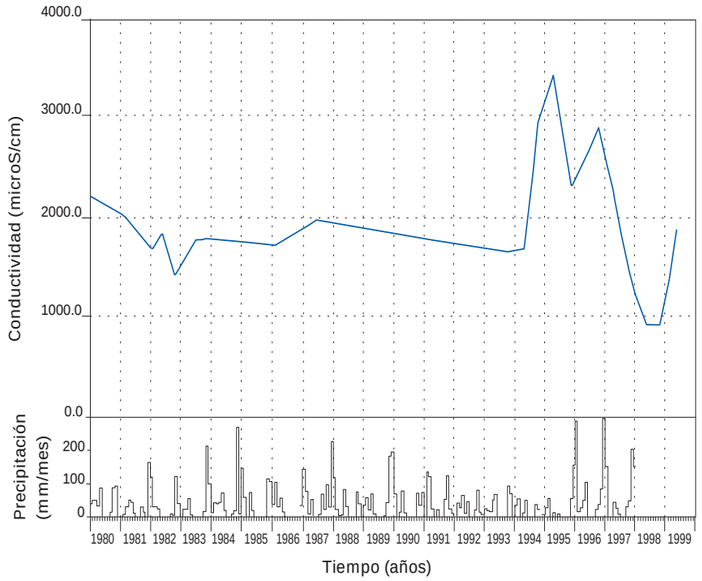
11.1.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

La recarga del acuífero se produce a través de los siguientes mecanismos:
- Infiltración directa de lluvia.
- Infiltración por reciclaje de riego.
- Alimentación lateral subterránea a partir del borde oriental, a través del glacis y de las arenas del sector de la laguna de Los Tollos.

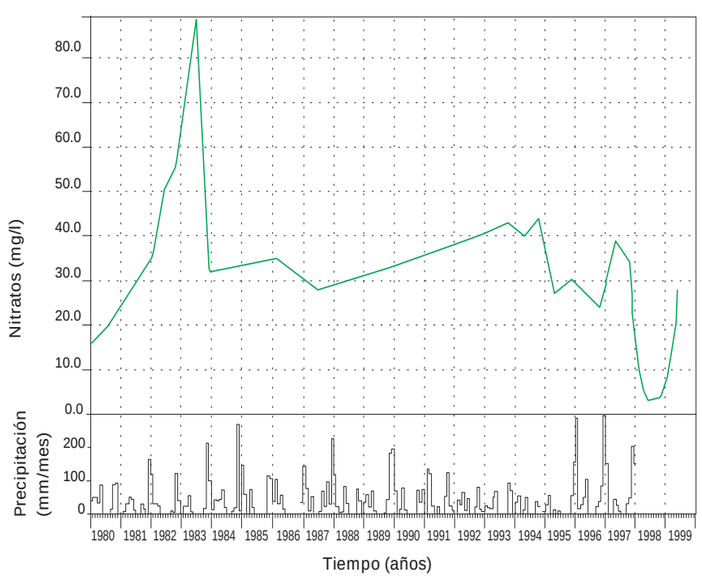
Por su parte, las salidas se efectúan por:
- Explotación del acuífero por bombeos a través de pozos y sondeos.
- Salidas laterales ocultas.
- Salidas a ríos y lagunas.

Actividad agrícola: invernaderos (1)

Evolución de la conductividad eléctrica en el piezómetro de control (1980-1999)



Evolución del contenido en nitratos en el piezómetro de control (1980-1999)



Escombreras de la explotación minera, ya parada, de arcillas especiales (atapulgita), junto a la laguna de Los Tollos (1)

Balance del acuífero de Lebrija

Entradas	hm³/año	
- Infiltración directa por precipitación (media de 620 mm/a)		6,5
- Retorno por regadíos		0,2
- Alimentación lateral por escorrentía superficial		0,3
	Total	7,0
Salidas		
- Extracciones para regadío		5,2
- Drenaje natural a través de ríos y arroyos		1,8
	Total	7,0

Para el cálculo de los consumos se ha desestimado el abastecimiento a la población de El Cuervo. Se cifraba el consumo de agua, procedente de cinco sondeos de abastecimiento, en 0,6 hm³/año, pero en la actualidad permanecen en calidad de reserva por estar abastecida esta localidad con aguas procedentes del embalse de Huéznar. De estas mismas aguas se abastece la población de Lebrija.

Las salidas naturales producidas por drenaje subterráneo hacia las marismas, lagunas y arroyos tienen una significación relativa, dado su carácter estimativo. Los bombeos para regadíos han provocado, por otra parte, en dichas zonas, importantes descensos del nivel piezométrico.

Pozo en el depósito aluvial del arroyo Sequillo (1)

Panorámica aérea oblícua de la Sierra de Esparteros (3)

Vista aérea vertical de Montellano y la sierra situada al este (4)

11.2. MONTELLANO Y SIERRA DE ESPARTEROS

11.2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El **acuífero de Montellano** se localiza dentro de la Unidad Hidrogeológica 05.48 Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla. Esta Unidad Hidrogeológica se sitúa en la cuenca baja del río Guadalquivir, al SE de la provincia de Sevilla, entre las comarcas de la Campiña y la Sierra Sur. Presenta una superficie permeable de unos 455 km^2. Se corresponde esta Unidad con el sistema 28-C (Arahal-Paradas-Morón), según la antigua nomenclatura del IGME.

El acuífero de Montellano se ubica en las proximidades de la localidad de Montellano, núcleo que cuenta con una población estable de unos 7.000 habitantes y cuyo término municipal ocupa una superficie de 116,7 km^2 .

Se encuentra cartografiado dentro de las siguientes hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000: 13-42 (1020) El Coronil y 13-43 (1035) Montellano

El **acuífero de la Sierra de Esparteros** se encuentra ubicado al Sur de la localidad de Morón de la Frontera (29.408 habitantes en 1994), aproximadamente a 4 km por la carretera que une esta localidad con la de Montellano.

Este acuífero pertenece igualmente a la Unidad Hidrogeológica 05.48 Arahal - Coronil - Morón - Puebla de Cazalla, situada en la cuenca baja del río Guadalquivir, al SE de la provincia de Sevilla, correspondiente con el Sistema Acuífero 28 - C (Arahal - Paradas - Morón) según la antigua nomenclatura del IGME.

Se encuentra cartografiado en la hoja 14 - 42 (1021), Morón de la Frontera, del Mapa Topográfico Nacional escala 1:50.000.

11.2.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.2.2.1. CLIMATOLOGÍA

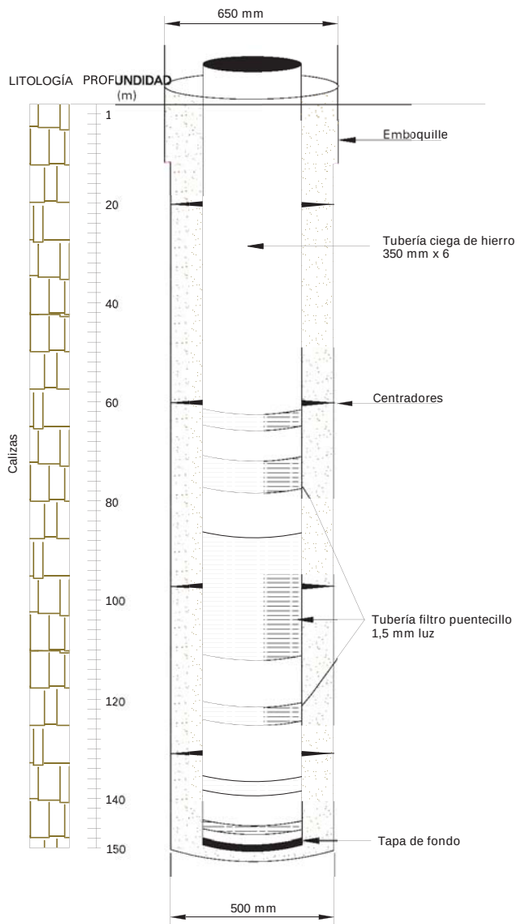
El clima existente es de tipo *mediterráneo subtropical,* con un régimen térmico *subtropical-cálido* y un régimen de humedad *mediterráneo húmedo.*

La precipitación media anual es de 720 mm en Montellano y de 690 mm en la Sierra de Esparteros.

11.2.2.2. HIDROLOGÍA

En la zona de Montellano, la red hidrográfica está constituida por arroyos de carácter estacional, que presentan cauces secos en los meses más calurosos (junio a septiembre). Los arroyos son afluentes del arroyo Salado de Morón, destacando entre ellos los de Llanos de la Dehesa, Pinto y La Fuente.

Croquis sondeo de abastecimiento a Montellano (sondeo Cañada Honda)



El **acuífero de la Sierra de Esparteros** está circundado por el río Guadaira al norte y por el arroyo de Aguadarillas al sur, tributario éste del primero. No existen datos de caudales aforados en ninguno de ellos.

11.2.3. HIDROGEOLOGÍA

11.2.3.1.CONTEXTO GEOLÓGICO

El **acuífero de Montellano** se ubica en el sector más occidental de las cordilleras Béticas, enclavándose dentro de la Zona Subbética.

Se distinguen tres grupos de materiales que presentan distintos comportamientos hidrogeológicos:

- Arcillas y yesos del Triásico y margas y margo-calizas del Cretácico y Terciario. Estos constituyen el sustrato impermeable de los materiales acuíferos. Forman parte del olistostroma subbético.

- Calizas y dolomías del Jurásico, que forman la Sierra de Montellano y pertenecen también al olistostroma subbético.

- Serie detrítica autóctona, de edad Mioceno-Plioceno-Cuaternario: constituida por arenas amarillas y biocalcarenitas del Plioceno inferior-medio, arcillas verdes del Plioceno superior, calizas con gasterópodos del Plioceno superior, y arenas, limos y cantos rodados del Cuaternario.

La serie mesozoica aparece compartimentada en diferentes tramos que, de forma independiente y sin continuidad lateral, descansan sobre los materiales triásicos. Uno de esos tramos corresponde a la serie carbonatada del Jurásico. Esta serie carbonatada queda reflejada en la columna litológica de los sondeos de abastecimiento al núcleo de Montellano.

La litología es, por otra parte, en gran medida responsable del relieve que aparece, en el que los materiales más duros (margas y calizas de edad Cretácico-Terciario, calizas del Cretácico superior y, sobre todo, las calizas jurásicas) dan lugar a cerros, crestas y escarpes, como la Sierra de Montellano, formada por las calizas jurásicas. Las arcillas y yesos del Triásico, por el contrario, originan las zonas más bajas y de relieves más suavizados.

El **acuífero de la Sierra de Esparteros** se engloba dentro del olistostroma Subbético, dentro del dominio Subbético medio septentrional. Este olistostroma está formado por arcillas y yesos del Trías, margas y margocalizas del Cretácico y Terciario, y calizas y dolomías del Jurásico.

El acuífero lo constituyen las dolomías, calizas y calizas oolíticas del Jurásico, abarcando todo el Lías y la parte inferior del Dogger. Su tramo basal se encuentra parcialmente brechificado y dolomitizado. Sobre este tramo aparecen las calizas que, hacia techo, se hacen oolíticas.

11.2.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El **acuífero de Montellano** presenta sectores permeables por porosidad y sectores con permeabilidad por fisuración-karstificación.

El **acuífero de la Sierra de Esparteros** es un acuífero de carácter libre, permeable por fisuración. Los materiales acuíferos son las dolomías, calizas y calizas oolíticas del Jurásico. El sustrato impermeable lo constituyen los materiales margo-yesíferos del Trías, en contacto mecánico con el acuífero.

11.2.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

En el **acuífero de Montellano** se pueden diferenciar dos sectores:

- Sector occidental: constituido por una serie detrítica de edad Mioceno-Plio-cuaternario. Es un acuífero permeable por porosidad intergranular. El sustrato impermeable son los materiales margo-yesíferos de edad triásica.
- Sector oriental: constituido por calizas y dolomías, de edad jurásica. Se trata de un acuífero de carácter libre, con permeabilidad por fisuración-karstificación. La extensión es de 6 km^2. El sustrato margo-yesífero impermeable está formado por las margas y arcillas con yesos del Triásico.

La extensión total aflorante del **acuífero de Montellano** es de 23,82 km^2 (6,02 km^2 de materiales carbonatados y 17,8 km^2 de materiales detríticos).

La superficie aflorante del **acuífero de la Sierra de Esparteros** es de 3,17 km^2 y la potencia media supera los 100 m.

11.2.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

La información sobre los parámetros hidráulicos del acuífero se ha obtenido a partir de ensayos de bombeo realizados en los sondeos de abastecimiento al núcleo urbano de Montellano, así como con aforos directos de sus manantiales .

Las calizas y dolomías del Jurásico, que presentan las mejores características como acuífero apto para su explotación, muestran los siguientes valores:

- Transmisividad: de 10^{-5} a 10-4 $m^2.S^{-1}$
- Permeabilidad: de 10^{-4} a 2x10-6 $m.S^{-1}$
- Caudales de explotación: de 30 a 116 l/s (caudal específico: 2,5 l/s/m)

En el acuífero de la Sierra de Esparteros existen varios aforos realizados en sondeos de explotación (1993) que han permitido establecer valores de transmisividad de 10^{-5} a 10^{-4} $m^2.S^{-1}$ y permeabilidad de 10^{-4} a 10^{-6} $m.S^{-1}$.

11.2.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

• **Acuífero de Montellano.** Las entradas se producen por infiltración del agua de lluvia, estimándose entre 0,55 y 0,85 hm^3/año para el acuífero carbonatado y en torno a 1,7 hm^3/año para el acuífero detrítico.

Las salidas se realizan a través de numerosos manantiales, con caudales que oscilan entre 1 y 3 l/s (aforo con micromolinete del manantial "La Parra", 30-07-1997) y surgencias estacionales, aunque actualmente las salidas principales son a través de dos sondeos de abastecimiento a la población. En éstos, se estima una extracción anual de aproximadamente 1,21 hm^3/año. El resto de salidas, en menor cuantía, se evalúa en 0,7 hm^3/año (datos actualizados al año 1999), correspondientes a extracciones por bombeos para regadío y manantiales.

Los caudales de los manantiales sufren descensos en épocas de estiaje, lo que implica descensos en el nivel piezométrico.

En la actualidad, hay inventariados en el acuífero de Montellano 122 puntos de agua entre pozos, sondeos y manantiales; de ellos tres se destinan al abastecimiento público urbano:

Nº I.P.A. IGME	1343-4-0051	Sondeo Huerta Morato
" " "	1343-4-0056	Sondeo Cañada Honda
" " "	1342-8-0012	Manantial La Parra

Actualmente no existe ninguna red de control hidrogeológico en el acuífero de Montellano; no obstante, las medidas del nivel de los sondeos de abastecimiento, facilitadas por el Ayuntamiento, se relacionan en la tabla que aparece a continuación.

Medidas piezométricas en sondeos en el acuífero de Montellano

Nº I.P.A. 1343-4-0051 (Sondeo Huerta Morato)				Nº I.P.A. 134340056 (Sondeo Cañada Honda)			
Fecha medida	Prof. del agua (m)	Cota boca (ms.n.m.)	Cota absoluta (ms.n.m.)	Fecha medida	Prof. del agua (m)	Cota boca (ms.n.m.)	Cota absoluta (ms.n.m.)
10/8/93	8	205	197	14/4/97	40,7	299	258,3
17/1/95	18,96	"	186,04	3/7/97	41,97	"	257,03
				19/11/97	43,22	"	255,78
				3/3/99	45,45	"	253,55

De estos datos, se deduce que el descenso en el sondeo de Huerta Morato, entre los años 1993 y 1995, fue de unos 11 m, mientras que en el de Cañada Honda – para un periodo comprendido entre abril de 1997 y marzo de 1999 - el descenso fue del orden de 5 m.

• **Acuífero de la Sierra de Esparteros.** Se trata de un acuífero en el que la recarga se produce por infiltración del agua de lluvia, estimándose esta recarga en 0,56 hm^3/año. Las salidas se producen por pequeñas extracciones y por manantiales, ascendiendo a un volumen anual de 0,25 hm^3 (1994).

Actualmente hay inventariados en el acuífero 5 puntos de agua en la base de datos del IGME, entre pozos, sondeos y manantiales. De ellos, uno es un manantial que antiguamente se utilizaba para abastecer a Morón de la Frontera (Nº IPA: 144210016) y que presenta caudales medios de 2,5 l/s. Otro es un pozo con galería que se utiliza esporádicamente para abastecer a Caleras de la Sierra (Nº IPA: 144210034) con volúmenes de extracción de 7 dm^3/año (1995). El resto son sondeos que actualmente no se utilizan.

No existe en la actualidad ningún punto de observación en este acuífero.

Puntos de agua del acuífero de Esparteros en la base del IGME (2002)

Nº I.P.A.	Naturaleza	Uso	Cota	Nivel	Fecha
144210013	sondeo	desconocido	200	25,18	01/01/76
144210014	sondeo	desconocido	390	-	-
144210016	manantial	sin uso	185	Caudal = 9 m^3/h	02/04/84
144210034	pozo	agricultura	200	6,50	15/06/94
144250001	sondeo	desconocido	340	115,50	07/04/76

11.2.4. HIDROQUÍMICA

11.2.4.1. CALIDAD QUÍMICA

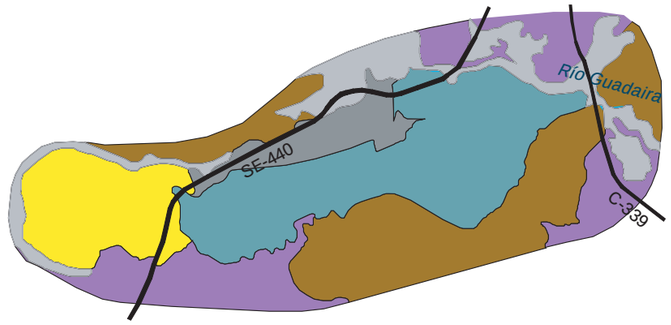
• **Acuífero de Montellano.** En los afloramientos calizos las aguas presentan facies bicarbonatadas cálcicas o bicarbonatadas cálcico-magnésicas.

Sondeo de abastecimiento.
Acuífero carbonatado de Montellano (2)

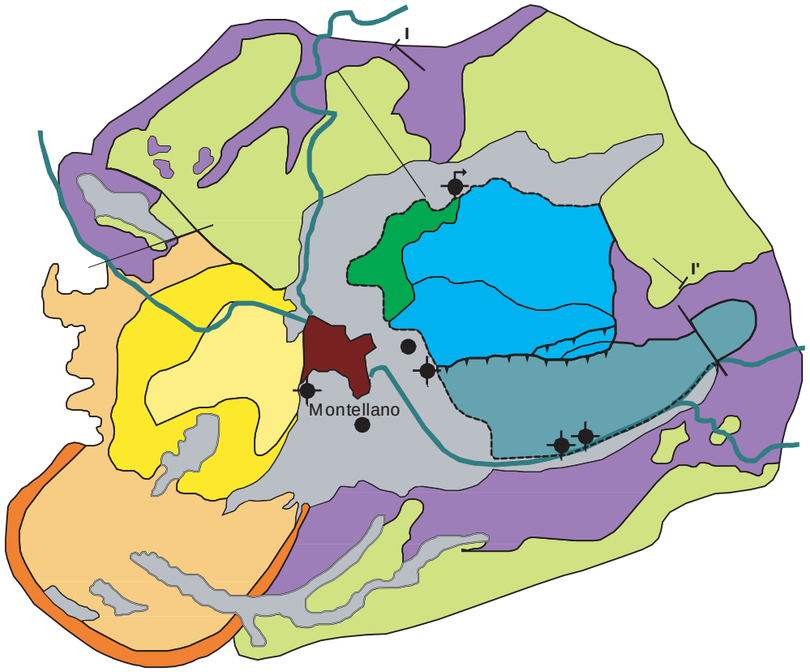
SIERRA DE ESPARTEROS

LEYENDA - Sierra de Esparteros

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Depósitos de ladera (brecha de cantos calcáreos en matriz arcillo-arenosa)	Cuaternario	Media permeabilidad
Depósitos aluviales y terrazas (limos, arenas y cantos)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Arcillas margosas	Plioceno	Baja permeabilidad
Margas y margocalizas	Mioceno	Baja permeabilidad
Dolomías, calizas y calizas oolíticas	Jurásico	Alta permeabilidad
Arcillas y yesos	Triásico	Baja permeabilidad



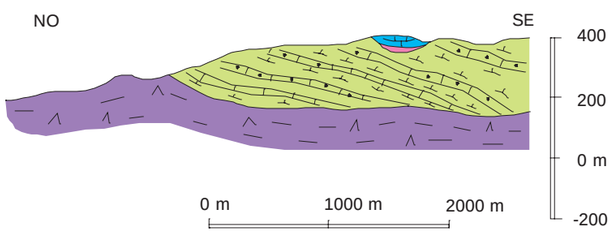
MONTELLANO



LEYENDA - Montellano

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Depósitos aluviales, coluviales y aluvio-coluviales (arenas, arcillas y gravas)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Calizas con gasterópodos	Plioceno	Alta permeabilidad
Arcillas verdes	Plioceno	Baja permeabilidad
Biocalcarenitas	Plioceno	Alta permeabilidad
Arenas amarillas	Plioceno	Alta permeabilidad
Margas y margocalizas	Cretácico - Paleógeno	Baja permeabilidad
Calizas y margas blancas	Cretácico	Media - Alta permeabilidad
Calizas nodulosas	Jurásico	Alta permeabilidad
Calizas con sílex	Jurásico	Alta permeabilidad
Calizas y dolomias	Jurásico	Alta permeabilidad
Arcillas y yesos	Triásico	Baja permeabilidad

CORTE GEOLÓGICO
CORTE I-I'



SITUACIÓN

Escala gráfica

0 1 2 3 4 km

SIMBOLOGÍA

- Límite cerrado
- Límite abierto
- Falla
- Falla inversa, cabalgamiento
- I - I' Localización del corte geológico
- Manantial de abastecimiento a Montellano
- Sondeo de investigación
- Sondeos de abastecimiento a Montellano

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Calizas tableadas del Jurásico superior del macizo de Montellano (1)

Núcleo urbano de Montellano.
En primer plano, depósitos cuaternarios (glacis);
al fondo, relieves carbonatados del Jurásico (1)

Los parámetros químicos definidos para estas aguas son los siguientes:

- Conductividad 720 µmhos/cm
- Sulfatos 40 mg/l
- Cloruros 195 mg/l
- Bicarbonatos 270 mg/l
- Nitratos 8 mg/l
- Nitratos y amoniacos No contiene
- pH 7,8

Este agua es aceptable para el consumo humano, según las normas de la O.M.S.

La red de calidad está representada por los tres puntos de abastecimiento del Ayuntamiento de Montellano, indicados anteriormente. Se dispone de los análisis químicos de las aguas subterráneas facilitados por el Ayuntamiento.

El sondeo de Huerta Morato, con caudales de hasta 190 l/s (aforo con micromolinete, febrero 1997, IGME), presenta peculiares características en cuanto a su progresivo deterioro de la calidad química del agua, que lo califica como "no potable" para esa fecha. Como consecuencia de las lluvias torrenciales del año 1996-97, se acusó en el agua la influencia de los materiales triásicos (yesos del Keuper), mostrando un exceso de mineralización. Se aconsejó su acondicionamiento o anulación, para evitar el deterioro de una parte del acuífero y, por lo tanto, de su potencialidad como recurso hidráulico para el futuro.

Parámetros químicos	Octubre 1995	Febrero 1997	Febrero 2000	Noviembre 2001
Conductividad eléctrica µS/cm	2.065	5.130	1.596	1.680
Sulfatos (mg/l)	81	110		90
Cloruros (mg/l)	495	1.640,00		338
Calcio (mg/l)	136	212		148
Nitratos (mg/l)	21,7	5	42	32
Nitritos (mg/l)	<0,1	0,3	0	0
Sodio (mg/l)	220	848		157
Residuo seco (mg/l)	1.880,00	3.399,00		
pH (unidades)	7,55	7,4	7	7,4
Calificación	Potable	No potable Elevada salinidad	Potable	Potable

Según informes del Servicio Andaluz de Salud, SAS, entre mayo de 1999 y septiembre de 2000 la calidad de las aguas para abastecimiento al núcleo urbano superaba los límites de la Reglamentación Técnico-Sanitaria de aguas potables, con niveles en nitratos (51,7 a 81,7 mg/l) superiores a los máximos admisibles.

• **Acuífero Sierra de Esparteros.** Este acuífero presenta aguas con facies bicarbonatada cálcica o bicarbonatada cálcico-magnésica. Son aguas duras, con residuo seco inferior a 0.5 g/l, tolerables para el consumo humano y aptas para el riego.

Cuando existe contacto con el substrato triásico, pueden no ser potables, al aumentar la concentración de Cl -, $SO_4^{=}$, K^{+}, Ca^{++}, Na^{+}, Mg^{++} y del residuo seco.

En la actualidad no existe ningún punto de control de calidad en este acuífero, si bien se dispone de análisis químicos puntuales y esporádicos que caracterizan la calidad de sus aguas.

11.2.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

En el acuífero de Montellano, de los materiales existentes, las calizas y dolomías del Jurásico presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación, especialmente en las zonas de mayor desarrollo de la fracturación y karstificación. También hay que considerar vulnerable el conjunto de materiales detríticos.

Hasta mediados del año 1999, los RSU (residuos sólidos urbanos) de Montellano se vertían de forma incontrolada. A partir de esa fecha, se instaló una planta de transferencia en la Sierra de San Pablo; las aguas residuales de la localidad de Montellano se vierten sin depurar a un arroyo afluente del Salado. El otro foco de contaminación, ya comentado, es el originado por el sondeo de abastecimiento de Huerta Morato, debido al aporte de aguas mineralizadas procedentes del Triásico.

Como la mayoría de los acuíferos karstificados, el acuífero de la Sierra de Esparteros presenta una alta vulnerabilidad a la contaminación debido a su carácter libre y a la inexistencia de materiales impermeables en superficie que impidan a los contaminantes alcanzar el nivel freático.

11.2.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Las aguas subterráneas de **Montellano** se destinan al abastecimiento urbano y uso agrícola.

Las aguas del acuífero se explotan para abastecimiento a Montellano, mediante dos sondeos y un manantial que captan aguas asociadas a las calizas de la Sierra de Montellano. Además, existen explotaciones particulares destinadas a regadío, que captan principalmente los recursos asociados a la serie detrítica.

En la tabla que aparece a continuación, se especifican las características técnicas de los puntos de abastecimiento a la localidad.

Características técnicas de los puntos de abastecimiento en el acuífero de Montellano

Número I.P.A. IGME	Coordenadas UTM				Profundidad (m)	Naturaleza
	X	Y	Z (m)	HUSO		CAPTACIÓN
1343-4-0051	271550	4097000	205	30-S	87	Sondeo
1343-4-0056	271991	4097790	299	"	150	Sondeo
1342-8-0012	272450	4099100	370	"	0	Manantial

Las entradas por infiltración del agua de lluvia, considerando una infiltración eficaz de 150 mm/año en los materiales carbonatados y de 100 mm/año en los terrenos detríticos, se estiman en 0,9 hm^3/año para el acuífero carbonatado y en 1,7 hm^3/año para el acuífero detrítico.

En la actualidad las principales salidas se realizan por bombeo para abastecimiento urbano y riego agrícola. Comparando los datos de extracciones y consumos suministrados por el Ayuntamiento con la demanda teórica calculada, y aplicando unas pérdidas mínimas en la red de distribución del orden del 35% (según fuentes municipales), se obtiene un volumen total anual para abastecimiento de la población de 0,825 hm^3/año.

Las salidas correspondientes a extracciones por bombeo para regadío se realizan principalmente desde el acuífero o sector detrítico. La superficie de riego actual asciende a 131 ha. Considerando una dotación media 4.000 m^3/ha/año, el volumen resultante es de 524.000 m^3/año. No obstante, existen numerosas captaciones no inventariadas que extraen agua del acuífero para uso doméstico y riego de pequeños huertos, por lo que el volumen total real destinado a riego se ha evaluado en valores próximos a 0,7 hm^3/año.

El resto de salidas, correspondientes a manantiales estacionales y drenaje difuso hacia los arroyos, se estiman del orden de 1 hm^3/año.

Análisis químico de uno de los puntos de agua del acuífero de la sierra de Esparteros

Nº de inventario: 144210034				Fecha de muestreo: 04/05/95								
DQO	Cl	SO_4	HCO_3	CO_3	NO_3	Na	Mg	Ca	K	pH	Conductividad eléctrica	Tª	SiO_2
(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		(µS/cm)	(ºC)	(mg/l)
0,5	34	25	125	3	19	21	21	24	1	8,3	733	20	9,6
Nº de inventario: 144210034				Fecha de muestreo: 02/11/01								
0,4	63	17	362	0	27	23	33	100	11	7,8	634		6,2

En función de estos datos, el balance anual estimado para un año de precipitaciones medias, en el conjunto del acuífero, es el siguiente:

Entradas		
Recarga por infiltración agua de lluvia		
Sector carbonatado		0,900 hm^3/año
Sector detrítico		1,700 hm^3/año
	Total entradas	2,600 hm^3/año
Salidas		
Abastecimiento urbano		0,825 hm^3/año
Regadío y usos domésticos		0,700 hm^3/año
Drenaje difuso y manantiales estacionales		1,000 hm^3/año
	Total salidas	2,525 hm^3/año
	Diferencia	+0,0075 hm^3/año

Actualmente, las aguas subterráneas del acuífero de la Sierra de Esparteros no se destinan a ningún uso declarado, si bien existe un pozo que es explotado esporádicamente para consumo humano. En la antigüedad, el manantial situado en la vertiente norte de la sierra se utilizaba para abastecimiento a Morón de la Frontera.

Con los datos disponibles en la actualidad, el balance resultante es el siguiente:

- Entradas: 0,56 hm^3/año
- Salidas: 0,25 hm^3/año
- Exceso/déficit: 0,28 hm^3/año.

11.2.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ÓPTIMA GESTION DE LOS RECURSOS

Tradicionalmente, el acuífero de la Sierra de Esparteros ha estado ligado al abastecimiento público de núcleos de población próximos al mismo, si bien en la actualidad no se explota para este fin. Debe por tanto considerarse de interés la adecuada protección frente a focos potenciales de contaminación del acuífero para la posible explotación de sus recursos en épocas de mayor demanda de agua.

Para ello se propone la revisión de focos potenciales de contaminación, la adecuación de las técnicas agrícolas que sobre el acuífero se realicen y el seguimiento periódico de la calidad de las aguas subterráneas del mismo mediante una red de control.

Por otro lado, una excesiva explotación de los recursos hídricos subterráneos en el acuífero puede dar lugar a sobreexplotación y al aumento de la salinidad de las aguas por la proximidad del contacto con los materiales yesíferos del triásicos.

Por tanto, para la optimización y gestión del uso de este acuífero como fuente complementaria de abastecimiento público, se propone la organización en mancomunidad de usuarios que adecue la explotación del mismo a los intereses generados en épocas de alta demanda.

Vista del sector suroccidental de la Sierra de Esparteros (1)

VER NAVEGACION

Panorámica aérea oblicua del curso bajo del Guadalquivir (3)

Vista aérea vertical del Brazo de La Torre (4)

11.3. ALMONTE - MARISMAS

11.3.1. SITUACIÓN Y LÍMITES

El acuífero de Almonte-Marismas se corresponde con la Unidad Hidrogeológica 05.51. Se localiza en las cuencas bajas de los ríos Guadalquivir y Tinto, en la parte más meridional de las provincias de Sevilla y Huelva. Ocupa una extensión de unos 2.000 km^2, de los que aproximadamente unos 600 km^2 pertenecen a la provincia de Sevilla, en el que se situan los términos municipales de Aznalcázar, Pilas, Huévar, Carrión de los Céspedes y Villamanrique de la Condesa.

Los límites geográficos del conjunto del acuífero son los siguientes:

- Al norte, el trazado de la carretea N-431 (Sevilla-Huelva), que coincide con el límite septentrional de los materiales permeables.
- El este y sureste, los ríos Guadiamar y Guadalquivir.
- Al oeste, el río Tinto y el océano Atlántico.
- Al sur, el océano Atlántico.

El área presenta una topografía muy suave, con ausencia de relieves pronunciados. Las máximas elevaciones, próximas a los 110 metros, se localizan al norte de Pilas, mientras que en el sector sur y suroriental, en la zona de Marismas, la topografía es muy llana, con pendientes medias de 0,02% y ligeras variaciones de altitud que oscilan entre los 6 m y 1 m en lucios y albinas.

Las hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, donde se encuentra cartografiado, son: 983 (11-40) Sanlúcar la Mayor; 1001 (11-41) Almonte; 1018 (11-42) El Rocío; 1033 (11-43) Palacio de Doñana.

En el área, dentro de la provincia de Sevilla, se asientan tres núcleos de población: Pilas, Huévar y Villamanrique de la Condesa, con unos 15.700 habitantes en conjunto.

11.3.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.3.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima que predomina es el mediterráneo subhúmedo con influencia atlántica, en el que la variabilidad en cuanto a la distribución hiper e interanual de las precipitaciones es la característica fundamental y que condiciona la irregularidad de las aportaciones fluviales y el comportamiento de la marisma.

La precipitación anual varía entre 300 mm/año y 900 mm/año, con valores medios de 575 mm/año. Las lluvias se concentran, preferentemente, de octubre a marzo, con el 80% de la precipitación anual total, siguiendo una prolongada sequía estival. La temperatura media anual del área es de 17 a 19 ºC, con una variación de las temperaturas medias mensuales de entre 10,4 ºC en enero y 26,5 ºC en agosto y valores extremos de entre 5,3 ºC y 38 ºC en esos mismos meses.

11.3.2.2. HIDROLOGÍA

La unidad Almonte- Marismas se encuentra dentro del sistema de explotación nº 14 "Almonte-Marismas", definido en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir y en la que se sitúa la mayor parte de la Unidad Hidrogeológica, salvo el extremo occidental, que se sitúa en la Cuenca Hidrográfica del Guadiana (río Tinto).

Dentro de la Cuenca del Guadalquivir, los cursos de agua más relevantes son el arroyo de la Rocina, el arroyo del Partido, la Cañada Mayor, los arroyos de la Juncosilla y del Portachuelo y otros de menor entidad, entre los que se encuentran los arroyos del Soto Chico y del Soto Grande. El régimen de estos arroyos es muy irregular, como corresponde a las lluvias que los alimentan. En la actualidad, el arroyo del Partido es el único que tiene modificado su régimen natural, puesto que recibe los retornos de los municipios de Bollullos Par del Condado, Rociana del Condado y Almonte. Por ello mantiene cierto caudal casi todo el año. Todos los demás se secan prácticamente todos los años, llevando agua sólo en los periodos de lluvias. El arroyo de la Rocina es el único que empieza a tener un pequeño caudal en el otoño, aunque no se produzcan lluvias importantes, debido a que los aportes del acuífero empiezan a ser superiores a la evapotranspiración. Las avenidas pueden llegar a ser importantes, produciendo fuertes erosiones, que llegan a ocasionar cambios en los caudales y a rellenar la marisma con fuertes aportes de arenas y limos. En la actualidad los ríos Guadiamar y Guadalquivir no aportan agua a las Marismas debido a las obras de protección del Parque. Unicamente en crecidas de cierta importancia, el Guadiamar puede llegar a inundar parte de éstas, tal como ocurrió en el año 1989.

En la Cuenca del río Tinto, los arroyos más destacados son el Domingo Rubio y de la Laguna del Rayo. Hacia el Tinto drenan las áreas más occidentales y el borde norte de la Unidad.

11.3.3. HIDROGEOLOGÍA

11.3.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

El conjunto territorial anteriormente definido se encuadra, desde el punto de vista geológico, en el borde suroccidental de la Depresión del Guadalquivir, que se encuentra rellena de depósitos marinos neógenos, parcialmente arrasados y cubiertos por sedimentos cuaternarios de origen fluvio-marino y eólico.

La serie estratigráfica que aparece es la siguiente:

- *Margas azules* del Mioceno superior-Plioceno inferior. Afloran en la zona norte del acuífero y buzan suavemente hacia el sur, donde se encuentran cubiertas por los materiales más modernos. La potencia de esta formación no se conoce con precisión. Conforma el sustrato general en el que se han depositado las formaciones limo-arenosas que componen el acuífero de Almonte-Marismas.

- Limos y arenas del Plioceno medio. Los limos se sitúan en la base y las arenas en el tramo medio y superior de la serie. Afloran al sur de las margas azules, en las proximidades de la carretera Sevilla-Huelva, en los términos municipales de Sanlúcar la Mayor y Huévar. El espesor oscila entre algunos metros en el extremo norte y del orden de 70 m al sur de Villamanrique.

- Arenas basales del Pliocuaternario. Son arenas amarillentas o rojizas, redondeadas y homogéneas. Afloran en el borde de la marisma, al sur de Villamanrique.

- *Formación de Marismas* (Cuaternario). Esta formación, así definida, se caracteriza por la existencia de dos niveles individualizados, que se confunden en los bordes, constituidos por cantos rodados, gravas y arenas, separados por un paquete de arcillas. Tiene su origen en el relleno y colmatación, con sedimentos continentales, del estuario del río Guadalquivir.

  Los datos de sondeos existentes en la zona ponen de manifiesto la existencia de esos dos niveles: el más profundo se encuentra entre los 120 y 180 m de profundidad, con una potencia de 15 a 40 metros; el segundo nivel, entre los 50 y 90 m de profundidad, tiene una potencia de 8 a 30 m. Separando estas dos capas se encuentran unas arcillas de color gris-azulado, con niveles algo arenosos.

  La serie la corona un paquete de arcillas recientes, cuyo espesor oscila entre algunos metros y más de 50 m.

  El conjunto llega a alcanzar potencias superiores a 200 m en la zona más meridional y próxima al río Guadalquivir.

- Aluvial (Cuaternario). El único depósito de importancia es la terraza fluvial localizada en la margen derecha del río Guadiamar. Está constituida por limos de color rojizo y arenas, con abundantes cantos rodados de litología variada, especialmente cuarcitas, esquistos y pizarras. La potencia de esta terraza oscila entre los 10 y 20 m.

Olivar en regadío, sobre las arenas basales amarillentas del Pliocuaternario. Villamanrique de la Condesa (1)

11.3.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.3.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Los materiales acuíferos están formados por los diferentes depósitos detríticos arenosos y limo-arenosos, estratigráficamente situados por encima de las *margas azules*, 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* situadas en la base y las arcillas de marismas.

En el sistema hidrogeológico, se distingue una zona como acuífero libre y un acuífero semiconfinado situado en la zona de marismas. La conexión entre ambos se realiza a través de la franja de contacto que los separa.

Los límites geológicos del acuífero libre vienen definidos prácticamente por las

margas azules al norte y, al sur, por las arcillas de marismas. El espesor de los materiales que constituyen el acuífero libre es variable, aumentando sensiblemente de norte a sur: del orden de los 6 a 10 m en las proximidades de la carretera Sevilla-Huelva y próximo a los 80 m al sur de Villamanrique.

El acuífero semiconfinado está formado por los niveles de arenas, gravas y cantos rodados que se localizan debajo de la marisma. Sus límites impermeables, en vertical, vienen definidos por las *margas azules* a muro y por las arcillas de marisma a techo. Su espesor varía, como se ha señalado anteriormente, entre los 50-60 m en la zona septentrional y los más de 200 m en el área meridional.

En lo que se refiere a la permeabilidad, existe una notable variación de norte a sur. Las zonas situadas en el borde y bajo la marisma son mucho más permeables que las del norte, donde hay mayor proporción de materiales limosos.

La alimentación proviene principalmente de la 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. La piezometría, en general, se adapta a la topografía, siendo la profundidad hasta el agua usualmente inferior a 10 m, con valores medios próximos a los 6 m. Las mayores profundidades se localizan en la zona de Villamanrique de La Condesa, donde se sitúa a unos 15-20 metros. Las mínimas profundidades se encuentran en la marisma, con valores inferiores a 5 m e incluso con surgencias en ciertas áreas (Vera y Retuerta). Las variaciones estacionales de nivel piezométrico son del orden de 3 metros. En general, y en la mayoría de los piezómetros, los niveles se recuperan después de ciclos secos relativamente largos. En los últimos tiempos, se detectan deformaciones en la superficie piezométrica, provocada por efectos de los bombeos (área sur de Villamanrique de la Condesa).

11.3.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Se dispone de un importante número de datos de transmisividad y de coeficientes de almacenamiento, obtenidos a partir de numerosos sondeos (campaña de sondeos del Proyecto Guadalquivir-FAO). Los parámetros hidráulicos obtenidos son muy variables, en función del espesor del terreno acuífero y de sus granulometrías.

En cuanto a transmisividades, se pueden diferenciar los siguientes rangos:

- En el área más septentrional, suelen ser próximos a 10^{-4} $m^2 \cdot S^{-1}$
- En la franja de contacto entre zonas de arenas y marisma, los valores medios son del orden de 10-3 $m^2 \cdot S^{-1}$
- En el área de marisma y algún sector del aluvial del Guadiamar, superan los 10-2 $m^2 \cdot S^{-1}$, llegándose hasta 4 x 10-2 $m^2 \cdot S^{-1}$

Las permeabilidades, como se ha indicado, evolucionan de forma similar, obteniéndose valores que oscilan entre 10^{-6} $m \cdot S^{-1}$ al norte y 10^{-4} $m \cdot S^{-1}$ en la marisma.

El coeficiente de almacenamiento se ha estimado, para el acuífero semiconfinado, entre 10^{-4} y 10^{-3}. En el acuífero libre, la porosidad eficaz está comprendida entre 2% y 5%.

11.3.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO - PIEZOMETRÍA

El IGME cuenta con un registro de inventario de puntos de aguas de Andalucía occidental, que incluye los correspondientes al acuífero Almonte-Marismas (Unidad Hidrogeológica 05.51) y que consta de más 2.000 puntos, incluyéndose en ellos los últimos sondeos realizados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.

Se dispone de datos de medida de niveles piezométricos desde el año 1966 y, de forma ininterrumpida, desde principio de los años 80. En la actualidad, la red piezométrica controlada por el IGME consta de 149 puntos, de los cuales 30 se miden mensualmente y 119 semestralmente. Su distribución espacial abarca todo el acuífero Almonte-Marismas.

Existen otras redes de control piezométrica operadas por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (C.H.G.) y por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, que se complementan con la del IGME, actuando los tres organismos coordinadamente. En el futuro inmediato el control piezométrico, sistemático y regular, será responsabilidad de la C.H.G.

Para definir la situación de los niveles piezométricos entre los años 1982-1996, se han considerado las medias de las medias anuales de 100 piezómetros utilizados en distintos informes, ya realizados, de evolución piezométrica. Una primera conclusión que se extrae es que los descensos se observan en dos áreas concretas: al sur de Villamanrique y al norte del Rocío. La causa es, sin duda, el volumen de explotación que en ambas áreas se localizan.

La evolución observada en un período más reciente (mayo de 1999 a mayo de 2000), realizada con la media de las medidas piezométricas de 77 puntos *(Informe sobre evolución piezométrica Almonte-Marismas, periodo mayo 1999 - mayo 2000)*, indica un descenso en ciertas áreas del acuífero. Sin embargo, para el conjunto de los piezómetros observados, la media de los ascensos y descensos es positiva en 0,12 metros.

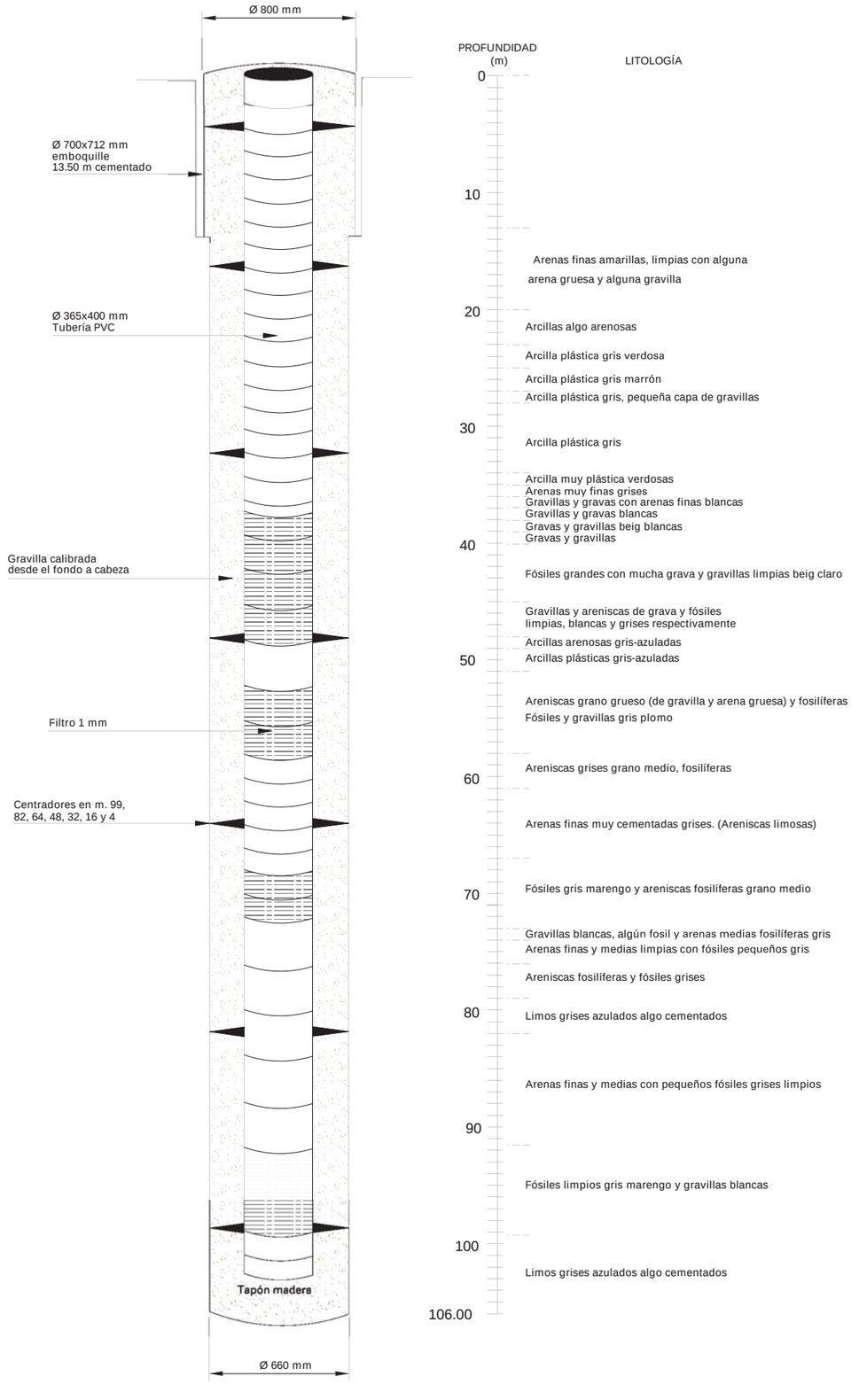
11.3.4. HIDROQUÍMICA

11.3.4.1. CALIDAD QUÍMICA

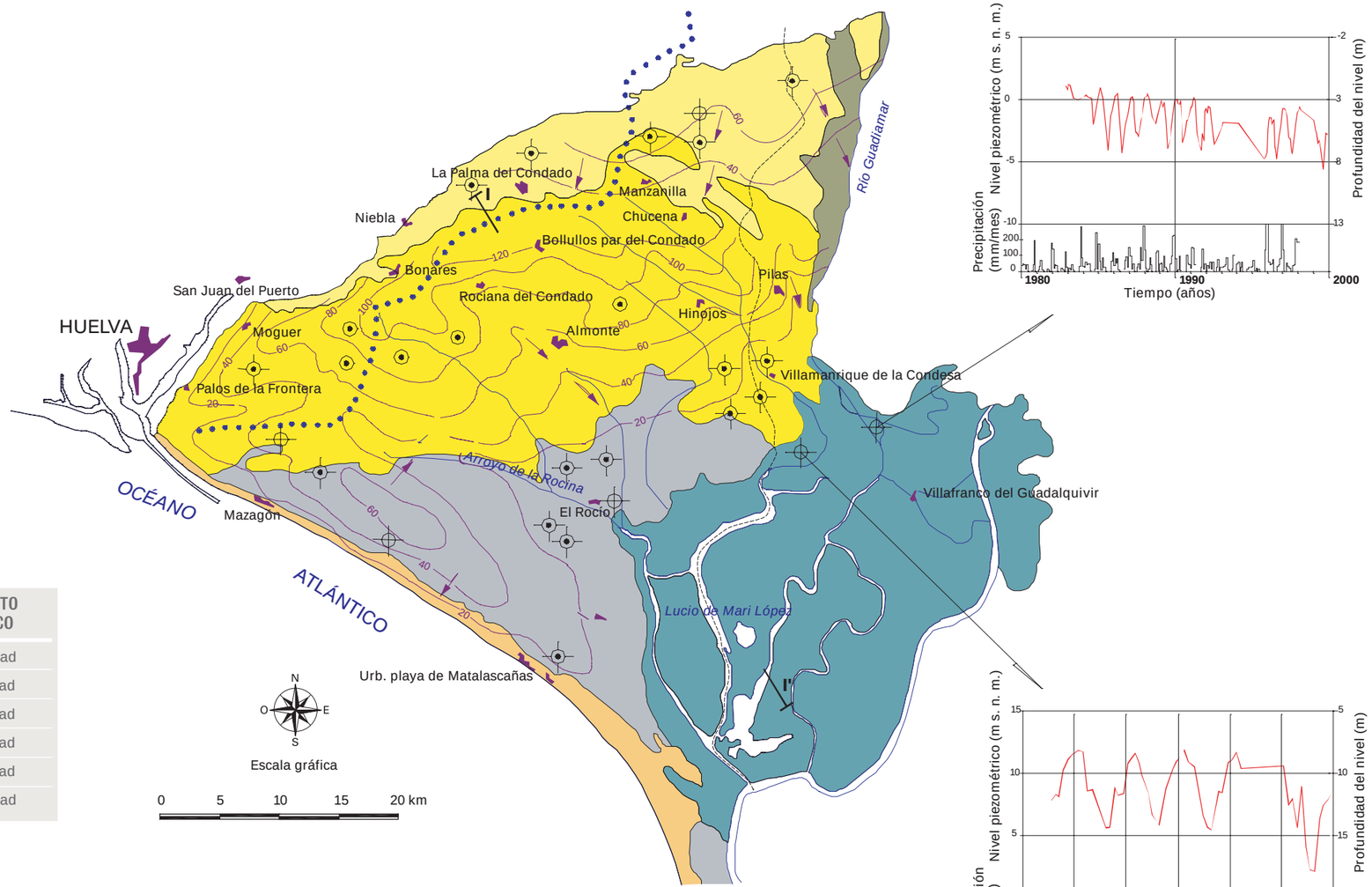
Los parámetros de calidad son distintos en el acuífero libre y en el acuífero semiconfinado.

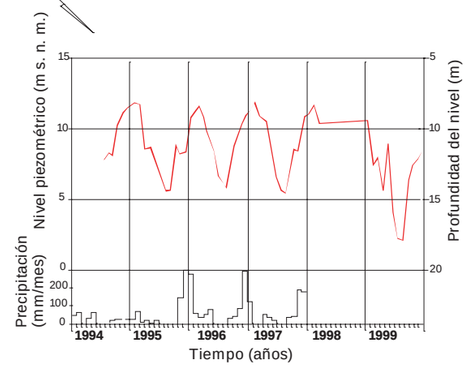
En el acuífero libre, los cloruros están comprendidas entre 25 mg/l y 350 mg/l, los sulfatos son inferiores a 400 mg/l - con la existencia de grandes áreas en las que no se superan los 25 mg/l- y el total de sólidos disueltos se mantiene por debajo de los 750 mg/l.

Croquis sondeo tipo



ACUÍFERO DE ALMONTE - MARISMAS





LEYENDA

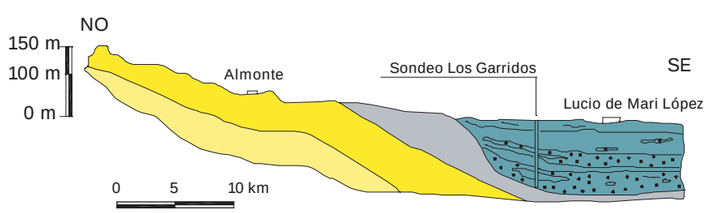
LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Limos, arenas y arcillas (marismas)	Cuaternario	Baja permeabilidad
Arenas (playas y dunas)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Arenas eólicas	Cuaternario	Alta permeabilidad
Arenas y gravas (aluvial)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Arenas y areniscas	Plioceno -Terciario	Alta permeabilidad
Margas azules	Mioceno	Baja permeabilidad

SIMBOLOGÍA

- Núcleos de población
- Límite provincial
- Límite cerrado
- Límite abierto
- I - I' Localización corte hidrogeológico
- Cauce de corriente continua
- Divisoria de aguas superficiales
- Agrupación de pozos
- Agrupación de sondeos
- Piezómetro
- Dirección y sentido preferencial del flujo subterráneo
- 30 Isopiezas m s. n. m.

SITUACIÓN

CORTE HIDROGEOLÓGICO
CORTE I - I'



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

En el acuífero semiconfinado, existe agua dulce y agua salada, separadas ambas por una zona de interfase que, aunque no bien conocida, se sitúa al oeste del Brazo de la Torre, con una orientación NO-SE. Las aguas que se sitúan al oeste de la zona de interfase, son de una calidad similar a las del acuífero libre. Las aguas que se sitúan al este de dicha zona alcanzan concentraciones de varios gramos de cloruros por litro.

11.3.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

Respecto a la vulnerabilidad por contaminación, el acuífero libre es el más vulnerable y, dentro de él, aquellas áreas donde la permeabilidad es mayor y la profundidad de los niveles piezométricos es menor.

Como causas potenciales de contaminación hay que resaltar principalmente:

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

Se analizan a continuación la incidencia de estas causas, si bien admitiendo que, por el momento, el acuífero no presenta problemas relevantes de contaminación.

La mayoría de los residuos sólidos urbanos de la zona se han venido vertiendo de forma incontrolada. En la actualidad estos vertederos están clausurados, aunque no se ha realizado una limpieza total y en profundidad de la superficie ocupada por ellos. En estas condiciones, se siguen produciendo lixiviados que, al infiltrarse, pueden originar contaminaciones puntuales en el entorno del vertedero. Asimismo, una parte de las aguas residuales urbanas e industriales se eliminan a través de arroyos próximos, sin depuración, si bien esta situación- especialmente en lo que se refiere a las aguas residuales urbanas- está siendo corregida de forma importante en los últimos años.

La contaminación de las aguas subterráneas por actividades agrícolas suele afectar a grandes áreas, siendo el nitrato (NO_3) el agente más abundante. Encuestas realizadas por el IGME, han puesto de manifiesto que las concentraciones máximas en nitratos se encuentran en la zona sur de Villamanrique, superando los 100 mg/l. Contenidos entre 50 y 100 mg/l se localizan alrededor de la anterior, en las proximidades de Pilas. En el resto del acuífero, las aguas presentan contenidos en nitratos, en general, por debajo de los 25 mg/l.

11.3.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Este balance hídrico se basa en la información aportada por diferentes documentos referenciados, así como en estimaciones a partir de la información aportada por el IGME y otros organismos. Hay que tener en cuenta la relativa validez de un balance hídrico en una zona como esta, con una alta variación pluviométrica interanual y con un alta capacidad de extracción por bombeo.

Entradas	
Infiltración de lluvia:	285 hm^3/año
Retorno de riegos (20% del volumen de los bombeos):	20 hm^3/año
Total entradas	305 hm^3/año
Salidas	
Bombeos:	85 hm^3/año
Bombeo para riego:	80 hm^3/año
Bombeo para abastecimiento:	5 hm^3/año
Salidas naturales:	220 hm^3/año
Río Tinto:	5 hm^3/año
Arroyo de la Rocina:	5-15 hm^3/año
Al mar:	10-25 hm^3/año
Recarga acuífero superior:	20 hm^3/año
Evaporación en acuífero más drenaje ríos y arroyos	135 hm^3/año
Total salidas	305 hm^3/año

Según la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (2000), los bombeos en la provincia de Sevilla se han estimado en 36,59 hm^3/año para el riego de 8.533 ha. En el cuadro siguiente pueden observarse distintos balances, proporcionados por diferentes organismos y grupos de investigadores a lo largo del tiempo.

11.3.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ADECUADA OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

Los problemas que se detectan en el acuífero Almonte-Marismas, tienen dos vertientes diferenciadas, aunque convergentes e íntimamente relacionadas. Una, inherente a la presencia del Parque Nacional de Doñana (y el Parque Natural del Entorno de Doñana); otra, derivada de la explotación del acuífero en relación con el 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 las fincas Partido de Resina y Hato Ratón, por el hecho de encontrarse localizadas dichas fincas en los límites entre el acuífero libre y el 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.

Valores de recargas y descargas de la unidad Almonte-Marismas

Estudio		Recargas (hm^3/año)		Descargas (hm^3/año)				
Organismo	Año	Infiltracion agua lluvia	Retorno riegos	Mar	E.T.	Percolacion marismas	Ríos	Bombeos
FAO	1970	100			139	1,6	59	11
FAO	1972	300			139	1,6	59	11
INTECSA (modelo)	1976	148		27	95	22	7,6	
Lucena y García (Modelo)	1978	318		62	157	40	91	
IRYDA	1978	295-377						18
MOPU	1979	160						
Baonza y otros	1982	110						
IGME (modelo)	1982	415						30
IGME	1983	250	10	38	73	15	30	54
Yagüe y Llamas (modelo)	1984	130				1,32		
IGME	1992	200	14					80
Comisión Expertos (1)	1992	150-420	5	32-78	50-265			73-82

(1) Comisión Internacional de Expertos sobre el Desarrollo del Entorno de Doñana.

Isla Mayor, vista desde la margen izquierda del Guadalquivir (1)

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

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 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. En la actualidad, se está avanzando en este aspecto, con redes de control automática y vigilancia *in situ* por parte del Organismo de Cuenca (C.H.G.).

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, debe existir 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.

Panorámica oblicua aérea de la localidad de Estepa (3)

Vista aérea vertical de Estepa y la parte norte de la Sierra (4)

11.4. SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA

11.4.1. SITUACIÓN Y LÍMITES

Los acuíferos de la Sierra y Mioceno de Estepa, que se corresponden con el sistema acuífero denominado EA, según la antigua nomenclatura del IGME, y con la Unidad Hidrogeológica 05.43, se sitúan en la cuenca media del Guadalquivir, en concreto en la cuenca baja del río Genil. Presentan una superficie aflorante de unos 56 km^2, con una superficie envolvente del orden de 208 km^2.

El área se enmarca en la comarca sevillana de Estepa, donde se ubican los núcleos de población de Casariche, Estepa, Gilena, Lora de Estepa, Pedrera y La Roda de Andalucía.

Los límites de la Unidad están marcados por:

- Río Genil, al norte (provincia de Córdoba).
- Río Yeguas, al este y sureste.
- Arcillas abigarradas del Triásico, al sur.
- Niveles margosos, al oeste, que van del Cretácico hasta el Mioceno, definidos por una línea S-N que va de Estepa a Herrera y al río Genil.

El área se caracteriza por los relieves de la Sierra de Estepa, de morfología relativamente abrupta, que destaca sobre el resto, representado por formas suaves y monótonas, que descienden hacia los ríos Genil y Yeguas. La máxima elevación es el Becerrero, con 845 metros de altitud, localizado al sur de Estepa.

Las Hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, en las que se encuentra cartografiada la Unidad son: 998 (16-40) Puente Genil; 1005 (15-41) Osuna; y 1006 (16-41) Benamejí.

11.4.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE

11.4.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima existente es “mediterráneo subtropical”, con veranos muy secos y calurosos e inviernos suaves pero algo húmedos.

La precipitación media anual asciende a 556 mm. Según el mapa de isoyetas medias de la cuenca del Guadalquivir, la Unidad se sitúa entre 500 y 600 mm. En el mapa de isotermas, queda englobada entre la de 17 y la de 18º C; siendo la evaporación potencial de 897 mm/año.

11.4.2.2. HIDROLOGÍA

La red hidrográfica está formada por el río Blanco y los arroyos Santiago, Granados, La Diada y La Vizcaína. El río Yeguas bordea a la unidad hidrogeológica en todo su límite oriental.

11.4.3. HIDROGEOLOGÍA

11.4.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

Todo el conjunto se encuadra en el dominio Subbético de las Zonas Externas de la Cordillera Bética, integradas por formaciones alóctonas cuyas edades van del Triásico al Mioceno superior.

El área presenta un amplio afloramiento de Triásico salino, que constituye la base de la cobertera mesozoica y terciaria. En síntesis, de forma esquemática, la serie estratigráfica viene definida por:

- Margas y arcillas abigarradas con yesos y niveles de calizas y areniscas, del Trías.
- Dolomías, calizas y brechas dolomíticas, del Jurásico.
- Margas y margo-calizas finamente estratificadas, del Cretácico-Paleógeno.
- Conglomerados, arenas, areniscas y margas arenosas, del Paleógeno al Mioceno medio.
- Margas grises y blancas del Mioceno.
- Areniscas, arenas, calizas y margas del Mioceno superior.
- Sedimentos detríticos correspondientes a abanicos aluviales, derrubios de laderas y depósitos fluviales, del Cuaternario.

11.4.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

En la Sierra y Mioceno de Estepa, los materiales que presentan mayor interés hidrogeológico corresponden a la serie calcáreo-dolomítica del Jurásico (Sierra de Estepa) y a los materiales detrítico-carbonatados del Mioceno del noreste de Estepa.

11.4.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

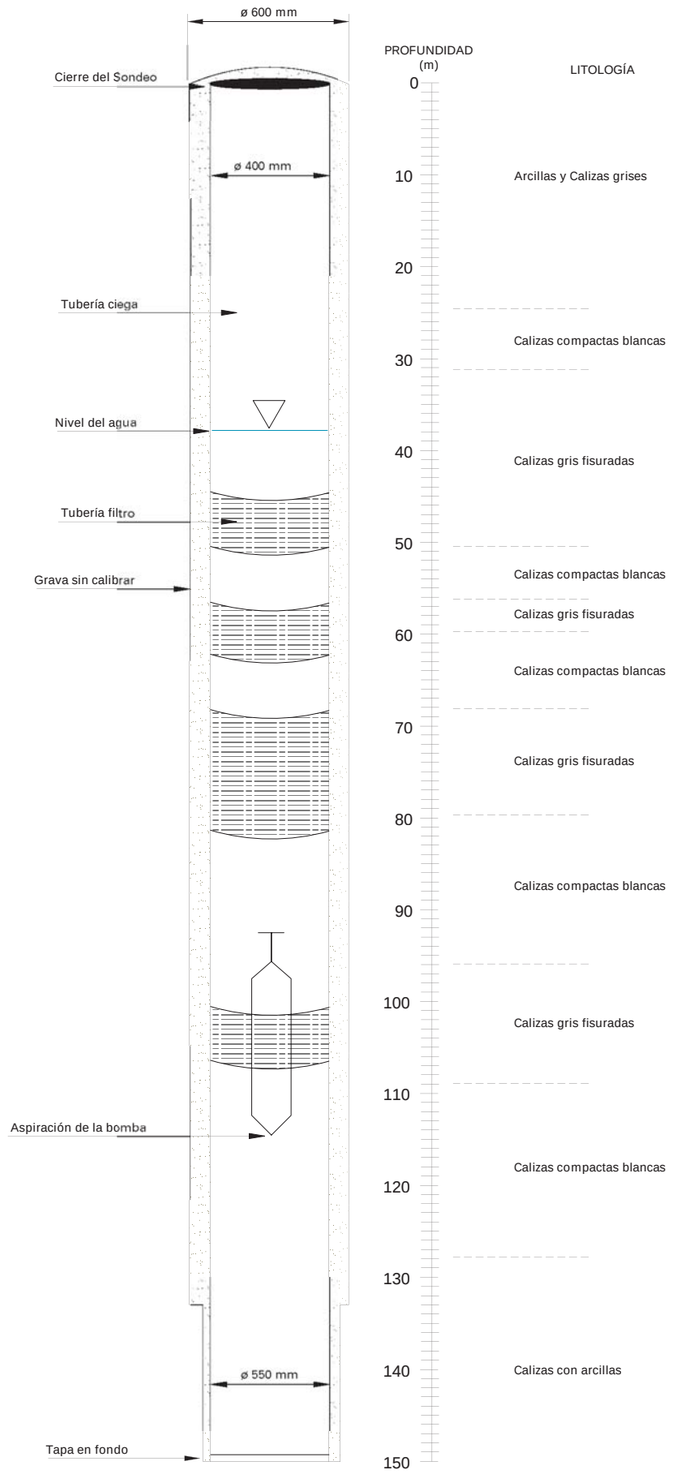
Sierra de Estepa. La Sierra de Estepa se extiende sobre una superficie de unos 100 km^2. El acuífero está constituido por calizas y dolomías jurásicas, individualizadas en cinco subunidades independientes: Estepa, Águilas, Pleités, Hacho de Lora y Alamedilla, cuyos afloramientos ocupan unos 32,7 km^2.

Se trata de un acuífero libre de elevada permeabilidad por fracturación y kastificación, de más de 150 m de potencia. Los límites hidrogeológicos lo conforman las margas del Cretácico, situadas a techo, y las margas y arcillas del Trías que forman el sustrato impermeable.

La recarga se realiza por infiltración del agua de lluvia, que en años húmedos supera el 50% de la precipitación total (unos 600 mm/año). La circulación del agua, condicionada por las direcciones de drenaje originadas por la karstificación, se dirige preferentemente hacia la vertiente meridional.

Mioceno de Estepa. Esta subunidad engloba dos acuíferos superpuestos, de edad Mioceno, constituidos por areniscas, arenas, calizas y margas. Están independizados entre sí por un paquete de margas azules del Andaluciense, de unos 40 m de potencia.

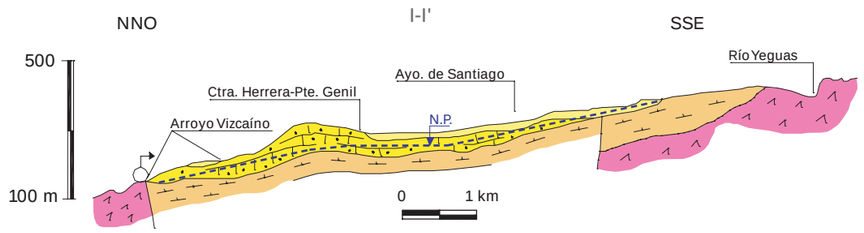
Croquis de sondeo en el acuífero carbonático de la Sierra de Estepa



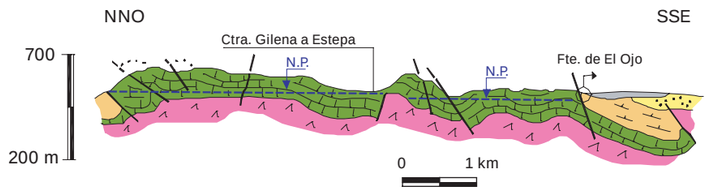
ACUÍFEROS DE LA SIERRA Y MIOCENO DE ESTEPA

CORTES HIDROGEOLÓGICOS

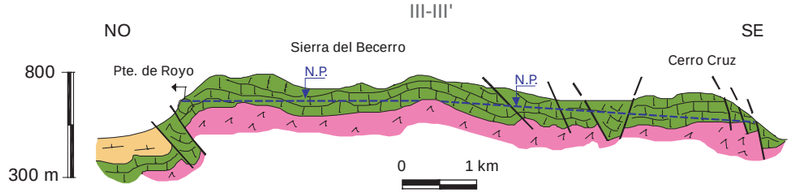
I-I'



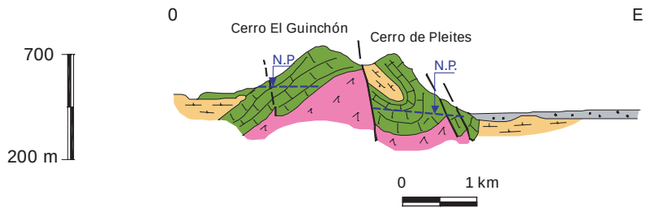
II-II'



III-III'

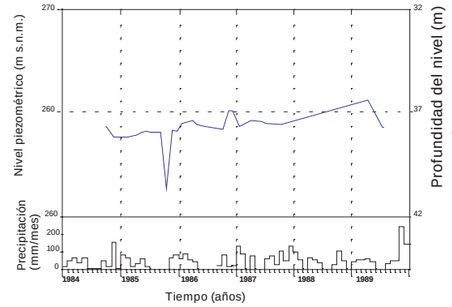


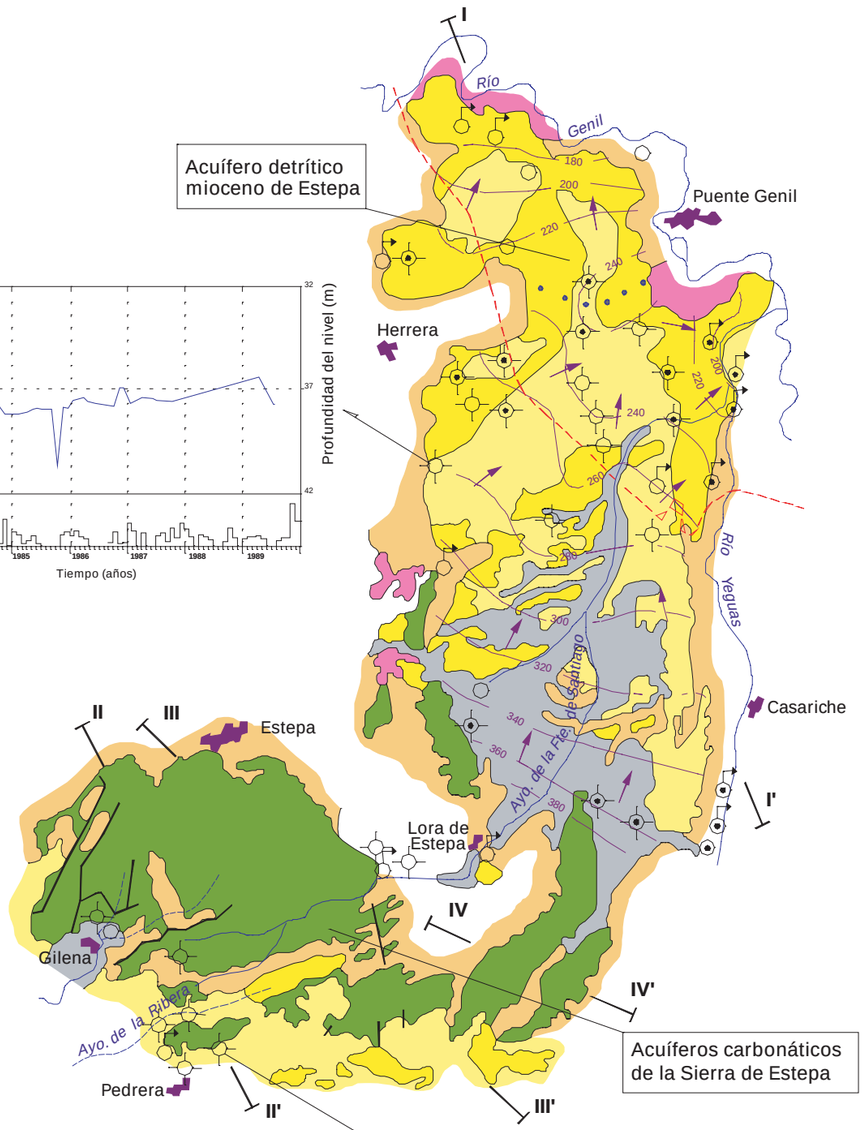
IV-IV'



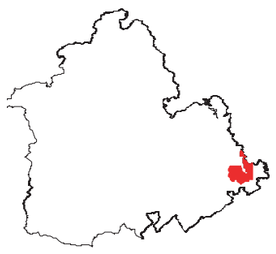
SIMBOLOGÍA

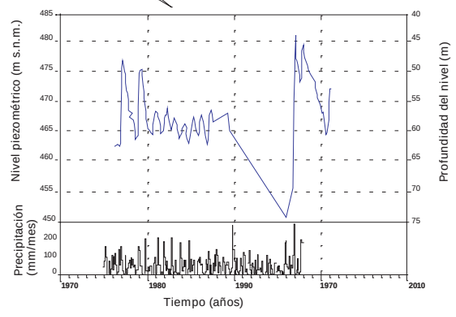
- Núcleos de población
- Límite provincial
- Límite cerrado
- Límite abierto
- I- I' Localización corte hidrogeológico
- Cauce de corriente continua
- Cauce de corriente discontinua
- Manantial
- Agrupación de manantiales
- Sondeo
- Pozo
- Agrupación de pozos
- Agrupación de sondeos
- Divisoria de aguas subterráneas
- Dirección y sentido preferencial del flujo subterráneo
- 300 Isopiezas m s.n.m. (septiembre1983)





SITUACIÓN





LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Gravas, arenas, limos y arcillas	Cuaternario	Alta permeabilidad
Limos y arcillas con costras calcáreas	Cuaternario	Baja permeabilidad
Areniscas, arenas, calizas y margas	Mioceno	Alta permeabilidad
Margas con calcarenitas y margocalizas	Cretácico - Terciario	Baja permeabilidad
Calizas y dolomías	Jurásico	Alta permeabilidad
Margas, arcillas y yesos	Triásico	Baja permeabilidad

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

El acuífero detrítico-carbonatado inferior es multicapa, con una potencia detectada variable entre los 8 y 13 m. Su extensión lateral no está claramente definida y la base impermeable está formada por margas y arcillas del Trías.

El acuífero superior, de carácter libre, queda limitado al norte y al este por los ríos Genil y Yeguas; al oeste, por sedimentos margosos del Mesozoico y Mioceno. El límite sur no está bien definido, aunque parece estar asociado a una falla existente entre El Hacho y Casas de La Mina; no obstante, podría definirse por la línea de contacto de las margas y arcillas del Trías. La potencia del acuífero varía entre 10 y 40 m y está condicionada por el paleorrelieve del sustrato subbético.

La recarga de los acuíferos se produce por infiltración del agua de lluvia y, en menor cuantía, por retornos de los riegos. Las salidas tienen lugar por extracciones mediante bombeos y, en el nivel superior, por drenajes difusos y en forma de manantiales hacia los ríos Genil y Yeguas.

En el acuífero libre la circulación del agua subterránea tiene dirección Norte-Sur, quedando dividido el flujo en sentidos opuestos por una divisoria hidrogeológica, que coincide con el eje del anticlinal de Cerro Gordo.

11.4.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Sierra de Estepa. Los valores de los parámetros hidráulicos presentan una gran dispersión de unos puntos a otros, debido a las características intrínsecas al sistema kárstico. Las transmisividades oscilan entre valores del orden de 10^{-2} y 10^{-4} $m^2.S^{-1}$. De la misma forma, las permeabilidades puede superar los 10^{-4} $m.S^{-1}$ o ser inferiores a 10-6 $m.S^{-1}$. El coeficiente de almacenamiento medio se ha cifrado en $3x10^{-2}$ en los primeros 50 m.

Mioceno detrítico de Estepa. Los caudales específicos observados en el acuífero inferior son del orden de 0,1 l/s/m en caudales de explotación comprendidos entre 3 y 5 l/s y, puntualmente, pueden alcanzar 15 l/s, como ocurre en las proximidades del Cerro del Mingo, donde la transmisividad es de $7x10^{-2}$ $m^2.5^{-1}$ y el coeficiente de almacenamiento de $5x10^{-2}$.

En el acuífero superior los caudales específicos varían entre 0,2 y 0,4 l/s/m. Los valores de transmisividad, estimados, oscilan entre10^{-3} y 1,5x10-S $m^2.S^{-1}$ y la permeabilidad entre 3 x 10^{-3} y 4 x 10^{-5} $m.S^{-1}$.

11.4.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO - PIEZOMETRÍA

Se dispone de información, procedente de la Base de Datos (IGME) de la Sierra y Mioceno de Estepa; ésta consta de 93 pozos, 80 sondeos y 38 manantiales.

La red piezométrica está compuesta de 15 piezómetros, todos ellos situados en la subunidad de la Sierra de Estepa, en los que se realiza el control con una periodicidad mensual.

Los niveles piezométricos, en la Sierra de Estepa, son muy sensibles a la pluviometría, con tiempos cortos de respuesta y variaciones estacionales del orden de 3 a 6 m. En la evolución piezométrica de los últimos años, se aprecia un descenso progresivo de los niveles, muy acusado en la zona de Pedrera, con rápida recuperación al cesar las sequías (años 1984-1985 y 1991-1995).

La red piezométrica de la subunidad del Mioceno de Estepa constaba de 10 puntos. Los últimos datos son de 1989, fecha en que se dejó de controlar. Los puntos que fueron controlados se relacionan en la tabla que aparece a continuación, siendo las medidas que se realizaban de periodicidad bimensual.

Red piezométrica IGME, U.H. 05.43 Sierra de Estepa (2000)

Nº Piezómetro	Coordenadas U.T.M.				Profundidad	Naturaleza	Toponimia
	X	Y	Z m	Huso	m		
154140024	331249	4127138	530	30 S	88	Sondeo	Abastecimiento Gilena
154180004	332230	4122246	460	“	120	“	Abastecimiento Pedrera
154180011	333032	4122631	525	“	---	“	Porqueros
154180012	332008	4123206	480	“	101	“	Ojo Chico
154180040	331914	4123455	500	“	213	“	Abastecimiento Osuna
154180046	332325	4122970	492	“	300	“	Piezómetro Matagallá 1
154140044	333050	4125700	---	“	206	“	Corral de las Ovejas (3)
164110001	335814	4126274	590	“	60	“	Estepa: patio
164110036	336268	4126145	485	“	100	“	Estepa
164110024	340073	4126995	400	“	150	“	Ermita Puntal
164150046	336550	4122800	560	“	183	“	Piezómetro La Cruz 1
164150047	335970	4122245	536	“	263	“	Piezómetro La Cruz 2
164150048	336785	4121650	495	“	60	“	Piezómetro Alamedilla 2
164150049	337875	4121975	---	“	214	“	Piezómetro Ruinas (5)
154140046	332800	4128625	---	“	43	“	Piezómetro G.Civil (6)

Red Piezométrica IGME, U.H. 05.43 Mioceno de Estepa (1989)

Nº Piezómetro	Coordenadas U.T.M.				Profundidad	Naturaleza	Toponimia
	X	Y	Z m	Huso	m		
164050026	---		282	30 S	78	Sondeo	Camino de la Mina
164050036	340616	4138690	248	“	40	“	Cañada de Afán
164050019	341835	4137600	251	“	35	“	Cañada de Afán
164050047	338620	4135800	280	“	60	“	km2 Herrera III
164110030	339865	4133372	302	“	---	“	Cortijo Hidalgo
164110031	341987	4132933	289,5	“	165	“	Cortijo Revoleo
164110021	337345	4132200	347	“	66	“	La Calderona
164110022	337400	4131800	357	“	106	“	S-M-2
164110026	337440	4129050	394	“	103	“	S-M-3
164110002	340759	4127104	385	“	31	“	Venta El Puntal

Vista del relieve proporcionado por el macizo carbonatado (calizas y dolomías jurásicas) de Estepa (1)

Toma de muestras para análisis de cloruros y mediciones de distintos parámetros, realizadas periódicamente por el IGME, en el pluviógrafo de Cerro Becerrero (1)

Red de calidad IGME, U.H. 05.43 Sierra de Estepa (2000)

Nº Inventario	Coordenadas U.T.M. X	Y	Z m	Huso	Profundidad m	Naturaleza	Toponimia
164050026	---		282	30 S	78	Sondeo	Camino de la Mina
154140024	331249	4127138	530	30 S	88	Sondeo	Abastecimiento Gilena
154180004	332230	4122246	460	“	120	“	Abastecimiento Pedrera
164110001	335814	4126274	590	“	60	“	Abastecimiento Estepa
164110037	336100	4125400	520	“	252	“	Abastec. Lora Estepa
164110025	340471	4126642	390	“	135	“	Abastecimiento Casariche

Los niveles freáticos del acuífero del Mioceno de Estepa, en el entorno del sondeo La Calderona (sondeo que abastecía a Herrera, El Rubio y Marinaleda), reflejaban un descenso continuado de los niveles como consecuencia de la sobreexplotación del acuífero confinado, del orden de 4-5 m/año. Desde que dejó de funcionar el citado sondeo, también se ha dejado de controlar la piezometría en el entorno, por lo que en la actualidad no se puede determinar si se ha recuperado el citado acuífero confinado.

En el acuífero libre, sólo existen datos de evolución piezométrica de 3 años hidrológicos, correspondientes a captaciones de la parte meridional. Aunque la serie es corta, los datos parecen indicar un descenso progresivo de 1 a 2 m/año, con oscilaciones estacionales del orden de 3 m.

11.4.4. HIDROQUÍMICA

11.4.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Las aguas subterráneas en la Sierra de Estepa son generalmente potables, de facies bicarbonatada cálcica, duras y con residuo seco por debajo de los 0,5 g/l. El contenido en iones Cl^- y $SO_4^=$ es bajo, aunque aumenta cuando las aguas han estado en contacto con el sustrato triásico. Se han detectado variaciones estacionales de contenido de iones nitrogenados, que aumentan a partir de la primavera y decrecen en invierno. En general, presentan una buena calidad para uso agrícola.

En la subunidad de la Sierra de Estepa, existe una red de calidad compuesta por los puntos de abastecimiento de los núcleos urbanos integrados en el acuífero. En la tabla que figura a continuación, se relacionan los puntos de que consta la red. Los controles se realizan con una periodicidad cuatrimestral.

En el Mioceno de Estepa, las características hidroquímicas de los dos acuíferos, libre y confinado, son similares. Se trata de aguas duras, bicarbonatadas-cloruradas cálcico-sódicas. Se observa un progresivo aumento de la mineralización del agua en su recorrido por el acuífero, siendo muy alta en las zonas de descarga.

11.4.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

En cuanto a la contaminación del acuífero de la Sierra de Estepa, existen síntomas de deterioro por el exceso de compuestos nitrogenados que, aunque no superan los límites de potabilidad según la normativa vigente, presentan cierta tendencia al aumento.

El origen de los focos de contaminación son urbanos y ganaderos, sin descartarse una posible contaminación orgánica de origen natural. Este hecho cobra especial interés, dado que este acuífero constituye la principal, y a veces única, fuente de abastecimiento de los núcleos urbanos de la Sierra y entornos próximos.

En el Mioceno se observa un elevado contenido en NO3- procedentes de las actividades agropecuarias. Ello, unido a la alta mineralización del agua en las zonas de descarga y a la existencia de antiguos vertidos incontrolados de alpechines, son las causas de que habitualmente el agua no sea tolerable para el consumo humano, así como de la existencia de riesgos de salinización edáfica por riego, especialmente con aguas del acuífero superior en las proximidades del río Yeguas.

Es necesario un seguimiento de la evolución de la calidad de las aguas del acuífero del Mioceno, puesto que presenta síntomas de ir empeorando debido, en gran parte, a la sobreexplotación del acuífero inferior. Así mismo, es aconsejable revisar las técnicas y dotaciones de abonado agrícola con el fin de disminuir el progresivo deterioro de la calidad química.

11.4.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

En la actualidad, este acuífero abastece a más de 60.000 habitantes (núcleos de Gilena, Pedrera, Estepa, Aguadulce, La Roda, Casariche y, parcialmente, Osuna) y aporta 2,7 hm^3/año para regar 1.400 ha de olivar, cultivo que es el motor económico de la zona. El total de la demanda abastecida en la actualidad es de más de 9 hm3/año para unos recursos medios de 7,2 hm^3/año.

Se ha actualizado la información existente sobre la infraestructura hidrogeológica, incluidos los sondeos de investigación recientes (IGME,2000), y junto con la recopilación de la información meteorológica, las series de medidas de niveles de la superficie piezométrica, las series de aforos hidrométricos en los manantiales y los datos de las extracciones, tanto para abastecimientos como para regadíos, se ha obtenido una información más precisa del funcionamiento del sistema.

Se ha podido constatar el tipo de respuesta que produce el sistema ante diferentes comportamientos climáticos y se deduce que, para unas condiciones climáticas normales que aporten una precipitación media, e incluso en condiciones ligeramente húmedas, el acuífero responde de forma suave y no se produce una recarga importante, siendo en estos casos la tasa de infiltración cercana al 40% y los recursos anuales próximos a los 7 hm^3/año. El déficit producido en un año medio a las reservas del acuífero es de aproximadamente 2 hm^3.

En el caso de años secos y muy secos, la tasa de infiltración desciende hasta el 20% o menos y la recarga en esas épocas puede quedar en menos de 3 hm^3/año. Sin embargo, periódicamente, la existencia de años muy húmedos (en el periodo estudiado, años 1976-77, 1978-79, 1989-90, 1995-96 y 1996-97), provocan una gran recarga del sistema con tasas de infiltración por encima del 70% que suponen ascensos piezométricos de más de 20 m y que suponen, en términos generales, una entrada de casi 20 hm^3/año.

El Mioceno de Estepa, con una superficie permeable de 64 km^2, cuenta con unos recursos medios próximos a los 4,2 hm^3/año, de los cuales 3 hm^3/año atienden la demanda de unas 2.000 ha de regadío de olivar principalmente, y 1 hm^3 se destina a la industria y abastecimiento de las poblaciones de Puente Genil y a la pedanía de La Mina. El resto de los recursos, 0,2 hm^3/año, son drenados hacia los ríos Genil y Yeguas.

11.4.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ADECUADA OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

El acuífero de la Sierra de Estepa presenta, como se ha comentado anteriormente, una contaminación por compuestos nitrogenados que, aunque no superan los límites de potabilidad según la normativa vigente, presentan una cierta tendencia al aumento. Este hecho cobra especial interés, dado que este acuífero constituye la principal y única fuente de abastecimiento de las poblaciones de la zona.

Respecto al acuífero Mioceno del noreste de Estepa, debido por una parte a la sobreexplotación del acuífero inferior y, por otra, a problemas inherentes a la calidad de las aguas para el consumo humano, se hace necesaria una revisión profunda de los sistemas de abastecimiento público, sobre todo en La Mina y Puente Genil. Así mismo, es aconsejable revisar las técnicas y dotaciones de abonados y tratamientos agrícolas con el fin de disminuir el deterioro de la calidad química de las aguas.

Tanto el acuífero carbonatado de la Sierra de Estepa como el acuífero libre del Mioceno del noreste de Estepa, tienen unos recursos medios anuales que se estiman superiores al grado de aprovechamiento actual. Ello hace aconsejable estudiar la posibilidad de desarrollar sistemas de explotación y usos del agua pensando en su rentabilidad para abastecimiento mancomunado.

Asimismo, con el fin de garantizar el citado abastecimiento de aguas a las poblaciones y preservar la calidad de la misma, se recomienda el establecimiento de perímetros de protección de las captaciones destinadas a tal fin, así como continuar y mejorar las redes de control piezométrico y de calidad de las aguas de estos acuíferos.

Calizas jurásicas de la Sierra de Estepa. Término municipal de Gilena (1)

Panorámica de Morón de la Frontera (3)

Vista aérea vertical del sector comprendido entre Arahal, al SO y Paradas, al NE (4)

11.5. ARAHAL - PARADAS - MORÓN

11.5.1. SITUACIÓN Y LÍMITES

El acuífero Arahal-Paradas-Morón, correspondiente al sistema acuífero 28c, según antigua denominación del IGME, actualmente englobado dentro de la Unidad Hidrogeológica 05.48 (Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla), tiene una superficie de 395 km^2 y se sitúa al sureste de la provincia de Sevilla. Ocupa toda el área de una poligonal cuyos vértices son las poblaciones de Marchena, Paradas, El Arahal, Morón y La Puebla de Cazalla. Está limitado por el arroyo del Salado (NE), el río Corbones (E), la carretera Puebla de Cazalla-Morón (SE), río Guadaira (SO) y el ferrocarril Utrera-Osuna (NO).

Las hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, que incluyen el acuífero son: 1003 (13-41) Utrera; 1004 (14-41)Marchena; 1020 (13-42) El Coronil; 1021 (14-42) Morón de la Frontera

En el área se asientan cinco núcleos de población: Marchena, Paradas, El Arahal, Morón de la Frontera y La Puebla de Cazalla, con una población conjunta de 82.173 habitantes. La base económica es fundamentalmente agraria.

La demanda en aguas para abastecimiento está cifrada en 5,38 hm^3/año, de los que 4,46 hm^3/año es aportado por el Plan Écija con aguas superficiales procedentes del embalse de El Retortillo.

11.5.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.5.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima existente es “mediterráneo subtropical”. Presenta un régimen subtropical cálido y un régimen de humedad mediterráneo húmedo.
Según el estudio climático realizado, en base a 11 estaciones del sector y con series de datos desde 1963-1964 a 1982-1983, se pueden destacar los siguientes datos:

La precipitación media anual es de 592 mm. La temperatura media anual es de 17,3ºC, correspondiendo a diciembre el mes más frío (9-10 ºC), siendo los más cálidos los meses de julio y agosto (25-27 ºC); la lluvia útil media es de 199 mm.

11.5.2.2. HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE

En el estudio climático realizado en 1984 del área del acuífero Arahal-Paradas-Morón, se considera una infiltración comprendida entre el 20% y el 50% de la lluvia útil, lo que supone 12-29,7 hm^3/año.

La red hidrográfica del acuífero está constituida por arroyos de carácter estacional, que presentan cauces secos en los meses más calurosos y secos (de junio a septiembre).

La mayor parte de ellos tienen una dirección aproximada E-O, con sentido de la corriente es hacia el O. La mayoría son tributarios del río Guadaira; el resto son tributarios del río Corbones.

11.5.3. HIDROGEOLOGÍA

11.5.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

El acuífero Arahal-Paradas-Morón está constituido por materiales detríticos parautóctonos (Mioceno) y autóctonos (Mioceno superior a Cuaternario). Estos materiales constituyen una serie postectónica, que se depositó sobre materiales olistóstromicos pertenecientes a la zona Subbética, de carácter margo-yesífero, principalmente, y que afloran por el norte y el sur del acuífero.

En la serie detrítica postectónica se distinguen, de muro a techo, las siguientes formaciones:

· **Formación para-autóctona.** Margas y margocalizas blancas de edad Burdigaliense superior-Andaluciense. La potencia media es de 50-60 m, aunque bastante variable. Está en contacto discordante o mecánico con los materiales olistostrómicos, comportándose hidrogeológicamente como acuífugo. Se le denominan localmente albarizas o moronitas.

· **Tortoniense superior-Andaluciense.** Margas azules, que pasan hacia techo a margas arenosas; presenta contacto discordante con la formación infrayacente. La potencia oscila entre 1 y 5 m, con tendencia a acuñarse, comportándose hidrogeológicamente también como acuífugo.

· **Andaluciense regresivo (Saheliense).** Los sedimentos permeables son las arenas de grano medio, areniscas, limos y margas estratificadas, depositadas concordantemente sobre las margas azules, y discordante sobre la formación parautóctona. La potencia es muy variable, alcanzando un máximo de 40 m. Aflora en las partes más altas, en forma de mesetas delimitadas por los arroyos que surcan el acuífero, constituyendo la principal formación acuífera del mismo.

· **Pliocuaternario.** Está compuesto por conglomerados muy cementados, areniscas, limos y arcillas, más abundantes en los sectores próximos a las depresiones que en el seno del acuífero. Su potencia suele ser inferior a 10 metros.

- **Cuaternario.** Arenas y gravas, con algunos conglomerados poco cementados y con tramos más arcillosos, que corresponden a depósitos aluviales y terrazas fluviales de los sistemas fluviales de los ríos Guadaira y Corbones. Existen también depósitos de pie de monte y glacis de acumulación. El espesor varía entre 5 y 15 m, siendo su comportamiento hidrogeológico como acuífero.

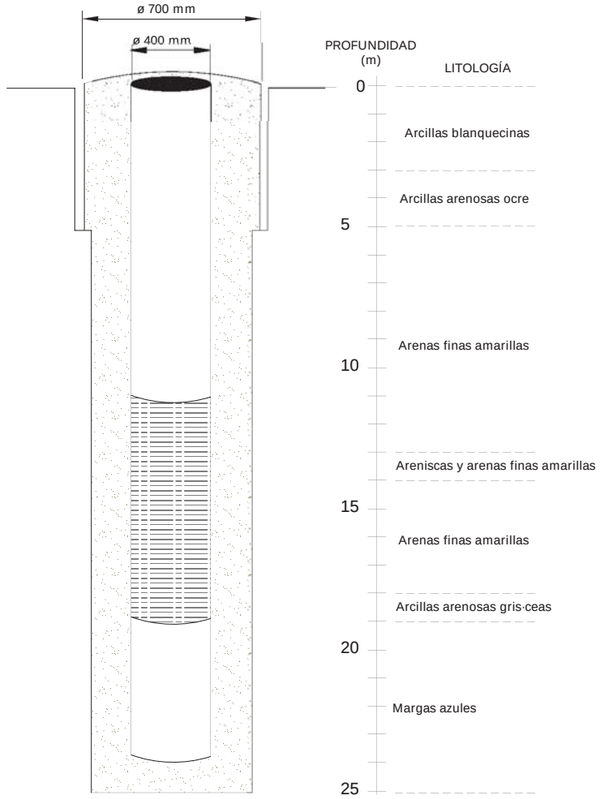
Las arenas y areniscas del Andaluciense regresivo y los depósitos aluviales cuaternarios son los materiales permeables del acuífero.

Las margas de la formación para-autóctona, sobre todo, y las margas azules, se comportan como acuífugo constituyendo, junto con los materiales del olistostroma, el sustrato impermeable del acuífero.

Foto superior. Arenas y limos (Andaluciense regresivo, Saheliense), que constituyen la principal formación acuífera. Término municipal de Arahal (1)

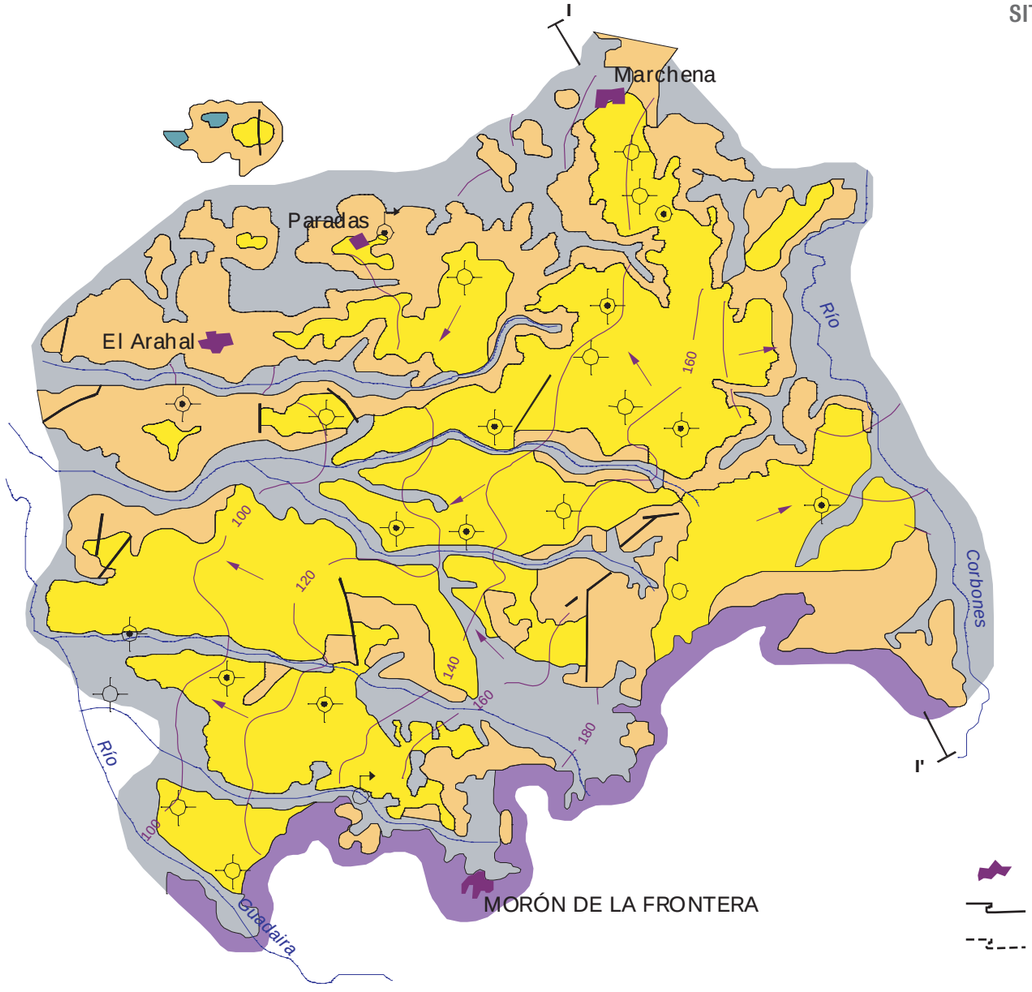
Foto inferior. Pozo en olivar, sobre arenas y limos del Mioceno superior (Andaluciense regresivo). Término municipal de Marchena (1)

Croquis sondeo tipo



ACUÍFERO DE ARAHAL - PARADAS - MORÓN

Pozo en el aluvial del arroyo Amarguilla, término municipal de Morón de la Frontera. (1)



SITUACIÓN

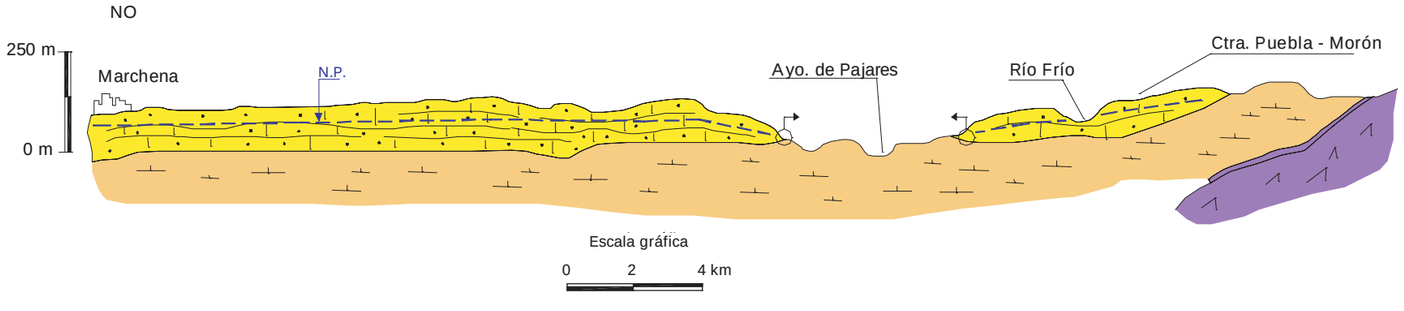
Escala gráfica

0 2 4 8 10 km

LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Limos y arcillas lacustres	Cuaternario	Baja permeabilidad
Gravas, arenas, limos y arcillas	Cuaternario	Alta permeabilidad
Areniscas, arenas, calizas y margas	Plioceno - Mioceno	Alta permeabilidad
Margas con calcarenitas y margocalizas	Cretácico -Terciario	Baja permeabilidad
Margas, arcillas y yesos	Triásico	Baja permeabilidad

CORTE I - I'



Escala gráfica

0 2 4 km

SIMBOLOGÍA

- Núcleos de población
- Límite cerrado
- Límite abierto
- Falla
- I - I' Localización del corte hidrogeológico
- Cauce de corriente continua
- Cauce de corriente discontinua
- Manantial
- Agrupación de manantiales
- Sondeo
- Pozo
- Agrupación de pozos
- Agrupación de sondeos
- Dirección y sentido preferencial del flujo subterráneo
- 30 Isopiezas m s. n. m. (noviembre 1984)

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

11.5.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.5.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El acuífero Arahal-Paradas-Morón está incluido dentro de la Unidad Hidrogeológica 05.48 (la cual consta de cuatro acuíferos). Se trata de un acuífero detrítico libre, permeable por porosidad primaria. Está constituido por una serie detrítica autóctona , de edad Mioceno-Pliocuaternario.

Los materiales con comportamiento hidrogeológico como acuífero son:
- arenas y areniscas del Saheliense
- conglomerados, areniscas y arcillas del Pliocuaternario
- depósitos cuaternarios

El sustrato impermeable está constituido por las margas de la formación para-autóctona, las margas azules del Mioceno superior y por los materiales del sistema subbético.

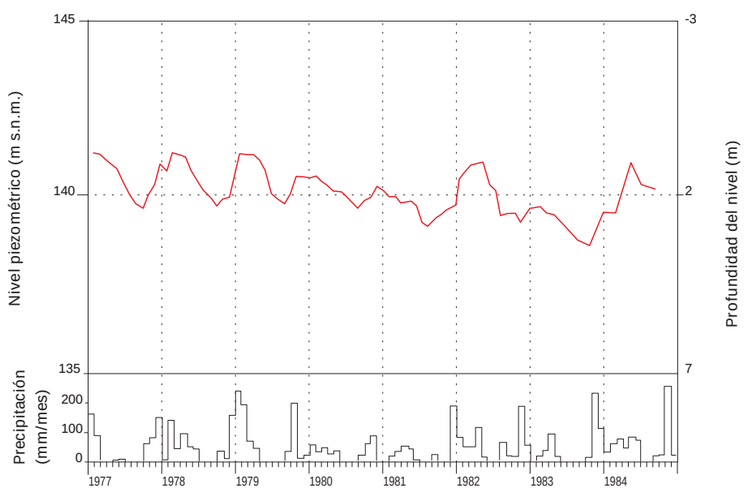
El acuífero tiene una extensión superficial de 395 km^2 (las dos terceras partes corresponden a las arenas y areniscas del Andaluciense regresivo, Saheliense, y el resto a los depósitos cuaternarios).

La existencia de una densa red de fracturas, unido al efecto de la erosión ejercida por la red de drenaje, confiere al sustrato una compleja estructura, estando el acuífero compartimentado en sectores hidráulicamente independientes. La potencia, por tanto, es muy variable de unos puntos a otros, entre 5 y 55 m, con valores máximos en los interfluvios.

La profundidad hasta el agua es generalmente inferior a 10 m, excepto en algunos puntos más elevados topográficamente, donde puede alcanzar los 20 m, siendo el sentido general del flujo subterráneo E-O, excepto en el borde noreste donde es de sentido opuesto; el gradiente hidráulico medio es del 1%.

La alimentación se produce por infiltración directa del agua lluvia y, en menor cuantía, por retorno del agua empleada para riego. Las salidas naturales se producen por drenaje natural hacia los ríos Guadaira y Corbones, bien directamente o a través de arroyos que surcan el acuífero. Otra componente, de menor importancia, es la evapotranspiración, especialmente en los depósitos aluviales, donde el nivel freático es muy somero. Otras salidas corresponden a las extracciones mediante captaciones en pozos y sondeos.

Gráfico de evolución piezométrica



11.5.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Los sedimentos detríticos del Andaluciense son los que ofrecen mejores posibilidades para su explotación, dado que son los que mayor espesor saturado y valores de permeabilidad suelen presentar. Los parámetros hidráulicos se pueden cifrar en:

- Transmisividad : entre 2x103 m^2.S^{-1} y 5x10-2 m^2.S^{-1}.
- Permeabilidad : entre 10^{-4} y 5x10^{-4} m.S^{-1}.
- Coeficiente de almacenamiento: se estima en 5 x 10^{-2}
- Porosidad eficaz: se estima en un 5%
- Caudales medios: de 5 a 30 l/s.

11.5.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

El IGME realizó el control piezométrico en el acuífero durante el período 1977-1989, mediante una red que, en 1989, estaba formada por 10 pozos, realizándose los controles bimensualmente. Además, en la Base de Datos del IGME, se tienen registrados 182 puntos de agua en el acuífero.

Las características de los piezómetros son:

Nº Piezómetro	Coordenadas UTM X	Y	Z (m)	Huso	Profund. (m)	Naturaleza	Serie
134180024	271692	4119634	98	30S	12	Pozo	1977/1988
144120028	290627	4128887	140	“	9,8	“	“
144120033	286017	4132736	143	“	9,8	“	“
144120034	287049	4125801	160	“	9,3	“	“
144120035	285708	4126420	155	“	7,5	“	“
144150034	276704	4128372	104	“	7,3	“	“
144150035	280577	4119706	142	“	4,9	“	“
144170014	294203	4122969	162	“	11	“	“
144210001	282952	4161128	170	“	8,5	“	“
144210002	282743	4132860	101	“	8	“	1981/1988

Las variaciones estacionales observadas durante el periodo de control, son más acusadas en los sedimentos detríticos andalucienses que en los del Cuaternario; no obstante, no suelen superar ,en ningún caso, los 3 m/año.

Actualmente no existe en el acuífero ninguna red, ni piezométrica ni de calidad, de control de las aguas subterráneas.

11.5.4. HIDROQUÍMICA

11.5.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Las aguas subterráneas del acuífero Arahal-Paradas-Morón presentan un quimismo muy variado, con predominio de la facies clorurada sódica y clorurada cálcico-sódica, seguida de clorurada y sulfatada cálcica. Las elevadas concentraciones en cloruros se deben a la presencia de niveles evaporíticos que, de forma local, aparecen en las formaciones arenosas. Del mismo modo, los importantes contenidos en sulfatos se deben a la influencia de las formaciones triásicas, con presencia de yesos, situadas en el borde sur.

Las aguas presentan mineralización media-alta (conductividades entre 600 y 700 µs/cm).

11.5.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

Se observa una tendencia al aumento de la concentración de nitratos, especialmente en las zonas donde predominan el cultivo en regadío, debido al empleo de abonos orgánicos nitrogenados. Ello conlleva a que, en algunas zonas, las aguas no sean aptas para consumo humano pero, excepto en las proximidades de la formación triásica, con elevados contenidos en sulfatos, son aptas para el riego (tipos C_1-S_1 y C_1-S_2).

11.5.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Según el balance hídrico realizado por el IGME en 1984 y reformado con datos actualizados de las salidas para abastecimiento urbano (1997), los bombeos del acuífero se cuantifican en 8,92 m^3/año.

Entradas:	hm^3/año
Infiltración de lluvia (7-16% de P)	12-29,7
Infiltración agua retorno regadío	1
Total	13-30,7
Salidas:	
Uso agrícola	8
Abastecimiento público	0,92
Ríos y otras	4,08-21,78
Total	8,92

11.5.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ADECUADA OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

El acuífero de Arahal-Paradas-Morón, presenta una contaminación por compuestos nitrogenados que tienen su origen en las actividades agropecuarias, especialmente en las prácticas de abonado. Asimismo se ha detectado la presencia de detergentes, aunque en cantidades no excesivas, procedentes de los vertidos urbanos e industriales. A ello hay que añadir la salinización natural relacionada con la presencia de niveles evaporíticos en las formaciones geológicas.

El acuífero presenta excedentes de recursos hídricos (IGME, 1986 y 1996), por lo que se recomienda aumentar el aprovechamiento de las aguas subterráneas. Sin embargo, dado que este acuífero se encuentra compartimentado en una serie de sectores hidráulicamente independientes, el grado de incremento en cada uno de ellos debe estar sujeto a estudios de detalle, que siempre contribuirán a disminuir las elevadas pérdidas por drenaje y evapotranspiración que se producen a través de los aluviales.

Panorámica aérea oblicua del nucleo urbano de El Coronil (3)

Vista aérea vertical de los materiales pliocuaternarios al Este de El Coronil (4)

11.6. EL CORONIL

11. 6. 1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El acuífero de El Coronil, se encuentra situado a unos 45 km al sureste de la ciudad de Sevilla. Tiene una extensión superficial de 35 km^2, de los que unos 8 corresponden a afloramientos de materiales de baja permeabilidad. Ubicado dentro del término municipal del que recibe el nombre, sobre él se asienta la población de El Coronil, que cuenta con unos 5.100 habitantes.

Los límites geológicos del acuífero vienen definidos por el contacto con las formaciones impermeables que lo circundan: al norte, oeste y sur, las margas gris-azuladas del Mioceno; al norte, las albarizas, y al sureste, las arcillas y margas yesíferas del Trías. Estos materiales constituyen también, según los sectores, el muro impermeable del acuífero.

El espesor de las formaciones permeables varía considerablemente de unos puntos a otros, con valores mínimos en las zonas de borde, donde apenas se alcanzan los 5 metros y máximos en las proximidades del tramo alto del arroyo Fresnadilla y en el sector de La Gironda, en donde se alcanzan espesores del orden de los 25 metros.

11.6.2. CLIMATOLOGÍA

La distribución pluviométrica interanual se caracteriza por la presencia de un máximo absoluto en los meses de diciembre y enero y de un mínimo en los meses de julio y agosto. En el primer semestre del año hidrológico, tiene lugar algo más del 75% de la precipitación media anual. La precipitación media es de 578 mm, encontrándose años muy secos con lluvias inferiores a los 365 mm y años muy húmedos con lluvias mayores de 690 mm.

Para el conjunto del acuífero la temperatura media anual es del orden de 17,2 ºC. La temperatura media del mes más frío (diciembre) varía entre los 9.6 y 10 ºC y la temperatura del mes más cálido (agosto) oscila entre los 26,2 y 25,8 ºC.

El valor medio anual de la evapotranspiración potencial (ETP) es de 858 mm. El valor medio de la evapotranspiración real (ETR) es de 409 mm, lo que representa el 70 % de la precipitación media anual.

El valor medio de la lluvia útil es del orden de los 201 mm, lo que representa el 35 % de la precipitación media.

11.6.3. HIDROGEOLOGÍA

11.6.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

El acuífero de El Coronil se encuentra en el borde meridional de la depresión del Guadalquivir y está caracterizado por la presencia de materiales alóctonos y para-autóctonos del Trías y Mioceno superior, respectivamente, sobre los que se encuentran depositados sedimentos terciarios y cuaternarios autóctonos.

La coexistencia en el área de formaciones pertenecientes a la depresión del Guadalquivir, dificulta poder definir con exactitud series continuas. Sin embargo y basándose en criterios de carácter regional, se ha establecido la siguiente separación litoestratigráfica:

A) FORMACIONES ALÓCTONAS.
Corresponden a los materiales de edad triásica que afloran en los sectores oriental y suroriental, dando lugar a los relieves más elevados del área. Desde el punto de vista litológico, se trata de margas y arcillas con tonalidades rojizas, verdosas y pardas, entre las que se intercalan abundantes niveles de yeso cristalino, así como ofitas, calizas, dolomías y carniolas. El conjunto se encuentra profundamente trastocado, lo que imposibilita el conocimiento detallado de la estratigrafía.

· **Formaciones para-autóctonas.** Sobre el Trías, y en contacto generalmente mecánico, se encuentra una serie constituida esencialmente por margas y margocalizas blancas con abundante fauna (diatomeas, radiolaritas, foraminíferos, etc.), que se conocen con el nombre de "albarizas" o "moronitas", del Burdigaliense superior - Andaluciense.

La potencia de estos materiales, que afloran en el límite nororiental del área de estudio, es de unos 30-50 metros.

· **Formaciones autóctonas.** En función de la edad de los materiales se han diferenciado las siguientes tres formaciones:
MIOCENO: En discordancia sobre la formación anteriormente descrita y localmente sobre el Trías autóctono, se encuentra depositado un paquete de margas grises-azuladas, atribuibles al tránsito Mioceno-Plioceno.

PLIOCENO: Discordante sobre el tramo anterior, descansa una formación compuesta por arenas de grano medio y limos con intercalaciones de biocalcarenitas. En el sector meridional del área de estudio, sobre esta formación se encuentra depositado un tramo de arcillas y margas arenosas que se ha diferenciado en cartografía.

CUATERNARIO: Las formaciones cuaternarias presentes en el área corresponden a aluviales, coluviones, llanuras de inundación y glacis de acumulación. Están constituidos por limos, arenas, arcillas, y cantos de tamaño variado. El espesor de estos materiales es reducido, no superando en ningún caso los 5-6 metros.

11.6.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.6.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL
De los materiales descritos en el anterior apartado, pueden considerarse potencialmente acuíferos los siguientes:

- Arenas y limos con intercalaciones de biocalcarenitas del Mioceno-Plioceno.
- Arenas, limos, arcillas y cantos del Cuaternario.

En el sector noroeste del área, las dos formaciones se encuentran superpuestas e íntimamente conectadas entre sí, constituyendo un acuífero único de carácter libre.

La formación de edad Plioceno, que aparece en el sector meridional del área recubriendo a las arenas y limos del Mioceno-Plioceno, presenta una permeabilidad baja, pudiendo considerarse como acuitardo, mientras que el resto de las formaciones representadas pueden considerarse, a efectos prácticos, casi impermeables.

11.6.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS Y FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO
El acuífero de El Coronil tiene, como ya se ha indicado, un carácter libre con porosidad primaria y espesor variable.

La alimentación se produce principalmente por infiltración del agua de lluvia y, en menor medida, por reciclaje de una parte del agua empleada en los regadíos que se localizan sobre el acuífero.

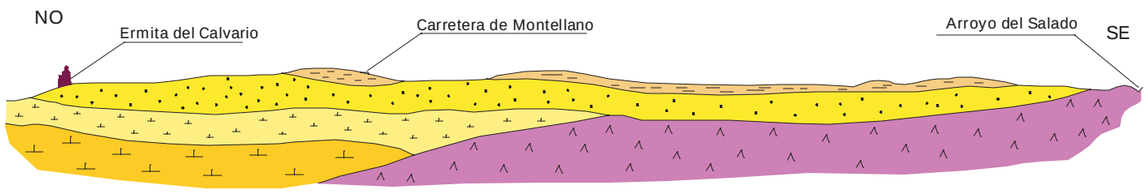
Afloramiento de biocalcarenitas, con estratificación cruzada, intercalado entre las arenas del Plioceno inferior – medio. Término municipal de El Coronil, junto al Castillo de las Aguzaderas. (1)

Pozo sobre arenas del Plioceno inferior – medio. El Coronil. (1)

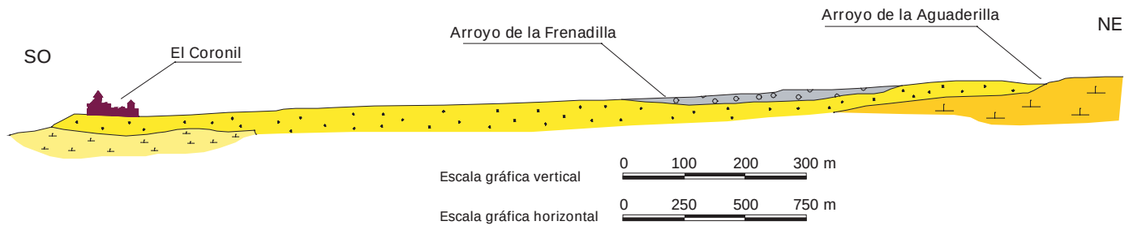
VER NAVEGACION

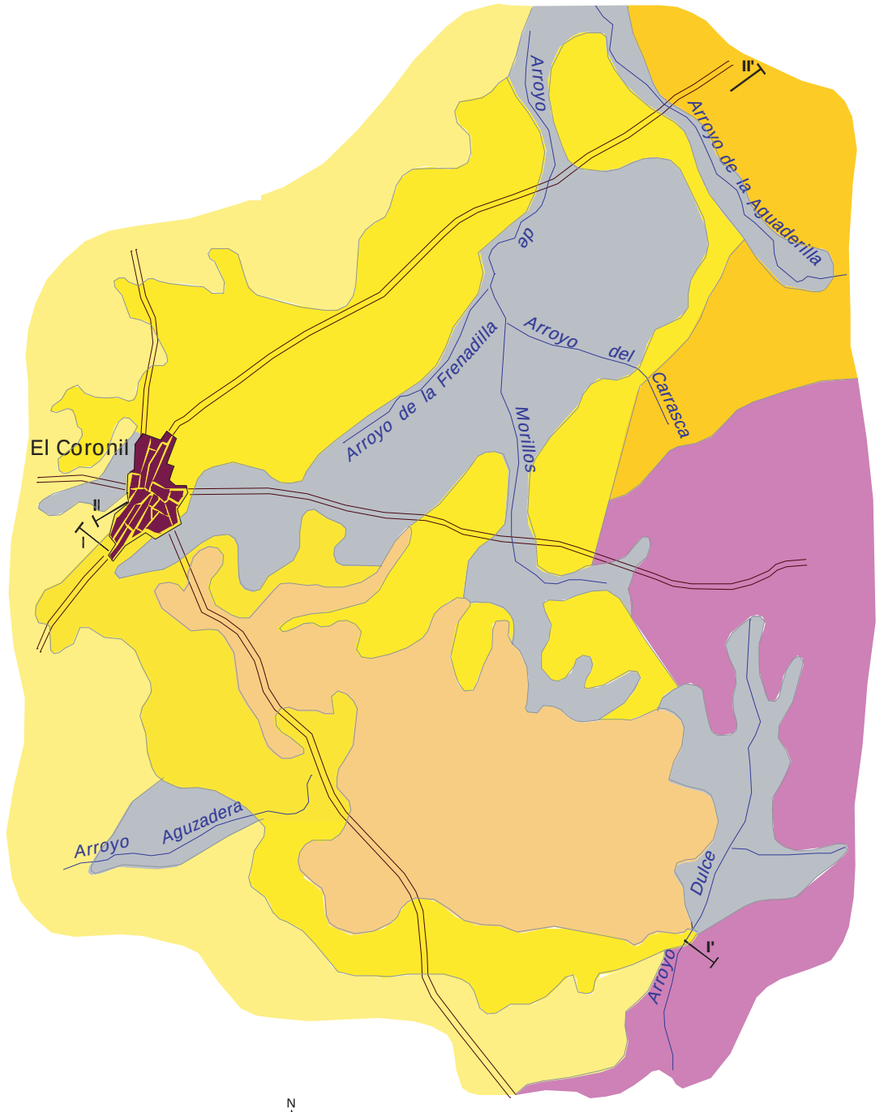
ACUÍFERO DE EL CORONIL

CORTE GEOLÓGICO
CORTE I I'



CORTE II - II'





SITUACIÓN

LEYENDA

- Limos, arcillas, arenas y cantos. Cuaternario
- Arcillas y margas arenosas. Plioceno
- Arenas, limos y biocalcarenitas. Plioceno
- Margas grises. Mioceno superior. Plioceno
- Margas y margocalizas blancas. Mioceno superior
- Arcillas y margas con yeso. Trías

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Las salidas naturales se efectúan por evapotranspiración, por drenaje hacia los arroyos que surcan el sector (sobre todo hacia el arroyo de la Fresnadilla), y por descarga directa en los materiales de carácter estacional que se localizan en las zonas de borde.

Las salidas artificiales se producen por bombeos en las obras de captación existentes en el área. La transmisividad se estima que es del orden 5x 10-4 m^2.S. La porosidad, como valor medio, es del orden del 2%. El gradiente hidráulico medio es del 2 %.

11.6.3.2.3. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA

Comparando datos de la piezometría en diferentes fechas se aprecia que, de forma general, las variaciones hiperanuales de la piezometría son pequeñas. Sin embargo, en sectores muy localizados del acuífero y en puntos aislados del mismo, debido a una excesiva concentración de obras de captación y/o al efecto de extracciones puntuales, se aprecian variaciones importantes en períodos de tiempo prolongados. En estos sectores, los descensos registrados son muy acusados.

Las variaciones interanuales de niveles estáticos, para el conjunto del acuífero, son del orden de los 2 metros, observándose una buena respuesta del mismo frente a la actual explotación.

11.6.4. HIDROQUÍMICA

11.6.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Las aguas subterráneas del acuífero de El Coronil son de dureza media y mineralización notable, con un amplio predominio de las facies bicarbonatadas cálcicas, excepto en las zonas del borde oriental en las que, debido a la influencia de las formaciones triásicas, se presentan facies sulfatadas calcico-sódicas.

El abastecimiento a la población de El Coronil se realizaba tradicionalmente con aguas procedentes del acuífero, pero actualmente se efectúa por medio de aguas superficiales procedentes del Consorcio del Huesna. Ello es debido a que la concentración de nitratos en el agua subterránea superaba los límites establecidos (50 mg/l) por el Reglamento Técnico Sanitario para el abastecimiento público.

De forma general, el agua del acuífero se considera apta para el riego.

11.6.5. BALANCE HÍDRICO

Para el establecimiento del balance hídrico correspondiente al acuífero de El Coronil, se ha partido de los datos de precipitación, evapotranspiración y lluvia útil detallados en el apartado de Climatología, de los datos sobre uso y consumo de agua obtenidos mediante encuestas directas en el Ayuntamiento y Cámara Agraria de El Coronil y explotaciones agrícolas del área. Se han estimado algunos datos sobre la base del conocimiento de la hidrogeología local y regional, ante la imposibilidad de obtenerlos directamente.

La precipitación media sobre el sector, calculada por el método de las isoyetas, es de 578 mm para el período de 40 años considerado (1947-1986), lo que supone, para el total de la superficie del acuífero, una aportación de 20 hm^3/año.

La lluvia útil, calculada por el método de Thornthawite, es del orden de 200 mm (media de los valores obtenidos).

El coeficiente de infiltración se ha evaluado, en función de las características litoestratigráficas de las formaciones presentes en el área, en un 25 % de la lluvia útil, lo que supone un 9% de la precipitación media. Aplicando estos porcentajes, se obtienen unas entradas debidas a la infiltración del agua de lluvia de 1,75 hm^3/año.

Del mismo modo, se ha estimado que un 10% del agua empleada para el regadío retorna al acuífero por infiltración, lo que representa un valor de 0,1 hm^3/año.

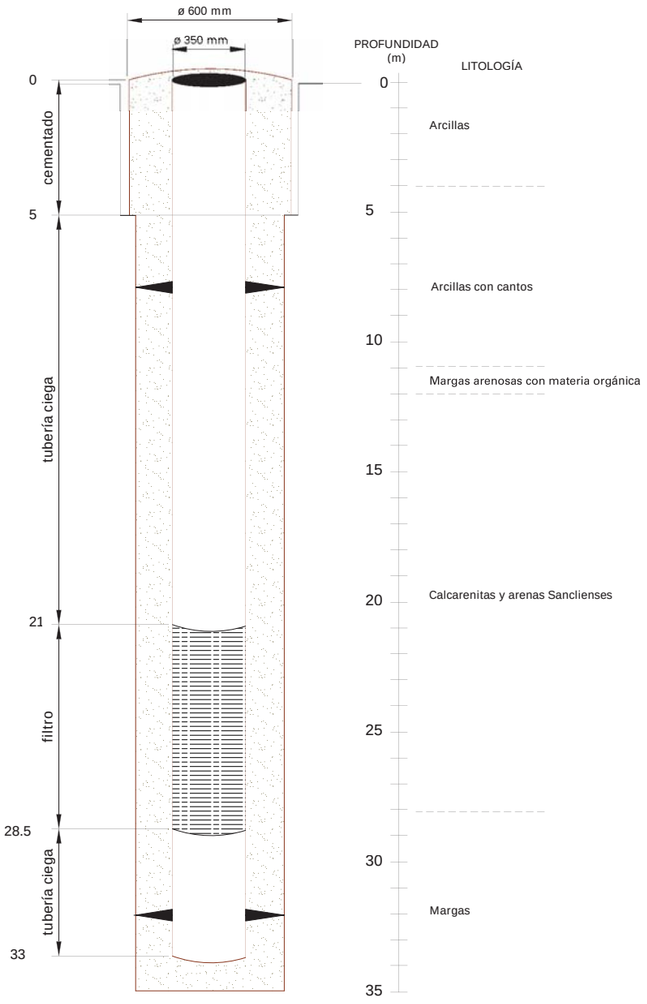
Los bombeos en el acuífero se han evaluado en 1 hm^3/año, que se emplean para riegos de apoyo de una superficie cultivada de 250 ha (algodón, remolacha, olivar, trigo) con dotaciones medias de 4.000 m^3/ha/año. A partir de la sequía del año 1995, el bombeo que se realizaba para el abastecimiento público con agua procedente del acuífero se interrumpe. El motivo, por una parte, fue debido a que las extracciones para riego agrícola, en el entorno de los sondeos y pozos de abastecimientos, hizo que los caudales suministrados por éstos no permitieran el normal abastecimiento. Por otra parte, la calidad del agua, como ya se indicó anteriormente, a causa de los nitratos de origen agrícola, no era apta para el consumo humano.

La descarga natural, a través de los pequeños manantiales de borde de carácter estacional, y por drenaje diferido a los arroyos, no se ha podido calcular con la precisión requerida, debido a la carencia de datos foronómicos que permitan descomponer los correspondientes hidrogramas. Sin embargo, dado que las variaciones piezométricas hiperanuales son, en general, pequeñas, se puede estimar que la descarga es igual al valor de los excedentes hídricos, es decir unos 0,85 hm^3/año.

A modo de resumen, se indican de manera sintética los valores deducidos para los diferentes componentes del balance hídrico.

Entradas:		hm^3/año
Infiltración agua de lluvia		1,75
Retorno agua regadío		0,10
	Total entradas	1,85
Salidas:		hm^3/año
Bombeos regadíos		1,0
Descarga arroyos/manantiales		0,85
	Total salidas	1,85

Sondeo tipo en el acuífero del Coronil



VER NAVEGACION

Panorámica aérea oblicua de Bormujos (3)

Vista aérea vertical de Benacazón (al NE), y la meseta del Aljarafe hasta el Guadiamar (4)

11.7. ALJARAFE

11.7.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Este acuífero se encuentra situado al oeste de la ciudad de Sevilla. Coincide, en su mayor parte, con la comarca del mismo nombre que morfológicamente forma una meseta elevada, fácilmente identificable. Alcanza su mayor altitud al norte (Calvario 187 m), descendiendo progresivamente hacia el sur, hasta cotas de 10 a 5 metros, donde contacta con el cuaternario de Marismas. Se corresponde con la Unidad Hidrogeológica 05.50.

Su superficie de afloramiento es de 350 km^2 y sus límites geográficos son: al norte, el contacto con las margas azules y margas arenosas del Mioceno, que constituyen la vega de Gerena; al este, oeste y sur los terrenos aluviales de los ríos Guadalquivir y Guadiamar, respectivamente, y las margas azules miocenas; y, al sur, los terrenos de marismas del Guadalquivir.

La comarca del Aljarafe la integran 21 términos municipales, con una población estable, según censo de marzo de 1991, de unos 170.000 habitantes, incrementada notablemente en época estival.

11.7.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.7.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima de la región en que se ubica la comarca es de tipo mediterráneo subhúmedo, con inviernos suaves y veranos secos y calurosos.

La precipitación media anual en la zona, calculada por el método de isoyetas, es del orden de 628 mm y la temperatura media anual está en torno a los 18ºC.

11.7.2.2. HIDROLOGÍA

El acuífero se encuentra directamente relacionado en sus límites este y oeste con los cauces de los ríos Guadalquivir y Guadiamar, respectivamente, a los que se dirige un flujo lateral del drenaje superficial. Los arroyos Repudio y Majaberraque, de carácter estacional y afluentes del Guadalquivir y Guadiamar, respectivamente, discurren de norte a sur en casi toda la longitud del acuífero.

11.7.3. HIDROGEOLOGÍA

11.7.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

Los materiales que constituyen el acuífero se han formado, en el interior de la Depresión del Guadalquivir, por sedimentación marina durante el Neógeno y fluvio-

Escarpe occidental del Aljarafe, visto desde la llanura aluvial del Guadiamar (1)

marina en el Cuaternario. Estos terrenos no están afectados por ningún movimiento tectónico de importancia.

La estratigrafía de estos materiales, de muro a techo, es la siguiente:

- "Margas azules": margas de color gris azulado, de edad Andaluciense (Mioceno superior), con estratificación masiva. Presentan facies típicas de ambiente marino y gran cantidad de pequeños fósiles (microfauna). Afloran en el límite norte del acuífero, presentando potencias superiores a los 100 m que aumentan progresivamente hacia el sur. Han sido también denominadas como "Formación Écija" y "Formación Arcillas de Gibraleón".

- Margas arenosas y arenas: sobre las margas gris-azuladas, aparecen unas alternancias de margas arenosas y arenas, con potencia variable que puede llegar a alcanzar 40 m. Representan un tránsito entre los materiales infrayacentes (margas azules, ambiente de sedimentación marina profunda) y los suprayacentes(limos arenosos, ambiente litoral o paralitoral). Se las ha denominado también como "Serie de transición".

- Limos arenosos amarillos: estos materiales se depositaron durante la última fase regresiva del Andaluciense. Se componen de arenas muy finas y limos arenosos, de color amarillo claro, con horizontes de arenas cementadas. Su potencia es variable, pudiendo llegar a los 40-60 m en algunas zonas. Se corresponden con la llamada "Formación Arenas de Huelva".

- "Arenas Basales": sobre los limos anteriores y en discordancia erosiva con ellos, aparecen arenas, de color blanco-amarillento, con tonalidades rojas hacia el techo. Son de edad Plio-Cuaternario. Presentan altos contenidos en cuarzo (más del 50%) y abundante fauna, formando en algunos puntos auténticas lumaquelas. Localmente, se puede observar estratificación cruzada e impregnaciones de óxidos de hierro. La potencia de esta formación, igualmente variable, puede llegar a ser de 15 a 20 m.

- "Formación Roja": denominada también "Alto nivel Aluvial" o "Alto nivel de Terraza". Está compuesta por arenas finas mayoritarias, cantos rodados cuarcíticos y arcillas, más o menos cementadas y fuertemente rubefactadas. Abundan al sur del sector donde se encuentran las "Arenas Basales" pliocuaternarias, sobre las que están en discordancia erosiva. Su potencia supera, en algunas zonas, los 20 m.

- Otros sedimentos cuaternarios: las principales formaciones son las "Marismas" (formada por arcillas y limos oscuros muy finos, de origen marino), las terrazas fluviales (constituidas por gravas y cantos rodados, limos y arcillas rojas, que alcanzan potencias de 10 a 15 m) y los depósitos aluviales (compuestos por gravas, arenas, limos y margas, depositados por los ríos y arroyos y asociados a sus lechos actuales).

11.7.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

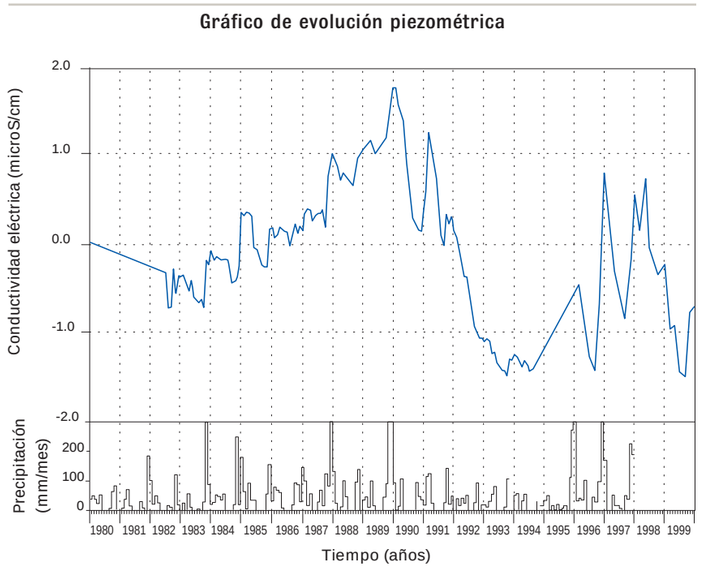
11.7.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El acuífero que constituye esta unidad lo forman los materiales descritos anteriormente, exceptuando las *margas azules*, las margas arenosas *(serie de transición)* y los sedimentos cuaternarios de *marismas.* Se trata de un acuífero de tipo detrítico libre, con una superficie de afloramiento de 350 km^2 y un espesor variable de 10 a 50 m.

La estratigrafía de las formaciones y su naturaleza similar, hace que todo el conjunto actúe hidrogeológicamente como un sistema único más o menos uniforme.

Los límites geológicos del acuífero son: al norte, las margas azules y margas arenosas, que a la vez forman su sustrato impermeable; al sur, el cuaternario de marismas; al este y al oeste, las margas azules del Mioceno y los aluviales de los ríos Guadalquivir y Guadiamar respectivamente.

La alimentación se produce fundamentalmente por infiltración del agua de lluvia y, en menor medida, por el excedente del agua empleada para riegos.



Las salidas se realizan por bombeos en las obras de captación con destino al riego y abastecimiento y a través de drenaje oculto hacia los aluviales del Guadalquivir y Guadiamar y hacia la zona meridional de marismas.

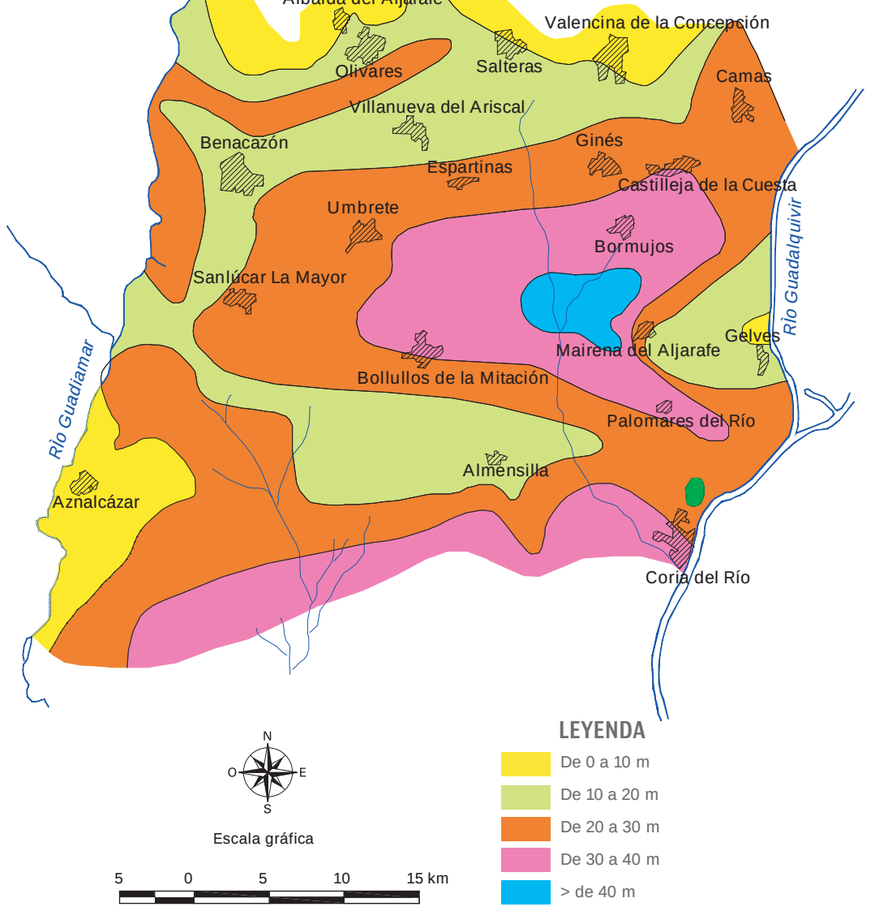
La dirección principal del flujo es de norte a sur con desviaciones en los laterales del acuífero en direcciones este y oeste hacia los ríos anteriormente citados; mientras el gradiente hidráulico oscila en la mayor parte del acuífero desde el 1% al 5%.

11.7.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

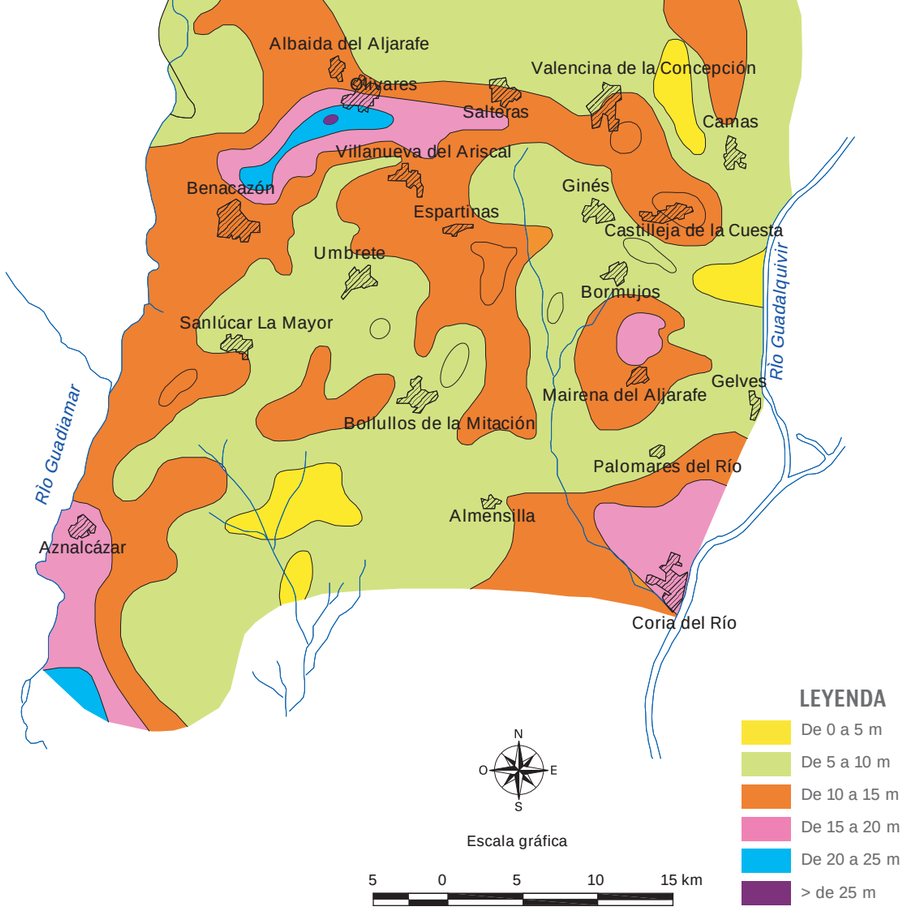
Los valores hidráulicos del acuífero, a la vista de los datos de ensayos de bombeo de que se dispone, son extremadamente variables de la zona norte a la sur; incluso dentro de la misma zona, existen diferencias notables, que pueden ser consecuencia de la asociación de niveles más permeables con otros de escasa permeabilidad.

Se detallan a continuación valores obtenidos en dos sectores extremos del acuífero.

PROFUNDIDAD A LAS MARGAS



PROFUNDIDAD HASTA EL AGUA



	Nº del punto	Naturaleza	Transmisividad
Sector norte central	1240-5-0024	Pozo	3,2 x 10^{-4} m^2/s
	1240-5-0054	Pozo	5,9 x 10^{-5} m^2/s
Sector suroccidental	1141-8-0093	Sondeo	1 x 10^{-2} m^2/s
	1141-8-0094	Sondeo	3 x 10^{-2} m^2/s
	1141-8-0095	Sondeo	4 x 10^{-2} m^2/s

No se dispone de datos precisos para obtener el coeficiente de almacenamiento, aunque por su similitud con otras formaciones de las que se conoce este parámetro, se le puede asignar un valor comprendido entre $2x10^{-2}$ y $5x10^{-2}$.

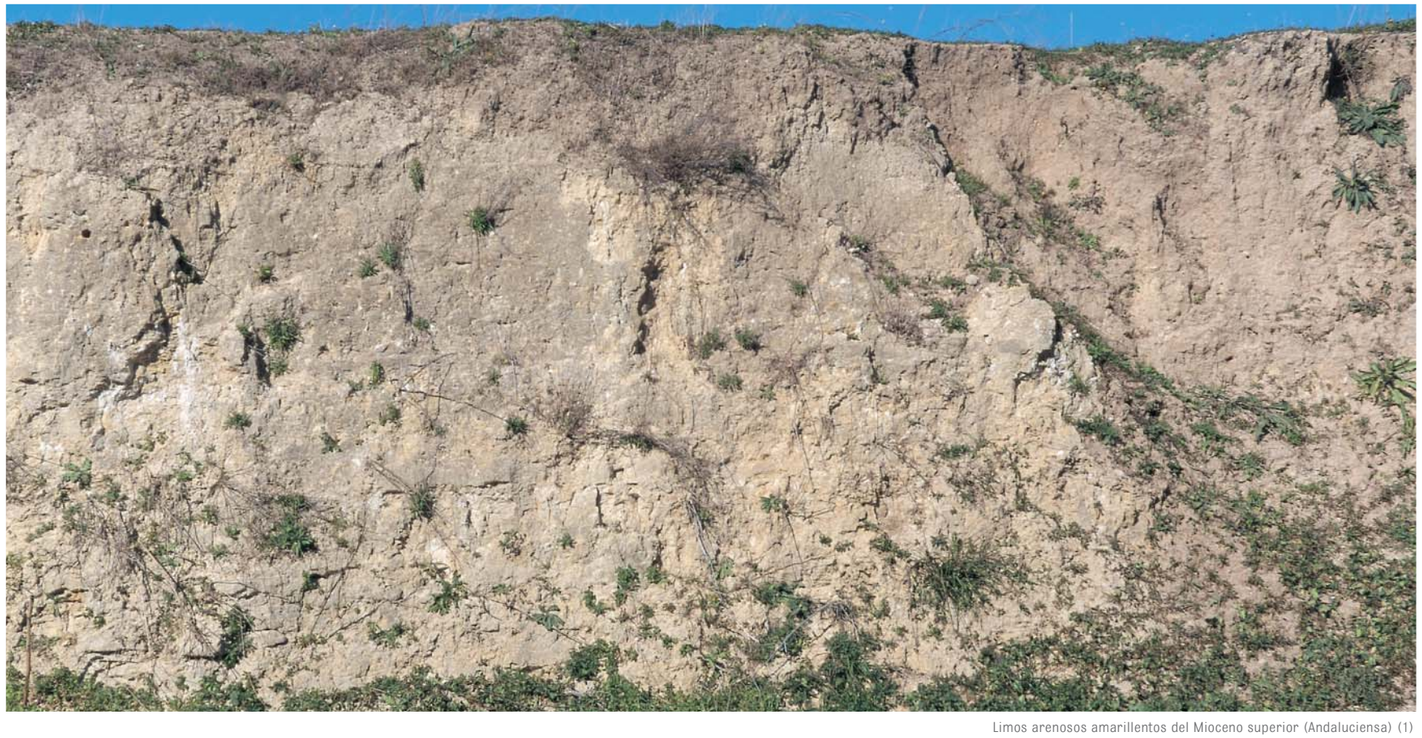
11.7.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

La entrada de agua en el acuífero se produce fundamentalmente por infiltración de agua de lluvia.

El coeficiente de infiltración se evalúa en un 12 % de la precipitación, equivalente a un 75 % de la lluvia útil, que para el sector es de 100 mm al año.

El flujo subterráneo del agua es, en general, hacia el sur, con componentes laterales al este y al oeste, donde los gradientes hidráulicos aumentan considerablemente debido al pronunciado escarpe topográfico existente.

Comparando los planos piezométricos de 1983 y 1999, se observa un descenso general en el acuífero, más acusado al sur. Por su característica de acuífero libre, la evolución piezométrica está muy relacionada con la pluviometría, como se constata en el diagrama de variación del nivel en el que se confirma el descenso general señalado.



Limos arenosos amarillentos del Mioceno superior (Andaluciensa) (1)

11.7.4. HIDROQUÍMICA

11.7.4.1. CALIDAD QUÍMICA

No se dispone de datos actualizados de la calidad general del agua del acuífero. Los últimos datos obtenidos proceden de una campaña de muestreo efectuada por el IGME en septiembre de 1983, en 36 puntos distribuidos en el área del acuífero.

El 89% del agua analizada es de facies bicarbonatada cálcico-magnésica, el 8% clorurada-cálcica y el 3% bicarbonatada-sódica.

Son aguas no aptas para consumo humano por ser, en la mayoría de las muestras analizadas, las concentraciones en uno o varios elementos superiores a lo establecido en la reglamentación técnico-sanitaria vigente, destacando las altas concentraciones en nitratos procedentes de las actividades agrícolas.

En esta campaña analítica, se observó que, basándose en los criterios de salinidad, todas las muestras indican que se trata de aguas aptas para riego, por ser de categorías C_2-S_1 y C_3-S_1, a excepción de dos muestras de categoría C_4-S_1 y C_4-S_2.

11.7.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

La contaminación principal del acuífero se produce por las sustancias empleadas en agricultura (abonos, herbicidas y pesticidas), destacando por su alto contenido los nitratos. Localmente, y en menor medida, existe otra fuente de contaminación procedente de la lixiviación en vertederos, hasta hace poco existentes en algunos de los municipios ubicados en la comarca. En algunas de las muestras analizadas, se manifiestan altos contenidos en potasio, lo que puede ser una consecuencia de la existencia de niveles evaporíticos en las formaciones detríticas del acuífero.

La naturaleza de los materiales que constituyen el acuífero, junto con la escasa profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico, elevan al máximo la vulnerabilidad del mismo ante todo tipo de contaminación originada por vertidos superficiales.

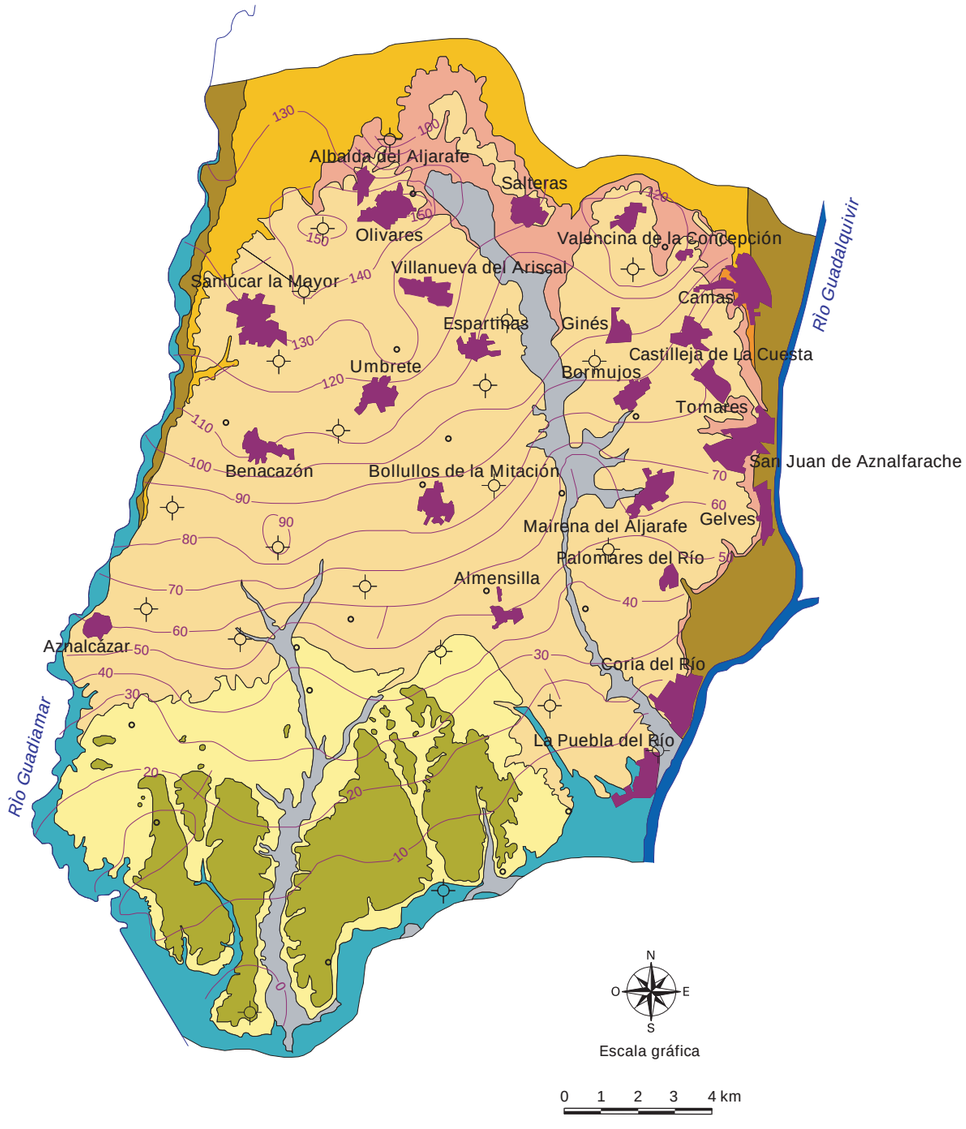
A los ríos Repudio y Majaberraque se vierten aguas residuales sin depurar de varias poblaciones, sin una red de saneamiento adecuada.

En los vertederos incontrolados de R.S.U. (residuos sólidos urbanos), se produce una contaminación puntual por filtración de lixiviados.

11.7.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Actualmente, las extracciones de agua en el acuífero están casi exclusivamente destinadas al riego. Circunstancialmente, se pueden efectuar bombeos - en épocas de restricciones- para abastecimiento de algunas poblaciones y, en época estival, en

ACUÍFERO DEL ALJARAFE



SITUACIÓN

LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Depósitos aluviales	Cuaternario	Alta permeabilidad
Marismas	Cuaternario	Baja permeabilidad
Terrazas	Cuaternario	Alta permeabilidad
Formación roja	Cuaternario	Alta permeabilidad
Arenas basales	Pliocuaternario	Alta permeabilidad
Limos arenosos amarillos	Mioceno Superior	Alta permeabilidad
Margas arenosas y arenas	Mioceno Superior	Baja permeabilidad
Margas azules	Mioceno Superior	Baja permeabilidad

SIMBOLOGÍA

- Núcleos de población
- Pozo
- Sondeo de reconocimiento
- 30 — Isopiezas m s. n. m. (enero a diciembre 1999)
- Dirección y sentido preferencial del flujo subterráneo

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

las múltiples captaciones privadas.
Para establecer el balance, se parte de un conjunto de datos reales y otros estimados, de acuerdo con las características hidrogeológicas del acuífero.

La precipitación media en la zona se ha calculado por el método de isoyetas, considerando la media del período 1961/1962-1981/1982, de la que se obtiene una precipitación de 628 mm/año.

Teniendo en cuenta la superficie del acuífero (350 km^2), se obtiene una lluvia en el total del acuífero de 220 hm^3/año. Con un coeficiente de infiltración estimado del 12 % de la lluvia útil, se produce una infiltración media anual en todo el acuífero de 26,4 hm^3.

Las extracciones por bombeo, según encuestas efectuadas en la zona, se elevan a 13,5 hm^3/año, estando destinado el 95% de las mismas a la agricultura, retornando al acuífero el 15 % como excedente del riego.

Las salidas subterráneas a los aluviales del Guadalquivir y Guadiamar y a la zona de marismas se ha calculado por la Ley de Darcy, considerando una transmisividad de $3x10^{-4}$ $m^2 \cdot S^{-1}$ y obteniéndose un volumen de 4 hm^3/año de drenaje oculto.
Los datos anteriores se resumen en el siguiente cuadro de balance:

Entradas:	
	hm^3/año
Infiltración de agua de lluvia	26,4
Reciclaje de riego	2,0
Total entradas	28,4
Salidas:	
	hm^3/año
Bombeos	25
Drenaje oculto	4,0
Total salidas	29

Desde el punto de vista general, la demanda global se encuentra por encima de las posibilidades del acuífero. Esta situación se regula mediante el agotamiento de los pozos, que en zonas desfavorables da lugar a un volumen extraído muy inferior a la demanda.

La zona oriental del acuífero, que comprende el área oriental de la cabecera, los alrededores del Repudio y la franja cercana al Guadalquivir, es la que se encuentra en mejor situación, debido bien a las extracciones relativamente bajas o a los espesores saturados mayores.

La zona occidental, que comprende el sector occidental de la cabecera, los alrededores del Majaberraque y la franja cercana al Guadiamar, concentra la mayor parte de problemas de sobreexplotación debido a la mayor concentración de extracciones y menores espesores saturados.

Por acuerdo de la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, el acuífero del Aljarafe se declaró sobreexplotado o en riesgo de estarlo, en el año 1988.

La zona sur del acuífero es la menos explotada en la actualidad y la que dispone de más posibilidades de extracción, puesto que recibe el flujo sobrante de las zonas de aguas arriba y presenta mayor transmisividad y espesor saturado.

Pozo en finca de regadío sobre limos arenosos (término municipal de Olivares) (1)

Río Guadiamar, en Aznalcázar (1)

Panorámica aérea oblicua del nucleo urbano de Carmona (3)

Vista aérea vertical de los Alcores al SO de Carmona(4)

11.8. SEVILLA - CARMONA

11.8.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El acuífero está ubicado, en su totalidad, dentro de la provincia de Sevilla. Se extiende al sur y al este del río Guadalquivir, desde el municipio de Carmona, al norte, hasta los de Utrera y Los Palacios y Villafranca, al sur. Se corresponde, en el catálogo de Unidades Hidrogeológicas, con el número 05.47.

Su límite geográfico noreste lo constituye el aluvial del río Corbones. Al suroeste, el río Guadaira lo divide en dos sectores morfológicamente diferentes: el primero, y más importante, está formado por las calcarenitas de Carmona, fácilmente identificable por un característico escarpe topográfico; sobre él se encuentran las poblaciones de Alcalá de Guadaira, Mairena del Alcor, El Viso del Alcor y Carmona. El segundo, de facies más arenosa, alcanza una mayor extensión lateral, formando una extensa llanura en la que se asientan las poblaciones de Dos Hermanas, Utrera y Los Palacios y Villafranca, encontrándose en el entorno de estas dos últimas su límite sudoeste.

El área que comprende los materiales aflorantes correspondientes al acuífero, con los límites descritos, es del orden de 1.380 km^2.

11.8.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.8.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima en la región, dentro de la que se encuentra el acuífero, es de tipo mediterráneo subhúmedo-seco, con inviernos suaves y veranos secos y calurosos.

Las precipitaciones medias anuales se encuentran en torno a los 600 mm en el sector occidental y a los 500 mm en el oriental.

La temperatura media anual es ligeramente superior a los de 18ºC.

11.8.2.2. HIDROLOGÍA

El acuífero está íntimamente relacionado con el cauce del río Guadalquivir, al que se efectúa el drenaje principal del acuífero en sus sectores septentrional y occidental, así como con el del río Corbones, cuyo aluvial constituye su límite noreste y con el del río Guadaira, que lo divide en dos sectores con diferente estructura y composición de materiales.

La red de arroyos tributarios de los anteriores que discurren por el acuífero son, en su mayor parte, de carácter estacional.

11.8.3. HIDROGEOLOGÍA

11.8.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

Esta unidad se enmarca, geológicamente, dentro de la Depresión del Guadalquivir, que se extiende en una franja entre la Zona Subbética al S, la Prebética al E y el Macizo Hercínico al N. Está cuenca se rellenó durante los períodos Neógeno y Cuaternario con materiales de carácter autóctono, constituyendo una serie estratigráfica cuyos tramos más recientes (fases últimas del Mioceno superior y Plio-cuaternario) se corresponden con el acuífero. Esta serie se encuentra estructurada en capas subhorizontales, cuya litología, en términos globales, de muro a techo es la siguiente:

- "Margas azules": constituyen una potente formación de relleno de la cuenca, depositadas durante el Neógeno (Tortoniense-Andaluciense). Son margas de color gris-azulado.

- Alternancia de margas arenosas con arenas: marcan el inicio de la regresión producida durante el Mioceno superior. Son materiales reelaborados, cronológicamente dentro del Andaluciense. Se denomina también "Serie de transición".

- Formación amarilla: está compuesta por limos arenosos amarillentos, calizas y areniscas calcáreas (sector de Utrera), calcarenitas fosilíferas con múltiples cambios de facies (sector de Carmona-Alcalá de Guadaira, Formación Guadaira) fácilmente identificables por un característico resalte morfológico.

- Terrazas aluviales: disectando las formaciones anteriores, el Guadalquivir ha ido depositando durante el Cuaternario materiales aluviales que han conformado dos grandes agrupaciones de terrazas: una más antigua, muy rubefactada, compuesta por arenas finas, gravas y arcillas rojas (Formación Roja o Alto nivel Aluvial), en contacto con las calcarenitas y otra que incluye dos terrazas: la terraza 1, situada a una cota de entre 25 y 30 m de altitud, constituida por gravas - en las que se observa imbricación de cantos – y arenas más o menos limosas; la terraza 2 se sitúa a 15-25 m de altitud y está formada por niveles de gravas y arenas, a techo de los cuales aparecen capas limosas o arcillosas. La terraza 3 (depósito aluvial reciente), a menos de 15 m de altitud, constituye el cauce actual del Guadalquivir y está compuesta por gravas en la base y arcillas rojas.

En ninguna de las formaciones descritas la tectónica es significativa.

11.8.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.8.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La Unidad Hidrogeológica está formada por tres acuíferos muy bien diferenciados por su litología: calcarenitas de Carmona (Formación Guadaira), terraza antigua (Formación Roja o Alto nivel Aluvial) y terrazas medias (terrazas 1 y 2), todos ellos permeables por porosidad. En algunas zonas de las calcarenitas, existe además una porosidad aún más importante por fisuración.

Los tres acuíferos tienen espesores diferentes, oscilando entre los 50 metros de las calcarenitas hasta los 10 a 20 metros de las terrazas aluviales. Son de tipo detrítico libre, estando conectados sucesivamente entre sí desde el situado en la cota más alta (calcarenitas) hasta el de la más baja (terraza media, T_2), que se encuentra a su vez en contacto con el aluvial reciente o terraza 3 (éste constituye a su vez el denominado "acuífero aluvial del Guadalquivir", correspondiente a la Unidad Hidrogeológica 05.46).

La alimentación se lleva a cabo fundamentalmente por infiltración del agua de lluvia y,en menor medida, por los excedentes del riego sobre la superficie de los mismos.

El drenaje se produce por flujo subterráneo a lo largo de los sucesivos contactos laterales hasta el cauce del río Guadalquivir, a través del aluvial reciente directamente asociado al mismo. Al sudeste se produce otra descarga, de menor entidad, al cauce del río Guadaira.

Las direcciones predominantes del flujo dentro de la unidad son las siguientes: SE-NO, E-O y NE-SO.

11.8.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Los parámetros hidráulicos tienen como órdenes de magnitud los valores reflejados en el cuadro que aparece a continuación.

Transmisividad	
Calcarenitas:	de 69-430 $m^2 \cdot día^{-1}$
Terrazas:	de 35-865 $m^2 \cdot día^{-1}$
Coeficiente de almacenamiento	
Calcarenitas:	de 1-2%
Terrazas:	de 1-10%
Permeabilidad	
Oscila entre valores de	10-2 $m \cdot 5^{-1}$ a 5x10-4 $m \cdot S^{-1}$
Caudales de explotación	
Calcarenitas:	desde 5 a 30 l/s dependiendo del espesor saturado pueden alcanzarse 100 l/s en zonas fisuradas
Terrazas:	desde 20 a 60 l/s (terrazas medias) y del orden de los 5 l/s en la terraza antigua

11.8.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

La circulación del agua en el conjunto de esta unidad se encuentra directamente relacionada con los cauces de los ríos Guadalquivir y Guadaira, hacia los que circula el flujo de agua subterránea: directamente desde las calcarenitas hasta el Guadaira en la zona meridional e indirectamente, desde éstas al Guadalquivir, a través de las sucesivas terrazas en la zona septentrional.

Como consecuencia de la interrelación acuífero-río, se produce en épocas de crecidas aportes de éste a aquél, que pueden ocasionar variaciones estacionales en las direcciones de flujo.

Campos de labor entre Utrera y El Coronil (1)

Del estudio y análisis de los datos recopilados de la red piezométrica del IGME, se deduce lo siguiente:

- Descenso progresivo del nivel general, consecuencia de una intensa explotación.
- Recuperación y descensos periódicos directamente relacionados con la pluviometría.

La respuesta a grandes precipitaciones se produce casi instantáneamente, siendo los descensos más atenuados con el cese de las mismas, como se observa en los gráficos de evolución piezométrica.

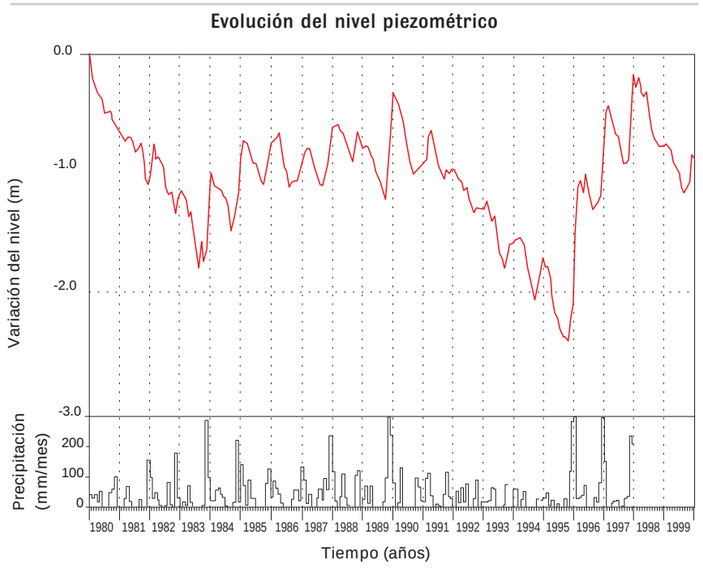
11.8.4. HIDROQUÍMICA

11.8.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Las composiciones químicas predominantes en la unidad son de facies bicarbonatada-clorurada cálcica y bicarbonatada-cálcico sódica. En zonas puntuales se dan aguas sulfatadas-cálcicas.

Los valores medios de los iones más significativos se detallan en el siguiente cuadro.

Composición química del agua (mg/l)	
Bicarbonatos	300
Cloruros	225
Sulfatos	160
Nitratos	40
Calcio	160
Potasio	17
Residuo seco	1.000



En general son aguas duras de baja calidad , con residuo seco variable desde menos de 500 mg/l en las calcarenitas hasta los 1.000 a 2.000 mg/l en las terrazas medias, pasando por los 500 a 1.000 mg/l en la antigua.

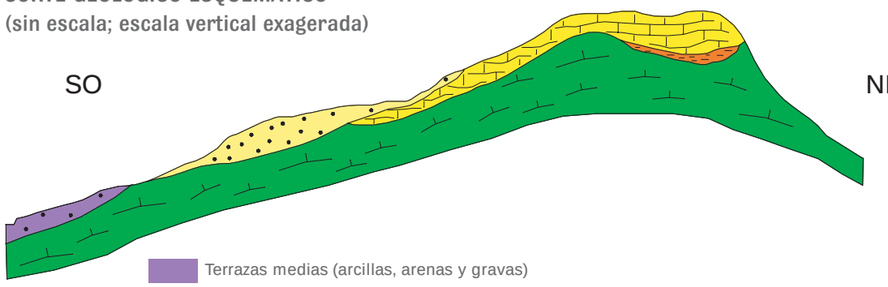
Son inadecuadas para consumo humano, por contener frecuentemente elementos en cantidades superiores a las establecidas en la vigente reglamentación técnico-sanitaria.

Las concentraciones de nitratos oscilan de 0 a 142 mg/l; las de nitritos, de 0,06 a 5,86 mg/l y las de potasio de 5 a 32 mg/l.

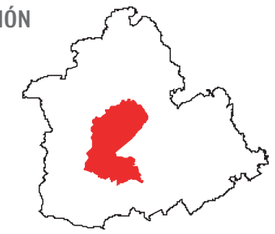
Aproximadamente, en la mitad de las aguas del conjunto se dan aguas de las clases C_3-S_2 y C_3-S_3, inadecuadas para la agricultura, con riesgo medio de salinización del suelo y medio-alto de alcalinización del mismo. El resto es agua tipo C_2-S_1, aptas para este fin.

ACUÍFERO DE SEVILLA-CARMONA

CORTE GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO
(sin escala; escala vertical exagerada)

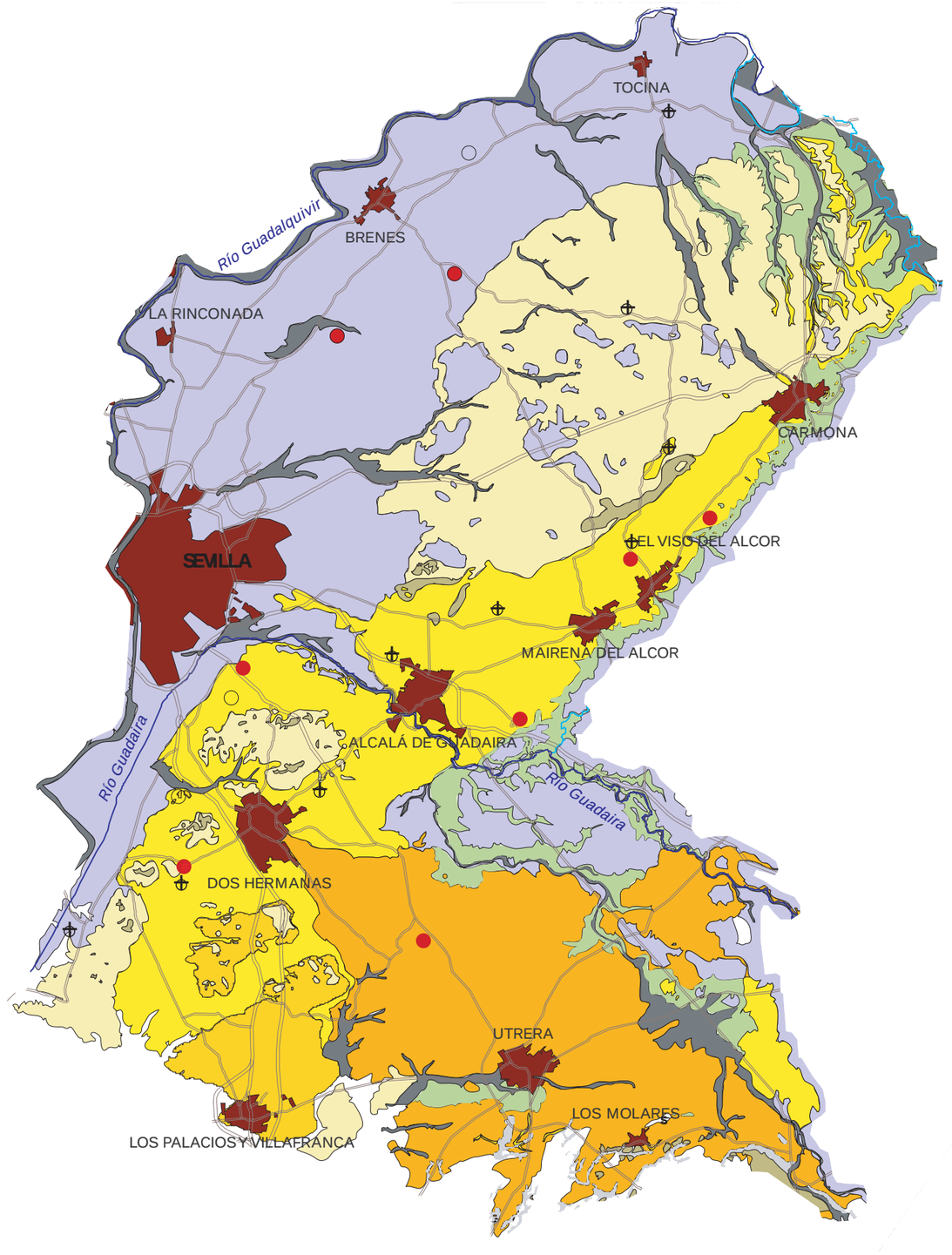


SITUACIÓN



SIMBOLOGÍA

- Pozos significativos de la red piezométrica
- Sondeos significativos de la red piezométrica
- Red de calidad



LEYENDA

Depósitos aluviales recientes (arenas, arcillas y gravas)	Cuaternario
Derrubios de ladera (arenas, limos, conglomerados)	Cuaternario
Glacis (arenas, limos y gravas)	Cuaternario
Terrazas (arcillas, arenas y gravas)	Cuaternario
Terraza alta (Formación Roja: arenas, arcillas y gravas)	Cuaternario
Calcarenitas (Formación Guadaira)	Mioceno Superior
Limos arenosos	Mioceno Superior
Limos y margas (Serie de transición)	Mioceno Superior
Margas azules	Mioceno Superior

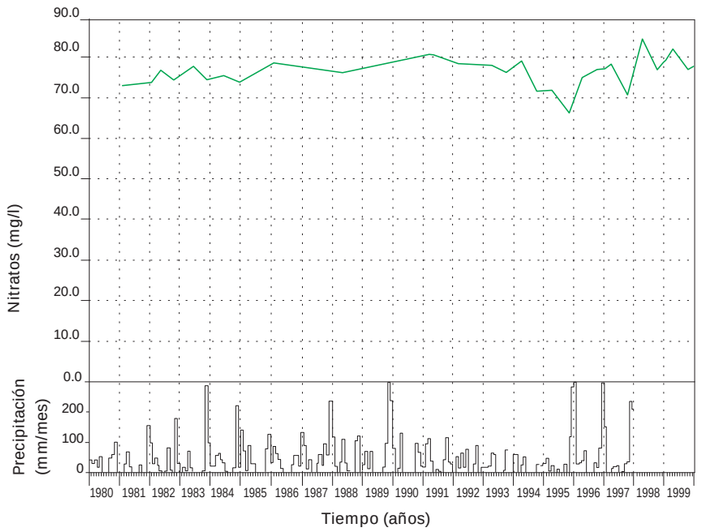
N
O E
S

Escala gráfica

0 5 10 15 20 km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Evolución del contenido en nitratos



11.8.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

La contaminación del acuífero se debe fundamentalmente a elementos procedentes de los abonos, herbicidas y pesticidas utilizados en las numerosas explotaciones agrarias de regadío que se ubican en la unidad.

Por su elevado contenido, destacan los nitratos, con una evolución ascendente y oscilaciones periódicas dependientes de los índices pluviométricos o del volumen de recarga por excedentes de riego.

Los municipios que se asientan sobre el conjunto acuífero vierten sus aguas residuales, en su mayor parte, sin depurar, directamente al Guadalquivir o a sus afluentes, en un volumen del orden de 90 hm^3/año que, por infiltración, ocasionan una contaminación más localizada.

La vulnerabilidad del acuífero, a la vista de sus características litológicas y estructurales, presenta un riesgo de contaminación de grado alto, con particular incidencia en las calcarenitas, por su fisuración, y en las zonas de explotaciones agrarias de regadío y en las de los cauces a los que se vierten las aguas residuales sin depurar.

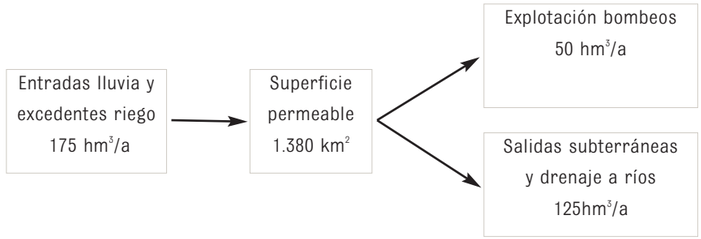
Se produce otra contaminación más localizada procedente de actividades industriales diversas, de las que se han contabilizado en 43 fábricas de aceite, 28 de procesado de uva, 121 de vegetales, 20 cárnicas, 8 lácteas, 1 azucarera, 4 de fertilizantes y 6 de papeleras. En su mayoría, se vierten las aguas residuales sin depurar a los cauces.

11.8.5. EXPLOTACION Y BALANCE

La mayor explotación del acuífero está destinada a la agricultura; en menor volumen, se realizan, en caso necesario, extracciones circunstanciales con el fin de complementar el abastecimiento con agua superficial de alguna de las poblaciones que se asientan sobre el área.

El volumen de agua extraído para agricultura y abastecimientos es de 49 hm^3/año y el drenaje estimado a cursos superficiales es de 125 hm^3/año, lo que representa una salida global de la unidad de 175 hm^3/año. Considerando una superficie permeable de 1.380 km^2 y una pluviometría media de 600 mm/año, se obtiene un coeficiente de infiltración superior al 20%, cifra que puede considerarse algo elevada.

Cuadro resumen balance hídrico global



Escarpe topográfico originado por las calcarenitas. Carmona (1)

Depósito de agua en Alcalá de Guadaira (2)

Biocalcarenitas de la Formación Guadaira. Alcalá de Guadaira (1)

11.8.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ADECUADA OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

La unidad sufre un proceso de sobreexplotación creciente, evaluado- según los datos disponibles- en unos 9 hm^3/año, que no parecen traducirse en afecciones importantes.

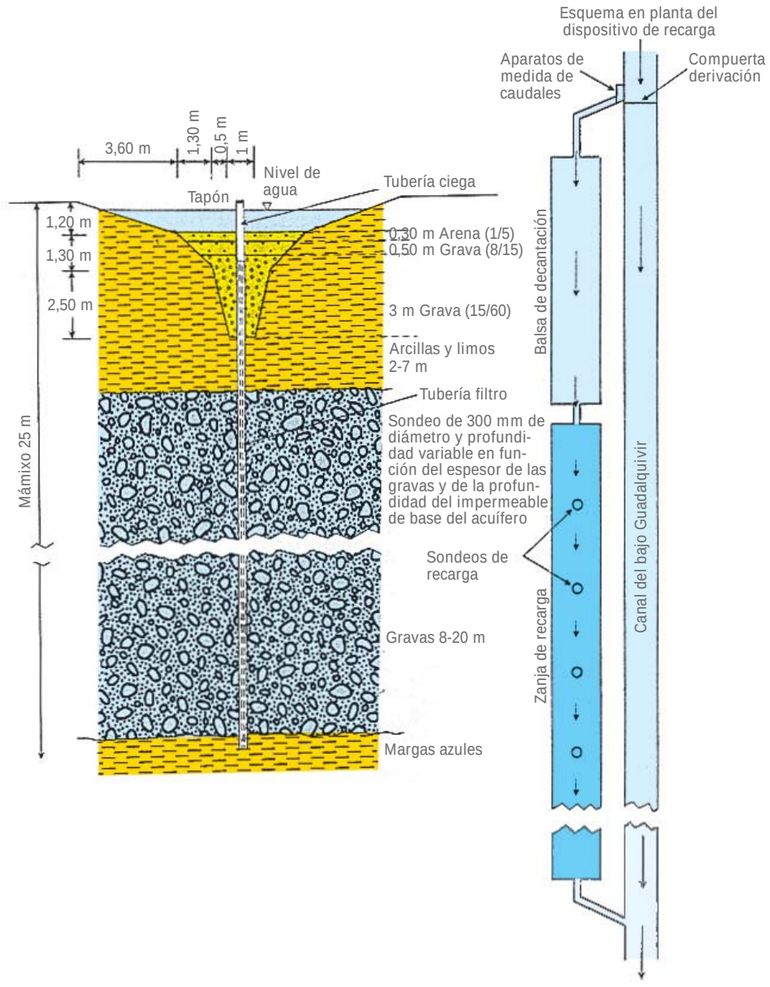
La mayor problemática puede deberse a la evolución negativa de la calidad como consecuencia de los procesos de contaminación de origen agrícola, de gran implantación en muchos sectores de la unidad.

El acuífero ha sido declarado provisionalmente sobreexplotado o en riesgo de estarlo por la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (BOP de 26 de octubre de 1992).

El IGME realizó, en 1983, un modelo de gestión contemplando unitariamente este conjunto acuífero con el del aluvial del Guadalquivir, con el fin de establecer la dinámica acuífero-río y estudiar la posibilidad de recarga artificial con agua excedentaria en los períodos de alta pluviometría.

Para ello, se construyó por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir un dispositivo mixto (recarga y extracción) junto al canal del Bajo Guadalquivir, utilizándose para la experiencia un modelo de flujo del acuífero basado en el método de diferencias finitas, sobre el que se hicieron varias simulaciones de bombeos y recarga combinada, con diferentes resultados. En el capítulo 12 (Uso conjunto y recarga artificial), se detallan las características del sistema, ensayos realizados y principales resultados obtenidos.

Esquema del dispositivo de recarga



Sondeos significativos de la red piezométrica

Panorámica oblicua aérea de Peñaflor (3)

Vista aérea vertical del río Guadalquivir, al oeste de Brenes (4)

11.9. ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR

11.9.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El acuífero del aluvial del Guadalquivir se extiende en una franja a lo largo del cauce de dicho río. Dentro de la provincia de Sevilla, comprende una superficie de unos 200 km^2 desde el límite con la provincia de Córdoba, al norte, hasta la población de La Puebla del Río, al sur.

En superficie, se corresponde con una típica llanura aluvial, dedicada en gran parte a la agricultura, en la que se han desarrollado importantes planes de transformación agraria, con un alto grado de desarrollo en el sector de cítricos, gracias a los riegos proporcionados por el Canal del Bajo Guadalquivir y el Canal del Valle inferior de Guadalquivir, principalmente.

Dentro de la provincia de Sevilla se ubican en esta unidad las poblaciones de Gelves, Sevilla, Camas, La Algaba, San José de la Rinconada, La Rinconada, Alcalá del Río, Brenes, Villaverde del Río, Cantillana, Los Rosales, Tocina, Villanueva del Río, Alcolea del Río, Lora del Río y Peñaflor. En la mayor parte de estos municipios, la principal actividad económica es la agricultura e industrias relacionadas con ella. En la zona de Alcalá del Río - La Rinconada existen varias industrias de extracción de áridos, que pueden tener una gran incidencia en este área sobre las características del acuífero, fundamentalmente por rellenos que ocasionan alteraciones hidrogeológicas locales.

11.9.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.9.2.1. CLIMATOLOGÍA

La región donde se localiza el acuífero presenta un clima mediterráneo subtropical, con un régimen de humedad de subhúmedo a seco (clasificación de Papadakis).

La precipitación media anual es de 600 a 650 mm. Las precipitaciones más altas se registran al norte, correspondiendo las más bajas a las zonas próximas a Sevilla.

La temperatura media anual es de 17ºC - 18º C. Los valores de evapotranspiración potencial, calculados según el método de Thornthwaite, son de 950 mm/año.

11.9.2.2. HIDROLOGÍA

El acuífero está situado, en su zona comprendida dentro de la provincia de Sevilla, en la cuenca baja del río Guadalquivir. Se extiende a lo largo del cauce de dicho río, desde la confluencia al mismo del río Retortillo, por la margen derecha, hasta la del río Guadaira, por su izquierda. En este tramo vierten sus aguas al Guadalquivir numerosos ríos y arroyos, entre los que destacan ,además de los citados anteriormente, los ríos Corbones y Viar en las márgenes izquierda y derecha respectivamente.

Pozo en la Rinconada (1)

Pozo en materiales de la terraza baja del Guadalquivir. La Rinconada (1)

La regulación del río Guadalquivir se realiza a través de los embalses emplazados en sus afluentes (Retortillo y Pintado), así como por los destinados a abastecimiento de Sevilla: Aracena, Zufre, Cala, La Minilla y Guillena, todos ellos en la margen derecha.

11.9.1. HIDROGEOLOGÍA

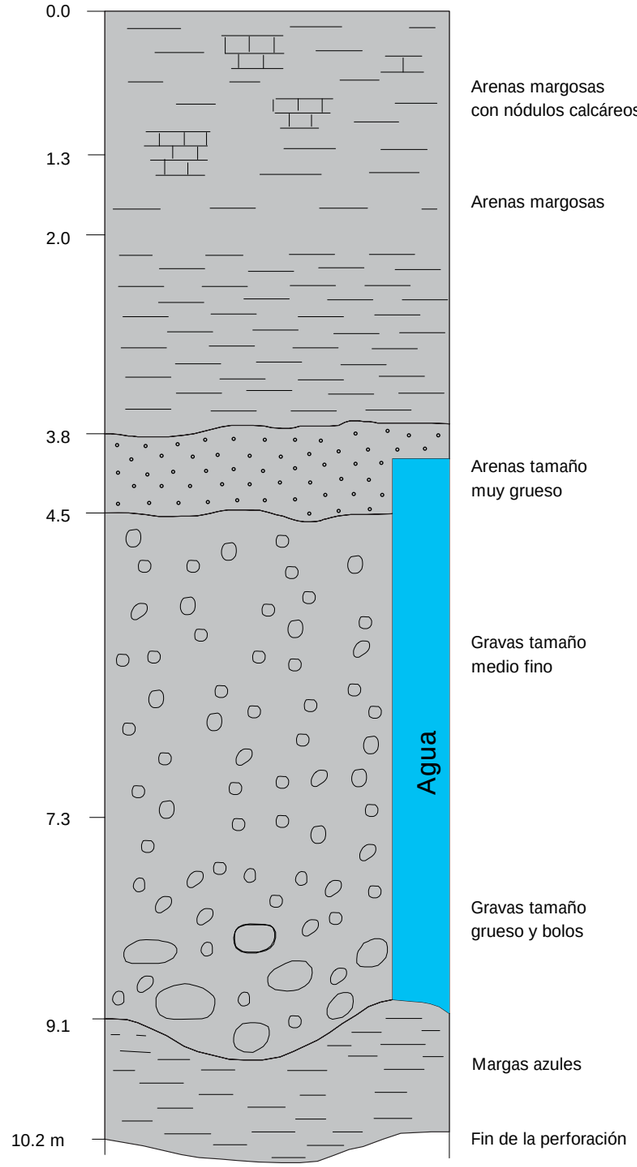
11.9.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

El acuífero está ubicado, geológicamente, dentro de la Depresión del Guadalquivir, depresión rellena, fundamentalmente, por materiales neógenos y cuaternarios.

La sedimentación del río Guadalquivir ha generado un conjunto de depósitos aluviales, de considerable mayor extensión en su margen izquierda, debido a la progresiva migración del cauce de sur a norte. Este desplazamiento del río, junto con su encajamiento sobre sus propios depósitos, ha propiciado la creación de la actual estructura en terrazas. En la terraza más baja, y por tanto más reciente, se encaja el cauce actual del río Guadalquivir, que corresponde al acuífero descrito.

Esta terraza está constituida, de techo a muro, por arcillas, limos y arenas finas con intercalaciones puntuales de nódulos calcáreos, arenas con estratificación cruzada y, hacia la base, gravas medias y gruesas. Descansa sobre una potente formación de margas azules del Mioceno superior (Andaluciense), que forma el sustrato impermeable del acuífero.

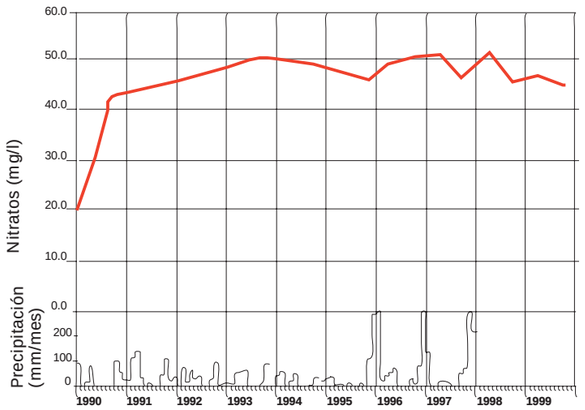
Columna tipo de sondeo



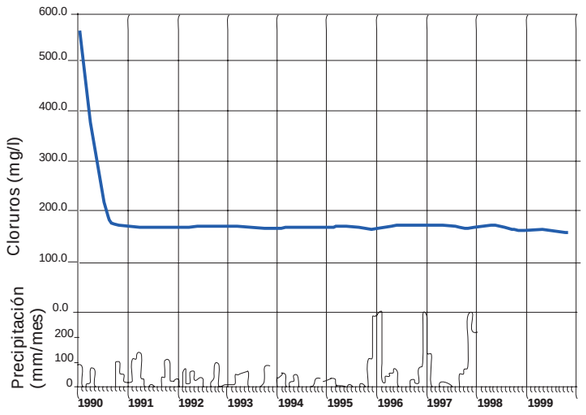
VER NAVEGACION

ALUVIAL DEL GUADALQUIVIR

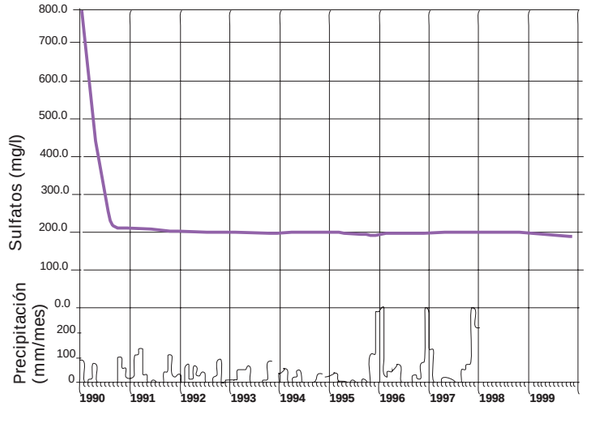
VARIACIÓN DE CONTENIDOS EN NITRATOS



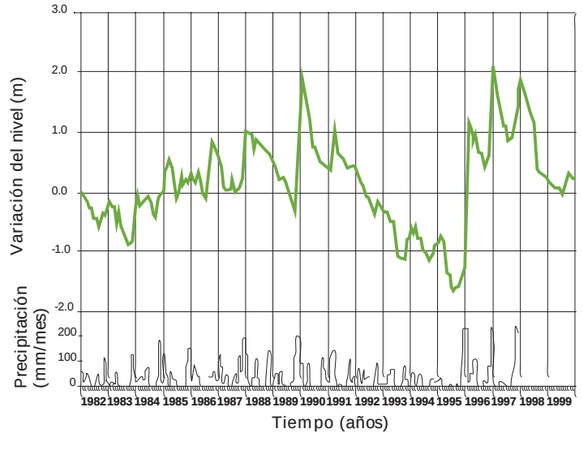
VARIACIÓN DE CONTENIDOS EN CLORUROS

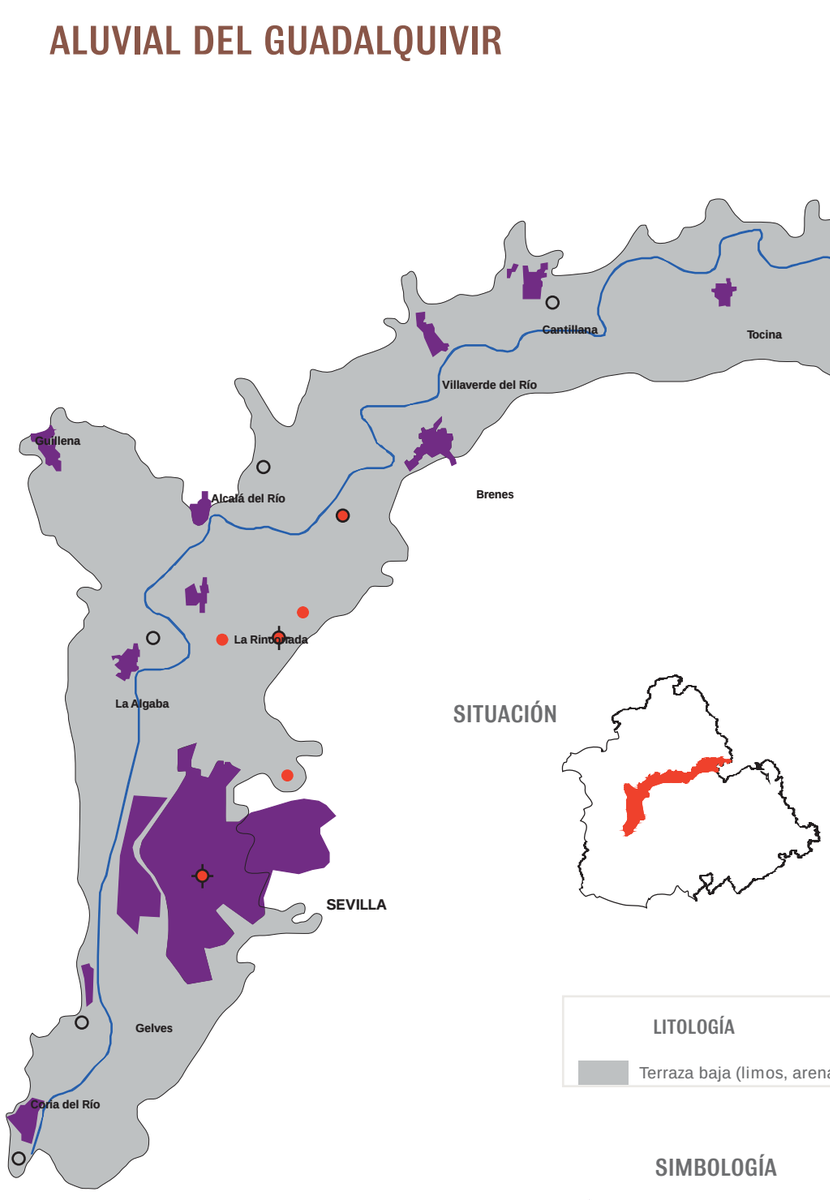


VARIACIÓN DE CONTENIDOS SULFATOS



EVOLUCIÓN DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO





SITUACIÓN

LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Terraza baja (limos, arenas y gravas)	CUATERNARIO	Alta permeabilidad

SIMBOLOGÍA

- Núcleos de población
- Sondeos significativos de la red piezométrica
- Pozos significativos de la red piezométrica
- Red de calidad

N
O E
S

Escala gráfica

0 2 4 6 8 10 Km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACIÓN DE SEVILLA

El acuífero es de tipo detrítico libre y se encuentra conectado lateralmente con los materiales que forman la terraza media, excepto en el área de Guadajoz, donde se encuentran intercalaciones de margas impermeables que dan lugar a salidas de agua difuminadas en sus bordes.

La potencia de los materiales del acuífero oscila desde 5 a 25 metros, con diferencias de cota sobre la del río nunca superiores a los 15 metros.

11.9.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.9.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El acuífero coincide con la terraza más reciente del río Guadalquivir constituida por limos y arcillas, arenas y gravas de alta y, en algunas zonas, muy alta permeabilidad. En su base, se encuentra una formación de margas del Mioceno superior (margas azules), que forman su base impermeable.

El espesor medio del acuífero es del orden de los 10 m, oscilando los caudales de extracción entre los 20 y los 50 l/s.

Su alimentación procede, fundamentalmente, del agua de lluvia y, ocasionalmente, del excedente del riego. A través de su contacto con la terraza media, tiene lugar una entrada de agua procedente del flujo subterráneo de descarga del acuífero Sevilla-Carmona.

La descarga se efectúa en forma oculta al cauce del río Guadalquivir y por bombeos destinados a la agricultura.

11.9.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Los materiales que constituyen el acuífero son, en general, muy permeables.

La permeabilidad media estimada oscila entre $1{,}1x10^{-3}$ $m.S^{-1}$ y $2{,}3x10^{-3}$ $m.S^{-1}$, con una porosidad eficaz entre el 2% y el 10%.

Puntualmente se pueden presentar valores superiores de permeabilidad, como los constatados en el sector central del acuífero (Brenes- Alcolea del Río), comprendidos entre 19,1 y $84{,}4x\ 10^{-3}$ $m.S^{-1}$.
Los caudales de explotación son, usualmente, de 20 a 40 l/s, con máximos del orden de 90 l/s.

11.9.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

Las direcciones preferentes del flujo de agua subterránea en el acuífero están íntimamente asociadas al cauce del río Guadalquivir, variando desde la nordeste-suroeste en la zona septentrional, hasta la este-oeste en la meridional.

En los cauces de algunos de los más importantes afluentes del Guadalquivir por su margen izquierda, se producen inflexiones en las isopiezas, que dan lugar a direcciones de flujo diferentes asociadas a la dinámica de los afluentes. Estos

Superficie del acuífero aluvial en la Rinconada (1)

Gravera con excavación por debajo del nivel freático. Sur de San José de la Rinconada (1)

cauces, por lo general afluentes al Guadalquivir y que representan líneas de descarga del acuífero, pueden llegar a recargarlo en períodos de crecida o en episodios de fuertes descensos del nivel por explotación intensiva.

En el entorno de la población de Los Rosales, existe una elevación en el sustrato impermeable que, unido a un mayor volumen de los excedentes de riego de agua superficial, produce una elevación piezométrica que origina una pequeña divisoria en el flujo.

El funcionamiento hidráulico de éste acuífero es el característico de un acuífero detrítico libre, recargándose fundamentalmente por infiltración de agua de lluvia y, en menor medida, por el retorno del riego directamente realizado sobre el mismo o por el del riego efectuado sobre las terrazas superiores, a través del flujo subterráneo. Éstas, junto con las calcarenitas, forman el acuífero Sevilla-Carmona, conectado hidráulicamente con el acuífero aluvial del Guadalquivir.

La descarga se produce, principalmente, al río Guadalquivir a lo largo de su cauce; en menor medida y circunstancialmente (restricciones en la dotación de aguas superficiales para riegos), por los bombeos efectuados para agricultura.

Los niveles piezométricos están muy relacionados con el nivel de los ríos, con oscilaciones entre 5 y 10 m, siendo el gradiente de la superficie piezométrica del orden del 0,02 %.

El IGME tiene establecida, desde 1982, una red piezométrica de 16 puntos, últimamente reducida a 10, en el área del acuífero situada en la provincia de Sevilla, con recogida de datos mensuales.

El registro de los datos de la evolución piezométrica a lo largo del tiempo permite deducir una rápida respuesta del nivel piezométrico general a la pluviometría, característica del tipo de acuífero libre de que se trata.

11.9.4. HIDROQUÍMICA

11.9.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Químicamente, el agua del acuífero es de tipo intermedio, con facies variables según distintas zonas. De modo orientativo, se pueden agrupar en las siguientes áreas:

Brenes-La Parrita y San José de la Rinconada:	Clorurada-sulfatada cálcico-sódica
Oeste de Tocina:	Sulfatada-clorurada cálcico-sódica
SE de Tocina-Alcolea del Río y Lora del Río:	Sulfatada-bicarbonatada cálcico-sódica

El agua está, en general, muy deteriorada en todo el acuífero, conteniendo en disolución elementos con concentraciones superiores a los parámetros establecidos en la vigente reglamentación técnico-sanitaria para aguas de consumo público, siendo los componentes más significativos nitratos y nitritos, sodio y manganeso.

Las aguas son de los tipos C_3-S_2, C_2-S_2 y C_3-S_1, todas ellas aptas para la agricultura.

11.9.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

La contaminación procede, fundamentalmente, de los compuestos químicos (fertilizantes y pesticidas) usados para la agricultura, entre los que destacan los nitratos por su alta concentración y su variabilidad, directamente relacionada con la pluviometría.

Las concentraciones de cloruros y sulfatos permanecen más estables en el tiempo y en niveles próximos a los máximos permitidos para consumo humano.

Las mayores concentraciones en sulfatos se dan en las zonas más próximas al río, lo que manifiesta que el incremento se produce en el sentido del flujo y directamente relacionado con el tiempo de permanencia en el acuífero. Por el contrario, los nitratos disminuyen por efecto de una mayor dilución en las zonas de mayor recarga, originada por el excedente de riegos.

De todo lo expuesto, se deduce que el acuífero presenta un alto grado de vulnerabilidad ante todo tipo de contaminación superficial, con una rápida distribución en todo él.

Composición química de las aguas subterráneas (mg/l)

Iones / parámetros	Valores mínimos	Valores medios	Valores máximos
Bicarbonatados	92	326,6	473
Cloruros	75	258,4	494
Sulfatos	55	297,4	566
Nitratos	0	110,6	408
Nitritos	0	3,2	56
Calcio	20	201,8	330
Sodio	70	153,2	240
Magnesio	16	48,3	90
Amonio	0	0,11	1
Residuo Seco	554	977,6	1.568
Conductividad µS/cm	665	1.851	2.980

11.9.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Debido a las características de las captaciones y su explotación irregular, es difícil establecer un volumen fiable del agua que se extrae del acuífero. Se estimó una explotación para riegos de 9,5 hm^3/año. Las extracciones para abastecimiento público, según datos recabados por el IGME en 1992, suponen 5,72 hm^3/año.

La recarga del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia, por el retorno del riego y por el flujo de descarga de las terrazas superiores y calcarenitas (acuífero Sevilla-Carmona).

Considerando una superficie de materiales permeables aflorantes de 200 km^2 y, de acuerdo con sus características granulométricas y de permeabilidad, se obtienen los valores de lluvia útil y coeficiente de infiltración, con los que se determina la recarga procedente de la lluvia. Ésta representa entre 16,5 y 18,4 hm^3/año, según la zona considerada.

El volumen de agua que recarga el acuífero, procedente del excedente del riego, es de 20 hm^3/año y el procedente del flujo de descarga de la unidad Sevilla-Carmona es de 40 hm^3/año.

Las salidas se producen en forma oculta por el flujo de drenaje a lo largo del cauce del río Guadalquivir, por los bombeos en las obras de captación para riego y por las extracciones destinadas al abastecimiento público. El drenaje al río, obtenido del análisis de isopiezas y datos registrados en estaciones forónomicas en el año 1988, es de 40 hm^3/año; las extracciones para riegos suponen un volumen de 9,5 hm^3/año. Las extracciones destinadas a abastecimiento, según la encuesta efectuada, representan un volumen de 5,72 hm^3/año.

Balance (en hm^3/año)	
Entradas	
17,8 (lluvia media) + 20 (retorno de riego) + 40 (aportes subterráneos)	77,8
Salidas	
40 (drenaje al río) + 9,5 (riego) + 5,72 (abastecimiento)	55,22
Reserva (diferencia entradas y salidas)	22,58

11.9.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ADECUADA OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

El acuífero se ubica en una zona de gran desarrollo agrícola, con una gran dependencia de los regadíos a las dotaciones de agua suministradas por los canales. La irregularidad en este suministro ha propiciado la construcción, tanto por parte de particulares como por organismos públicos, de numerosas obras de captación de aguas subterráneas, con el fin de complementar la demanda en períodos de sequía.

El acuífero es muy vulnerable a la contaminación superficial; en la actualidad el agua es exclusivamente apta para riego.

En este marco, la CHG ha realizado y equipado varias obras de captación, con caudales superiores a 1 m^3/s, junto a los canales de agua superficial, con el fin de bombear a ellos en caso necesario.

Asimismo, se ha diseñado un sistema mixto de recarga (inyección-extracción), consistente en zanjas con pozos en su interior, capaces de bombear y recargar volúmenes de 1 m^3/s. De este sistema hay construidas dos fases, con una capacidad de inyección de 500 l/s.

El Guadalquivir a su paso por Sevilla (1)

Vista aérea oblicua del valle del rio Guadaira (3)

Vista aérea vertical del aluvial del río Corbones (4)

11.10. OTRAS FORMACIONES ALUVIALES

11.10. OTRAS FORMACIONES ALUVIALES. La formación aluvial de mayor entidad en la provincia es la asociada al curso del río Guadalquivir, en el que se ubica un importante acuífero, descrito en el capítulo anterior. El resto de este tipo de formaciones se encuentran asociadas a los cauces de algunos de sus afluentes más importantes.

Existe una diferencia notable entre los depósitos aluviales asociados a cauces de la margen derecha del Guadalquivir con los de la izquierda. Los primeros, con la excepción del río Guadiamar, discurren en su mayor parte por las estribaciones de la Sierra Norte de Sevilla, con cauces en los que predomina la acción erosiva sobre la sedimentaria, limitada esta última a zonas muy próximas a su confluencia y con presencia de materiales pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico; en la mayoría de los casos, estos materiales se encuentra integrados en las distintas terrazas aluviales del Guadalquivir, previamente erosionadas. En general, no constituyen ningún acuífero diferenciado.

En los afluentes por su margen izquierda, la mayor parte de los cauces discurren sobre terrenos de la campiña sevillana, formada por materiales neógenos y cuaternarios que rellenan la Depresión del Guadalquivir. Presentan un trazado meandriforme, propiciando una sedimentación aluvial de materiales finos (gravillas y arenas), con altos porcentajes de limos y arcillas, más importantes en extensión que en potencia, condiciones que minimizan sus capacidades como acuíferos.

11.10.1. ALUVIALES DE LA MARGEN DERECHA

RÍO RETORTILLO

Es el afluente del Guadalquivir más oriental de la provincia por su margen derecha, constituyendo la mayor parte de su curso el límite con la provincia de Córdoba.

Su cauce discurre por la Sierra Norte sobre formaciones cámbricas (esquistos y cuarzos albíticos) y depósitos terciarios (calizas tortonienses), hasta su misma confluencia en las proximidades de Palma del Río, donde por su efecto erosivo afloran retazos de calizas cámbricas. Carece de depósito aluvial, discurriendo al final encajado en las terrazas del Guadalquivir.

ARROYO GUADALBACAR

En los últimos 4 km de su cauce, el arroyo ha formado un depósito aluvial reciente, con una anchura máxima de 300 m y muy poca potencia, de materiales cámbricos (esquistos y cuarzos albíticos), sobre terrenos pertenecientes a la cuarta terraza del Guadalquivir, previamente erosionada. Este depósito aluvial se puede considerar como un acuífero estacional y de poca importancia.

Las obras de captación que atraviesan ambas formaciones hasta el impermeable (margas azules, a 13 m) están secas la mayor parte del año.

Río Viar. Cantillana (1)

RÍO VIAR

Ha originado un aluvial reciente, de unos 5 km de longitud, en una franja de un máximo de 400 m, sobre terrenos impermeables del Pérmico y de la 3ª terraza del Guadalquivir. Integrado con los materiales de esa terraza, presenta una potencia total del orden de los 20 m, considerándose el conjunto como acuífero.

ARROYO DE LOS SIETE ARROYOS

Forma un pequeño aluvial, en su curso bajo, de unos 2 km de largo y 300 a 400 m de ancho, con muy poca potencia sobre terrenos terciarios (conglomerados y brechas calcáreas, arenas y areniscas tortonienses) y andalucienses (margas azules). Se integra, en las proximidades de su confluencia- junto con otro mínimo aluvial reciente de un afluente por su margen derecha -, en la 2ª terraza del Guadalquivir. No constituye un acuífero por sí mismo, a pesar de un aumento en su extensión superficial antes de su confluencia.

ARROYO DE LA CALDERONA

Los sedimentos aluviales a él asociados se limitan a una estrecha franja con muy poca potencia, de unos 2 km de longitud sobre margas azules del Andaluciense y algo más de 4 km sobre la 2ª terraza del Guadalquivir, en cuyo acuífero se integra.

ARROYO DE GABINO, ARROYO DEL PASO DE LA VILLA Y ARROYO DE LA HUERTA

Los tres conforman un depósito aluvial sin solución de continuidad, de mayor extensión, en los cursos de los dos últimos, sobre margas azules del Andaluciense, para estrecharse en el del arroyo de Gabino, donde se asienta en terrenos de la 1ª y 2ª terraza del Guadalquivir.

ARROYO DE BARRANCO HONDO

Posee una pequeña formación aluvial en una franja prácticamente limitada a su cauce actual, de unos 4 km de longitud sobre las margas azules del Andaluciense y de longitud similar sobre la 1ª terraza del Guadalquivir.

ARROYO DE CHURRI

Presenta un depósito aluvial asociado a su curso bajo de unos 3,7 km de longitud y 400 m máximo de ancho, sobre terrenos precámbricos, terciarios (calizas oquerosas del Tortoniense) y sobre las terrazas del Guadalquivir en las proximidades de su confluencia. Tiene un mínimo interés como acuífero por su escasa potencia, pudiendo en todo caso considerarse integrado con el aluvial del Guadalquivir.

RIVERA DEL HUÉZNAR

Ha constituido, junto con su afluente, el arroyo del Parroso, una pequeña franja de aluvial reciente integrada, por su margen izquierda, en la 4ª y 3ª terrazas del Guadalquivir y en contacto, por su derecha, con materiales terciarios tortonienses (conglomerados y brechas calcáreas con ostreidos, calizas y arenas). Se circunscribe este depósito exclusivamente a sus cauces y zonas de inundación, limitándose su consideración como acuífero a la incidencia puntual que pueda originar en el aluvial del Guadalquivir.

RIVERA DE HUELVA

Su aluvial reciente es, después del Guadiamar, el más extenso de esta margen. Se inicia, al principio de su curso bajo, en una estrecha franja de unos 2 km de longitud sobre terrenos metamórficos, adquiriendo una mayor extensión a partir de la población de Guillena, donde se integra en terrenos de las 1ª, 2ª y 3ª terrazas del Guadalquivir, con potencias en conjunto con ellas del orden de los 10 m. Al este, se le asocia otro depósito aluvial, de apreciable extensión y menor potencia (4 m), perteneciente al arroyo de Los Molinos, afluente por su derecha.

En las proximidades de su confluencia con el Guadalquivir, el depósito aluvial se minimiza, circunscribiéndose prácticamente a su cauce actual.

ARROYO DEL RÍO PUDID

Su aluvial se localiza desde las proximidades de la población de Olivares- donde cuenta con una considerable extensión y potencias de hasta 10 m- hasta las

cercanías de Mairena del Aljarafe. A partir de este punto, presenta una disminución de su superficie y potencia, adquiriendo una composición con matriz más arcillosa e integrándose al mismo tiempo en los materiales que conforman el acuífero del Aljarafe.

A pesar de adquirir mayor extensión cerca de su confluencia (400 a 500m de ancho), entre las poblaciones de Coria y Puebla del Río, sólo puede ser considerado como acuífero el primer tramo anteriormente descrito.

ARROYO DE CASARREALES

Discurre su curso en pronunciados meandros sobre terrenos de marisma, en los que se asientan retazos aislados, localizados en las áreas interiores de los meandros, de materiales sedimentarios de muy escasa potencia, por lo que carecen de interés acuífero.

ARROYO DE MAJALBERRAQUE

Forma un depósito aluvial a lo largo de unos 14 km de su curso, con una anchura máxima de un kilómetro y muy poca potencia. Su cauce termina en terrenos de marisma. Tiene escaso interés como acuífero.

RÍO GUADIAMAR

Constituye el aluvial de más entidad por la margen izquierda del Guadalquivir. El aluvial está asociado al cauce del Guadiamar y a los de sus afluentes, río Agrio y arroyo Ardachón. El depósito se extiende en una superficie de unos 70 km^2, desde Aznalcóllar, por el norte, hasta el Vado del Quema, al sur.

Constituye un acuífero de relativa importancia, que ha adquirido mayor relevancia a consecuencia de la contaminación producida en él por el vertido de residuos de la mina de Aznalcóllar, a raíz del cual se han realizado exhaustivos estudios del mismo.

Geomorfología: Su estructura sedimentaria aluvial se conforma en cuatro terrazas claramente diferenciadas a distintas cotas, tres de ellas (superior T_3, media T_2 e inferior T_1)(*) de carácter sedimentario y una actual erosiva, excavada en la terraza inferior T_1.

La terraza superior, T_3, se localiza en las dos márgenes de los ríos, formando enclaves en la parte alta del valle y sobre las margas azules impermeables del Mioceno, desconectada de las otras. Hacia el sur, se identifica sólo en la margen derecha y en contacto con la terraza intermedia T_2. Su potencia original es difícil de precisar por estar muy erosionada, aunque se estima que no debe ser inferior a 15 m. Desaparece totalmente al sur de Aznalcóllar.

La terraza media, T_2, se encuentra en ambas márgenes del río Agrio y en la de la derecha del Guadiamar. Aparece bien diferenciada de la inferior, aguas arriba del valle, por un escarpe continuo de hasta cuatro metros, perdiendo progresivamente altura y continuidad hacia el sur, dirección en la que va incrementando su potencia original, estimada entre 12 y 25 m.

La terraza inferior, T_1, se extiende de forma continua a lo largo de todo el valle, estando su muro siempre por encima del de la T_2. Su potencia se acrecienta hacia el sur, desde la confluencia del río Agrio hasta Las Marismas, con valores máximos de 5 a 16m.

La composición de todas estas terrazas es, en general, de un nivel inferior de cantos y gravas y otro superior de arenas con niveles de gravas, adquiriendo una matriz más limosa en la zona de contacto con las marismas.

Hidrogeología: El acuífero aluvial del Guadiamar y de sus afluentes lo constituyen, en la zona alta del valle (al norte de Sanlúcar la Mayor), las formaciones de las terrazas media e inferior, encontrándose a una cota más alta y desconectada de ellas la terraza superior.

La recarga del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia, bien directamente en toda su superficie, bien a través del drenaje de las formaciones acuíferas adyacentes.

Su descarga se efectúa hacia el río a lo largo de casi la totalidad del valle aluvial, y por flujo subterráneo hacia el acuífero Almonte-Marismas, con el que contacta en su límite meridional y en el que se localiza un gran cono depresivo de bombeo que incide sobre la dirección e intensidad de este flujo.

Piezometría y parámetros hidráulicos: Los datos piezométricos de los que se dispone corresponden a un periodo de tiempo en el que no se han realizado extracciones por bombeo en el acuífero, debido a la contaminación ocasionada por la rotura y vertido de residuos del depósito de lodos (presa de lodos) de la mina de Aznalcóllar.

Los parámetros hidráulicos se han obtenido mediante modelos numéricos elaborados con los datos procedentes de ensayos de bombeo y de análisis granulométricos, efectuados para el seguimiento de la contaminación en varios pozos, a lo largo de todo el valle aluvial.

Composición química y calidad de las aguas subterráneas: La composición química original de las aguas subterráneas, obtenida en puntos acuíferos no afectados por el vertido, está definida por los diferentes mecanismos de recarga y su interacción con los materiales que las contienen.

Los mecanismos de recarga considerados son:

a) Agua de lluvia: de tipo clorurada-sódica.
b) Agua procedente del río Agrio: ligeramente sulfatada-cálcica.
c) Agua procedente del río Guadiamar: bicarbonatada-cálcica.
d) Aportes laterales de agua por escorrentía superficial y flujo subterráneo procedente de las formaciones adyacentes: atendiendo a los iones mayoritarios presentes en ellas, se observa una variación en su composición de norte a sur, pasando de aguas

(*) Nota: Las terrazas se han venido designando, tradicionalmente, con el número 1 a la más alta (más antigua) y con sucesivos números para las inferiores, con el número más alto para la más baja (o reciente). Sin embargo, la tendencia actual es comenzar con el número 1 para la más baja. De ahí la aparente contradicción, especialmente cuando se citan nomenclaturas procedentes de ambos criterios en el mismo texto. Sin embargo, en trabajos de síntesis o de integración geológica de la información existente, usualmente se prefiere conservar la numeración con que han sido definidas en las publicaciones consultadas. En este texto, se utiliza la nomenclatura "tradicional" para las terrazas del Guadalquivir y se sigue la tendencia más actual para las del Guadiamar, tal como se describen en las fuentes documentales utilizadas.

sulfatado-cálcicas, en la zona alta del valle, a bicarbonatado-cálcicas en la media y clorurado-sódicas en la baja, entre el vado del Quema y las Marismas.

En el vertido de la presa de lodos, se produjo una contaminación de metales con concentraciones especialmente anómalas en Zn, Mn, Pb, Co y Cd, que originó en general un descenso en los valores de *ph* por debajo de 6,5.

Vulnerabilidad y mejora de la calidad: Este acuífero, por ser de tipo superficial - en el que la mayor parte de su recarga se produce por infiltración del agua de lluvia -, unido a su ubicación geográfica- aguas abajo de la explotación minera de Aznalcóllar -, tiene un alto grado de vulnerabilidad ante agentes contaminantes externos, tal y como se ha podido constatar a raíz de la rotura de la presa de residuos de la citada explotación. Se produjo la contaminación de todo el acuífero, llegando incluso a incidir en la calidad del agua del acuífero de Almonte-Marismas, hacia el que se dirige su flujo subterráneo de descarga y con el que contacta por su límite sur.

Con el fin de eliminar la contaminación producida por este vertido, se procedió inmediatamente a la limpieza y evacuación de los lodos y, posteriormente, a la reparación de la topografía de todo el valle aluvial e implantación de un corredor verde vegetal (el llamado "Corredor Verde del Guadiamar"). Recientemente se ha construido, en el cauce del río Agrio, un dique subterráneo calcáreo, con el fin de elevar el pH del agua que pueda llegar contaminada por los lodos residuales o por los residuos de la explotación minera.

11.10.2. ALUVIALES DE LA MARGEN IZQUIERDA

Por esta margen existen gran cantidad de afluentes de muy diversa entidad, con aluviales de extensiones muy variables pero, en general, de escaso espesor, por lo que no se pueden considerar como acuíferos.
A continuación, se describen los de mayor importancia.

RÍO GENIL

Es el afluente más oriental del Guadalquivir por esta margen, dentro de la provincia de Sevilla. Gran parte de su cauce es el límite con la provincia de Córdoba.

Su curso ha formado un sistema de meandros muy desarrollados, propiciando la formación de depósitos aluviales, estructurados en terrazas bien diferenciadas. Se presentan como retazos aislados a diferentes cotas, con extensiones variables y escasa potencia lo que, unido a una matriz muy limosa y poco nivel saturado (2 m máximo), condiciona su mínima importancia como acuífero.

RÍO DE LAS YEGUAS

Su cauce ha originado, a partir de las proximidades de Casariche, un sistema de terrazas en tres escalones bien diferenciados por sus cotas relativas respecto al curso actual: 65-70 m, 35-40 m y 20-25 m (12-15 m), que se asientan sobre terrenos del Pleistoceno Su composición es de conglomerados de cantos cuarcíticos en matriz arenosa.

Río Guadiamar, en el Puente de Las Doblas (1)

La potencia de las terrazas no sobrepasa, en general, los tres metros, salvo en zonas puntuales de las dos terrazas más recientes que puede alcanzar los diez metros, constituyendo buenas graveras actualmente en explotación. Son de escaso interés como acuífero por sus extensiones limitadas.

Además, aparece una cuarta terraza, que en realidad se corresponde con una llanura de inundación por encima del cauce actual (7-5 m), descompuesta frecuentemente en más de un replano. Está formada por materiales arenosos y limosos con algunos lentejones de cantos. Su permeabilidad es muy baja para ser considerado como acuífero.

ARROYOS MADRE DE FUENTES, DE MATILLAS Y AGUALDRA

Sus cauces discurren sobre las margas azules impermeables del Mioceno superior, sobre las que han formado depósitos aluviales de escasa anchura y poca potencia (no más de 5m), en los que el nivel saturado es menor de un metro. Cerca de sus confluencias, se integran en las terrazas del Guadalquivir, únicas zonas en las que pueden tener, globalmente con ellas, cierto interés acuífero.

ÁREA DE OSUNA-LA LANTEJUELA

Entre las poblaciones de Osuna, Puebla de Cazalla, Marchena y La Lantejuela se extiende una amplia llanura (más de 300 km^2), en la que predominan terrenos pliocenos y cuaternarios, que responden litológicamente a niveles de conglomerados, arenas, limos y arcillas que, en su conjunto, alcanzan espesores que van desde los 3 ó 4 metros hasta los 20 metros y que tienen como sustrato general las arcillas abigarradas del Trías.

Rivera del Huéznar. Villanueva del Río y Minas (1)

Se constituye así un acuífero que tiene como terrenos permeables los conglomerados, arenas y limos anteriormente citados, y como fondo impermeable las arcillas abigarradas del Trías.

Es un acuífero éste que, aunque conocido, está muy poco estudiado y en la actualidad no incluido en ninguna de las Unidades Hidrogeológicas contempladas en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir.

Su alimentación y recarga se produce por infiltración directa del agua de lluvia.

Los flujos subterráneos circulan sensiblemente en dirección sureste-noroeste y el río Corbones y arroyo Salado de Jarda son los ejes naturales de drenaje de estas aguas subterráneas.

Existen numerosos aprovechamientos que se utilizan para el riego de pequeñas parcelas de algodón y olivar por goteo, cultivos éstos resistentes a la natural salinidad de las aguas de acuífero, causada por la presencia de las arcillas abigarradas del Trías.

La explotación se hace mediante pozos abiertos, generalmente provistos de taladros radiales; los caudales de explotación raramente superan los 10 l/s.

Aunque no hay datos fiables, el volumen del agua extraído puede estar próximo a los 10 hm^3/año, aplicados a una demanda de algunos miles de hectáreas.

Dado el interés social de este acuífero y circunstancias actuales, deberá ser incluido en el Catálogo de Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca del Guadalquivir.

RÍO CORBONES

Su aluvial se encuentra asociado a extensas formaciones de depósitos lagunares y a un cuaternario indiferenciado, recubiertos por potentes suelos. Todo el conjunto es de muy poco espesor, encontrándose el nivel freático por debajo del mismo, en las calizas y areniscas del terciario subyacente.

Puntualmente, se localizan terrazas poco visibles por el depósito de otros materiales cuaternarios, de apreciable extensión y potencias medias, aunque con escaso nivel saturado (menos de 2 m). Sin embargo, debido a la alta permeabilidad de sus materiales, pueden obtenerse caudales de extracción del orden de los 10 l/s.

En zonas próximas a su confluencia con el Guadalquivir, se ha producido un mayor desarrollo de meandros, favoreciendo la sedimentación aluvial en potencias de hasta 12 m y con niveles saturados de unos 6 m. Esta formación se integra en las terrazas aluviales del Guadalquivir.

RÍO GUADAIRA

Su sistema de terrazas se encuentra poco desarrollado. Actualmente, se localizan sólo algunos islotes de la terraza superior, constituida por conglomerados, gravas y arenas, en proporciones muy variables.

A partir de las proximidades de Alcalá de Guadaira, se observa un incremento en la proporción de los conglomerados y una mayor potencia en la formación de terrazas y aluvial reciente, constituyendo un acuífero de cierto interés local, que termina integrándose con el del Guadalquivir.

Aluvial del río Corbones, al este de Guadajoz (1)

Vista aérea oblicua de la localidad de La Luisiana (3)

Vista aérea vertical de Fuentes de Andalucía y su entorno (4)

11.11. ALTIPLANOS DE ÉCIJA

11.11.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Los Altiplanos de Écija se localizan entre las provincias de Sevilla y Córdoba, en la margen izquierda del río Guadalquivir entre los ríos Guadajoz, al este, y Corbones, al oeste. Su límite sur sería una línea aproximada que une Carmona, Fuentes de Andalucía, Los Arenales, Écija y Fernán Núñez. Se corresponde, en el catálogo de Unidades Hidrogeológicas, con la número 05.44.

La superficie total aproximada es de 1.900 km^2, de los que unos 1.170 corresponden a afloramientos permeables de las provincias de Sevilla y Córdoba. Más de las tres cuartas partes de la superficie total están incluidas en la provincia de Sevilla.

La población total asciende a unos 140.000 habitantes, de los que casi el 75% viven en Écija. Además de éste, los principales núcleos de población son La Campana, Fuentes de Andalucía, La Luisiana y Cañada Rosal, en la provincia de Sevilla. En la de Córdoba, las principales poblaciones son Fuente Palmera, Guadalcázar, Arrecife, La Guijarrosa, La Carlota y La Victoria.

11.11.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.11.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima existente es de tipo mediterráneo continental, caracterizado por su aridez y altas temperaturas estivales, mientras que los inviernos son relativamente suaves y lluviosos.

La precipitación media anual se sitúa entorno a los 560 mm.

11.11.2.2. HIDROLOGÍA

La red hidrográfica está integrada por un conjunto de ríos y arroyos, afluentes por la margen izquierda del Guadalquivir. Los principales en la provincia de Sevilla, que disectan el altiplano y llegan a hacer aflorar el sustrato impermeable (margas azules), son el río Corbones (límite occidental) , los arroyos Masegoso, Azanaque, Gamonal, Agualora, Matillas y Madre Fuentes, así como el río Genil.

11.11.3. HIDROGEOLOGÍA

11.11.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

Los límites geológicos de la unidad son: por el sur, las unidades alóctonas (olistostroma) de procedencia subbética; por el norte, las terrazas cuaternarias del río Guadalquivir; el límite occidental queda definido por los depósitos aluviales del río Corbones, mientras que el oriental es un tanto arbitrario, ya que no responde a ninguna definición geológica.

Se pueden distinguir cinco grandes conjuntos litoestratigráficos que, de muro a techo, son: Formación para-autóctona, Formación autóctona miocena, Andaluciense regresivo, Pliocuaternario y Cuaternario. De éstos, los más importantes, desde el punto de vista hidrogeológico, son los correspondientes al Pliocuaternario y Cuaternario.

Depósitos pedregosos (en primer término) del Pliocuaternario. Al fondo, morfología característica, con margas en la base y sedimentos pliocuaternarios culminantes (1)

Pozo de observación piezométrica (1)

Formación para-autóctona: Está constituida por margas y margocalizas blancas (albarizas), aunque localmente aparecen calizas blancas con intercalaciones arenosas. Esta formación aparece representada por afloramientos en la región meridional, entre Fuentes de Andalucía y El Rubio. Su potencia es muy variable, aunque en el acuífero que nos ocupa tiene un espesor del orden de los 20 metros.

La edad de estos materiales es Burdigaliense superior - Andaluciense.

Formación autóctona miocena: En conjunto, está formada por los sedimentos autóctonos de la cuenca del Guadalquivir, que pertenecen a una serie marina de carácter detrítico-margosa, correspondiente a los niveles de la transgresión tortoniense. De muro a techo los niveles que constituyen esta formación son:

Facies de borde (Formación Roja). Constituye la base de la formación detrítica tortoniense y está formada por conglomerados de cantos de cuarzo, cuarcitas y otros materiales procedentes del zócalo, dentro de una matriz arcillosa.

Su potencia es variable aunque no suele sobrepasar los 10-15 metros. Se ha datado como Andaluciense.

Margas azules: Concordante con el nivel detrítico inferior, se superpone una potente formación constituida por margas azules masivas del Tortoniense superior-Andaluciense. Aparecen muy alteradas en superficie y presentan niveles arenosos intercalados de escasa entidad aunque, localmente y desde el punto de vista hidrogeológico, pueden tener cierta importancia, tal como se desprende de los estudios geofísicos y sondeos existentes en el área de estudio. La potencia de estas margas es muy irregular, en general decrece desde el norte, donde se estiman unos 800 metros, hacia el sur, con unos 55 metros aproximadamente.

Andaluciense regresivo: Sobre las margas azuladas y en contacto gradual y concordante descansa una formación marina constituida por arenas, areniscas, limos y margas estratificadas. Estos sedimentos son típicos de un ambiente de playa y marcan el inicio de la regresión miocena. Se caracterizan por su alta reelaboración, buena clasificación y constantes cambios laterales de facies. Su potencia es variable, aunque no suelen sobrepasar los 10-15 metros en esta región.

Pliocuaternario: Constituyen la formación mejor representada en los Altiplanos de Écija. Se dispone discordante y horizontal sobre la formación autóctona miocena y está formada por conglomerados, gravas, arenas, limos, arcillas rojas y costras calcáreas, depositados en un medio fluvial de alta energía, dando lugar a la formación de una extensa raña. Es equivalente a la también denominada Formación Roja (cuaternaria o pliocuaternaria) o Alto nivel Aluvial. Estos sedimentos presentan una gran variación lateral. El espesor medio de esta formación no llega a superar los 15 metros, siendo en general muy variable.

Cuaternario: Formado por las terrazas fluviales y depósitos aluviales del río Guadalquivir y de los numerosos afluentes que atraviesan el área, con direcciones S y SSE a N y NNO, así como por coluviones y derrubios de ladera procedentes de la destrucción de la formación pliocuaternaria. Estos depósitos están formados principalmente por conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas. Su potencia es reducida, aunque tienen una gran extensión superficial.

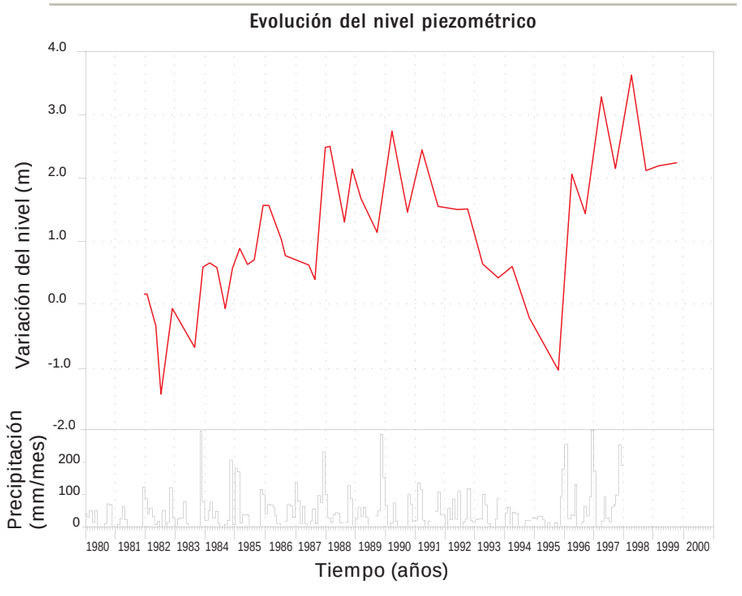
11.11.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.11.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El acuífero de los Altiplanos de Écija ocupa una superficie de 1.939 km^2, de los cuales 1.071 km^2 corresponden a afloramientos pliocuaternarios, 248 km^2 a terrazas y aluviales de ríos y arroyos y el resto (620 km^2) a terrenos impermeables miocenos.

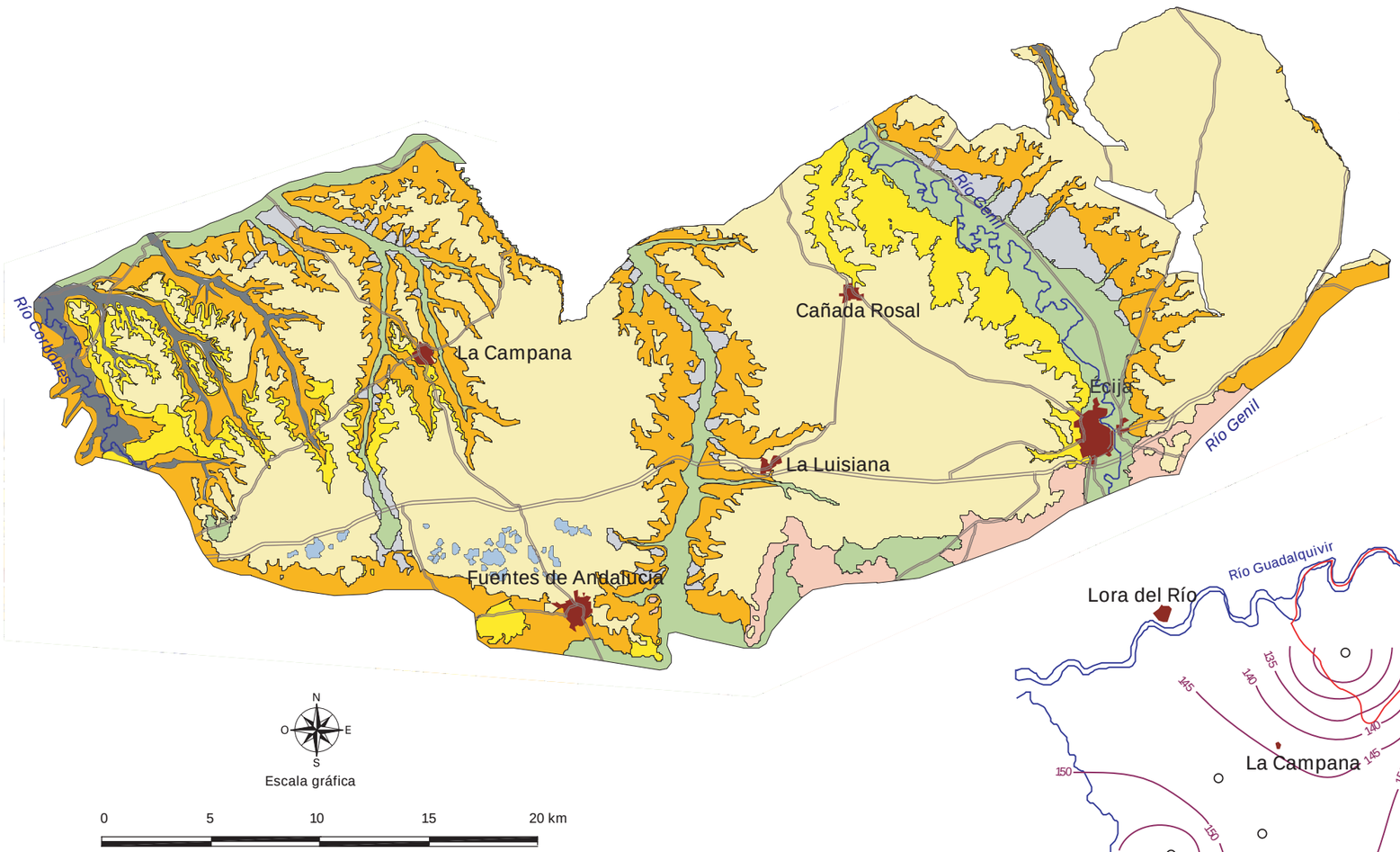
Los depósitos pliocuaternarios y cuaternarios son los que reúnen las mejores características como niveles acuíferos. Las intercalaciones arenosas, dentro de la formación margosa para-autóctona, podrían constituir pequeños niveles acuíferos, aunque el agua presente en ellas sería de escasa cuantía y mala calidad. Las margas azules, con carácter general, forman la base impermeable del acuífero.

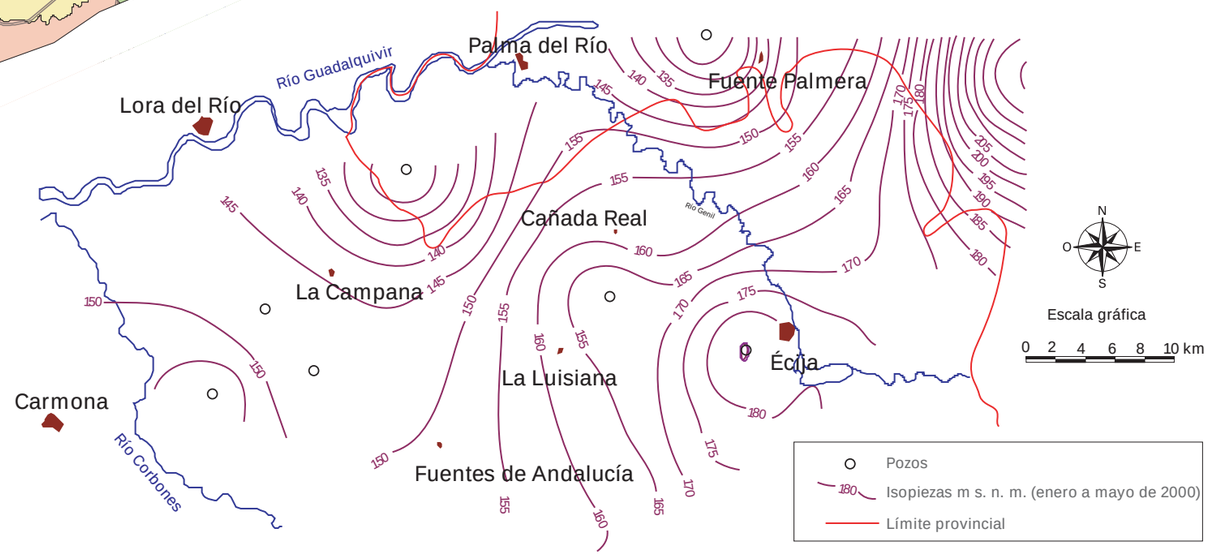
Las formaciones acuíferas principales tienen carácter libre. La recarga procede, principalmente, de la infiltración del agua de lluvia, de los excedentes de riego y, en algunos casos, de los ríos que atraviesan la región. La dirección principal de flujo es de sur a norte.



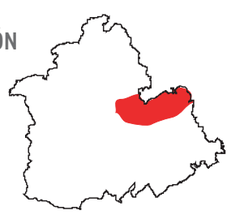
VER NAVEGACION

ALTIPLANOS DE ÉCIJA





SITUACIÓN



LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Depósitos aluviales (arenas, arcillas y gravas)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Depósitos coluviales (graves y arenas)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Depósitos lacustres (limos, arcillas y avaporitas)	Cuaternario	Media - Baja permeabilidad
Terrazas bajas (limos, arenas y gravas)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Conglomarados, arenas, limos y costras	Pliocuaternario	Alta permeabilidad
Arenas, areniscas, limos y margas	Mioceno superior	Media - Alta permeabilidad
Margas azules	Mioceno superior	Baja permeabilidad
Margas y margocalizas, calizas e intercalaciones arenosas	Mioceno	Media - Baja permeabilidad

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Arriba. Pozo en el extremo occidental del acuífero, junto a la carretera de Guadajoz a Carmona (1)
Abajo. Olivar en regadío, sobre los depósitos pliocuaternarios culminantes del altiplano (1)

Las salidas del sistema se deben, principalmente, a la explotación en pozos y sondeos y al drenaje natural del acuífero en el contacto con los materiales impermeables (margas azules).

11.11.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

La transmisividad disminuye según la dirección del flujo (hacia el S), como consecuencia de la disminución de espesor saturado (de 7 a 1m) del acuífero en esta dirección. El valor medio de la transmisividad para el acuífero pliocuaternario es del orden de 10 m^2/día. El coeficiente de almacenamiento oscila en torno al 5-7 %. El gradiente hidráulico es inferior al 1%.

11.11.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

El nivel piezométrico está controlado por una red de 11 piezómetros, que se miden con una periodicidad semestral desde el año 1982. En la mayoría de los puntos, se observa una evolución cíclica de los niveles con tendencia a la estabilidad, observándose una variación interanual media en torno a 1 metro. Los valores mínimos del nivel piezométrico se registran durante el período de junio a octubre, mientras que los máximos se producen entre diciembre y abril.

En la totalidad de la red se observa, desde 1982 a finales de 1999, una variación positiva de 2,05 m, mientras que con respecto al año anterior (1998), el aumento es de 0,045 m. La superficie piezométrica en octubre de 1999, se sitúa entre las cotas 121 y 235 m s.n.m.

11.11.4. HIDROQUÍMICA

11.11.4.1.CALIDAD QUÍMICA

Se han seleccionado 82 puntos de los que se tomaron muestras de agua para su análisis químico. Las aguas subterráneas presentan dos facies químicas predominantes, bicarbonatadas cálcicas, en la formación pliocuaternaria y clorurada-cálcica, en los niveles arenosos de la formación para-autóctona. La mineralización es de notable a alta. No son, por tanto, aguas aptas para el consumo humano y su uso para riego está limitado a cultivos que toleran cierto grado de salinidad, como es el caso de la remolacha y el algodón, entre otros. La red de vigilancia de calidad en el acuífero consta de tres puntos que se muestrean con una periodicidad semestral.

11.11.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

De los resultados de los análisis químicos, se desprende que hay dos tipos de contaminación. Una, debida a las actividades agrícolas de la zona, puesta de manifiesto por la existencia de elevadas concentraciones de nitratos y nitritos y otra contaminación de tipo natural, debido a la salinización en la formación para-autóctona.

11.11.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

En el conjunto acuífero de los Altiplanos de Écija, el agua subterránea se destina principalmente al regadío de unas 2.500 ha, ya que el resto de la superficie regable (53.850 ha) y la población de la zona se abastecen a partir de aguas superficiales.
Las entradas al sistema se deben principalmente a la infiltración del agua de lluvia, que se estima en el 12 % de la precipitación media en la zona (560 mm), sobre una superficie permeable de 1.174 km^2. Esto supone una recarga de 79 hm^3/año. A ello se suma la infiltración de los retornos de riego, que se calcula en el 20% del agua destinada a este fin (33 hm^3), resultando un volumen de 6 hm^3 .

Las salidas del sistema se realizan a través de las extracciones en pozos y sondeos. Se supone, de acuerdo con la demanda, una cifra aproximada de 33 hm^3 , destinada al riego, ya que el agua demandada para abastecimiento de la población es casi exclusivamente de origen superficial. Las salidas no controladas se refieren a los puntos de drenaje natural de los acuíferos, que son numerosos y muy dispersos.

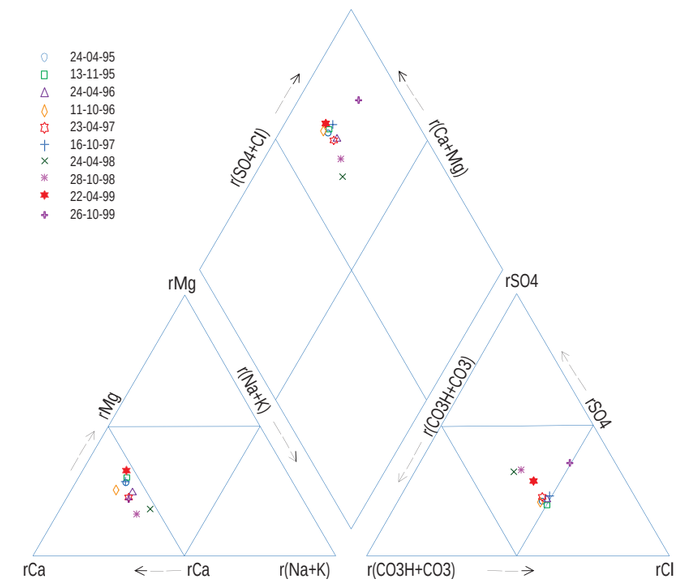
Los bombeos para riego, en el área comprendida en la provincia de Sevilla, se han estimado en 11,35 hm^3/año.

A continuación, se resume el balance hidrogeológico, que debe tomarse como orientativo.

Balance hidrogeológico

	hm^3/año
Entradas	
Infiltración del agua de lluvia (12% P)	79
Escorrentía	4
Infiltración de excedentes de riego (20%)	6
Total	89
Salidas	
Extracciones por bombeo	33
Manantiales y surgencias difusas	54
Abastecimiento	2
Total	89

Diagrama de Piper –Hill –Langelier



Panorámica aérea oblicua de Villanueva del Río y Minas (3)

Vista aérea vertical del Mioceno de base al norte de Villaverde del Río (4)

11.12. MIOCENO DE BASE (NIEBLA - POSADAS)

11.12.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El acuífero se localiza a lo largo de una banda que se extiende en dirección OSO-ENE, en el contacto entre la Sierra Norte y la Depresión del Guadalquivir, desde Niebla, en Huelva, hasta Posadas, en Córdoba, atravesando toda la provincia de Sevilla. En total, aflora en una superficie aproximada de 287 km^2, con una longitud de 150 km y una anchura media de 2 km. Constituye una amplia zona de relieve suave, con altitudes comprendidas entre los 100 y los 300 m.

Dentro de la provincia de Sevilla, esta banda se extiende sobre una superficie de unos 190 km^2 . Las poblaciones más importantes que se sitúan sobre ella, o en sus inmediaciones, son Aznalcóllar, Gerena, Guillena, Alcalá del Río, Burguillos, Cantillana, Villanueva del Río y Minas, Lora del Río, Peñaflor y La Puebla de los Infantes.

El acuífero se conoce también como Niebla-Posadas y como Mioceno transgresivo de base; corresponde, en el catálogo de Unidades Hidrogeológicas, con la número 05.49. En la antigua denominación del IGME, se designó como Sistema acuífero 26.

11.12.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.12.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima es de tipo mediterráneo continental, con precipitaciones medias anuales comprendidas entre 600 y 650 mm.

11.12.2.2. HIDROLOGÍA

La red fluvial está formada por numerosos arroyos afluentes por la margen derecha del río Guadalquivir, la mayoría de ellos de carácter estacional y que recorren el acuífero en dirección N- S. Los principales que atraviesan el acuífero son, de O a E: Guadiamar, Rivera de Huelva, Siete Arroyos, Viar, Trujillo, Parroso, Rivera de Huéznar, Puerto, Guadalbarca y Retortillo.

11.12.3. HIDROGEOLOGÍA

11.12.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

El sistema acuífero está constituido por materiales que pertenecen a los primeros términos de la serie transgresiva miocena (Mioceno transgresivo de base), depositada en discordancia sobre el zócalo paleozoico (pizarras, cuarcitas, esquistos, granitos y rocas volcánicas), que constituye el sustrato impermeable del sistema.

Talud en materiales del Terciario Superior, con desprendimientos (2)

Sobre estos depósitos miocenos (conglomerados, areniscas, brechas calcáreas, etc.) , que forman el nivel acuífero principal de la zona, y en concordancia con ellos, se encuentran los materiales margosos impermeables del Tortoniense-Andaluciense (margas azules), que constituyen la mayor parte de la serie marina miocena que rellena la Depresión del Guadalquivir

Se diferencian distintos conjuntos litológicos en función de su permeabilidad, definiéndose así los conjuntos permeables e impermeables y realizándose un análisis más detallado de aquellos que presentan una permeabilidad mayor y ofrecen características adecuadas para constituir niveles acuíferos.

El Paleozoico aflora en la zona norte, formando parte del Macizo Hespérico meridional . Los materiales se caracterizan por su baja o nula permeabilidad, por lo cual se le considera como el sustrato impermeable de los acuíferos miocenos. Dicho conjunto se inicia con una serie Precámbrica, formada fundamentalmente por pizarras, sobre la que se deposita otra serie que abarca desde el Cámbrico hasta el Pérmico y formada por cuarcitas, esquistos, pizarras y calizas fundamentalmente. Además ,es característico y frecuente la presencia de rocas intrusivas y rocas volcánicas interestratificadas en la serie.

El Mioceno aflora en una extensa zona y se sitúa discordante sobre el zócalo paleozoico, constituyendo una serie marina con formaciones detríticas (Mioceno transgresivo de base) en la parte inferior y formaciones margosas (margas azules) en la parte superior. El tránsito entre ambas series se realiza de forma gradual y su edad es Tortoniense-Andaluciense.

El Mioceno transgresivo de base se encuentra discordante sobre el zócalo paleozoico, formando una banda de dirección OSO-ENE, hundiéndose hacia el sur con una pendiente media del 2 al 6% bajo el resto de la serie sedimentaria. Está constituido fundamentalmente por conglomerados, arenas, areniscas y calizas, con frecuentes cambios laterales de facies. En general, esta serie presenta espesores de hasta 90-100 m en la zona de Villanueva del Río y Minas, disminuyendo hacia el oeste hasta los 30-40 m en las proximidades de Cantillana; en algunas zonas constituye una delgada capa que deja al descubierto el zócalo paleozoico.

Las margas azules del Tortoniense (Tortoniense superior - Andaluciense inferior), constituyen el principal relleno de la depresión del Guadalquivir, siendo sus afloramientos extensos e importantes. Se sitúan concordantes sobre el Mioceno de base, formando todo el conjunto una serie monoclinal y siendo el paso de una a otra gradual. La potencia aumenta progresivamente hacia el sur de forma homogénea, llegando a los 1000 m en la zona de las Marismas.

Sobre dichas formaciones se sitúa otra de carácter detrítico, que representa la regresión de la cuenca.

El Pliocuaternario está formado por depósitos que configuran una extensa raña, localizada al sur del río Guadalquivir y discordante sobre las margas azules tortonienses. Son cantos rodados de cuarcita, arenas de cuarzo, arcillas rojas y limos margosos. Su potencia es muy variable.

El Cuaternario está representado por depósitos de terrazas fluviales del Guadalquivir y sus afluentes y por depósitos aluviales recientes, formados por gravas, arenas y arcillas y limos.

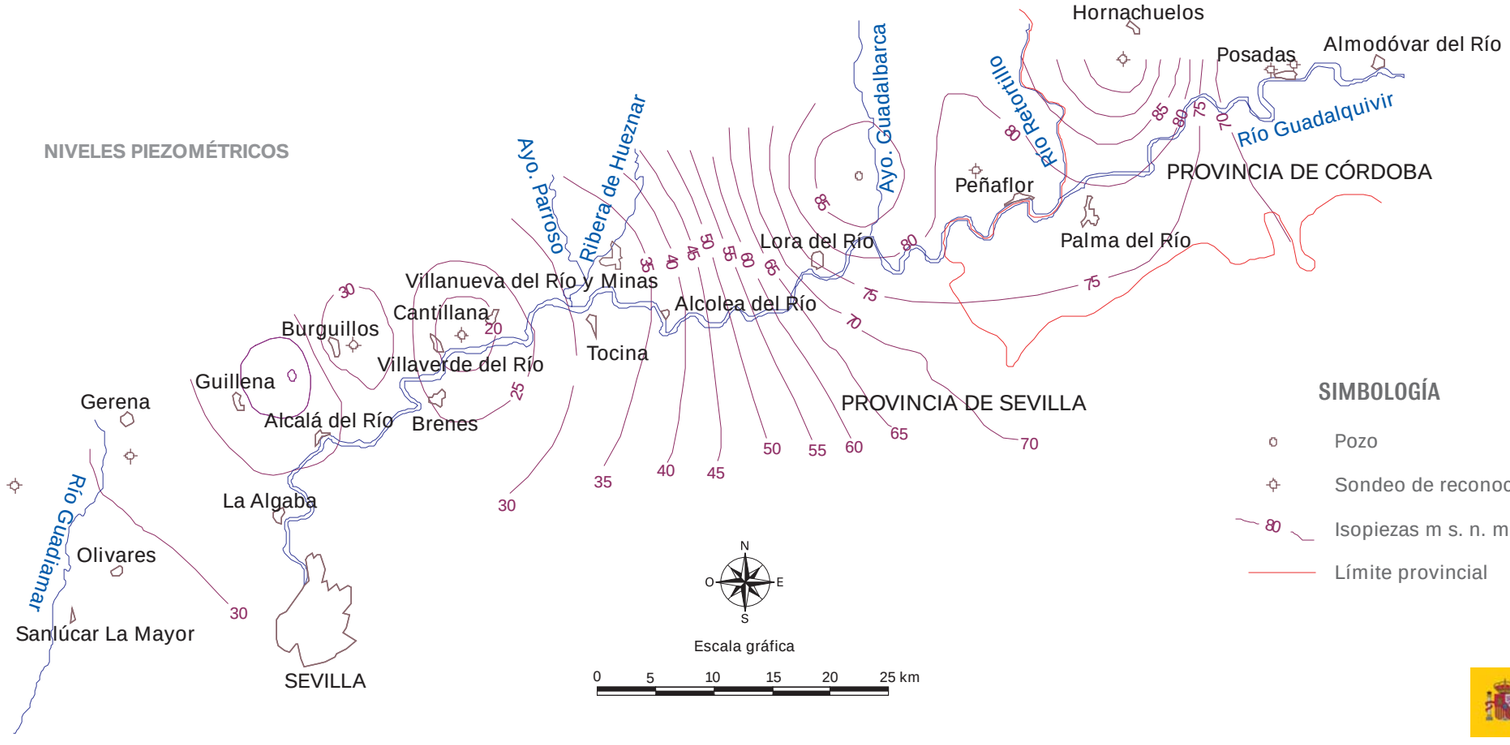
En función de las características estructurales y englobando zonas de semejantes o idénticas facies, se han definido dentro del conjunto litológico del Mioceno de Base una serie de zonas que no tienen conexión entre ellas y que permiten el mejor estudio de dicho acuífero. Estas zonas son:

VER NAVEGACION

MIOCENO DE BASE (NIEBLA - POSADAS)

LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Arenas y areniscas, terrazas, derrubios de ladera y depósitos aluviales	Pliocuaternario	Alta permeabilidad
Margas azules	Mioceno superior	Baja permeabilidad
Conglomerados, areniscas, arenas y brechas calcáreas	Mioceno de base	Alta permeabilidad
Pizarras, esquistos, cuarcitas, conglomerados y rocas intrusivas	Paleozoico	Baja permeabilidad



SIMBOLOGÍA

- Pozo
- Sondeo de reconocimiento
- Isopiezas m s. n. m. (enero a mayo de 2000)
- Límite provincial

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Morfología proporcionada por los materiales arenosos del Mioceno. Alcolea del Río (1)

- Niebla- Gerena (entre la falla del río Tinto y la falla del Guadiamar).
- Gerena- Cantillana (entre la falla del Guadiamar y la falla del Viar).
- Cantillana- Lora del Río (entre la falla del Viar y el levantamiento del Paleozoico en los alrededores de Lora del Río).
- Lora del Río-Hornachuelos (entre el límite anterior y el río Bembézar).
- Hornachuelos-Posadas (entre el río Bembézar y el río Guadiato, toda la zona incluida entera en la provincia de Córdoba).

11.12.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.12.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Las principales formaciones acuíferas son el Mioceno transgresivo de base y los depósitos cuaternarios de terrazas y aluviales recientes de los ríos y arroyos de la zona.

El Mioceno transgresivo de base –formado principalmente por materiales detríticos- está limitado, en su zona norte, por los materiales paleozoicos del Macizo Hespérico (sustrato impermeable) y, al sur, por las margas azules tortonienses (impermeables) que lo confinan y lo aíslan de los acuíferos localizados en los depósitos cuaternarios.

El acuífero está constituido, fundamentalmente, por conglomerados de base, arenas con fósiles, areniscas y calizas detríticas, con frecuentes cambios laterales de facies que condicionan la permeabilidad del acuífero. Las facies carbonatadas (calizas detríticas y areniscas) se sitúan en la región de Lora del Río - Posadas; facies de arenas de playa, en la región de Alcalá del Río – La Palma del Condado; facies conglomeráticas, en las regiones de Hornachuelos y Villanueva del Río y Minas, y, de nuevo facies carbonatadas (calizas biogénicas) en Niebla. Conforme la serie miocena se hunde en profundidad, los materiales detríticos reducen su potencia y se hacen margosos, llegando a desaparecer a cierta profundidad.

11.12.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

La profundidad de los sondeos que explotan el acuífero no supera. Generalmente, los 170 metros y los caudales de explotación más frecuentes son de 1-10 l/s y de 20-30 l/s, alcanzándose en determinadas zonas los 80 l/s. Los caudales específicos son de orden de 0,1-2,5 l/s/m, siendo ocasionalmente de 3-6 l/s/m.

Debido al confinamiento del acuífero por las margas azules y las características topográficas de la superficie sobre la que se sitúa, los sondeos generalmente son surgentes, con caudales de 2 a 15 l/s. Este carácter surgente puede desaparecer debido a su explotación, así como consecuencia de periodos de escasas precipitaciones.

Dados los frecuentes cambios laterales de facies, la permeabilidad del acuífero varía considerablemente. Los valores de transmisividad del acuífero, deducidos de ensayos de bombeo, son del orden de 100 m^2/día, aunque se dan valores extremos, desde 2m^2/día hasta 1.000 m^2/día. Los valores del coeficiente de almacenamiento

Arenas del Mioceno superior (Tortoniense).
Oeste de Villanueva del Río y Minas (1)

Evolución del nivel piezométrico

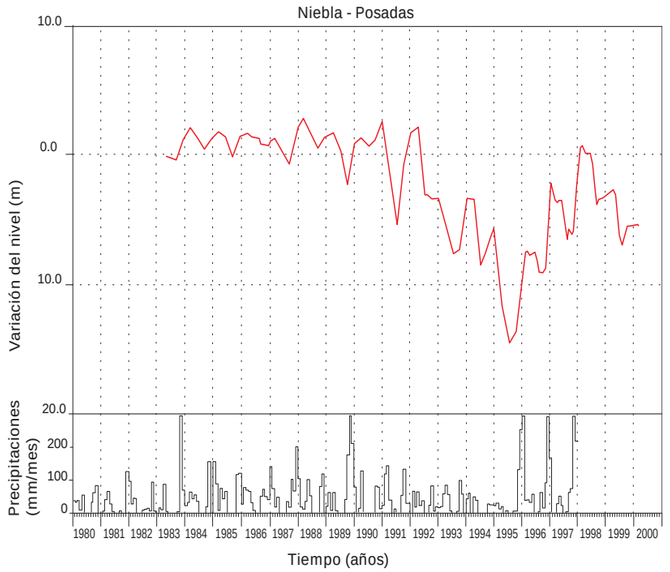
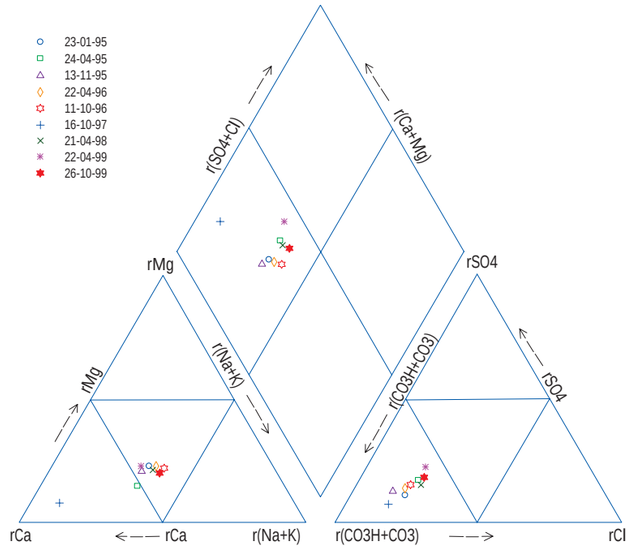


Diagrama de Piper – Hill – Langelier



varían desde los típicos de acuíferos libres (10^{-2}), hasta valores propios de acuíferos confinados (del orden de 10^{-3} a 10^{-5}).

11.12.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO - PIEZOMETRÍA

El funcionamiento hidrogeológico es sencillo. Las entradas se producen por la infiltración del agua de lluvia caída sobre la superficie permeable aflorante y por las entradas laterales procedentes de la escorrentía superficial de los materiales paleozoicos, que limitan el acuífero por el norte. Las salidas se deben, principalmente, a captaciones en pozos y sondeos, al drenaje a través de manantiales en el contacto con los materiales impermeables suprayacentes (margas azules) y al drenaje hacia los cauces fluviales que atraviesan el acuífero de norte a sur.

El mapa de isopiezas, determinado en base a las medidas de nivel de la red piezométrica establecida, indica que la superficie piezométrica, en marzo de 2000, se sitúa entre las cotas 100 y 20 m s.n.m., con una dirección de flujo preferencial hacia el S y SO, aunque localmente se dan flujos hacia el SE.

En la totalidad de la red se observa, desde 1983 a marzo de 2000, una variación negativa de 5,4 m, mientras que en el último año (marzo de 1999 a marzo de 2000), el descenso fue de 2,7 m.

11.12.4. HIDROQUÍMICA

11.12.4.1. CALIDAD QUÍMICA

En general la calidad del agua del acuífero es buena, encontrándose dentro de los valores permitidos que la hacen apta tanto para el consumo humano como para regadío.

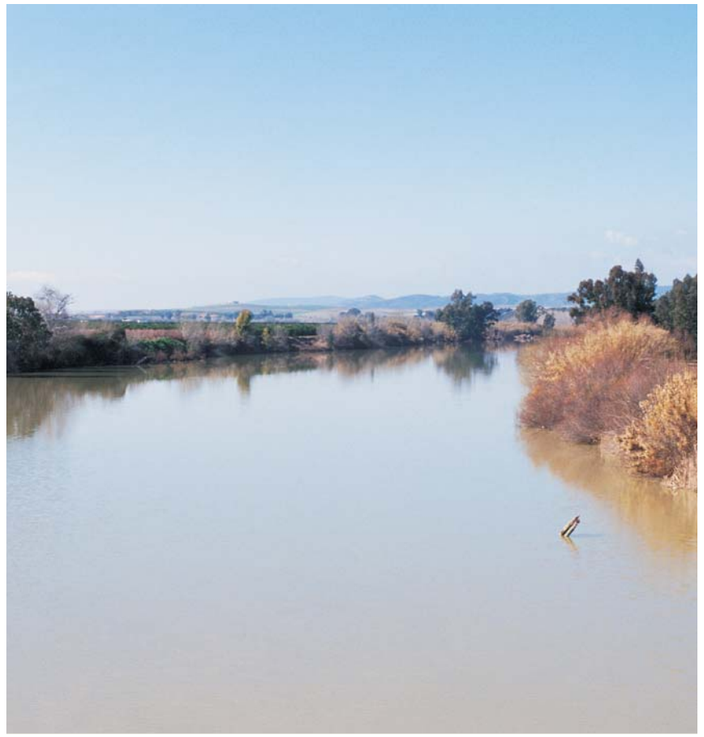
En zonas próximas a los afloramientos, la facies es bicarbonatada-cálcica (magnésica), con valores de residuo seco inferiores a los 500 mg/l y dureza de tipo medio. El agua que se encuentra en zonas del acuífero a mayor profundidad, presenta facies mixtas y en ocasiones clorurada-sódica, con valores de residuo seco de 500 a 800 mg/l.

11.12.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

En las zonas de Villanueva de las Minas y Brenes - Alcalá del Río, el agua presenta elevada salinidad, con facies cloruradas sódicas, máxima durezas y valores del residuo seco de hasta 6,2 gr/l. Dicha contaminación es de origen natural y se da de forma puntual, pudiendo tener su origen en aguas provenientes de terrenos sedimentarios de origen marino y naturaleza más arcillosa que el resto del acuífero.

Actualmente el acuífero, dentro de la provincia de Sevilla, presenta dos zonas potencialmente problemáticas: la explotación minera de sulfuros complejos de

Pozo en las inmediaciones del arroyo del Parroso (2)



Río Guadalquivir, cerca de Villanueva del Río y Minas (1)

Aznalcóllar y el proyecto minero de Las Cruces (zona de Gerena-Guillena). Para la explotación de estos yacimientos, se atraviesa el acuífero, pudiendo derivarse de ello –si no se toman las medidas correctoras oportunas- una contaminación del agua del acuífero y la sobreexplotación localizada del mismo.

11.12.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Las extracciones de agua del acuífero, en el año 1981-1982, fueron del orden de 25 –28 hm^3, de los cuales 14 – 15 hm^3 se destinaron al regadío de unas 2.550 hectáreas y 7- 8 hm^3 al abastecimiento de un total de población de, aproximadamente, 85.000 habitantes.

En el año 1999, en la provincia de Sevilla, se han extraído del acuífero para abastecimiento urbano unos 4 hm^3/año, mientras que para riego este volumen se estima en unos 15 hm^3/año. Las entradas estimadas, para el tramo de acuífero comprendido entre Gerena y Hornachuelos, se cifran en 20 hm^3/año.

Poblaciones que en 1999 se abastecían del acuífero (provincia de Sevilla)

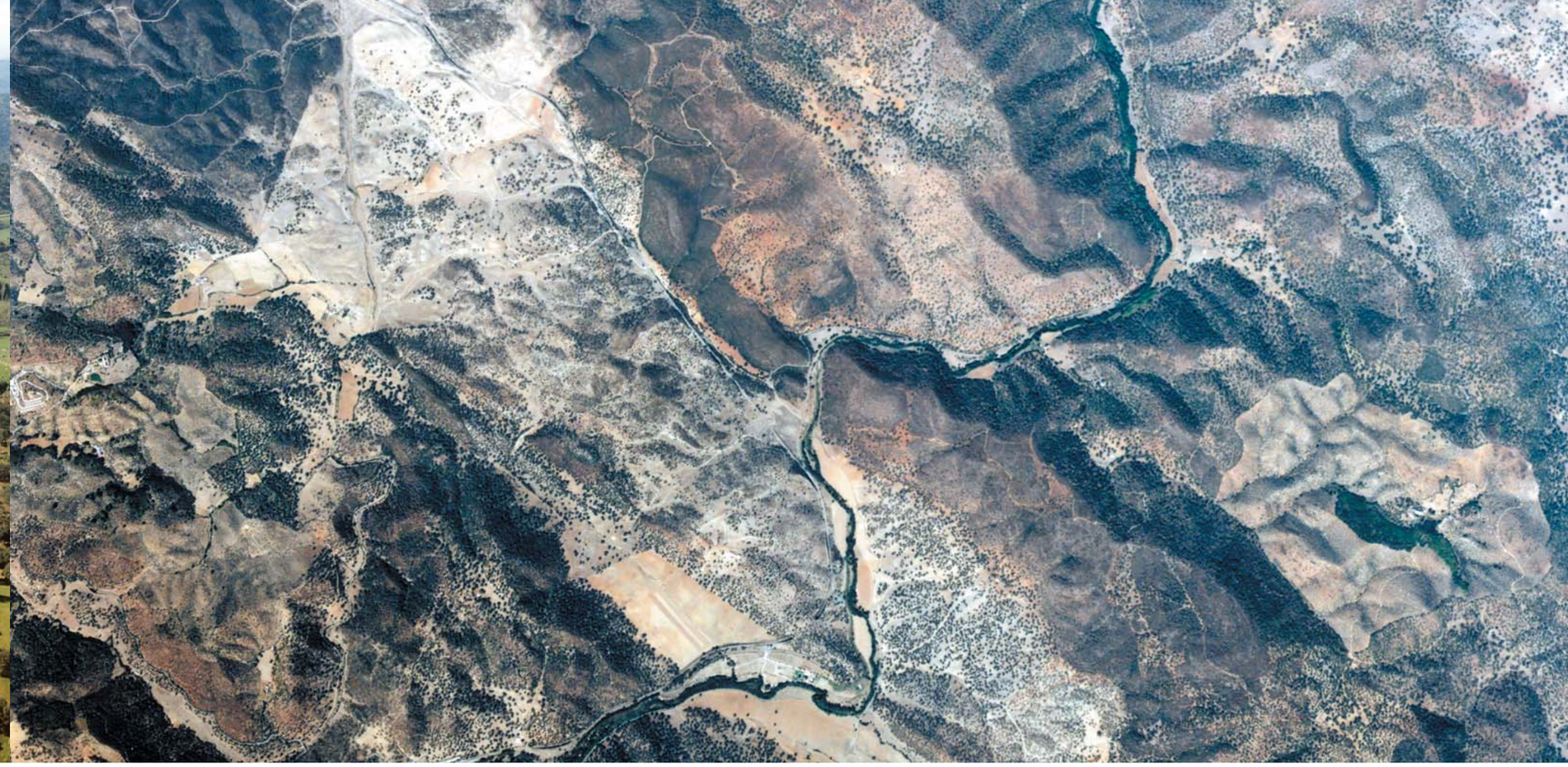
Población	Habitantes(1)	Volumen (hm^3)(2)
Aznalcóllar	5.756	0,3049
Brenes	10.509	1,1736
Burguillos	3.485	0,2595
Gerena	5.421	0,450
Guillena	8.257	0,3531
Peñaflor	3.895	0,2207
Villanueva del Río	500	0,058
Villanueva del Río y Minas	5.549	0,486
Villaverde del Río	6.633	0,7096
Total	50.005	4,0154

(1) Padrón del año 1998 (2) Encuesta del año 1988

Si bien en el año 1999 las poblaciones y el número de habitantes que se abastecían del acuífero es el que queda establecido en el cuadro anterior, hay que señalar la importancia de este acuífero para el abastecimiento durante 1995, en época de sequía. Las poblaciones y, por lo tanto, el número de habitantes que utilizaron los recursos del mismo fue significativamente superior. Baste citar el caso de la mancomunidad del Aljarafe (Aljarafesa) que, con una población de 176.340 habitantes, utilizó en dicho período las aguas del acuífero para complementar el abastecimiento público, a través de captaciones en el entorno de la población de Gerena. Lo mismo ocurrió con otras poblaciones como Alcalá del Río, Alcolea del Río o Cantillana.

En la zona de Niebla – Gerena, las extracciones son superiores a los recursos, lo que origina una sobreexplotación del orden de 1,5 hm^3/año. Sin embargo, en las zonas de Gerena – Cantillana, Cantillana – Lora del Río y Lora del Río – Hornachuelos, las extracciones se podrían incrementar entre 1-2, 2-3 y 7-8 hm^3/año, respectivamente.

Panorámica aérea oblicua del entorno de San Nicolás del Puerto (3)



Vista aérea vertical del Rivera de Huéznar (4)

11.13. SIERRA NORTE

11.13. SIERRA NORTE

11.13.1. SITUACIÓN Y LÍMITES

La denominación de Acuíferos de Sierra Norte incluye, fundamentalmente, los materiales calcáreos del Paleozoico que se extienden de forma discontinua al norte de la provincia, dentro del dominio geológico y morfológico de Sierra Morena. Estos mismos materiales también aparecen en la zona noroccidental de la provincia de Córdoba, zona suroriental de Badajoz y nororiental de Huelva. Todos ellos forman parte de la denominada Unidad Hidrogeológica de Sierra Morena, en la que se han definido cuatro grandes sectores:

- Occidental, todo él en la provincia de Huelva.
- Centro-occidental, que se extiende sobre todo por las provincias de Huelva y Badajoz, aunque una pequeña área se localiza en la provincia de Sevilla (área de Almadén de la Plata).
- Centro-oriental, también conocido como sector central. Es el más grande de todos ellos y la mayoría del territorio que incluye pertenece a la provincia de Sevilla. En este sector aparecen varias subunidades emplazadas en la Sierra Norte de la provincia: Guadalcanal – San Nicolás del Puerto, Constantina – Cazalla de la Sierra, La Puebla de los Infantes y Las Navas de la Concepción – Hornachuelos. Recientemente (año 2002), sin embargo, el IGME ha propuesto otra división de subunidades que, en lo referente a Sevilla, son: a) Real de la Jara – Almadén de la Plata; b) Guadalcanal – San Nicolás del Puerto – Cazalla de la Sierra; c) Las Navas de la Concepción – Hornachuelos – La Puebla de los Infantes, ésta parcialmente dentro de la provincia de Córdoba.
- Oriental, que se sitúa enteramente en la provincia de Córdoba.

Se trata de una zona montañosa, aunque de relieve suave, de altura media alrededor de los 600 metros. La densidad de población es baja, del orden de 15 habitantes/km^2 y con tendencia a la pérdida de población en la mayoría de los núcleos.

Los principales núcleos de población son Almadén de la Plata y El Real de la Jara, en el sector centro-occidental, y Alanís, San Nicolás del Puerto, Guadalcanal, Cazalla de la Sierra, Constantina, El Pedroso, Las Navas de la Concepción y La Puebla de los Infantes, en el sector central o centro-oriental. Cuentan con un total de población estable en torno a los 29.000 habitantes, superando sólo los 5.000 habitantes Cazalla de la Sierra (5.154 habitantes) y Constantina (7.055).

Las hojas del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, en que se encuentran estos acuíferos, son: 878 (Azuaga), 898 (Puebla del Maestre), 899 (Guadalcanal), 919 (Almadén de la Plata), 920 (Constantina), 921 (Navas de la Concepción) y 942 (Palma del Río).

11.13.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.13.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima es de tipo mediterráneo continental. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 600 y 700 mm, con valores mínimos de 500 mm y máximos de 1.100 mm.

La oscilación térmica mensual a lo largo del año es de 18,5ºC, con temperaturas mínimas medias en el mes de enero próximas a 8,5ºC y máximas en agosto, con valores cercanos a 27ºC.

11.13.2.4. HIDROLOGÍA

El área se enclava, hidrográficamente, en la cuenca del Guadalquivir, en la margen derecha de este río. Los principales ríos que atraviesan el área son, de oeste a este, el Rivera de Cala, Viar, Rivera de Huéznar y Rivera de Ciudadeja.

Existen varios embalses en el área, siendo los más importantes El Pintado, El Retortillo y el embalse de José Torán. Muy próximos, aunque fuera de la zona, se encuentran los embalses de Cala y de Huéznar.

11.13.3. HIDROGEOLOGÍA

11.13.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

La zona se localiza en la parte más meridional del Macizo Hespérico, constituido por materiales de litología y potencia muy variables. Más concretamente, pertenecen a la zona del Macizo Hespérico denominada de Ossa-Morena, y se encuentran en el área más meridional de ésta, muy próximos al límite con la Depresión del Guadalquivir. Estos materiales fueron depositados, básicamente, durante el Paleozoico y plegados durante la orogenia hercínica, quedando desde entonces emergidos y sometidos a erosión.

Además de los materiales paleozoicos (y precámbricos), aparecen marginalmente depósitos terciarios que forman parte de otras unidades próximas. Asimismo, se localizan numerosos afloramientos correspondientes a rocas intrusivas. De forma sintética, la serie estratigráfica es la siguiente:

- Precámbrico: constituido por tres complejos separados por discordancias. El inferior, está formado por gneises, anfibolitas y esquistos. El complejo intermedio, por esquistos y cuarcitas (grauvacas) de bajo grado de metamorfismo. El superior presenta rocas vulcanosedimentarias con metamorfismo muy bajo.

- Cámbrico inferior: representado por arenilutitas en la base, sobre la que se encuentra una formación carbonatada (con estromatolitos en la base y arqueociátidos y trilobites en el techo).

- Cámbrico medio y superior, Ordovícico y Silúrico: se corresponden con facies detríticas, pizarras y cuarcitas.
- Devónico: está ausente en amplios sectores y presenta facies propias de medios marinos someros.

- Carbonífero: aflora en bandas alargadas, paralelas a las alineaciones estructurales NO – SE, generalmente discordante sobre materiales anteriores de diferentes edades.

- Triásico: sólo aparecen unos pocos afloramientos, de muy escasa entidad, en el extremo oriental. Son areniscas y conglomerados del Buntsandstein, depositados sobre los materiales paleozoicos.

- Cuaternario: presentan muy escasa potencia y extensión y están representados fundamentalmente por materiales de relleno de fondos de valle y depósitos de ladera.

11.13.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

11.13.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

De entre los materiales descritos, los únicos permeables y que constituyen acuíferos de interés hidrogeológico, son los materiales carbonatados del Precámbrico superior – Cámbrico. Se trata de afloramientos de calizas, mármoles y dolomías , de formas estrechas y alargadas según la dirección NO – SE. Los tamaños de éstos afloramientos son muy variables, alcanzando en algunos casos 40 kilómetros de longitud. Ello da lugar a la existencia de una serie de acuíferos de diferente desarrollo, en función de la envergadura y continuidad de dichos afloramientos. Los afloramientos de mayor extensión se localizan en el sector Guadalcanal – Alanís – San Nicolás del Puerto.

11.13.3.2.2. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

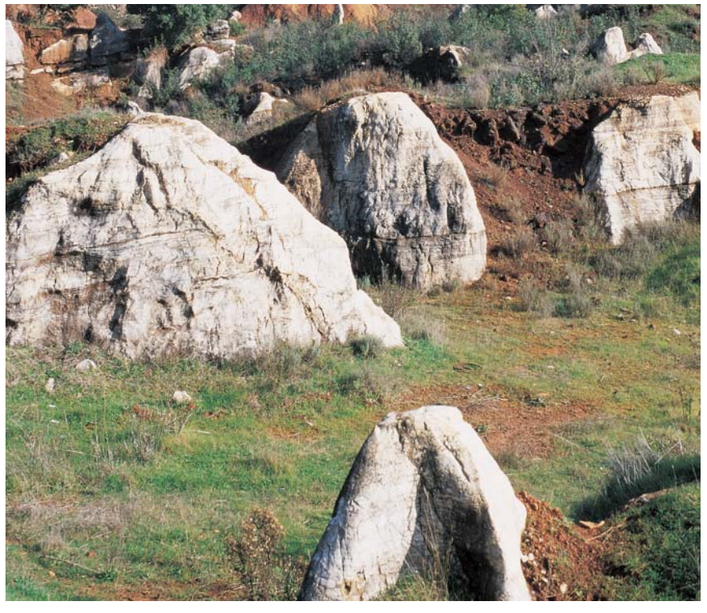
El funcionamiento se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- El área se caracteriza por la falta de continuidad entre los diferentes cuerpos de materiales permeables (calizas, mármoles y dolomías del Precámbrico – Cámbrico inferior), lo que impide la conexión hidráulica entre ellos y determina el funcionamiento hidrogeológico del conjunto, que se comporta como acuíferos independientes entre sí, constituidos por los distintos afloramientos de materiales permeables.

- El flujo de agua subterránea en los diferentes acuíferos está condicionada por la estructura, geometría y tectónica de las formaciones que constituyen estos acuíferos. En general, el flujo regional es en dirección sureste, siguiendo las directrices hercínicas que marcan la estructura de los afloramientos y la fracturación de los mismos.

- La recarga de estos acuíferos se produce por la infiltración del agua de lluvia caída directamente sobre los materiales permeables y, en algunos casos, por la infiltración de agua a partir de los cauces de ríos y arroyos a su paso por los afloramientos de estos materiales en las áreas de recarga, en especial en zonas de alta densidad de fracturación.

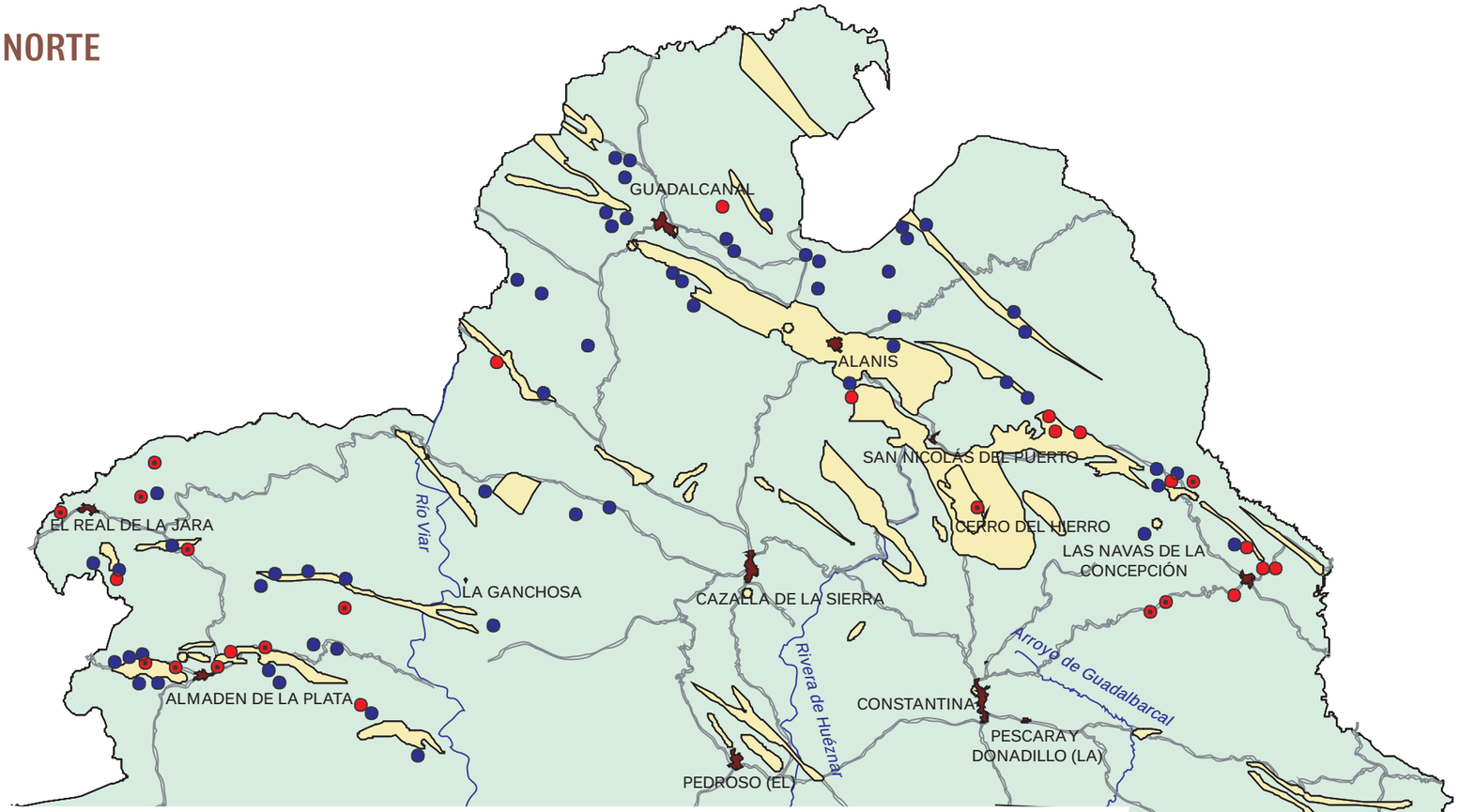
Pozo en finca ganadera. San Nicolás del Puerto (1)



Calizas cámbricas. Cerro del Hierro (1)

VER NAVEGACION

SIERRA NORTE



LEYENDA

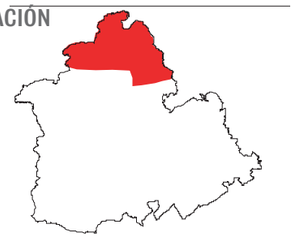
AFLORAMIENTOS PERMEABLES (materiales carbonatados paleozoicos)

SONDEO

MANANTIAL

POZO

SITUACIÓN



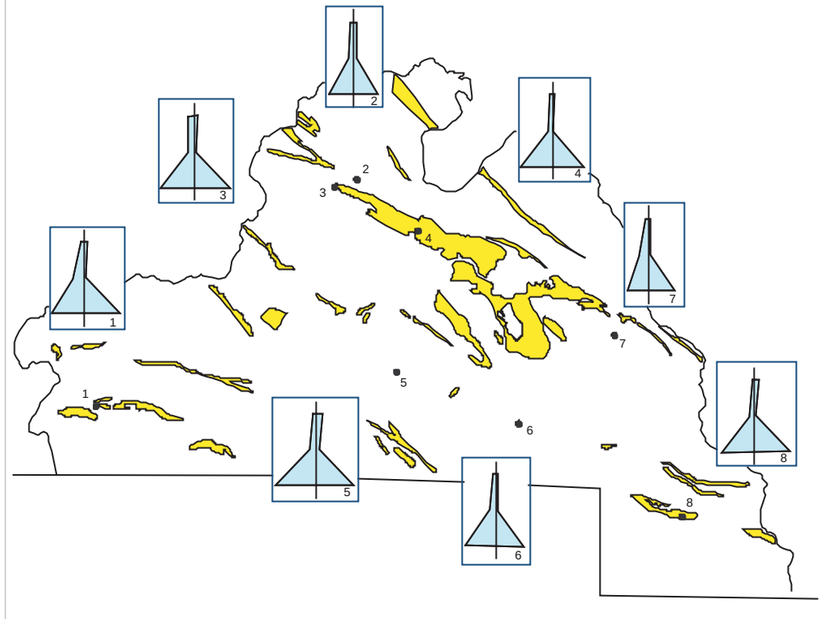
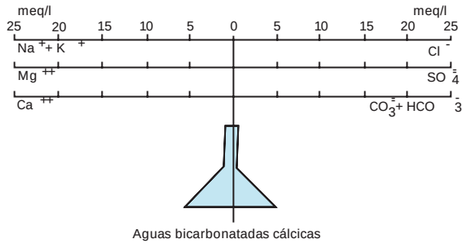


DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO



Aguas bicarbonatadas cálcicas

Escala gráfica

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACIÓN DE SEVILLA

- La descarga se produce principalmente por drenaje de ríos y arroyos, tanto de forma puntual como difusa, así como por salidas a través de manantiales. Los bombeos en pozos y sondeos suponen sólo una pequeña parte del total de la descarga de los acuíferos.

- La capacidad de almacenamiento y regulación de los diferentes acuíferos está en relación directa con el tamaño de los afloramientos y presenta una gran disparidad.

11.13.4. HIDROQUÍMICA

11.13.4.1. CALIDAD QUÍMICA

Las aguas presentan una baja mineralización y se caracterizan por presentar una facies bicarbonatada cálcica, con gran uniformidad composicional. Las conductividades oscilan entre 202 y 722 µS/cm. En el caso de los aniones, las concentraciones de bicarbonatos varían entre 193 y 308 mg/l de HCO_3^-, los sulfatos entre 6 y 40 mg/l de $SO_4^=$ y los cloruros oscilan entre 8 y 89 mg/l de Cl^-.

En cuanto a los cationes, el calcio presenta un rango de variación que oscila entre 43 y 110 mg/l de Ca^{++} ; el sodio varía entre 4 y 32 mg/l de Na^+; el potasio fluctúa entre 0,0 y 2,0 mg/l de K^+, mientras que el magnesio aparece en concentraciones comprendidas entre 7 y 38 mg/l de Mg^{++}.

La distribución espacial de las aguas subterráneas, tal como aparece en el mapa hidroquímico, da idea de la gran uniformidad composicional de las aguas.

Con respecto a la aptitud de las aguas para distintos usos, en ningún caso se ha superado los límites de potabilidad establecidos en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990, de 14 de septiembre), siendo todas las concentraciones en nitratos inferiores a 50 mg/l de NO_3^-. No obstante, hay que destacar un valor máximo de 35 mg/l de NO_3^- en las proximidades del núcleo de Constantina.

En relación a usos agrícolas, las aguas presentan peligro de salinización medio (C_2) y de alcalinización bajo (S1), de acuerdo a la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff (S.A.R.). Las aguas de la clase C_2 tienen una salinidad media, con conductividades comprendidas entre 250 y 750 µS/cm y pueden usarse para cultivos moderadamente tolerantes a las sales. Las aguas de la clase S_1 son aguas bajas en sodio, pudiendo utilizarse en la mayor parte de los suelos, con escasas posibilidades de alcanzar elevadas concentraciones de sodio intercambiable. Los cultivos sensibles, como los frutales de pipa, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

11.13.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

Los materiales carbonatados presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación, especialmente en las zonas más fracturadas y karstificadas.

Existe una planta de transferencia en Constantina y, entre los años 1997 y 1999, la Junta de Andalucía finalizó las obras de sellado de 9 vertederos en la Sierra Norte.

Salvo en Guadalcanal, no existe depuración de aguas residuales urbanas (de acuerdo al "Estudio de la Unidad Hidrogeológica de Sierra Morena", 2002).Se vierten, en su totalidad, a cauces superficiales próximos y, en la pedanía de Cerro del Hierro, a un pozo negro.

11.2.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

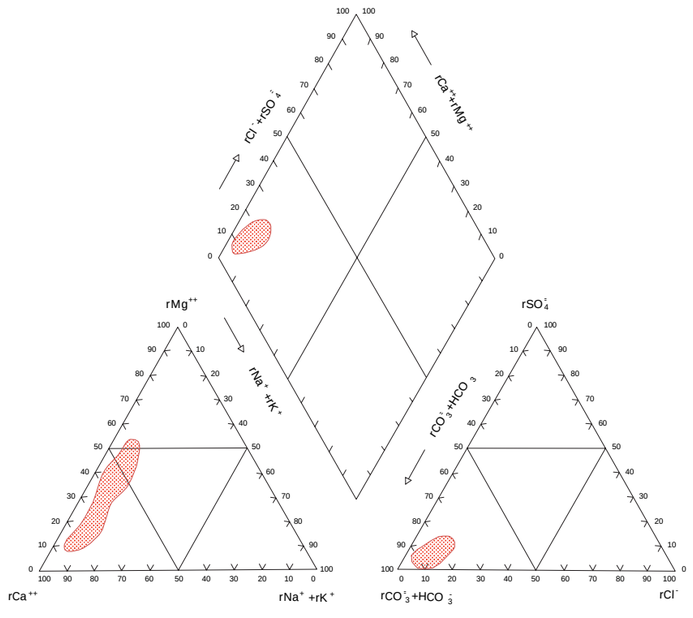
El principal uso del agua subterránea se dedica, en más de un 80%, al abastecimiento a núcleos urbanos. Uno de los núcleos se abastece exclusivamente con aguas de embalse (El Real de la Jara), otro el agua de sondeos como complemento (Cazalla de la Sierra) y el resto usa aguas subterráneas. Salvo en El Pedroso y en La Puebla de los Infantes, la demanda teórica es superior al volumen facturado. De los 2,5 hm^3/año de demanda, se sirven con agua subterránea cerca de 2 hm^3/año.

En cuanto a la agricultura, según los datos del Censo Agrario en la comarca "Sierra Norte", se riegan 1.644 ha con aguas subterráneas, que representarían una demanda de 6,6 hm^3/año, según las dotaciones del Plan Hidrológico de cuenca. Sin embargo, estos datos reflejan un área mucho más amplia que la contemplada para este conjunto de acuíferos, por lo que excluyendo los municipios fuera del área, la demanda para regadíos es del orden de algo menos de 4 hm^3/año. En el inventario de puntos de agua realizado, se señalan sólo 2,4 hm^3/año utilizados en agricultura y 0,95 hm^3/año en abastecimiento y agricultura.

La demanda para ganadería, de acuerdo con la cabaña ganadera recogida en el Censo Agrario, es de 1,9 hm^3/año, aunque no se conoce que parte se satisface con aguas subterráneas. Los caudales disponibles, según el inventario de puntos de agua, arrojan cifras sensiblemente menores.

Con la información disponible en estos momentos, es inviable la realización de un balance mínimamente detallado y preciso. Dadas las características y el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos de Sierra Norte, se necesitarían –además de los datos climáticos disponibles- series de aforos representativas en manantiales y, sobre todo, en distintos tramos de cauces, con objeto de determinar tanto las aportaciones superficiales como las subterráneas de los diferentes acuíferos, así como la recarga a éstos desde los cauces superficiales que los atraviesan. Asimismo, sería necesario contar con información más completa de las extracciones que se realizan en los distintos acuíferos, para determinar la explotación de los mismos.

Diagrama de Piper: áreas donde se situan las aguas analizadas



Resumen de volúmenes por usos

Usos	Volumen (hm^3/año)	Número de puntos
Abastecimiento a núcleos urbanos	19,17	43
Abastecimiento a núcleos urbanos y otra actividad	0,82	3
Abastecimiento e industria		2
Abastecimiento y agricultura	1,04	40
Abastecimiento y ganaderia	0,78	54
Abastecimiento (que no sea núcleo urbano)	0,76	79
Agricultura	2,19	37
Agricultura, industria y ganadería		
Desconocido	0,09	33
Ganadería	0,16	33
Ganadería y agricultura		15
Industria		1
Lavadero público		
No se utiliza	0,05	95
Totales	25,06	435

VER NAVEGACION

Panorámica aérea oblicua de Villanueva de San Juan (3)

Vista aérea vertical de Martín de la Jara y la Laguna del Gosque, al NE (4)

11.14. SIERRA SUR Y LOS CABALLOS

11.14.1.SITUACIÓN Y LÍMITES

Agrupados bajo la denominación de Acuíferos de las Sierras Sur y los Caballos se incluyen un conjunto de pequeños acuíferos aislados situados en el límite suroriental de la provincia de Sevilla, que se extienden, en dirección SO - NE, sobre una estrecha banda de unos 200 km^2 desde la localidad de Pruna hasta La Roda de Andalucía, limitando al sur con las provincias de Málaga y Cádiz.

La región abarca gran parte de la comarca natural sevillana de la Sierra Sur, donde se asientan los núcleos de población de Pruna, Algámitas, Villanueva de San Juan, Los Corrales, Martín de la Jara y La Roda de Andalucía, que cuentan con una población total próxima a 22.000 habitantes. Se incluye en la zona la Sierra de los Caballos por la importancia que históricamente ha tenido para el abastecimiento de los municipios de La Roda de Andalucía, Martín de la Jara y Los Corrales, aunque la mayor parte de su superficie pertenece a la provincia de Málaga.

Por tanto, los acuíferos que aparecen dispersos en la zona son, de SO a NE, los siguientes:

- Acuíferos de La Sierra del Tablón - Peñón de Algámitas, situados entre las localidades de Pruna, Algámitas y Villanueva de San Juan.
- Acuíferos detríticos de El Saucejo y de Martín de la Jara.
- Acuífero de la Sierra de los Caballos, localizado entre Los Corrales y La Roda de Andalucía.

En la actualidad, los acuíferos señalados no están incluidos en ninguna Unidad Hidrogeológica del Catálogo Oficial aprobado por los Planes Hidrológicos de Cuenca, si bien está en fase de estudio su futura incorporación.

Los acuíferos se encuentran cartografiados principalmente dentro de la hoja del Mapa Topográfico Nacional, escala 1/50.000, de Campillos (1022), extendiéndose una pequeña parte de los mismos en las hojas adyacentes de Osuna (1005), Benamejí (1006), Morón de la Frontera (1021), Antequera (1023), Olvera (1036) y Teba (1037).

El relieve está muy condicionado por el sustrato geológico, ya que el Subbético confiere una morfología mayoritariamente alomada donde destacan, con desniveles muy acusados, pequeñas sierras calizas jurásicas como son la Sierra de los Caballos, con una cota máxima de 748 m (Pico Morrón de la Cruz); o la Sierra del Tablón, que, con una elevación de 1.129 m (vértice del Terril), constituye la mayor altitud de la provincia.

11.14.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

11.14.2.1. CLIMATOLOGÍA

El clima existente es mediterráneo subtropical, con veranos secos y calurosos e inviernos suaves y algo húmedos.

La precipitación media anual en el área asciende a 497 mm, aumentando con la altitud a valores de 742 mm para cotas superiores a los 700 m s.n.m. La temperatura media anual es de 16,3º C y la evapotranspiración potencial, calculada por el método de Thornthwaite, se cifra en 840 mm/año.

11.14.2.2. HIDROLOGÍA

La red hidrográfica está formada principalmente por el río Corbones, el Arroyo Salado y el río Yeguas, afluente del Genil, los cuales drenan hacia la cuenca baja del río Guadalquivir; mientras que el sector de Pruna drena hacia el río Guadalmanil en la cuenca alta del río Guadalete.

11.14.3. HIDROGEOLOGÍA

11.14.3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO

La región se localiza en el extremo occidental de las zonas externas de las Cordilleras Béticas, en concreto dentro del dominio Subbético.

Los materiales que afloran se agrupan en preorogénicos y postorogénicos, indicando que están o no implicados en la tectónica de mantos de corrimiento del ciclo alpino, que son los responsables del desplazamiento y cabalgamiento hacia el norte de los materiales de los dominios internos sobre los más externos.

El área presenta un amplio afloramiento de materiales triásicos, que constituyen la base de la cobertera mesozoica y terciaria; correspondiendo las sierras a masas calcáreas que se han conservado de dicha cobertera. En síntesis, la serie estratigráfica es la siguiente:

Materiales preorogénicos:

- Arcillas y margas abigarradas entre las que aparecen niveles de areniscas rojas y verdes y yesos, del Trías.
- Dolomías, brechas dolomíticas y calizas con algunos tramos margosos del Jurásico inferior (Lías), estando el resto del Jurásico (Dogger – Malm) representado por calizas oolíticas o nodulosas, margas y margocalizas con sílex e intercalaciones de radiolaritas.
- Margas y margocalizas, del Cretácico inferior.
- Margas, margocalizas y arcillas verdes con bloques, del Terciario (Paleógeno – Mioceno inferior).

Materiales postorogénicos:

- Areniscas bioclásticas con intercalaciones de margas grises, arenas y conglomerados, de edad Mioceno – Plioceno.
- Margas, limos y arcillas, de edad Plioceno - Pleistoceno.
- Sedimentos detríticos coluviales y aluviales formados por gravas, arenas, limos y arcillas del Cuaternario.

11.14.3.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

De los materiales descritos son permeables y constituyen acuíferos de interés las formaciones calizo-dolomíticas de la base del Jurásico, que conforman el acuífero principal en la Sierra del Tablón - Peñón de Algámitas y en la Sierra de los Caballos. Son también formaciones acuíferas las areniscas bioclásticas miocenas, asociadas a las sierras en sus bordes, y que configuran los acuíferos detríticos de El Saucejo y de Martín de la Jara; así como los depósitos cuaternarios, aunque su importancia está siempre ligada a la relación hidrogeológica que mantienen con el acuífero principal.

El resto de los materiales del Triásico, del Jurásico medio y superior, del Cretácico y del Paleógeno, en conjunto, pueden considerarse como impermeables.

11.14.3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

ACUÍFEROS DE LA SIERRA DEL TABLÓN - PEÑÓN DE ALGÁMITAS

La Sierra del Tablón y el Peñón de Algámitas constituyen dos acuíferos con un funcionamiento hidrogeológico independiente. Litológicamente están formados por una serie de dolomías y calizas jurásicas, de potencia superior a 100 m, en conexión hidráulica con las areniscas bioclásticas miocenas que bordean los macizos carbonatados.

El acuífero de la Sierra del Tablón ocupa una superficie total permeable de 8 km^2, de los cuales 5,5 km^2 son de naturaleza carbonatada y 2,5 km^2 son materiales detríticos. Presenta una estructura anticlinal, de dirección E-O y vergencia norte, afectada por una gran falla paralela al pliegue, que hunde el flanco meridional hacia el sur. Sus límites impermeables están constituidos, al norte y este, por las margas y margocalizas del Jurásico superior - Cretácico; y al oeste por las arcillas y margas del Trías, que forman también la base impermeable del acuífero. Hacia el sur limita con las areniscas bioclásticas miocenas, con las que está en conexión hidráulica.

En el Peñón de Algámitas, la superficie de materiales carbonatados es de 1,5 km^2, siendo el área de sedimentos detríticos directamente conectados con el macizo del orden de 6 km^2. El acuífero presenta una estructura tabular: los materiales se disponen en posición subhorizontal, sobre un substrato impermeable constituido por arcillas triásicas y margas y margocalizas del Jurásico superior, siendo éstas últimas las que bordean los flancos oeste y sur del Peñón. Al norte y este, las dolomías están limitadas por los materiales detríticos.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS DE EL SAUCEJO Y DE MARTÍN DE LA JARA

El acuífero detrítico de El Saucejo está constituido por las areniscas bioclásticas miocenas. Se trata de un acuífero libre, permeable por porosidad, con una extensión de 16 km2. Sus límites impermeables, tanto en superficie como en profundidad, son las margas y arcillas con yesos del Trías y las margas y arcillas verdes del Terciario. Los depósitos permeables se disponen suavemente plegados y fracturados y localmente pueden alcanzar los 100 m de potencia.

Peñón de Algámitas, en dolomías jurásicas (1)

El acuífero detrítico de Martín de la Jara ocupa una extensión superficial de unos 20 km^2 y está constituido por arenas y areniscas miocenas y por arenas, limos y gravas del Cuaternario. Ambas formaciones se encuentran superpuestas conformando un único acuífero, de carácter libre, cuyo espesor oscila entre los 2-3 metros en las zonas de borde, y los 15-20 metros en los sectores centrales. Los límites geológicos del acuífero vienen impuestos, al noroeste y sureste, por el contacto con el Trías; al norte, este y oeste, por el contacto con las margas, arcillas y limos del Plioceno; mientras que en el extremo noreste, el acuífero se pone en contacto directo con las calizas y dolomías de la Sierra de los Caballos.

ACUÍFERO DE LA SIERRA DE LOS CABALLOS

El acuífero está constituido por dolomías y calizas del Lías, con permeabilidades en general altas, dependiendo del grado de karstificación. Se comporta como un acuífero por fisuración y karstificación de carácter libre. Presenta una superficie acuífera aflorante de 17,50 km^2 y su potencia supera los 200 m, estimándose próxima a los 500 m. Desde el punto de vista hidrogeológico, la estructura carbonatada de la Sierra de los Caballos no puede considerarse aislada de los depósitos miocenos localizados al norte ni de los materiales cuaternarios que la limitan en su borde sur y oriental, puesto que tienen continuidad hidrogeológica, siendo la superficie acuífera aflorante de materiales detríticos directamente conectados con el jurásico de 6,55 km^2.

La base impermeable regional está constituida por las arcillas y yesos del Trías. El límite septentrional son los materiales impermeables del Jurásico superior-Cretácico. Al sur, este y oeste la estructura está en contacto hidráulico con los materiales permeables del Cuaternario y Mioceno.

La estructura consiste en una estructura anticlinal vergente al norte, cuyo flanco meridional ha desaparecido por la falla de borde que lo hunde bajo los materiales más recientes. El resultado es un acuífero con geometría tabular, delimitados sus bordes suroccidental y nororiental posiblemente por fracturas. Esta sierra no se encuentra afectada por grandes sistemas de fracturas, por lo que el acuífero debe encontrarse compartimentado.

11.14.3.2.2. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

La información sobre los parámetros hidráulicos de las calizas y dolomías jurásicas que configuran las sierras del Tablón-Algámitas y de los Caballos, obtenida a partir de ensayos de bombeo en los sondeos de abastecimiento a Pruna, Algámitas y La Roda de Andalucía, arrojan valores de transmisividad que oscilan entre 864 m^2/día y 3.500 m^2/día, pudiendo alcanzar excepcionalmente valores superiores a 8.000 m^2/día. El coeficiente de almacenamiento obtenido en los ensayos es del orden de 5.8x10^{-1}. Los caudales de explotación más frecuentes oscilan entre 20 y 45 l/s, con valores máximos que pueden superar los 80 l/s.

Red de control piezométrico del IGME

Acuífero	Nº Piezómetro	Coordenadas UTM (Huso 30S)			Profundidad (m)	Naturaleza	Toponimia
		x	y	z			
Sierra del Tablón	1443-4-0017	303279	4096179	650,00	150	Sondeo	Abastecimiento Pruna
Peñón de Algámitas	1542-5-0012	307090	4098310	655,00	56	Sondeo	Abastecimiento Algámitas
	1542-5-0016	306725	4099625	700,00	90	Sondeo	Abastecimiento Villan. S. Juan
Sierra de los Caballos	1641-5-0003	339436	4115877	415,00	30	Sondeo	Finca El Puntal
	1641-5-0007	338817	4115796	440,00	52	Sondeo	Abastecimiento La Roda
	1641-5-0035	338199	4115459	420,00	70	Sondeo	Finca El Puntal

No existen ensayos hidráulicos en los acuíferos detríticos de El Saucejo y de Martín de la Jara. Los valores de transmisividad estimados en función los caudales puntuales obtenidos en las obras de captación del acuífero de Martín de la Jara, están comprendidos entre 10 y 85 m^2/día, siendo el coeficiente de almacenamiento de la formación en otros sectores de 1,3 x 10^{-2}.

11.14.3.2.3. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO – PIEZOMETRÍA

ACUÍFEROS DE LA SIERRA DEL TABLÓN - PEÑÓN DE ALGÁMITAS

En general el acuífero de la Sierra del Tablón es libre, aunque al sur puede estar parcialmente confinado por las margas del Jurásico superior. La alimentación del sistema procede de forma exclusiva de la infiltración del agua de lluvia, siendo la descarga natural hacia el sur, principalmente a través de una serie de manantiales cuyo caudal oscila fuertemente con la pluviometría, y en menor cuantía por alimentación lateral a los materiales miocenos. En la actualidad los únicos bombeos existentes se destinan al abastecimiento de la población de Pruna, donde el nivel piezométrico se mantiene estable desde, al menos, el año 1995, a una profundidad de 74m (noviembre de 2001).

El acuífero del Peñón de Algámitas es libre en su totalidad. La alimentación del sistema procede de la infiltración del agua de lluvia y la descarga natural se efectúa hacia el norte y este a través de una serie de manantiales (Fuenfría, Fuenprieta, Fuente Muñoz), existiendo también una alimentación lateral desde la formación carbonatada hacia las areniscas bioclásticas miocenas, que se drenan a través de pequeños manantiales y de forma difusa hacia el arroyo de Las Arenillas.

Las medidas de nivel piezométrico periódicas realizadas en los sondeos de abastecimiento a las poblaciones de Algámitas y Villanueva de San Juan indican un descenso estabilizado de unos 15 metros, estando la superficie piezométrica actual situada entre 15 y 35 metros de profundidad.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS DE EL SAUCEJO Y DE MARTÍN DE LA JARA

El acuífero de El Saucejo se recarga por infiltración directa del agua de lluvia, siendo la descarga natural principal por drenaje hacia el arroyo de la Parra, en dirección este; y por bombeo de las captaciones existentes. El nivel freático suele estar entre 5 y 10 metros, con variaciones estacionales del orden de 2 metros.

La alimentación del acuífero detrítico de Martín de la Jara se produce primordialmente por infiltración de agua de lluvia y, en menor grado, por reciclaje de una parte del agua empleada en los regadíos, que se localizan en la zona de Las Lebronas y en las cercanías de la laguna del Gosque. Las salidas naturales se efectúan por evapotranspiración, por drenaje directo a través de los manantiales de borde, y por drenaje hacia los arroyos de La Fuente y Salado. En el sector oriental del acuífero, el drenaje se dirige hacia la laguna del Gosque, donde se produce una intensa evaporación.

Laguna del Gosque, hacia la que se dirige el drenaje del sector oriental del acuífero detrítico de Martín de la Jara (1)

Existe una divisoria hidrogeológica que, a grandes rasgos, coincide con la divisoria de aguas superficiales entre la cuenca del arroyo Salado y la cuenca endorreica de la laguna del Gosque; de modo que, en el sector oriental, la circulación de las aguas subterráneas tiene lugar hacia la laguna del Gosque, con un gradiente hidráulico medio del 1-2%, y en el sector occidental (Las Lebronas), las aguas subterráneas circulan hacia el oeste y suroeste variando los gradientes hidráulicos entre el 1% y el 6%.

La profundidad del nivel freático es, en general, inferior a los 5 metros, oscilando a lo largo de las diferentes estaciones del año del orden de 1-3 metros. Las variaciones hiperanuales de la piezometría son muy pequeñas.

ACUÍFERO DE LA SIERRA DE LOS CABALLOS

El acuífero es libre y se recarga por la infiltración directa del agua de lluvia, que se ve favorecida por la karstificación de los materiales. La descarga natural se efectúa hacia los materiales detríticos que bordean el macizo carbonatado, siendo la circulación de las aguas subterráneas fundamentalmente hacia el sureste, en dirección al Arroyo de La Albina.

La cota del nivel piezométrico se sitúa, en general, ligeramente por encima de los 400 m s.n.m, variando la profundidad del nivel entre 15 y 20 metros. Históricamente, se han observado descensos generalizados de nivel debido a un exceso de extracciones, cifrados en 11 metros para el año 1983. Las medidas en la red de control piezométrico muestran que el acuífero va recuperándose lentamente, iniciándose la total recuperación a finales de los años 90 como consecuencia del régimen lluvioso y del actual patrón de explotación.

La superficie piezométrica actual en el piezómetro de control, se sitúa al mismo nivel que en el año 1976. En ese momento el acuífero mostraba un descenso de 4 metros respecto al año 1974, año considerado como de inicio de su explotación generalizada. Este descenso queda dentro del orden de variación estacional del acuífero (entre 3 y 5 metros), lo cual refleja la clara tendencia a la recuperación del acuífero, con niveles cercanos a los que presentaba el acuífero en régimen estacionario.

11.14.4. HIDROQUÍMICA

11.14.4.1. CALIDAD QUÍMICA

ACUÍFEROS DE LA SIERRA DEL TABLÓN - PEÑÓN DE ALGÁMITAS

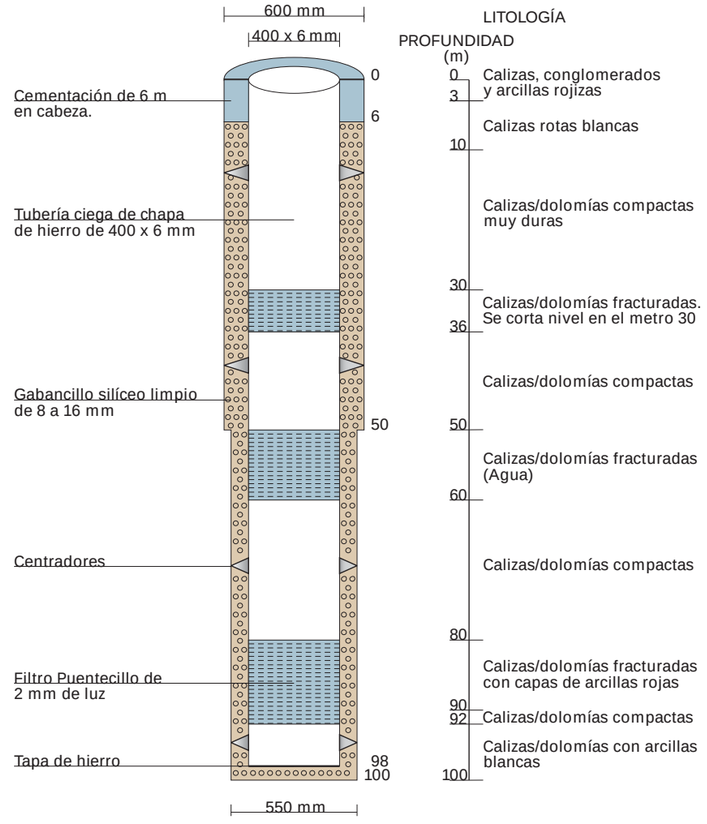
Las aguas subterráneas se caracterizan por presentar una facies química bicarbonatada cálcica-magnésica, con mineralización débil - media y dureza elevada. En la Sierra del Tablón la conductividad es del orden de 700 µS/cm, siendo bajo el contenido en cloruros (40 mg/l), sulfatos (75 mg/l) y sodio (20 mg/l). La concentración en nitratos es un poco más elevada de lo habitual en aguas subterráneas, con valores medios de 20 mg/l. En el Peñón de Algámitas la conductividad es un poco más elevada, oscilando entre 600 y 1.000 µS/cm y la concentración de nitratos es menor (10 mg/l); aunque se detectan valores más altos de conductividad (1.800 µS/cm), cloruros (360 mg/l) y sodio (200 mg/l) en los sondeos donde el substrato yesífero-salino del Trías está más cercano, pasando a facies clorurada-bicarbonatada sódico-cálcica. Desde el punto de vista de su aptitud para abastecimiento urbano, la calidad es excelente y las aguas son aptas para su consumo, únicamente se superan ocasionalmente los contenidos en cloruros y sodio.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS DE EL SAUCEJO Y DE MARTÍN DE LA JARA

En el acuífero de Martín de la Jara se presentan dos facies predominantes, clorurada sódica y bicarbonata cálcica, con valores de conductividad que oscilan entre 500 y 3.000 µS/cm, y máximos puntuales de 12.000 µS/cm localizados en la laguna del Gosque. Se trata de aguas duras a muy duras, con mineralización notable a fuerte, observándose que en los pozos menos profundos y con poca extracción, la calidad es generalmente mejor que en los pozos donde la profundidad y/o el caudal de explotación es superior. En general, presentan elevados contenidos en cloruros (380 mg/l), sodio (250 mg/l) y magnesio (50 mg/l), indicativos de una influencia de los niveles evaporíticos del Trías. Por otro lado, destaca el elevado contenido en nitratos, con valores que superan frecuentemente los 100 mg/l. Desde el punto de vista de su aptitud para abastecimiento urbano, generalmente no son apropiadas para su consumo ya que se superan los límites de potabilidad en el contenido en cloruros, sodio y nitratos.

No se dispone de análisis químicos en el acuífero de El Saucejo, aunque dada la similitud litológica, se estima que sus características químicas son semejantes.

Croquis de sondeo tipo de los acuíferos carbonatados de las Sierra Sur y de los Caballos



Red de control piezométrico del IGME

Acuífero	Nº Piezómetro	Coordenadas UTM (Huso 30S) x	y	z	Profundidad (m)	Naturaleza	Toponimia
Sierra del Tablón	1443-4-0017	303279	4096179	650,00	150	Sondeo	Abastecimiento Pruna
Peñón de Algámitas	1542-5-0012	307090	4098310	655,00	56	Sondeo	Abastecimiento Algámitas
	1542-5-0016	306725	4099625	700,00	90	Sondeo	Abastecimiento Villanera de San Juan
Sierra de los Caballos	1542-4-0048	334931	4112729	433,00	44,5	Sondeo	Abastecimiento Sierra de Yeguas
	1542-4-0053	335025	4112850	430,00	70	Sondeo	Abastecimiento Martín de la Jara
	1641-5-0007	338817	4115796	440,00	52	Sondeo	Abastecimiento La Roda de Andalucía
	1641-5-0037	338537	4115368	420,00	98	Sondeo	Abastecimiento La Roda de Andalucía
	1641-5-0040	338925	4116820	430,00	150	Sondeo	Abastecimiento La Roda de Andalucía

ACUÍFERO DE LA SIERRA DE LOS CABALLOS

Las aguas del acuífero presentan una facies química inicial bicarbonatada-clorurada cálcica-magnésica, de baja mineralización (conductividad entre 600-800 µS/cm) y dureza elevada, resultando en general aptas para abastecimiento urbano. No obstante, se ha observado en los análisis realizados en la Red de Calidad que, durante su explotación, experimentan una evolución hacia facies cloruradas-bicarbonatadas sódico-cálcicas, con conductividades máximas de 2.700 µS/cm, y valores promedios altos de sulfatos (170 mg/l), cloruros (350 mg/l) y sodio (200 mg/l). Destaca la elevada concentración en nitratos en todo el acuífero, con valores medios situados en el límite admisible de potabilidad (50 mg/l) y máximos puntuales próximos a 100 mg/l.

El origen de éstas elevadas concentraciones estaría relacionado con la presencia cercana de los materiales yesífero-salinos del Trías, junto con la influencia de vertidos ganaderos (purines) y la utilización excesiva de fertilizantes en los cultivos.

11.14.4.2. CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD

Los acuíferos de las Sierras Sur y de los Caballos presentan una elevada vulnerabilidad a la contaminación ya que se trata de acuíferos libres, de alta permeabilidad, cuyo nivel freático se sitúa próximo a la superficie, generalmente entre 5 y 15 metros de profundidad. Por ello, al ser los procesos de autodepuración natural mínimos, los posibles contaminantes externos del sistema alcanzan la capa freática con facilidad. Únicamente la Sierra del Tablón presenta una vulnerabilidad moderada, ya que la profundidad del nivel es mayor y el acuífero está localmente confinado por las margas del Jurásico superior

El principal problema de contaminación detectado es el exceso de nitratos que presentan las aguas de los acuíferos de la Sierra de los Caballos y de Martín de la Jara, siendo los focos de contaminación responsables de dicha afección, de tipo puntual, tales como granjas o vertidos residuales urbanos; o de tipo difuso, como es la aplicación intensiva de abonos y fertilizantes sobre grandes superficies de cultivo.

Otros indicadores de calidad apuntan hacia una “contaminación” de origen natural, ligada a la naturaleza yesífera-salina de los materiales del Trías, que se produce cuando las captaciones se sitúan próximas a dichos niveles, como ocurre de forma más acusada en la Sierra de los Caballos y en el acuífero detrítico de Martín de la Jara.

11.14.5. EXPLOTACIÓN Y BALANCE

Los datos sobre la recarga y explotación de los acuíferos, recogidos en los últimos estudios hidrogeológicos realizados en la zona permiten establecer los siguientes balances hídricos:

ACUÍFEROS DE LA SIERRA DEL TABLÓN - PEÑÓN DE ALGÁMITAS

La recarga total por infiltración de la lluvia en el conjunto, estimada para un año de precipitaciones medias, asciende a 2,874 hm³/año (1,676 en el Tablón y 0,908 en el Peñón), siendo las salidas naturales y el bombeo del orden de 1,549 hm³/año (0,582

Red de control de calidad del IGME

Acuífero	Nº red calidad	Coordenadas UTM (Huso 30S) x	y	z	Prof. (m)	Naturaleza	Toponimia
Sierra del Tablón	1443-4-0017	303279	4096179	650,00	150	Sondeo	Abto. Pruna
Peñón de Algámitas	1542-5-0012	307090	4098310	655,00	56	Sondeo	Abo. Algámitas
	1542-5-0016	306725	4099625	700,00	90	Sondeo	Abto. Villan. S. Juan
Sierra de los Caballos	1542-4-0048	334931	4112729	433,00	44,5	Sondeo	Abto. Sª de Yeguas
	1542-4-0053	335025	4112850	430,00	70	Sondeo	Abto. Martín de Jara
	1641-5-0007	338817	4115796	440,00	52	Sondeo	Abto. La Roda de Andalucía
	1641-5-0037	338537	4115368	420,00	98	Sondeo	Abto. La Roda de Andalucía
	1641+5+0040	338925	4116820	430,00	150	Sondeo	Abto. La Roda de Andalucía

Balance hídrico en las Sierras Sur y de Los Caballos (IGME, 2002)

Acuífero	Entradas (hm³/año)		Salidas (hm³/año)		Diferencia
Sierra del Tablón	-Recarga Infiltración lluvia	1,676	- Abto. urbano (Pruna)	0,382	
			- Manantiales y drenaje difuso	0,200	
			Total salidas	0,582	+ 1,094
Peñón de Algamitas	-Recarga Infiltración lluvia	0,908	- Abto. urb. (Algám. + Villan. S. Juan)	0,347	
			- Manantiales	0,150	
			- Drenaje difuso y agricultura	0,380	
			Total salidas	0,877	+ 0,031
Sierra del Tablón + Algámitas	Total entradas	2,584	Total salidas	1,549	+ 1,125

Acuífero	Entradas (hm³/año)		Salidas (hm³/año)		Diferencia
Sierra de los Caballos	-Recarga Infiltración lluvia	2,680	- Abto. urb. (Sierra de Yeguas)	0,300	
			- Abastecimiento agrícola	2,600	
			- Manantiales	0,000	
			Total salidas	2,900	- 0,220
Sierra de los Caballos	Total entradas	2,680	Total salidas	2,900	- 0,220

Acuífero	Entradas (hm³/año)		Salidas (hm³/año)		Diferencia
Detrítico de El Saucejo	-Recarga Infiltración lluvia	1,050	- Bombeos	0,360	
			- Drenaje (estimado)	0,690	
			Total salidas	1,050	0.000
Detrítico Martín de la Jara	-Recarga Infiltración lluvia	1,315	- Bombeo agrícola	1,000	
	-Retorno de riego	0,100	- Descarga arroyos/manantiales	0,350	
	Total entradas	1,415	Total salidas	1,350	+ 0,065
El Saucejo + Martín de la Jara	Total entradas	2,465	Total salidas	2,400	+ 0,065

Toda la zona	Total entradas	7,729	TOTAL SALIDAS	6,849	+ 0,880

en el Tablón y 0,380 en el Peñón). El resultado del balance indica que el Peñón de Algámitas se encuentra cercano al límite de su explotación, existiendo en la Sierra del Tablón del orden de 1 hm³/año de recursos no valorados y/o controlados, que son potencialmente aprovechables.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS DE EL SAUCEJO Y DE MARTÍN DE LA JARA

El acuífero de El Saucejo se explota con pequeños caudales en pozos de gran diámetro. La recarga por infiltración de agua de lluvia se cifra en 1,050 hm³/año. Los bombeos estimados, en función de las concesiones existentes, son del orden de 0,360 hm³/año y el drenaje se valora en 0,690 hm³/año.

En el acuífero de Martín de la Jara las obras de captación existentes corresponden casi en su totalidad a pozos a cielo abierto. El agua extraída se destina fundamentalmente a riego agrícola, que se ha evaluado en 1 hm³/año; siendo la recarga anual de 1,315 hm³/año. El balance muestra que existen unos excedentes medios de unos 0,35 hm³/año, aunque debe tenerse en cuenta que la divisora hidrogeológica existente imposibilita la movilización de recursos entre los sectores oriental y occidental.

ACUÍFERO DE LA SIERRA DE LOS CABALLOS

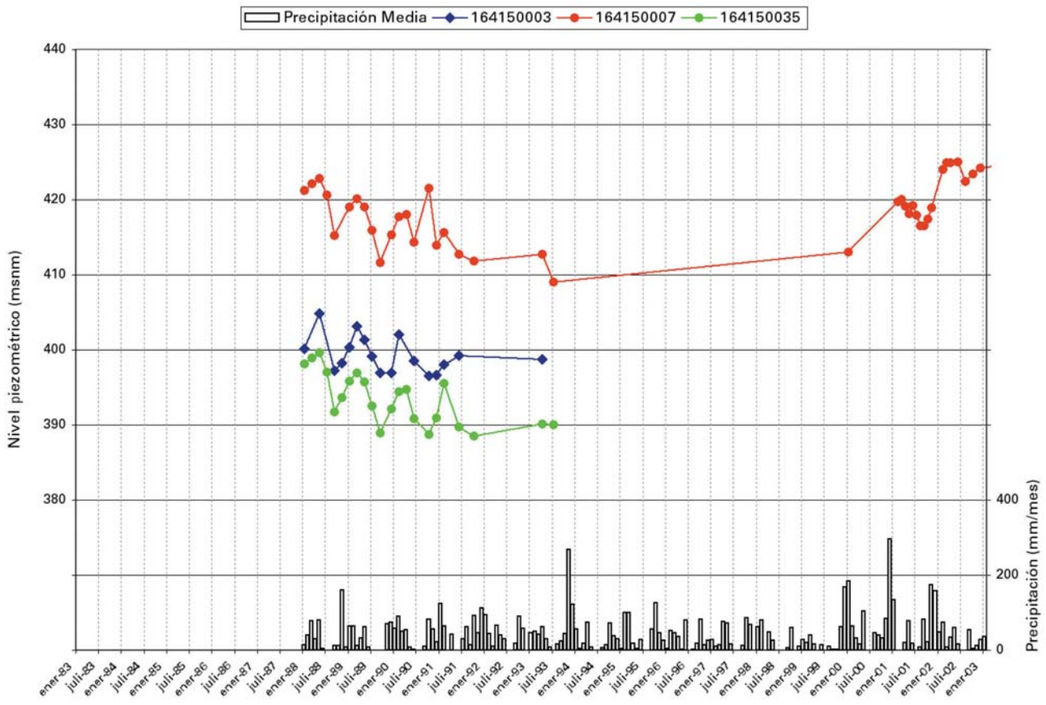
Los recursos estimados para un año de precipitaciones medias son del orden de 2,68 hm³/año. Las extracciones destinadas a abastecimiento urbano del núcleo de Sierra de Yeguas se valoran en 0,3 hm³/año, siendo el aprovechamiento agrícola del orden de 2,60 hm³/año. Como puede apreciarse en el balance, existe un pequeño déficit que parece indicar una ligera sobreexplotación del acuífero. No obstante, los niveles actuales en los antiguos sondeos de abastecimiento de Martín de la Jara y La Roda de Andalucía superan los iniciales desde su ejecución, lo cual apunta a la remisión del proceso de sobreexplotación y a la tendencia a la recuperación del acuífero.

11.14.6. PROBLEMÁTICA EXISTENTE Y PAUTAS PARA UNA ADECUADA OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN

Este conjunto de pequeños acuíferos aislados han estado tradicionalmente muy ligados al abastecimiento público de los pueblos de la Sierra Sur sevillana y presentan, en la actualidad, un notable interés local y estratégico para el abastecimiento de la población.

El principal problema detectado se relaciona con la calidad de las aguas. Los acuíferos de Martín de la Jara y de la Sierra de los Caballos presentan una alarmante contaminación por nitratos. Este hecho ha condicionado el abandono de los sondeos que abastecían a los núcleos de Los Corrales, Martín de la Jara y La Roda de Andalucía, ya que la concentración media se sitúa próxima a los límites permitidos en la legislación vigente y con tendencia al aumento. El origen del exceso de compuestos nitrogenados estaría relacionado con la actividad agrícola-ganadera de la zona, sin descartar la influencia de vertidos residuales de origen urbano.

Evolución piezométrica (1984-2002).
Acuífero carbonatado de la Sierra de los Caballos

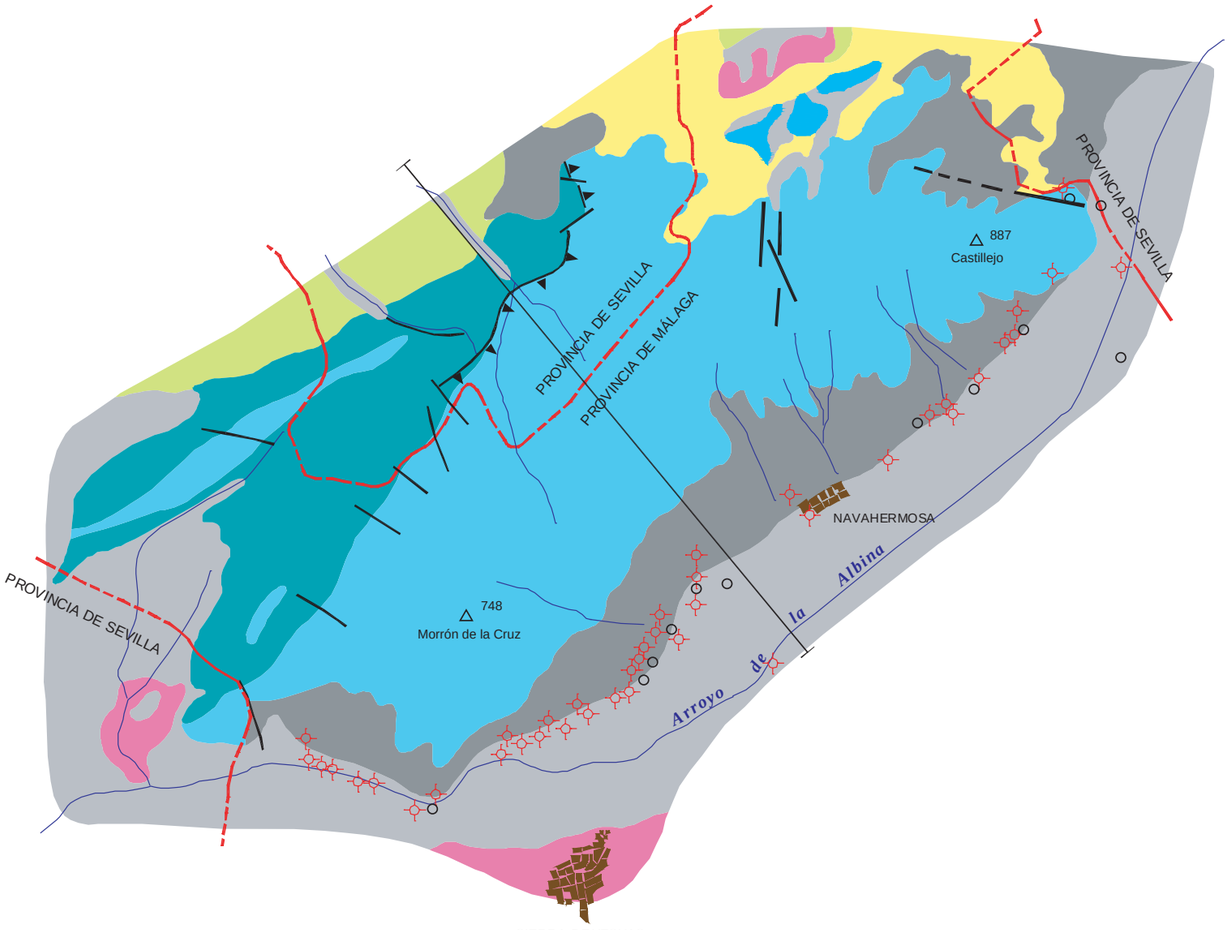


Por otro lado, una explotación excesiva y continuada puede dar lugar a la sobreexplotación de los acuíferos, como ocurrió en los años 80 en la Sierra de los Caballos, aunque actualmente la adecuación de las extracciones ha conducido a la remisión del descenso generalizado de los niveles. Además, las extracciones excesivas favorecen el aumento de salinidad de las aguas ligado a la naturaleza yesífera-salina de los materiales del Trías.

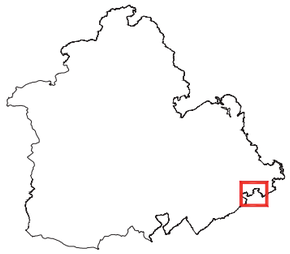
Por tanto, se propone como optimización y gestión el uso prioritario de estos acuíferos para abastecimiento urbano como fuente complementaria de abastecimiento público organizado en una mancomunidad de usuarios.

Además, dada la afección de la calidad detectada, sería recomendable la realización de un inventario de focos potenciales de contaminación, junto con la revisión de las técnicas y dotaciones de abonos y tratamientos agrícolas con el fin de aminorar el deterioro paulatino de la calidad química de las aguas de los acuíferos. Asimismo, con el fin de garantizar el abastecimiento a la población, se recomienda el establecimiento de perímetros de protección en dichas captaciones, donde se ordenen o limiten las actividades potencialmente contaminantes previamente inventariadas.

ACUÍFERO DE LA SIERRA DE LOS CABALLOS



SITUACIÓN



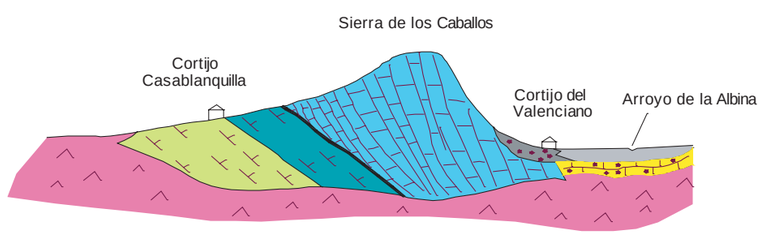
LEYENDA

LITOLOGÍA	EDAD GEOLÓGICA	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO
Arcillas, arenas y gravas, a menudo cementadas (depósitos de ladera)	Cuaternario	Media permeabilidad
Arenas, arcillas y cantos (depósitos fluviales)	Cuaternario	Alta permeabilidad
Areniscas bioclásticas, conglomerados y margas	Mioceno	Alta permeabilidad
Margas y margocalizas	Cretácico	Baja permeabilidad
Margocalizas y margas	Jurásico	Baja permeabilidad
Calizas y dolomías	Jurásico	Alta permeabilidad
Arcillas, margas, areniscas y yesos	Triásico	Baja permeabilidad

Escala gráfica

0 2 4 6 8 km

CORTE GEOLÓGICO



0 400

ESCALA VERTICAL (m)

0 1 2 km

ESCALA HORIZONTAL

SIMBOLOGÍA

- Núcleos de población
- Límite provincial
- Contacto geológico
- Falla
- Falla inversa
- Sondeo
- Pozo
- Cauce
- Localización corte hidrogeológico

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA · Instituto Geológico y Minero de España · DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Uso conjunto y recarga artificial

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA

Uso conjunto y recarga artificial

12.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La satisfacción de una determinada demanda hídrica a partir del uso planeado y coordinado de la componente superficial y subterránea del ciclo hidrológico se denomina gestión conjunta.

La cantidad en la que participa el agua de una u otra procedencia depende del estado inicial en que se encuentra cada elemento del sistema de recursos hídricos; de la cuantía, garantía y distribución temporal de la demanda que es preciso atender, así como de la calidad final del agua que se quiere obtener.

El estado que presenta cada uno de los elementos del sistema al cabo de cierto período de tiempo, así como su respuesta a las solicitaciones a las que se le somete, se determina a través de modelos numéricos muy sofisticados.

Previamente a la realización de esa etapa, se definen los elementos esenciales que configuran el sistema: acuíferos y ríos, demandas de agua e infraestructuras de almacenamiento y transporte, así como los vínculos y relaciones que existen entre los distintos elementos implicados en el sistema hídrico. A este conjunto de componentes reales o abstractos relacionados entre sí y con el exterior se le da el nombre de esquema topológico.

El uso conjunto trata un problema de optimización de la gestión del recurso hídrico que, normalmente, sólo contempla aspectos de cantidad ligados a consideraciones de carácter económico y a la faceta legal que lo hace viable. Este supuesto no implica que, en determinados casos, se consideren hipótesis de gestión fundamentadas en la mejora de la calidad del recurso hídrico o en la conservación del medio ambiente. A este respecto es preciso indicar que los aspectos cualitativos del uso conjunto se encuentran todavía insuficientemente desarrollados.

El uso conjunto, como filosofía de gestión hídrica, se puede caracterizar mediante tres ideas claves:

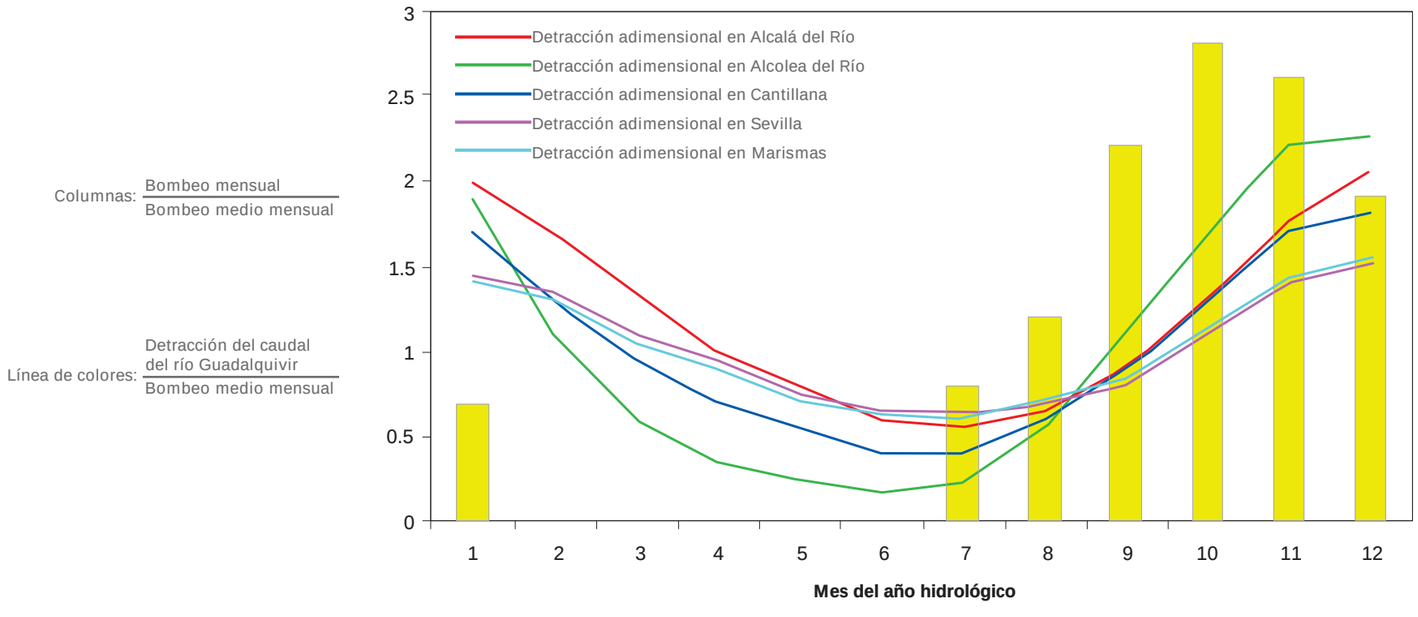
- Complementariedad de actuación entre las distintas componentes de un único recurso hídrico.
- Posibilidad de incrementar o mantener la disponibilidad de los recursos hídricos y/o de la garantía de suministro con una menor vulnerabilidad frente a las incertidumbres hidrológicas (por ejemplo, una sequía).
- Capacidad de obtener mejores resultados técnicos y económicos ante la presencia de una nueva situación hidrológica continuada (por ejemplo, un aumento de la demanda en un lugar concreto del sistema de recursos hídricos).

La recarga artificial se concibe como una herramienta de la gestión hídrica planificada en la que aguas superficiales ocasionales, sobrantes o especialmente destinadas a este fin, se almacenan en los acuíferos para incrementar los recursos hídricos y para mantener o constituir una reserva disponible para situaciones de escasez estacional o para sequías.

La recarga artificial es, pues, un elemento del sistema de recursos hídricos, al igual que lo son los embalses, los acuíferos, los canales, las acequias, los trasvases, la reutilización, la desalación, las demandas o las aportaciones. Evidentemente, su uso no tiene carácter universal, por lo que sólo interviene en aquellos sistemas de aprovechamiento de los recursos hídricos en que se precisa de su aplicación. Este hecho no es ajeno a otros elementos del sistema de recursos hídricos, como pueden ser los trasvases, la reutilización, la desalación o, incluso, aunque aparentemente no lo parezca, los embalses superficiales.

Simulación de la utilización conjunta del aluvial del bajo Guadalquivir a largo plazo

(Según López García y Sahuquillo 1983)



La recarga artificial es una técnica que, aunque interviene en algunos esquemas de uso conjunto, también tiene otra serie de aplicaciones no vinculadas con esta filosofía. A este respecto se pueden citar las actuaciones para corregir problemas de subsidencia, el aprovechamiento de las propiedades del suelo y de la zona no saturada como elemento de filtración o tratamiento tanto para aguas potables como residuales, o la dilución del excesivo contenido en nitratos, cloruros u otros constituyentes químicos de las aguas de determinados acuíferos.

12.2. EL USO CONJUNTO EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

En la provincia de Sevilla, al igual que en el resto de España, el uso conjunto responde a una casuística generada desde abajo, es decir, por iniciativa de los usuarios que, de forma individual u organizados en Comunidades, perciben, en su momento, la necesidad de crear o de mantener una explotación conjunta de aguas superficiales y subterráneas.

Esta aptitud es manifiesta en el acuífero cuaternario del Guadalquivir, donde son numerosos los regantes que, en épocas de sequía, hacen uso de sus pozos para complementar los caudales servidos a través de los canales del Valle Bajo, Bajo Guadalquivir y Viar.

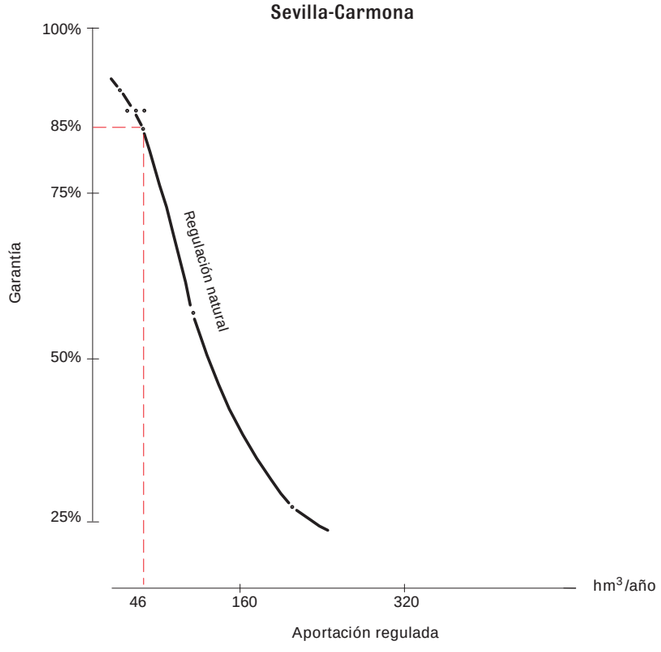
En otras zonas de la provincia de Sevilla, aunque en menor medida, también se procede de igual forma. Así, cuando las condiciones climáticas no son favorables, no es inusual que algunos abastecimientos urbanos o ciertos regadíos que se satisfacen exclusivamente con aguas superficiales, busquen un complemento en las aguas subterráneas. Éstas, normalmente, proceden de bombeos realizados en las formaciones permeables de Sierra Morena, Mioceno de Base, Sierra de Estepa, Aljarafe y Almonte-Marismas, y su apoyo se circunscribe a las áreas colindantes o localizadas sobre estos acuíferos.

Aunque aparentemente la iniciativa en la aplicación del uso conjunto ha correspondido hasta la fecha a los usuarios, la Administración nunca fue ajena a la implantación de este sistema de gestión de los recursos hídricos. Así, a principio de la década de 1980, el Servicio Geológico de Obras Públicas realizó un modelo de utilización conjunta, aplicando el método de los autovalores, en el aluvial del Bajo Guadalquivir. El estudio pretendía un doble objetivo. Por una parte, evaluar el volumen anual de recursos que podrían liberarse de la regulación general de la cuenca y, por otra, evaluar el potencial del acuífero para complementar dotaciones en años de escasez de recursos hídricos.

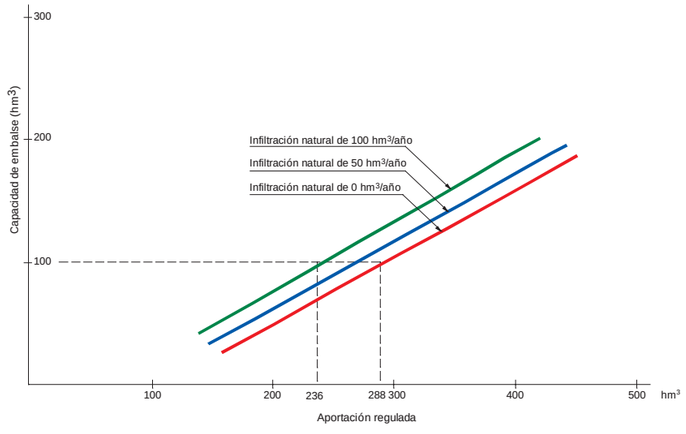
Las simulaciones realizadas pusieron de manifiesto que:

- El acuífero presenta unas excelentes condiciones para su utilización en periodos de sequía.
- Las detracciones que un bombeo anual cíclico producen en diversos puntos del río Guadalquivir (Alcolea del Río, Cantillana, Alcalá de Río, Sevilla y Marismas), muestran que los caudales detraídos del río no presentan importancia, en términos relativos, frente a los medios que circulan por el mismo.

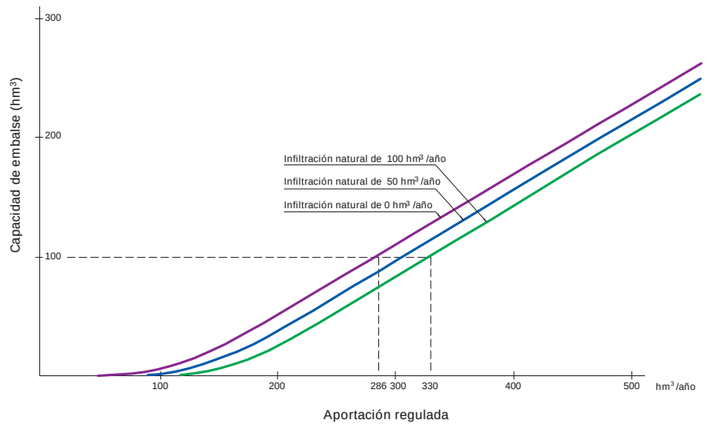
Curva de regulación natural del rio Guadalquivir a la entrada de la Unidad Sevilla-Carmona



Curvas de regulación del Bajo Guadalquivir para una garantía del 100% y diferentes valores de infiltración natural



Curvas de regulación del Bajo Guadalquivir para una garantía del 85% y diferentes valores de infiltración natural



- La aplicación de la tecnología de la recarga artificial en años de excedentes hídricos podría contribuir a mejorar los resultados obtenidos.

Con relación a este último supuesto, el Instituto Geológico y Minero de España analizó el comportamiento del acuífero Sevilla-Carmona utilizando el mismo como un embalse regulador, que se bombearía en verano y se recargaría artificialmente en invierno mediante agua derivada del río.

Dicho estudio puso de manifiesto, a partir de la curva de regulación natural del río Guadalquivir a la entrada del acuífero que, para cubrir la demanda agrícola con una garantía del 85%, la aportación regulada era tan sólo de 46 hm^3/año.

Asimismo permitió determinar que, para una capacidad de embalse del acuífero de 100 hm^3, la aportación regulada, con garantía del 85%, era de 286 hm^3/año si no había infiltración natural; de 308 hm^3/año, si la infiltración natural era de 50 hm^3/año; y de 330 hm^3/año si la infiltración era de 100 hm^3/año.

Estos resultados permitían estimar una regulación cercana a los 300 hm^3 que, una vez deducidos los aproximadamente 50 hm^3/año correspondientes a la regulación natural, multiplicaban por cinco el flujo básico regulado naturalmente en el Bajo Guadalquivir. Ahora bien, si la garantía se incrementaba hasta el 100%, la aportación regulada (aproximadamente 250 hm^3/año) seguía siendo la misma que para una garantía del 85%, ya que para una garantía del 100% la regulación natural es nula. Por tanto, se podría concluir que, mediante la explotación y recarga artificial de las terrazas media y baja del acuífero cuaternario del Guadalquivir, se conseguiría un aumento de regulación cifrado en 250 hm^3/año.

12.3. EXPERIENCIA PILOTO DE RECARGA ARTIFICIAL DEL ACUÍFERO ALUVIAL DEL BAJO GUADALQUIVIR

El modelo matemático del Aluvial del Guadalquivir y de la unidad de Calcarenitas de Carmona, fue realizado con el objeto de evaluar la respuesta del acuífero frente a diversas alternativas de explotación, que incluían la posibilidad de contemplar recarga artificial de acuíferos. El modelo del acuífero se realizó sobre la base de una discretización en celdas de forma cuadrada y tamaño de 2 km x 2 km. Entre los resultados obtenidos, se puso de manifiesto la necesidad de hacer recarga artificial para explotaciones del orden de 100 hm^3/año.

Las condiciones de sequía presentes en 1989 impulsaron a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir a poner en marcha una serie de medidas encaminadas a incrementar las disponibilidades de agua para estos períodos. Entre las más significativas, cabe destacar la de utilizar el acuífero aluvial como un embalse regulador, que se alimentaría en invierno con los excedentes sobrantes de la actual regulación y se explotaría en verano en función de las necesidades de agua que precisara la Comunidad de Regantes del Valle Inferior. Éstas se cuantifican en un orden de magnitud comprendido entre 15 hm^3/año y 20 hm^3/año.

Para la realización de las obras de recarga artificial se seleccionó la margen izquierda del río, a la altura del canal del Bajo Guadalquivir, ya que en este margen el acuífero que conforman las terrazas aluviales del Guadalquivir tiene una mayor extensión.

No obstante, antes de emprender la construcción del dispositivo de infiltración, fue necesario realizar una serie de estudios hidrogeológicos de detalle para conocer la geometría del acuífero y de la superficie piezométrica, así como las características y funcionamiento de éste y la calidad química del agua. Los trabajos necesarios para lograr estos objetivos fueron: inventario de puntos de agua, geofísica eléctrica, sondeos de investigación, cartografía hidrogeológica, ensayos de bombeo y nivelación de puntos acuíferos.

Una vez concluidos dichos trabajos, se diseñó el dispositivo de recarga, que tuvo en cuenta las características geológicas de la zona y la calidad del agua a utilizar, posiblemente con un alto contenido de sólidos en suspensión. Estos condicionantes aconsejan que la recarga se establezca como un dispositivo mixto de zanja, rellena de arena y grava que actúe de filtro, con sondeos dentro de ésta que atravesaran totalmente el acuífero hasta tocar la base impermeable del mismo.

Aunque se han construido dos dispositivos de recarga, sólo se ha vertido agua sobre el localizado en el término municipal de Guadajoz. Esta unidad de recarga consiste en una zanja de 300 m de longitud con una anchura de 11,80 m en su parte superior y una profundidad de 5 m. En el fondo de la zanja se ha dispuesto un filtro de arena y grava, con el fin de detener los sólidos en suspensión y proceder a una primera depuración, diseñado en tres capas: una superior de arena clasificada y dos inferiores de grava de diferente calibre. Dentro de la zanja se han construido una serie de pozos a una distancia de entre 15 y 20 m, con un diámetro de 1,5 m que llegan hasta la base impermeable del acuífero, que nunca supera los 20 m de profundidad. Los pozos están revestidos con anillos de hormigón agujereados en toda su longitud. La instalación descrita se complementa con una pequeña balsa de decantación, con un canal de conexión y con una instalación de bombeo. Asimismo, con el fin de controlar adecuadamente el proceso de recarga, se diseñó una red piezométrica de control constituida por 21 puntos, de los cuales 11 pertenecen a la red de la CHG y 10 a la red complementaria instalada por el IGME. Estos puntos se distribuyen desde la propia balsa de recarga hasta una distancia máxima de 2.600 m.

Hasta el momento, se han realizado dos ensayos de recarga de corta duración durante el mes de junio de 1993 y el mes de marzo de 1994.
El periodo de funcionamiento ha sido tan corto debido a la coincidencia con la campaña de riegos y la fuerte sequía del año hidrológico 1992-1993, ya que los caudales fluyentes por el río Guadalquivir se han destinado al abastecimiento de poblaciones, incluso de la ciudad de Sevilla y su entorno.

No obstante, se pudo evaluar la respuesta del acuífero frente al efecto producido por la recarga artificial a partir de la red piezométrica descrita anteriormente. La frecuencia de muestreo de esta red se estableció de acuerdo a campañas de

medidas programadas tanto con anterioridad como con posterioridad al comienzo y finalización de la experiencia de recarga, así como durante la fase de infiltración. En uno de los piezómetros se instaló un sensor continuo que registró las oscilaciones de nivel y temperatura cada 15 minutos.

Las principales conclusiones que se desprenden del análisis piezométrico son las siguientes:

- La respuesta piezométrica en las inmediaciones de la instalación es muy rápida, con ascensos de hasta 3 o 4 metros. Los descensos, a los diez días de finalizada la experiencia, pueden evaluarse por término medio en 1,5 m, lo que implica que la fase de descarga es más lenta que la de recarga.

- Los ascensos medidos en los piezómetros localizados a una distancia intermedia pueden cuantificarse en 1,5 m, con un desfase entre caudal infiltrado y el incremento del nivel piezométrico de 7-10 días. Se ha comprobado que transcurridos 21 días desde la finalización de la recarga aún no había cesado la influencia de ésta.

- El coeficiente de almacenamiento, deducido sobre la base del área de embalse afectada por la recarga, puede cuantificarse en 11 x 10^{-2}. Con este valor, 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 estaría comprendido entre 57 y 150 días.

Los resultados obtenidos pueden ser considerados como muy positivos aunque, debido a la corta duración de la experiencia de recarga, no puede inferirse de ellos, para este caso concreto, la viabilidad técnica y económica de la tecnología en estudio, ni proponer alternativas de gestión basadas en la misma que optimicen el aprovechamiento de los recursos del acuífero hasta que no se realice una experiencia de larga duración.

La principal problemática que se presenta en esta instalación de recarga deriva del alto contenido en sólidos en suspensión que presenta el agua de recarga a la entrada de la instalación (250 mg/l) y de la baja eficiencia del dispositivo de decantación construido para tal efecto.

12.4. PRUEBAS DE RECARGA ARTIFICIAL EN EL ACUÍFERO DE LAS CALCARENITAS DE CARMONA

Las calcarenitas de Carmona constituyen un acuífero detrítico, con una superficie de afloramiento de unos 150 km^2, 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 km^2.

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.

Esta explotación ha dado lugar a un déficit que asciende a unos 9,5 hm^3/año, de los que 5,5 hm^3/año corresponden a la subunidad septentrional (Carmona-Alcalá de Guadaira) y el resto, 4 hm^3/año, a la subunidad meridional (Dos Hermanas).

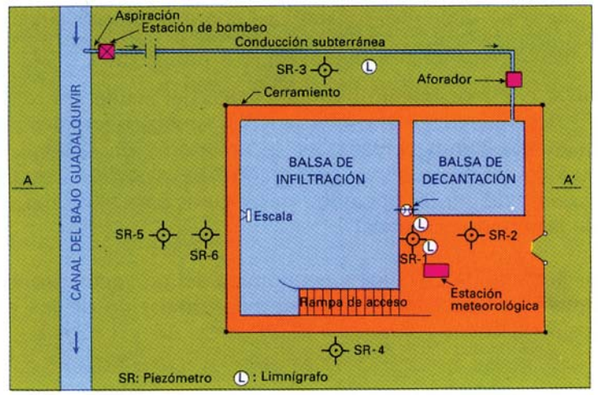
En esta última zona es donde se ha realizado la experiencia de recarga artificial, que se localiza a 10 kilómetros al sur de la ciudad de Sevilla, dentro del término municipal de Dos Hermanas, y a una distancia aproximada de 1 km del canal del Bajo Guadalquivir.

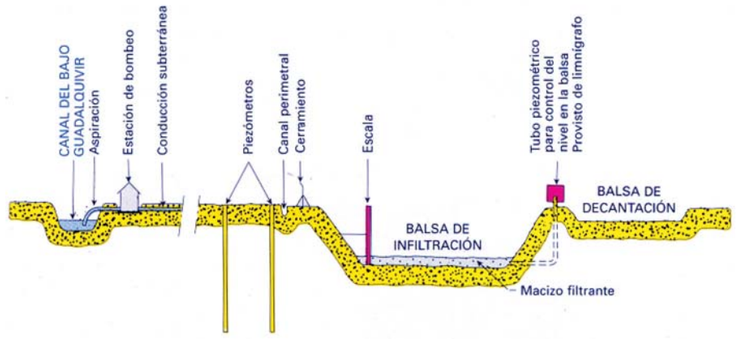
La instalación de recarga que se ha diseñado, una balsa de infiltración con su correspondiente dispositivo de decantación, se alimenta con agua procedente del canal del Bajo Guadalquivir. La evaluación de la respuesta del acuífero frente al efecto de recarga se realiza a partir de una serie de redes de vigilancia (meteorológica, piezométrica, foronómica, etc.), construidas expresamente para la experiencia e instrumentalizadas con diversos equipos específicos de control.

Sobre la instalación se han realizado un total de tres ensayos, cuyos resultados se reflejan en el cuadro adjunto. Como complemento a las pruebas efectuadas sobre la instalación de tipo superficial descrito anteriormente, se programó un cuarto ensayo que empleó el método de recarga en profundidad. Para llevar a cabo esta experiencia fue necesaria la construcción de un pozo de 9,5 metros de profundidad y 1,2 metros de diámetro, con una superficie útil de infiltración de 28 m^2. El caudal medio recargado por esta instalación, para los 7 días que duró el ensayo, resultó ser de 6,8 l/s y el volumen total infiltrado de 3.600 m^3, lo que supone una tasa de infiltración media de 18 m/día.

Canal del Bajo Guadalquivir (1)

Esquema de las instalaciones de recarga artificial





El estudio permitió concretar el volumen anual susceptible de ser recargado, para distintos valores de la superficie útil de infiltración. Así, para una hipótesis conservadora, coeficiente medio de infiltración de 5 m/día, es necesario una superficie útil de infiltración de 1,5 hectáreas para recargar en un período de operación de 4 meses/año, los 9,5 hm^3/año.

Resumen de los ensayos realizados por el IGME en el acuífero de las Calcarenitas de Carmona

	1er ensayo	2º ensayo	3er ensayo
Duración	4-12 julio/90	5-15 abril/91	24/5 a 6/8 del 92
Volumen recargado (m^3)	35.000	76.000	326.000
Caudal medio (l/s)	45	78	38
Ascenso máximo (m)	4,58-2,62	5,23-0,53	5,12-0,92
Capacidad de infiltración media (m/s)	8	14	9
Ascensos residuales (15 días)	-	1,52-0,49	-
Transmisividad (m^2/d)	-	420 y 305	385 y 305
Coeficiente de almacenamiento	-	9 a 16 $x10^{-2}$	9 a 32 x 10^{-2}
Superficie afectada por la recarga (m^2)	-	-	320.000

12.5. ENSAYOS DE RECARGA ARTIFICIAL EN EL ACUÍFERO DE LEBRIJA

El acuífero de Lebrija se sitúa al sureste de la población del mismo nombre, en el extremo meridional de la provincia de Sevilla. En 1987, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir encargó al Servicio Geológico de Obras Públicas que estudiara dicho acuífero con vistas a la realización de una posible recarga artificial con aguas de excedentes invernales del canal del Bajo Guadalquivir.

Las actuaciones hidrogeológicas que se programaron comprendieron la realización de una serie de sondeos eléctricos verticales (SEV) con el fin de estudiar la resistividad y composición de la litología del acuífero, para así establecer la situación de pozos experimentales y de una red de puntos, a perforar con testigo continuo, que posteriormente se acondicionarían como piezómetros de control de nivel y calidad química del agua.

En concreto se realizaron dieciocho perforaciones con testigo continuo y cinco pozos de investigación, estableciendo una red piezométrica de cincuenta puntos, que permitió realizar cortes geológicos y definir la geometría del acuífero, así como medir los niveles piezométricos y las características químicas de las aguas.

Los datos suministrados por los anteriores estudios permitieron situar el lugar idóneo para ubicar una serie de pequeñas balsas experimentales de recarga que deberían contribuir a despejar las dudas en cuanto a la capacidad de infiltración, almacenamiento y distribución del agua en el acuífero, para así concretar la viabilidad del proyecto.

Bomba instalada en pozo para riego complementario o alternativo de finca de olivar.
Arenas pliocuaternarias del acuífero Almonte-Marismas, Villamanrique de la Condesa (1)

Instalación de recarga, junto al Canal del Bajo Guadalquivir. Oeste de la localidad de Guadajoz (1)

Abastecimiento público y regadío con aguas subterráneas

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Abastecimiento público y regadío con aguas subterráneas

13.1. ABASTECIMIENTO

En lo referente al abastecimiento, se indican diversos aspectos del abastecimiento público y urbano de agua en la provincia de Sevilla, reflejándose la situación a fecha 1999 y procediendo a compararlo con años anteriores.

En base al **origen** del agua, se distinguen tres tipos de abastecimientos: subterráneo, superficial y mixto.

En la provincia de Sevilla, en el año 1999, se abastecieron con aguas superficiales el 83 % de la población y el 17 % con aguas de origen subterráneo, tal como se indica en la tabla y figura que aparecen a continuación.

Distribución de la población de la provincia de Sevilla, en base al origen del agua de abastecimiento. Año 1999

Origen abastecimiento	Nº personas	%
Superficial	1.417.252	83
Mixto	169.069	10
Subterráneo	118.999	7
Total abastecido con agua subterránea (Mixto + Subterráneo)	288.068	17

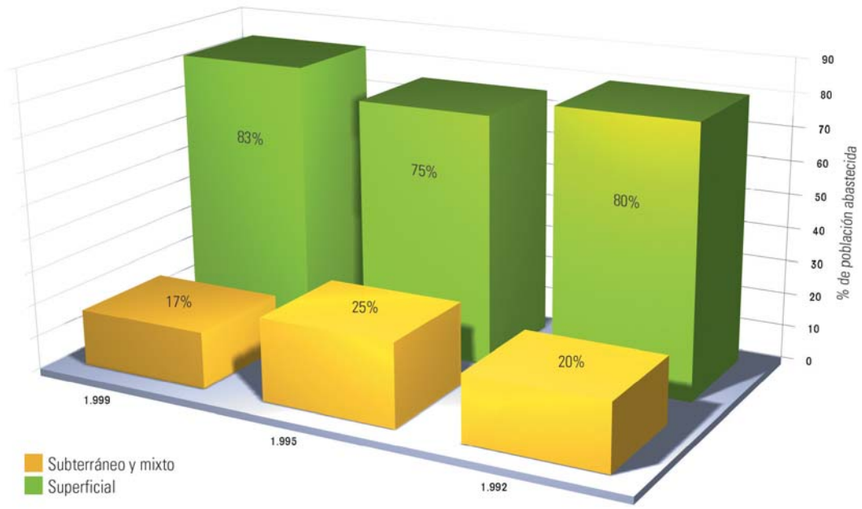
En la figura anterior y en la tabla siguiente, se detalla la evolución de la población abastecida con aguas subterráneas en los años 1992, 1995 y 1999. Se observa que las cifras se mueven en similares órdenes de magnitud en los años 1992 y 1999 y se aprecia un aumento de la proporción de aguas subterráneas en el año 1995, coincidiendo con el periodo de sequía padecido en Andalucía.

Origen del agua para abastecimiento y población (%)

	1.992	1.995	1.999
Subterráneo y mixto	20	25	17
Superficial	80	75	83

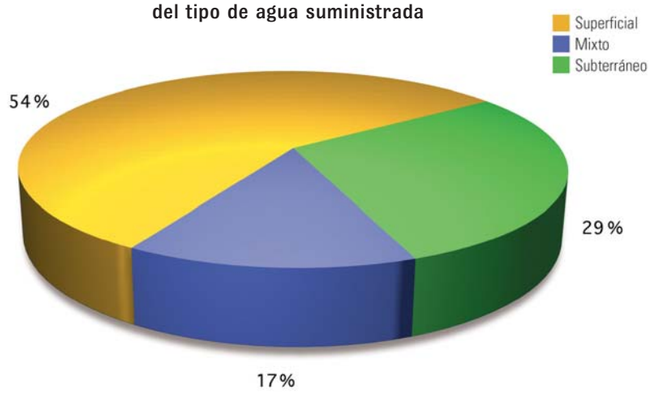
Para evaluar realmente la importancia que las aguas subterráneas tienen en el abastecimiento público, es preciso considerar, además del número de habitantes abastecidos, la distribución de los núcleos de población y los términos municipales en los que se utilizan esas aguas para abastecimiento público.

Evolución del abastecimiento a la población en función del origen del agua



Porcentaje de núcleos de población en función del tipo de agua suministrada

Porcentaje de términos municipales en función del tipo de agua suministrada



La población abastecida con aguas de origen subterráneo, bien de forma exclusiva o bien como fuente complementaria, habita en 73 núcleos de población (53% del total), que se engloban en 47 términos municipales (45% del total). Además, existe un importante número de poblaciones que, aunque se abastecen con aguas de origen superficial, disponen de captaciones de agua subterránea, que las utilizan en situaciones de emergencia: son un total de 38 núcleos urbanos, que se engloban en 37 municipios y que suman una población de 298.465 personas (17% del total provincial).

Según esto, son un total de 577.533 habitantes (34%) los que se abastecen regularmente o en situaciones de emergencia con aguas de origen subterráneo.

En la tabla siguiente, se detalla el número de poblaciones con aguas subterráneas en su abastecimiento, para los años 1992, 1995 y 1999. Se puede observar que, entre 1992 y 1995, se produjo un aumento considerable de núcleos de población que utilizaron las aguas subterráneas, coincidiendo con el último periodo de sequía sufrido en Andalucía. Al término de la sequía, en 1995, y comparando con los datos de 1999, se observan cifras similares a 1992. Esto refleja la importancia que tiene el disponer de captaciones de agua subterránea operativas, para captar recursos cuando los de origen superficial escasean.

Evolución del uso de aguas subterráneas, 1992 a 1999

	1.992	1.995	1.999
Núcleos población	66	105	73
Términos municipales	53	71	47

En cuanto al **volumen** de agua subterránea, durante el año 1999 se suministraron en la provincia de Sevilla un total de 17.872.000 m^3 de aguas de origen subterráneo, para abastecimiento de la población. En el año 1995, el volumen ascendió a 21.589.000 m^3.

En la actualidad, se dispone de un total de 190 obras de captación de agua, destinadas al abastecimiento urbano en la provincia. En la tabla se detallan, clasificadas por el tipo de captación:

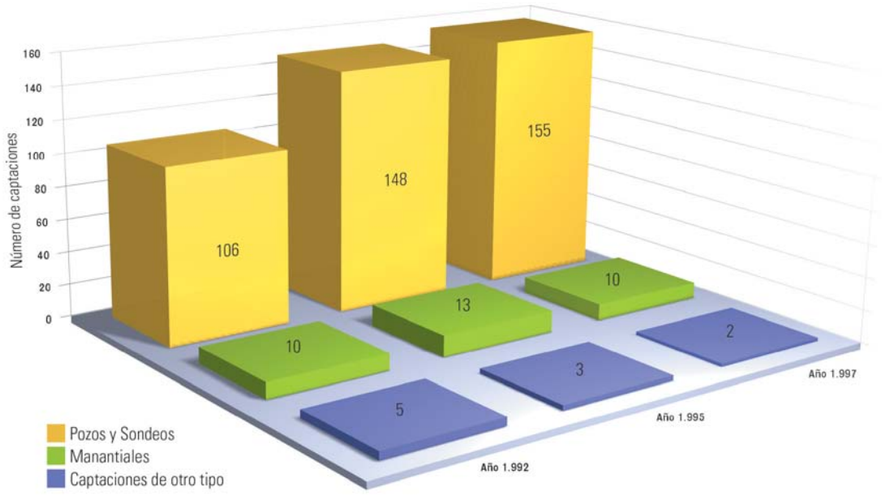
Captaciones de abastecimiento, año 1999

	Número captaciones	Captaciones sólo en emergencias
Pozo	43	8
Sondeo	112	36
Manantial	10	
Galería	2	
TOTAL CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS	167	44
Embalse	21	1
Canal	2	2
TOTAL CAPTACIONES	190	47

De éstas, captan agua subterránea un total de 167. La evolución de las captaciones de agua subterránea para los años 1992, 1995 y 1999 se detalla en el gráfico que aparece a continuación. Se observa un aumento de las mismas, sobre todo entre los años 1992 y 1995.

Respecto a su localización hidrogeológica, las 167 captaciones explotan 12 unidades hidrogeológicas, que se detallan en la tabla.

Tipo y número de captaciones subterráneas.
Años 1992, 1995 y 1998



Distribución de las captaciones de agua subterránea por unidades hidrogeológicas

Cuenca	04	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	06	TOTAL
U.H.	99	43	45	46	47	48	49	50	51	52	99	41	
Pozo	1		10	1	6	8	1				16		43
Sondeo		12	16	4		7	33	3	4	4	27	2	112
Manantial	2		5			1	1				1		10
Galería											2		2
Total	3	12	31	5	6	16	35	3	4	4	46	2	167

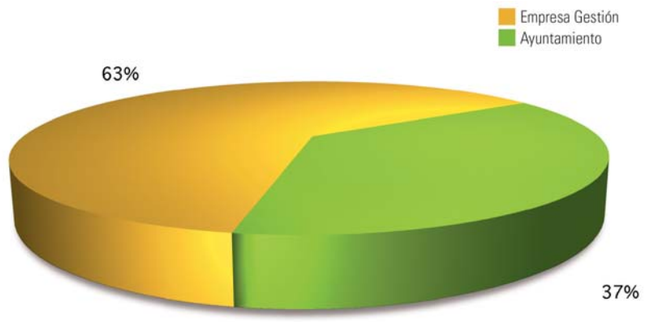
Cuencas Hidrográficas: 04: Guadiana, 05: Guadalquivir, 06: Sur. Unidades hidrogeológicas: 04.99: Aislado, 05.43 :Sierra de Estepa, 05.44: Altiplanos de Écija, 05.45: Sierra Morena, 05.46: Aluvial del Guadalquivir), 05.47: Sevilla-Carmona, 05.48: Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla, 05.49: Niebla-Posadas, 05.50: Aljarafe, 05.51: Almonte-Marismas, 05.52: Lebrija, 05.99: Acuífero aislado, 06.41:Sierra del Cañete

En cuanto a la gestión del abastecimiento, la mayor parte de los 105 municipios de la provincia tienen su abastecimiento gestionado por una empresa. Son 39 los municipios cuyo abastecimiento es gestionado por sus respectivos ayuntamientos, mientras que en el resto (66) se gestiona a través de diversas empresas concesionarias del servicio.

En el año 1995 las cifras eran similares: 41 con gestión municipal frente a 64 con empresas de gestión.

Existen, en la provincia, varias Mancomunidades de Abastecimiento, que se encargan de gestionar el abastecimiento de agua de varios municipios; en unas, se gestiona desde la explotación hasta la distribución (ALJARAFESA, Huesna y EMASESA) y, en otros casos, gestionan alguna de las fases o etapas que configuran el abastecimiento: Plan Écija (gestionan la distribución del agua antes de la potabilización), Mancomunidad Aguadulce, Pedrera y Osuna (gestiona un sondeo de abastecimiento conjunto) y Mancomunidad de Los Corrales y Martín de la Jara (gestiona los sondeos de abastecimiento).

Gestión del abastecimiento. Año 1999



Un aspecto importante en la gestión del abastecimiento es el control del consumo de agua. En el año 1995, cuando se realizó el estudio global de la provincia, se detectó que una de las principales deficiencias era la inexistencia de un correcto control, debido a que no se disponía de contadores globales en la mayoría de los municipios ni contadores en las captaciones.

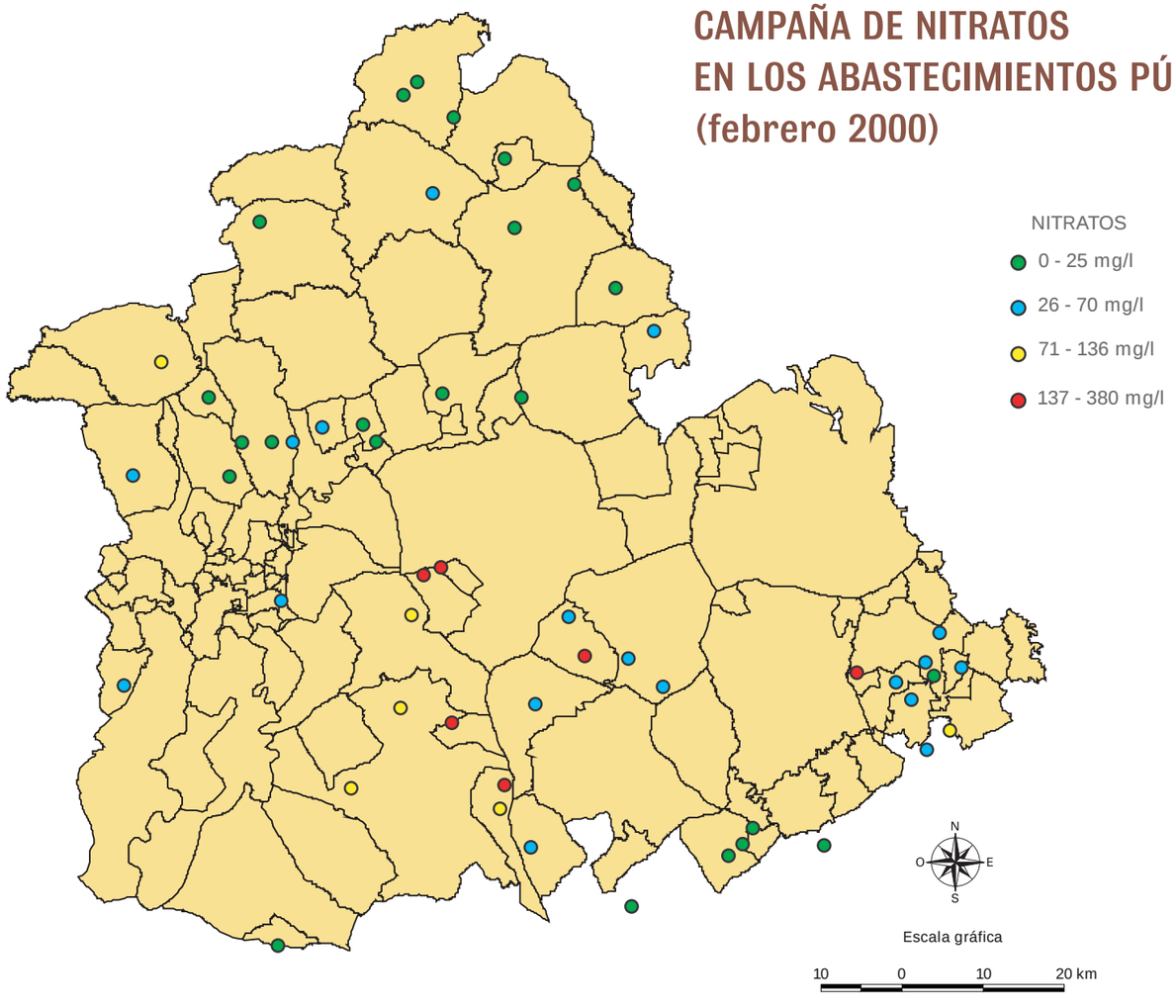
En esas fechas, de los municipios que no estaban incluidos en EMASESA, ALJARAFESA o Plan Écija, tan sólo 16 contaban con contadores globales, situados a la entrada o salida de los depósitos. En 1998, considerando estos mismos, son 38 los que cuentan con dichos contadores (de éstos, 5 han sido incluidos en la mancomunidad del Huesna).

En lo que respecta a la calidad de agua, las aguas subterráneas de abastecimiento urbano son aguas de buena calidad que, en la mayoría de los casos (72%), no sobrepasan ningún límite de potabilidad (RD 1138/1990), siendo la caracterización hidroquímica predominante la definida por una facies bicarbonatada cálcica, mineralización débil y muy duras.

Si bien la calidad del agua empleada para el abastecimiento es buena y cumple, como no podía ser de otra manera, con el Reglamento Técnico-Sanitario, sin embargo el problema más acuciante que se plantea, en los abastecimientos públicos, es la creciente, y de momento imparable, contaminación de las aguas subterráneas por productos nitrogenados, procedentes en su mayor parte de las prácticas agrícolas. De hecho, en algunas de las poblaciones en las que el origen del abastecimiento es mixto, se logra una calidad satisfactoria, debido a la mezcla del agua subterránea con la superficial, ya que en algunos acuíferos detríticos de la provincia de Sevilla (casos de los acuíferos Sevilla-Carmona, Arahal-Paradas-Morón, Altiplanos de Écija y Aluvial del Guadalquivir) se dan unas concentraciones alta de nitratos, que no permiten que se pueda cubrir el abastecimiento a la población con la sola ayuda de las aguas captadas en esos acuíferos.

Sin duda alguna, el gran reto que se plantea es el de preservar la calidad del agua subterránea, en especial en aquellos acuíferos que sirven para el abastecimiento de poblaciones que no disponen de otras fuentes alternativas de suministro. Tal es el caso, en la provincia de Sevilla, de los acuíferos de la Sierra de Estepa, Sierra Norte y Mioceno de base, para los que se deberían intensificar la creación y delimitación de zonas de protección en estos acuíferos.

CAMPAÑA DE NITRATOS EN LOS ABASTECIMIENTOS PÚBLICOS (febrero 2000)



13.2. EL RIEGO EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

En la provincia de Sevilla y según datos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, recogidos en el Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía, el número de hectáreas que se riegan es de 228.273, de las que el 79% (179.634 ha) son regadas con aguas superficiales - con un apoyo del agua subterránea del 22% - y exclusivamente con aguas subterráneas 48.639 ha (21%), empleándose para ello unas dotaciones de riego por hectárea que van desde los 2.967 m^3/ha del olivar a los 9.328 m^3/ha del arroz. La dotación media se sitúa en los 6.000 m^3/ha.

En lo que se refiere al riego con aguas superficiales, las conducciones de riego son las que figuran en la tabla adjunta.

La calidad del agua empleada para el riego es, en porcentaje, buena en el 40%, mala en el 25% y regular en el 30%.
Entre los sistemas empleados para el riego, hay que destacar que el riego por gravedad es el más utilizado (53%), seguidos de la aspersión (26%) y los localizados (21%). El precio del agua empleada para el riego es, para el agua superficial, de 0,027 euros/m^3 , mientras que para la subterránea es de 0,026 euros/m^3.

Por cultivos, y atendiendo a la superficie de los mismos, destacan los extensivos de invierno con el 42 %, seguidos de los extensivos de verano (13%), arroz (16%), olivar (11%), hortícolas al aire libre (8%), cítricos (6%) y frutales (4%).

El tamaño medio de las explotaciones agrarias es de 14,8 ha, siendo el más frecuente el comprendido entre 10 y 20 ha. El régimen de tenencia de la tierra es en propiedad en el 79% de los casos y en arrendamiento y otros en el 21%.

Conducciones de riego

Zona Regable	Tipo	Toma del canal, río o presa	Capacidad de transporte	Superficie dominada (ha)	Longitud (km)	Inicio explotación
Viar	Canal	Presa derivación del Viar	9,6	11.802	84	1953
Tramo Inicial del Bajo Guadalquivir	Canal	Presa de Peñaflor	90	94.549	28	1921
Valle Inferior	Canal	Cuenco del tramo de origen(Presa de Peñaflor)	20	20.93	52	1921
Bajo Guadalquivir	Canal	Cuenco del tramo de origen(Presa de Peñaflor)	55	74.456	215	1967
Salado de Morón	Canal	Embalse de Torre del Águila	2,5	1.579	14	1950

De la importancia del agua subterránea en la economía de la provincia, dan idea los datos aportados en la siguiente tabla.

Riego con agua subterránea en la provincia de Sevilla

Cultivo	Hectáreas	Producción (euros/ha)	Empleo (U.T.A.)
Arroz	1.620	1.927,81	50
Cítricos	4.148	3.965,77	1.369
Extensivos de invierno	13.591	1.053,14	411
Extensivos de verano	3.243	1.013,01	73
Frutales	1.119	7.501,90	612
Hortícola aire libre	5.071	5.872,04	1.028
Olivar	21.547	1.735,96	4.097
Otros	217	2.404,05	130

1 U.T.A. = 262 jornales/año

Zona regable del Bajo Guadalquivir, al oeste de Marismillas (1)

Canal del Bajo Guadalquivir. Estación de Las Alcantarillas (Utrera) (1)

13.3. CONCLUSIONES SOBRE EL ABASTECIMIENTO Y EL REGADÍO CON AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

En base a lo expuesto, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

POBLACIÓN Y ORIGEN DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO

En el año 1999, se abastecían en la provincia de Sevilla un total de casi 300.000 habitantes (17%) con aguas de origen subterráneo. En el año 1995 era el 25%, mientras que en 1992 la cifra se situaba en el 20%. Se observa que, durante la última sequía padecida, se produjo un aumento de la utilización de este agua para el abastecimiento público.

Respecto al número de poblaciones que las emplearon, variaron en ese periodo de forma similar: 66 poblaciones en 1992, 105 en 1995 y 73 en 1999.

CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO

Son un total de 190 captaciones las que se emplean para el abastecimiento urbano en la provincia. De éstas, 167 captan aguas subterráneas y el resto son embalses.

EVOLUCIÓN DE LA EXPLOTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ABASTECIMIENTO

Analizando la evolución del uso de las aguas subterráneas para abastecimiento, entre 1992 y 1999, se observa que entre esos años se produjo un aumento de su utilización, mientras que descendió después de 1995. Este patrón de evolución coincide con el periodo de sequía sufrido en la región antes de 1995.

NÚMERO DE HECTÁREAS REGADAS CON AGUA SUBTERRÁNEA

En la provincia de Sevilla, el número de hectáreas regadas con aguas subterráneas representa un 21% del total de las regadas (48.639 ha). En épocas de sequía, este número crece considerablemente, sirviendo de apoyo en el 22% de las regadas con aguas superficiales.

Este hecho demuestra cuantitativamente la importancia de las aguas subterráneas como fuente complementaria de abastecimiento público y en el regadío.

Finca en regadío con agua subterránea. Aluvial del Guadalquivir (1)

Depósito de abastecimiento de Fuentes de Andalucía, cofinanciado por la Diputación de Sevilla y realizado bajo la dirección de su personal técnico. Actualmente, el agua proviene del embalse del Retortillo (1)

VER NAVEGACION

Aguas minerales y termales

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Aguas minerales y termales

14.1. ASPECTOS GENERALES

El nombre genérico de aguas minerales se refiere a aguas habitualmente de procedencia subterránea con unas características físicas o químicas que las diferencian del resto, tratándose de aguas de circulación profunda y, generalmente, con un prolongado tiempo de residencia en el acuífero. El tiempo de residencia en el acuífero, la profundidad de donde proceden y el gradiente geotérmico dan lugar a que se mineralicen y, en algunos casos, a que sean termales.

La composición físico-química de las aguas minerales es sumamente variada: en general, presentan alto contenido en sales minerales o gases disueltos, si bien las hay de mineralización muy débil.

Estas aguas han sido objeto de numerosas clasificaciones, atendiendo a su origen, características físicas, composición química, aplicaciones terapéuticas y tipo de aprovechamiento. Desde un aspecto normativo, se pueden considerar aguas minerales las que por sus características físico-químicas pueden incluirse en las definidas por la Ley de Minas y la Reglamentación Técnica Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasada. De acuerdo a la legislación vigente, se establecen cuatro grandes tipos:

- Minero-medicinales (uso tópico)
- Termales
- Minero-industriales
- De bebida envasadas (minero-medicinales, minerales naturales y de manantial)

Las minero-medicinales son las que, por su contenido en sales o gases, presentan propiedades terapéuticas y son utilizadas para ese fin en la zona donde emergen o son alumbradas. Deben disponer de estudios clínicos sobre evolución de procesos específicos y conservar, en caso de ser envasadas, efectos útiles sobre los mismos. Un agua subterránea es considerada termal cuando su temperatura es superior a un valor mínimo convencional, generalmente al de la temperatura media de las aguas subterráneas de la región o a la temperatura media del aire en la zona. En la legislación española, la Ley de Minas establece que son termales las que alcanzan una temperatura de 4ºC superior a la temperatura media anual del ambiente, medida ésta en el lugar donde se alumbran.

Otros tipos de aguas minerales son las denominadas minero-industriales, cuando sus contenidos en sales minerales o gases disueltos las hacen adecuadas para el aprovechamiento industrial de dichas sustancias. En este grupo, se incluyen también las aguas tomadas del mar a esos efectos (como las aprovechadas para obtención de sal marina).

Las aguas de bebida envasadas (aguas minerales naturales y de manantial, así como las minero-medicinales que se envasan) son las que, poseyendo las características naturales de pureza que permiten su consumo, cumplen con los requisitos establecidos en la Reglamentación Técnico Sanitaria vigente.

En cualquier caso, para que el agua pueda tener estas consideraciones, debe presentar un contenido en componentes mayoritarios, o aquellos que la caractericen, estable a lo largo del tiempo. En concreto, no deberá verse afectada por posibles variaciones del caudal del manantial.

14.2. LAS AGUAS MINERALES EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

La provincia de Sevilla, en relación al resto de la mayoría de provincias de la Comunidad Autónoma de Andalucía, presenta escasez de aguas minerales calificadas y aprovechadas como tales.

Aunque existen del orden de 18 puntos reconocidos, no hay ninguna planta de envasado de aguas ni ningún balneario en activo. Ello no quiere decir, necesariamente, que no existan áreas con potencial interés para su aprovechamiento o manantiales que no presenten características que las hagan aptas para ser consideradas como minerales, sino que dichas aguas no están puestas en valor o, habiendo sido aprovechadas históricamente, han dejado de tener interés a posibles promotores para la continuación de su aprovechamiento. Al mismo tiempo, las investigaciones de los recursos hidrominerales podrán poner en el futuro nuevos datos y conocimientos sobre nuevos puntos de interés.

A este respecto, hay que tener en cuenta que, de las fases necesarias para la investigación y puesta en valor de las aguas minerales (recopilación y análisis de datos previos; inventario de recursos: hidrogeología de detalle y estudios geoquímicos; identificación de usos potenciales; estudio económico), la fase correspondiente a los estudios hidrogeológico y geoquímico de detalle puede ser especialmente compleja en formaciones geológicas de origen metamórfico y plutónico. En estas formaciones, que ocupan prácticamente toda la zona de Sierra Norte, así como en su pie, es donde precisamente existe la mayor potencialidad para descubrir nuevos recursos. En dichas rocas, consideradas como de baja permeabilidad, las características litológicas, estructurales y tectónicas dificultan, en gran medida, la definición de un modelo hidrogeológico que contemple las vías preferentes por las que circula el agua o su capacidad de regulación y almacenamiento.

No obstante, los avances en los últimos años de nuevas técnicas e instrumentaciones, el mayor desarrollo de los estudios hidrogeoquímicos e isotópicos, así como las nuevas aportaciones de códigos numéricos para la modelización del movimiento del agua y del transporte de solutos, hará presumiblemente disponer de una información más precisa sobre los recursos hidrominerales. A ello, por supuesto, se deberán unir las consideraciones económicas derivadas de la expansión actual del sector y de las medidas que deben aplicarse para subsanar sus debilidades.

Entre los primeros documentos sistemáticos sobre las aguas minerales de España, ya plenamente influida por el auge del espíritu científico en nuestro país y por los distintos estudios de investigación realizados sobre el sector, cabe destacar la obra

Captaciones inactivas con fecha de declaración y composición química en Sevilla

Nº I.	Tipo de captación (N)	T.M.	Denominación	Tipo de declaración (D)	Año	Facies/ Otras características	P.P.
181	M	Alcolea del Río	Alcolea del Río	MM	1892	- / Fe	No
182	M	Aznalcóllar	Pradilla del Tardón	MM	1892	BCa / -	No
183	M	Coripe	Alcornoquillo	MM	1892	SMg / -	No
185	M	El Saucejo	Fuente del Viejo	MM	1892	SCa / -	No
186	M	La Campana	La Campana	MM	1892	SCa / -	No
187	M	La Puebla de los Infantes	La Fundición	MM	1892	BMg / -	No
188	M	Marchena	Marchena	MM	1892	SCa / -	No
189	M	Osuna	Osuna	MM	1892	SCa / -	No
190	M	Sanlúcar la Mayor	El Tardón	MM	1892	- / Fe	No
191	M	Sanlúcar la Mayor	Pradilla del Tardón	MM	1892	SCa / -	No
192	M	Sevilla	Polveros	MM	1892	SCa / -	No

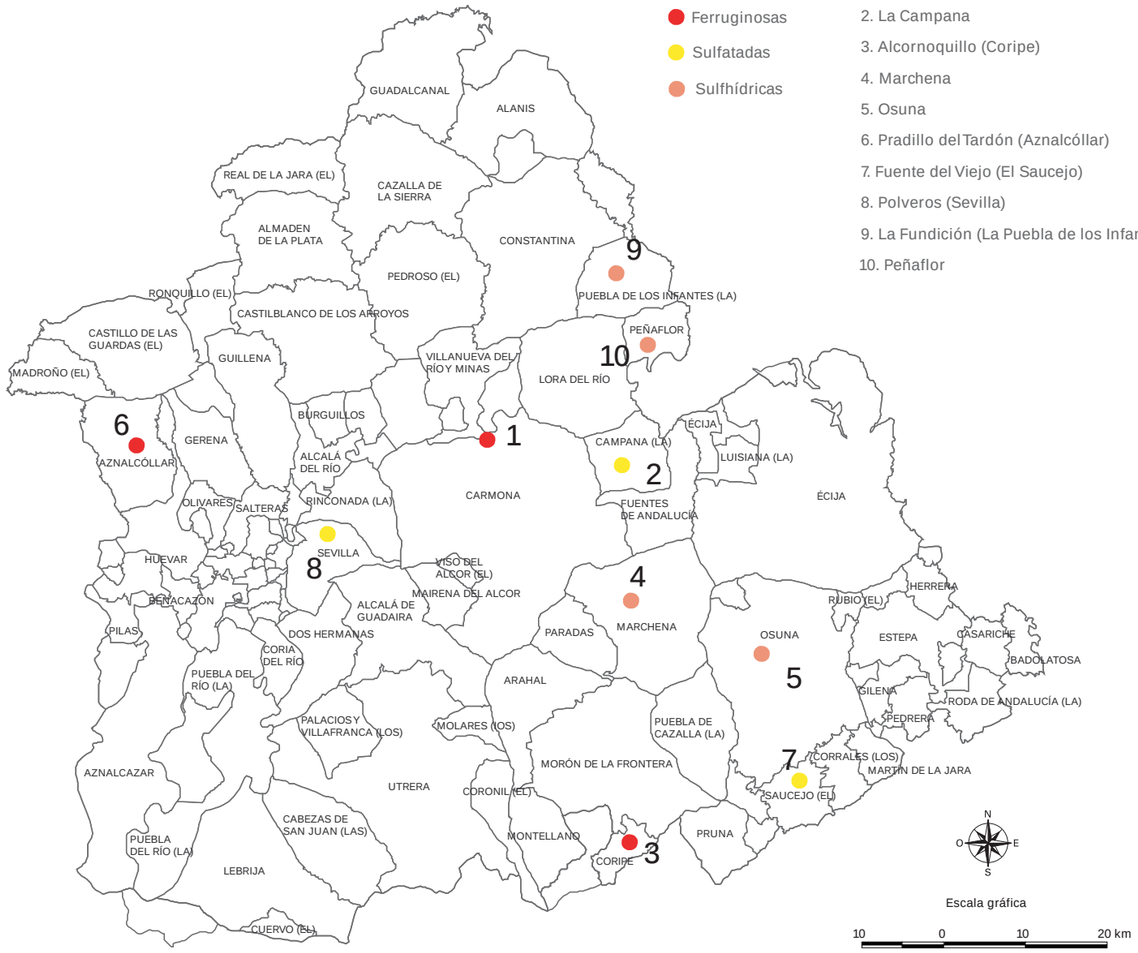
Nº I: número de identificación
T.M.: término municipal
P.P.: perímetro de protección

N: tipo de captación (M: manantial)
D: tipo de declaración (MM: minero-medicinal)

Fuente: Las aguas minerales en España (IGME,2001)

Información procedente del "Mapa de manantiales minero-medicinales de España", realizado por el IGME en 1947 a escala 1:1.500.000. Se ha completado la información, en lo referente al nombre de los manantiales, con el Archivo Nacional de Puntos de Aguas Minero Medicinales y de Bebida Envasadas (IGME, actualización de 1988). Del mapa de 1947 se han suprimido dos manantiales: uno de ellos, situado en la provincia de Córdoba y el otro, Pozo Amargo, que se atribuye en distintos Catálogos y Guías al término municipal de Morón de la Frontera, que pertenece sin embargo al municipio de Puerto Serrano (Cádiz).

MANANTIALES MINERO-MEDICINALES



Captaciones de aguas minerales inactivas escasamente documentadas en Sevilla

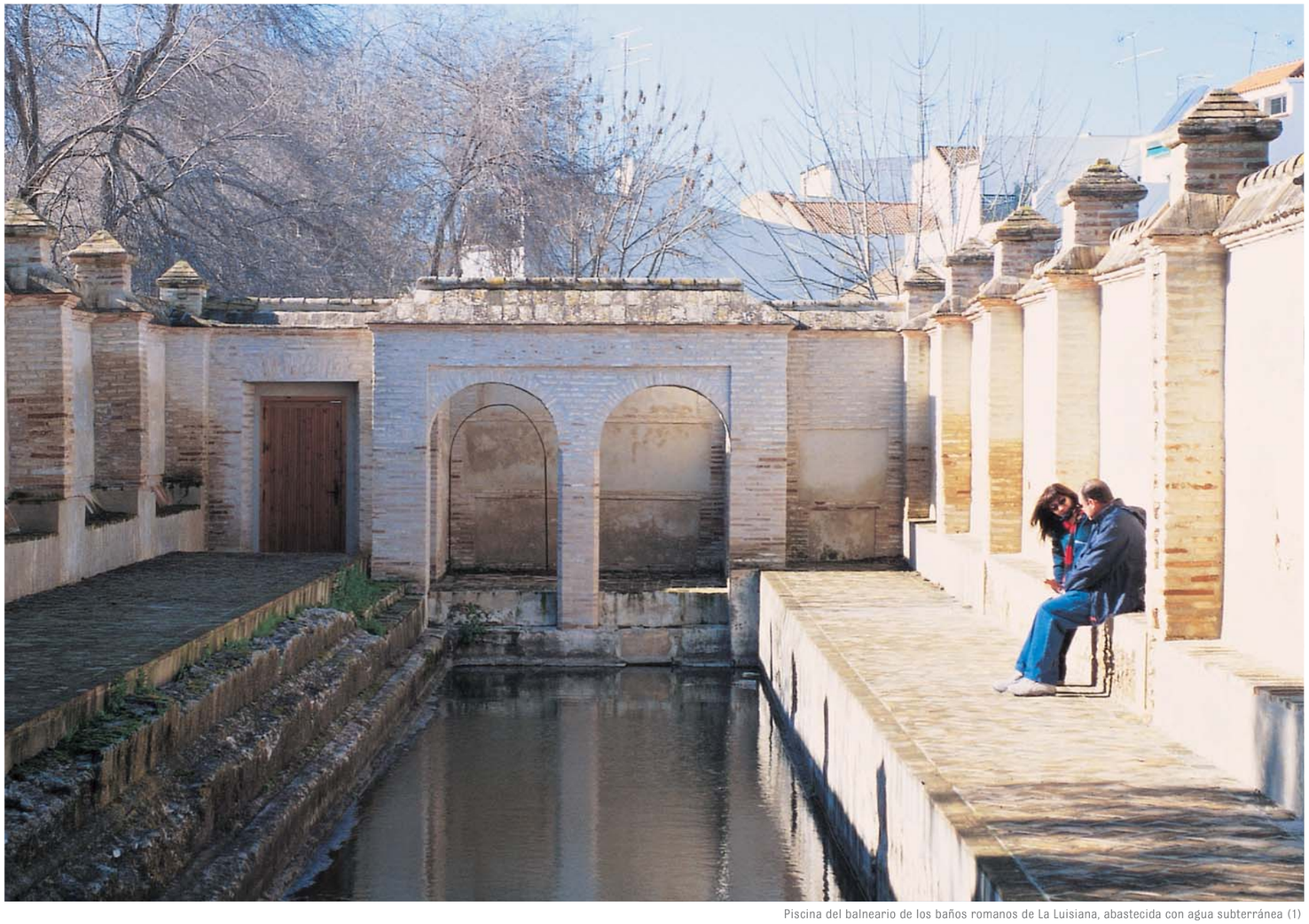
Tipo de captación (N)	T.M.	Denominación	Tipo de declaración (D)	Año	Facies
M	Alcolea del Río	Fuente del Algarrobo	MM	-	BCa
-	Los Corrales	Los Corrales	MM	1982	-
P	La Lantejuela	La Recacha	MM	-	ClNa
M	Lora del Río	Los Mazuecos	MM	-	BCa
-	Morón de la Frontera	San Juan Nº 6598	MM	-	ClNa
M	La Puebla de los Infantes	Fuente del Río	MM	-	BCa
-	La Roda de Andalucía	La Roda	MM	1982	-
M	Pedrera	Balneario del Búho	MM	-	ClNa

N: tipo de captación (M: manantial, P: pozo) T.M.: término municipal Fuente: Las aguas minerales en España (IGME,2001)

D: tipo de declaración (MM: minero-medicinal)

de Pedro María Rubio titulada *Tratado completo de las fuentes minerales de España* (Madrid, 1853). En este libro se citan, en la provincia de Sevilla, las siguientes referencias:

- Baños del Tardón. En el término municipal de Aznalcóllar, al pie de lo que fue el monasterio de los Padres Basilios, se señala este manantial de aguas minerales, constituido en establecimiento de baños públicos con el título de Pradillo del Tardón. Además de incluir un análisis químico de 1839, el autor explica: *"Corresponden estas aguas por su temperatura a las templadas y por su composición química a las ferruginosas sulfatadas. Sus virtudes medicinales son las de las aguas de su temperatura y composición. Se usan en bebida, baño, embrocaciones y embarros con el lodo que se recoge en las paredes de los sitios por donde corren. Estas aguas, abandonadas en otro tiempo, excitaron el interés de los amantes de la humanidad, por los años 1808 y 1809, con motivo de haberse curado con ellas un monje del mismo Tardón, que se hallaba en estado lastimoso. Desde entonces, y con tal motivo empezaron a llamar la atención de las gentes del país. Sus reconocidas virtudes estimularon al nuevo propietario, Don Manuel María*



Piscina del balneario de los baños romanos de La Luisiana, abastecida con agua subterránea (1)

Moreno, a proporcionar algunas comodidades, como muestra de lo que hará en adelante, si le favorece la concurrencia de bañistas".

- Baños de Osuna. Según el autor, son "*baños públicos sulfurosos. Son poco cómodos, pero sus aguas tienen fama de útiles contra las enfermedades cutáneas".*

- Aguas de Peñaflor. *En el territorio de Peñaflor, brota una fuente de agua mineral sulfurosa, titulada de la Laguna.*
- Baños de Pozo Amargo. Estos baños los sitúa el autor en la provincia de Sevilla, dentro del partido judicial de Morón de la Frontera; sin embargo, los terrenos en que se encuentran pertenecen, actualmente, al término municipal de Puerto Serrano, provincia de Cádiz. En Guías recientes se les sigue situando erróneamente en la provincia de Sevilla. Dice de ellos Pedro María Rubio: *"...y en el fondo de una excavación natural, grosera e irregular, de una y media vara de profundidad, y a la orilla del camino que conduce a Algodonales y Grazalema, nace un manantial de agua mineral sulfuroso-salina, llamado de los Baños. La cantidad de agua que da el manantial, será como de 6 o 7 arrobas por cada 30 minutos."* Al parecer, los edificios del balneario permanecieron en uso hasta finales del siglo XIX y la mejora de sus instalaciones a principios del siglo XX lo convirtieron en un lugar muy frecuentado. Funcionó hasta la guerra y ya en las Guías de 1946 a 1950 aparece como inactivo. Del conjunto, prácticamente desaparecido, se mantiene parte de las instalaciones, fuera de uso. Las aguas se aprovechan para una piscina particular.

- Aguas de Alcolea del Río. *Se halla un manantial, denominado El Algarrobo, cuyas aguas son ferruginosas.*

- Aguas de la Campana. Así son descritas: "*En la provincia de Sevilla, partido judicial de Carmona, y en jurisdicción de la Campana, se encuentra el pozo, llamado de las Pedreras, que da un agua mineral salina. La experiencia ha enseñado que este agua es muy útil en la curación de las úlceras sórdidas y pútridas."*

Mención especial merece el proyecto de recuperación de los antiguos Baños Romanos de La Luisiana, sobre la margen derecha del arroyo Carrión. Los Baños debieron ya ser utilizados en el siglo I, época de construcción del edificio que los alberga, por las propiedades medicinales de sus aguas. Después de una larga época de abandono, con la fundación de La Luisiana en 1768, los baños alcanzan la titularidad real, pasando a ser de carácter público. Según el Diccionario Geográfico de Madoz (1845-1850), se pusieron en funcionamiento como baños públicos en 1793, efectuándose algunas reformas para adaptar la estructura romana. Se abandonaron completamente a partir de 1940, permaneciendo como depósito de agua para el riego de fincas próximas. Se ha seguido regando prácticamente hasta el inicio de su restauración, en 1995, por parte de la Escuela Taller Baños Romanos. Las obras contemplan un edificio de balneario con dos plantas y un sótano, con una piscina principal en los baños romanos. Sus aguas están recomendadas para uso tópico, aguas que se extraerán del pozo existente por bombeo. El agua es de facies bicarbonatada y pH elevado (8,17), dentro de la zona básica.

Poner pie de foto de la diapositiva (3)

Salinas de Valcargado (1)

En cuanto a aguas minero-industriales, sólo se conoce una explotación en funcionamiento, de cuyo inicio de actividad hay constancia desde, al menos, el siglo XV: las salinas de Valcargado, en el término municipal de Utrera, que aprovechan, mediante dos pozos, halita (sal gema o sal común) a partir de las aguas cargadas en sales que atraviesan los materiales arcillo-salinos del Triásico.

14.3. RECURSOS GEOTÉRMICOS

El término Geotermia se refiere, en sentido amplio, al calor existente en el interior de la tierra, independientemente de los factores que intervienen en su manifestación superficial. Este calor fluye hasta zonas superficiales, donde puede ser utilizado, por conducción directa o bien transportado por fluidos que se calentaron en reservorios más o menos profundos y ascienden a través de fracturas.

El conjunto fuente de calor, fluido y zona cortical donde se almacena o circula el fluido constituye el sistema geotérmico. Las denominaciones campo geotérmico y provincia geotérmica implican consideraciones económicas que afectan a la realidad o viabilidad de una explotación rentable.

La existencia de un campo geotérmico explotable se basa en las siguientes condiciones geológicas y económicas: 1) una fuente de calor a relativamente escasa profundidad, que garantice un elevado flujo térmico por un largo periodo de tiempo; 2) un acuífero apropiado, asequible por sondeos mecánicos y sometido a las altas temperaturas de la fuente de calor; 3) un acuífero con base impermeable o de permeabilidad muy inferior a la del reservorio productivo; 4)recarga del acuífero, ya que del equilibrio del sistema depende en gran parte la producción y la vida activa del campo; 5) una extracción y explotación rentable del sistema fluido-calor y de los subproductos si los hubiese.

Las manifestaciones superficiales del geotermismo no son en sí mismas un índice para evaluar el potencial geotérmico de un área, pero constituyen indicadores que pueden ser expresivos de la existencia de áreas geotérmicas. Entre estas manifestaciones, se pueden citar los fenómenos siguientes: volcanismo reciente, zonas de alteración hidrotermal, emanaciones de vapor caliente o gases, fuentes termales y minerales, anomalías térmicas y determinadas mineralizaciones y depósitos de sales.

En la provincia de Sevilla, la zona de potencial interés geotérmico corresponde fundamentalmente al borde septentrional de la Depresión del Guadalquivir, donde aparecen algunas manifestaciones asociadas a surgencias de no muy alta temperatura. En concreto, los almacenes geológicos de cierto interés se sitúan en los conglomerados y areniscas del Mioceno basal, con temperaturas que pueden alcanzar los 50-60ºC a profundidades superiores a los 1.000 metros.

Agua y medio ambiente

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Agua y medio ambiente

15.1. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO

Andalucía es la Comunidad Autónoma que cuenta con un sistema más desarrollado de Espacios Naturales Protegidos (ENP), así como la que incluye un porcentaje más alto de su territorio bajo esta fórmula de protección. En el año 1989 se aprobó la Ley por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección. Esta ley incorpora a la normativa andaluza, además de las figuras de protección previstas en la Ley 4/1989 de Conservación de los Espacios Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres, tres nuevas figuras de protección: Paraje Natural, Parque Periurbano y Reserva Natural Concertada.

La superficie protegida en la provincia de Sevilla es de 166.393 ha, además de existir otros espacios naturales protegidos compartidos con otras provincias, como es el caso del Parque Nacional de Doñana, con la mayor parte de su superficie en Huelva, el Parque Natural del Entorno de Doñana, que se extiende también por Cádiz y Huelva, los Parajes Naturales del Embalse de Cordobilla y Malpasillo, entre las provincias de Córdoba y Sevilla, o la Reserva Natural del Peñón de Zaframagón, que abarca zonas de las provincias de Cádiz y Sevilla.

Como ocurre en el resto de la región, el agua es uno de los elementos ambientales que ha determinado la declaración de la correspondiente figura de protección en muchos de los espacios protegidos, tanto por la propia singularidad de las morfologías y procesos a que da lugar como por la dependencia al agua de los ecosistemas presentes.

Tanto en las lagunas y complejos endorreicos interiores como en las áreas marismales de Doñana y su entorno, el agua subterránea es, además, un aspecto básico en el mantenimiento hídrico de los espacios protegidos y en la pervivencia de los ecosistemas asociados. En otros, como en la Sierra Norte, antiguos procesos de disolución de rocas carbonatadas han dado origen a singulares morfologías kársticas.

El Parque Nacional de Doñana fue declarado Parque Nacional en la Ley 91/1978, de 28 de diciembre e incluido en la Red de Parques Nacionales según la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Protegidos y de la Flora y Fauna Silvestres. Con una superficie de 50.720 ha y alturas sobre el nivel del mar entre los 0 y 10 m, conforma un paisaje de relieve llano, salvo pequeños desniveles en zonas de lucios y vetas. Los cauces fluviales, de carácter anastomosado, se deben a la falta de pendientes y a las características fluviomarinas de la zona. El Parque Natural del Entorno de Doñana, que se corresponde también con área marismal (partes de ella transformadas) fue declarado según la Ley 2/1989, de la Comunidad Autónoma de Andalucía y ocupa una superficie de 54.200 ha. Dentro del Entorno de Doñana y en la provincia de Sevilla, se localizan las zonas de Preparque Norte (municipio de Aznalcázar) y Preparque Este de Doñana (municipio de La Puebla del Río). El Preparque Norte se sitúa justo al norte de Doñana y ocupa una superficie de 19.500 ha e incluye en su parte este una zona de marisma transformada. El Preparque Este se localiza entre el Brazo de la Torre y el Guadalquivir, principalmente, y ocupa una superficie de 14.310 ha e incluye zonas de marisma de alto valor faunístico.

La vegetación presenta dos biotopos principales: la marisma seca (alta marisma), de poca cobertura y aspecto estepario y la marisma sumergida (marisma baja o llanura intermareal). En la primera se puede producir el encharcamiento parcial durante la primavera e invierno, pero el periodo seco es prolongado. Incluye los paciles y las vetas. La marisma sumergida se encuentra inundada durante buena parte del año, apareciendo en ella caños, lucios y ojos.

Espacios naturales protegidos de la provincia de Sevilla

Figura de protección	Espacio	Provincia	Superficie (ha)
Parque Nacional	Doñana	Huelva y Sevilla	50.720
Parque Natural	Entorno de Doñana	Cádiz, Huelva y Sevilla	54.200
	Sierra Norte	Sevilla	164.840
Reserva Natural	Complejo endorreico de La Lantejuela	Sevilla	66
	Complejo endorreico de Lebrija–Las Cabezas	Sevilla	23,1
	Complejo endorreico de Utrera	Sevilla	100
	Laguna del Gosque	Sevilla	28
	Peñón de Zaframagón	Cádiz y Sevilla	135
Parajes Naturales	Embalse de Cordobilla	Córdoba y Sevilla	1.460
	Embalse de Malpasillo	Córdoba y Sevilla	512
	Brazo del Este	Sevilla	1.336
Parques Periurbanos	Hacienda Porzuna	Sevilla	-
	El Gergal	Sevilla	-
Reserva Natural Concertada	Cañada de los Pájaros	Sevilla	-

(Fuente: Atlas de Andalucía)

La hidrogeología en el Parque Nacional de Doñana y su entorno está en relación directa con el funcionamiento de la Unidad Hidrogeológica 05.51 (Almonte-Marismas). Esta unidad comprende a su vez tres acuíferos: acuífero libre de Almonte, semiconfinado profundo de las marismas y superficial de las marismas.

El acuífero libre de Almonte se desarrolla en materiales arenosos cuaternarios, pliocuaternarios y del Mioceno superior. Los límites geológicos del acuífero libre vienen definidos prácticamente por las margas azules que afloran al norte y las arcillas y limos de marismas al sur.

El acuífero semiconfinado está formado por niveles de arenas, gravas y cantos rodados (Mioceno superior y Plioceno a Pliocuaternario), que se localizan debajo de las arcillas y limos de la marisma. Sus límites impermeables en la vertical vienen definidos por margas azules a muro y las arcillas de marismas a techo.

El acuífero superficial de marismas es de tipo lenticular y no es explotable por su alta concentración salina.

La alimentación de la unidad Almonte-Marismas procede principalmente de la infiltración directa del agua de lluvia caída sobre el acuífero libre de Almonte. En el acuífero confinado profundo de las marismas, la alimentación se realiza lateralmente a partir del anterior. La descarga natural se realiza, fundamentalmente, a través de los ríos y arroyos (Guadalquivir, Guadiamar, La Rocina), por la costa directamente al mar y por evapotranspiración. Los bombeos, no obstante, representan el volumen de salida de agua más importantes.

La descarga de agua subterránea en la zona de las marismas permite el mantenimiento de zonas húmedas, lagunas y ojos una vez finalizada la época de inundaciones, originadas por la lluvia directa y por el desbordamiento de los arroyos que confluyen en este área. En la zona de descarga de la marisma, el funcionamiento hidrogeológico es complejo, debido a que el acuífero pasa de libre a confinado y a que el agua en la formación semipermeable de las marismas - con mayor concentración salina - es más densa que el agua dulce infrayacente, lo que dificulta en parte el flujo ascendente.

La piezometría, en general, se adapta a la topografía y la circulación del agua tiene un sentido hacia el S y SE.

El Complejo Endorreico de La Lantejuela es Reserva Natural, según Ley 2/1989 de declaración de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se localiza al E. de la provincia de Sevilla, en los municipios de Osuna y Écija. Ocupa una superficie de 66 ha de Reserva Natural y 701 ha de Zona de Protección. Se encuentra a una altitud de entre 150 y 170 m sobre el nivel del mar. La precipitación anual media es de 550 mm, con temperaturas medias mensuales entre 9ºC (enero) y 26ºC (agosto).

Se trata de una zona húmeda de naturaleza endorreica y carácter temporal, formada por las lagunas de Ballestera, Verde de la Sal, Chica de Calderón, Ballesta, Casado, Ruiz Sánchez y Calderón (además de otras lagunas y depresiones inundables en los años más húmedos). Son cubetas de formas redondeadas, algunas de grandes dimensiones, de fondo plano, localizadas en depresiones más o menos encajadas en una superficie detrítica, dentro de la campiña sevillana, sobre tierras agrícolas muy transformadas y paisajes dominados por una acusada horizontalidad.

Se desarrollan en terrenos cuaternarios correspondientes a glacis, coluviones, conos de deyección y terrazas antiguas, depositados sobre materiales mio-pliocenos, a su vez sobre un sustrato triásico. Están sometidas a un régimen hídrico marcadamente estacional, secándose totalmente en verano y llenándose si las precipitaciones de otoño e invierno son suficientes. Sus aguas son salinas y la red de drenaje, poco definida, supone un aporte prácticamente despreciable.

Esta zona no se presta a la formación de grandes mantos acuíferos. Existen pequeños pozos para uso doméstico en acuíferos localizados en pequeñas vaguadas. El Pliocuaternario presenta buenas condiciones en cuanto a naturaleza y extensión, pero es de poco espesor. Los depósitos cuaternarios también constituyen acuíferos de interés local.

Laguna Calderón. Reserva Integral Complejo Endorreico La Lantejuela (1)

Laguna de La Galiana. Reserva Integral Complejo Endorreico Lebrija - Las Cabezas (1)

Las formaciones cuaternarias recogen las aguas de escorrentía superficial y la infiltración de las lluvias y, al estar sobre series impermeables (Triásico, Keuper), las almacenan, dando lugar a la formación de las cubetas endorreicas.

Son acuíferos de poco espesor en los que la superficie piezométrica se adapta a la topografía de la zona y se encuentra muy próxima a ella. Los flujos son de recorrido corto y, debido a la poca profundidad de la superficie piezométrica, se producen encharcamientos en zonas topográficamente deprimidas durante las épocas de lluvias intensas, quedando secas durante el estiaje.

La laguna de Ruiz Sánchez, que era la de mayor extensión, ha sido drenada, por lo que actualmente no acumula agua en las épocas de lluvia. En el resto, las fluctuaciones estacionales de la lámina de agua dan lugar a la acumulación de sedimentos: arcillas varvadas, lutitas y evaporitas.

Este complejo endorreico está dividido de norte a sur por el curso del arroyo Salado de Jarda e incluye dos zonas de Reserva Natural, cada una de ellas con su Zona de Protección. La más occidental abarca las lagunas de La Ballestera, mientras que su Zona de Protección comprende también la Laguna Verde de la Sal. La zona oriental de Reserva se articula en torno a la Laguna Chica de Calderón. Entre ambas zonas discurre el arroyo Salado de Jarda, sin relación directa con las lagunas endorreicas.

Al norte del complejo se localiza la laguna de La Ballesta y, próxima a ella, las lagunas de Casado, Ruiz Sánchez y Calderón, de notables proporciones estas dos últimas. Parecen relacionarse genéticamente con los materiales calizos y, sobre todo, con los margosos y salinos subyacentes, tal como muestran sus características hidroquímicas.
Actualmente sólo se mantiene en relativo buen estado la de la Ballestera y otra pequeña cubeta situada junto a la gran hoya de Calderón, ambas salinas. Otras lagunas del conjunto recogen aguas irregularmente en época de lluvias.

En 1965 se reconoció su importancia (junto con la de Fuente de Piedra) y se incluyó en la Lista MAR, o “Zonas húmedas de Europa y Norte de Africa de importancia internacional”. En 1967, el “Proyecto de saneamiento de la Campiña de Osuna” facilitó la desecación de gran parte del complejo lacustre, con la excepción de las lagunas de La Ballestera y Calderón Chica.

A pesar de las infraestructuras de saneamiento y desecación, sobre todo en las más extensas (Ruiz Sánchez y Calderón), su aprovechamiento agrícola sigue siendo nulo o inapreciable. Las lluvias han sido insuficientes para lavar las sales de los suelos y la costra arcillosa e impermeable ha impedido que los suelos sean mínimamente aceptables para los cultivos.

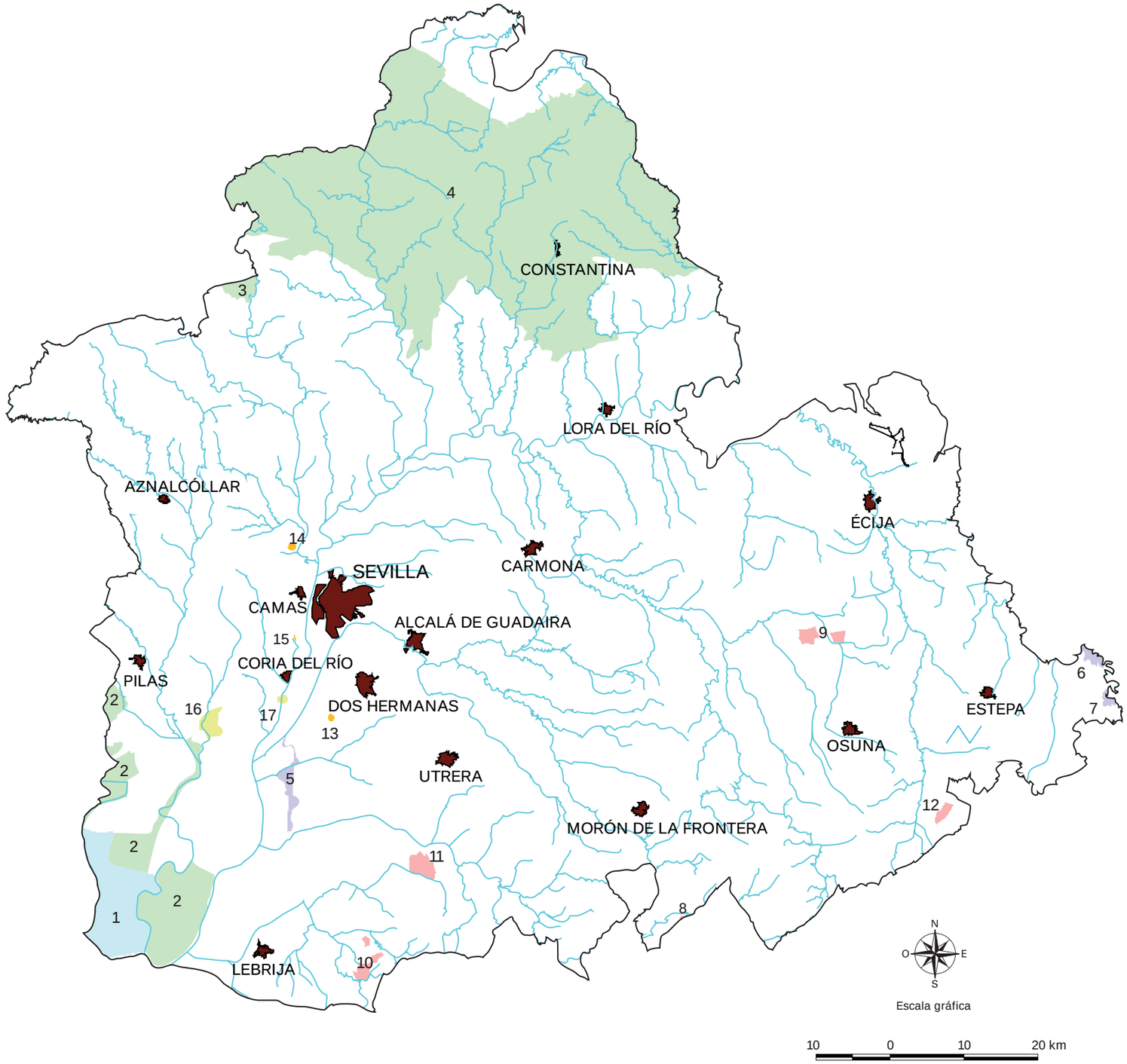
En los años con pluviometrías superiores a las normales (500 mm), buena parte de las lagunas saneadas y algunos bodones se inundan temporalmente hasta finales de la primavera. En el invierno de 1989-1990, de excepcional lluvia, se demostró las potencialidades de recuperación natural de estos humedales, manteniéndose inundado un numeroso conjunto de antiguas lagunas.

Aún siguen sufriendo impactos lagunas como la de la Ballestera y Calderón Chica, debidos a labores agrícolas inadecuadas en sus márgenes, pastoreo, etc.

El Complejo endorreico de Lebrija - Las Cabezas es Reserva Natural, según Ley 2/1989 de declaración de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se localiza al SE de la provincia, en los municipios de Lebrija y las Cabezas de San Juan. Se extiende sobre una superficie de 23,1 ha de Reserva Natural y 860 ha de Zona de Protección. La altitud varía entre los 40 y los 104 m.

VER NAVEGACION

ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS



LEYENDA

PARQUE NACIONAL

1. Doñana

PARQUES NATURALES

2. Doñana
3. Sierra de Aracena y Picos de Aroche
4. Sierra Norte de Sevilla

PARAJES NATURALES

5. Brazo del Este
6. Embalse de Cordobilla
7. Embalse de Malpasillo

RESERVAS NATURALES

8. Peñón de Zafragón
9. Complejo Endorreico de la Lantejuela
10. Complejo Endorreico de Lebrija - Las Cabezas
11. Complejo Endorreico de Utrera
12. Laguna de El Gosque

PARQUES PERIURBANOS

13. La Corchuela
14. El Gergal
15. Hacienda Porzuna

RESERVAS NATURALES CONCERTADAS

16. Dehesa de Abajo
17. Cañada de los Pájaros

SIMBOLOGÍA

Red Hidrográfica

Núcleos de población

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Se trata de un complejo endorreico de aguas salobres y carácter temporal que abarca seis lagunas diferentes, declaradas todas ellas Reserva Natural. La laguna de Charrodo se sitúa de manera un tanto aislada en la zona más norteña, contando con su propia Zona de Protección. El resto de las lagunas poseen una Zona de Protección común y son, de norte a sur: Taraje, Pilón, Peña, Galiana y Cigarrera. Todas ellas son de carácter temporal excepto la de Taraje. Parte de las lagunas han desaparecido o están muy alteradas.

Se localizan sobre un terreno suavemente ondulado, en el que alternan lomas de escasa pendiente con zonas bajas carentes de desagüe natural. Se trata de un suelo impermeable (materiales margosos mio-pliocenos), sobre sedimentos subbéticos más antiguos (Triásico) de arcillas y margas con yesos. Esto confiere a las aguas de estas lagunas su carácter salino.

Los materiales del Trías (Keuper) - arcillas, margas con yesos, areniscas, calizas y ofitas - son depósitos muy heterogéneos, por lo que la circulación del agua varía de forma que puede ser lenta o nula en los estratos margosos o arcillosos, mientras que en los yesos y tramos calizos pueden darse procesos de karstificación, que originan hundimientos en el terreno y el estancamiento de agua en estas zonas. La alimentación de estas lagunas se debe prácticamente a la escorrentía superficial. Debido a la escasez de lluvias en la zona y los materiales por los que circula, el volumen de agua almacenado es escaso (secándose en verano por evaporación) y de mala calidad.

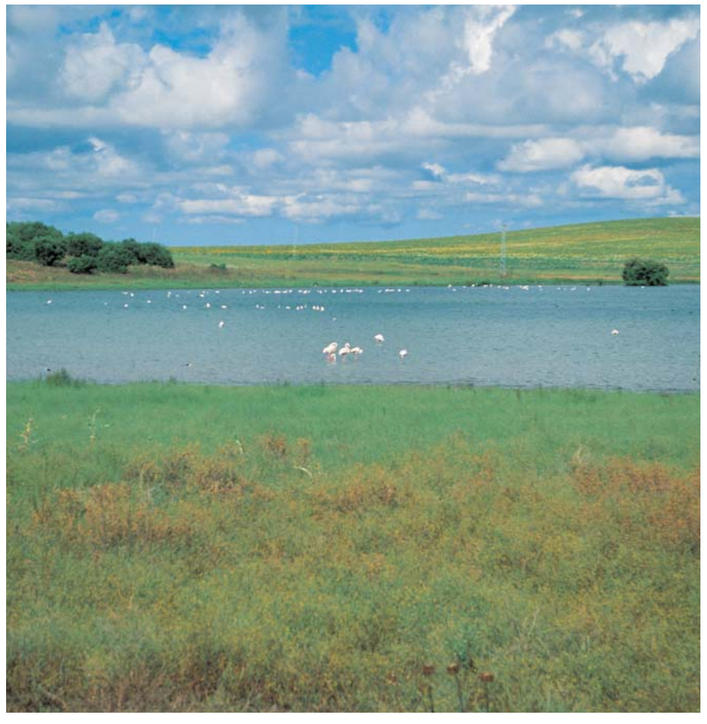
También cabe la posibilidad de que existan pequeñas descargas de agua subterránea que circula por los yesos y depósitos afectados por la disolución, en zonas de contacto de materiales de distinta permeabilidad.

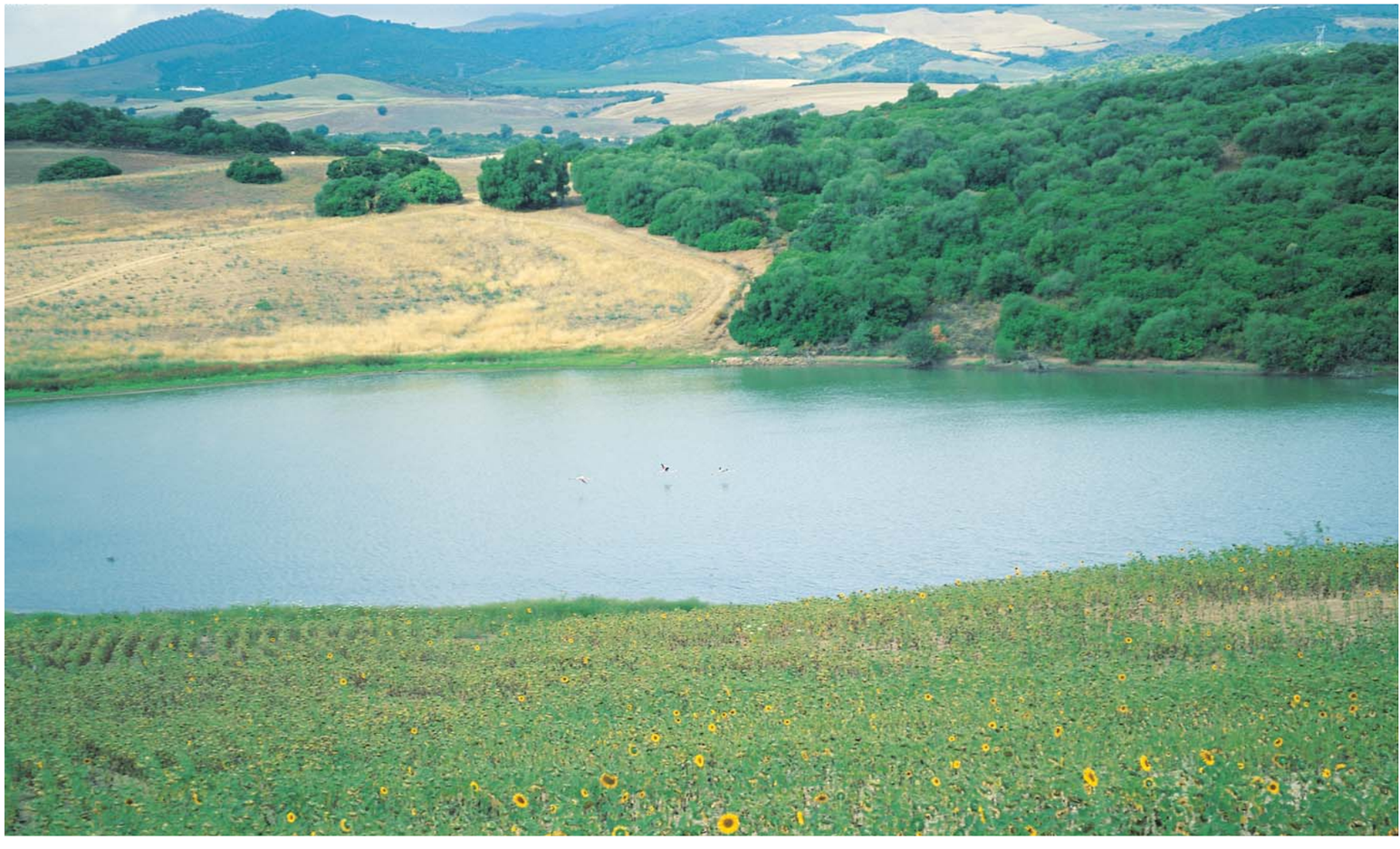
El comportamiento hidrogeológico de la zona está muy condicionado por la naturaleza margosa del terreno, por lo que son escasos los acuíferos.

Las condiciones climáticas semiáridas de la zona imponen un carácter fuertemente estacional al régimen hídrico de las lagunas, que dependen para su llenado casi en exclusiva del agua de las lluvias. En las lluvias de otoño e invierno, las lagunas recogen agua que mantendrán hasta avanzada la primavera, comenzando luego una fase de pérdida de nivel que conduce al secado de los humedales en verano. La única laguna que mantiene, en condiciones hídricas normales, agua todo el año es la del Taraje.

Las lagunas se encuentran protegidas parcialmente por un cinturón de vegetación de tarajes, juncos y castañuelas. La vegetación que existe entre las lagunas está muy transformada y la zona se ha dedicado a cultivos agrícolas, aunque quedan áreas de encinas y pastos.

Su valor ecológico más importante reside en ser una zona de paso para las aves en conexión con las marismas y el Parque Nacional de Doñana, muy próximos.





Izquierda. Laguna del Pilón. Reserva Integral Complejo Endorreico Lebrija - Las Cabezas (1)
Derecha. Laguna del Malagueño. Sin figura de protección. Sureste del término municipal de Lebrija (1)

El Complejo endorreico de Utrera es Reserva Natural, según Ley 2/1989 de declaración de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se localiza al sur de la provincia, en el municipio de Utrera, a 4 km al S de El Palmar de Troya. Ocupa una superficie de 100 ha de Reserva Natural, a las que se unen 1.079 ha de Zona de Protección. Su altitud varía entre los 50 y 70 m.

Este complejo está formado por un conjunto de lagunas localizadas en pequeñas depresiones del terreno, en un paisaje de lomas suaves y sobre depósitos impermeables de margas y arcillas cuaternarias, en las cercanías del embalse de la Torre del Águila. De estas lagunas las principales son, de norte a sur: La Alcaparrosa, Arjona y Zarracatín. Esta última es la que ocupa una mayor extensión y está limitada en parte por afloramientos de yesos.

Están declaradas como Reserva Natural, con una Zona de Protección común a todas ellas, que encierra además otros tres humedales de menor magnitud.

Se localizan sobre los materiales triásicos del Keuper y moronitas del Burdigaliense-Messiniense (albarizas), formados por arcillas y margas versicolores con yesos, bloques de areniscas, calizas y ofitas. Son materiales impermeables. La impermeabilidad del sustrato favorece el mal drenaje de la zona, dando lugar a pequeñas áreas endorreicas o semiendorreicas que presentan una lámina de agua en época de lluvias desecándose en la época estival.

Además de los afloramientos triásicos, aparecen arenas del Plioceno inferior-medio, calizas del Plioceno superior y depósitos de limos y arcillas cuaternarios rellenando fondos endorreicos.

Los acuíferos de mayores posibilidades de la zona se localizan en materiales del Mioceno superior y Plioceno (biocalcarenitas). Se originan en ellos acuíferos colgados, con numerosas fuentes en las zonas de contacto con las unidades margosas y arcillosas inferiores. Esto también ocurre en las calizas con gasterópodos del Plioceno superior, aunque las características hidráulicas de estos materiales no son tan óptimas.

Los depósitos cuaternarios (glacis, coluviones, conos de deyección y terrazas antiguas) presentan una permeabilidad media, pudiendo constituir también pequeños acuíferos locales.

La alimentación de los acuíferos en las calizas se realiza a partir de la infiltración del agua de lluvia, con descarga a través de manantiales.

La laguna de Zarracatín se localiza sobre las arenas y calizas pliocenas que, posiblemente, son a partir de las cuales se alimenta. El sustrato impermeable del Triásico actúa de forma que el agua queda almacenada en ella.

Las depresiones, correspondientes a antiguas pequeñas lagunas existentes en la zona, están ocupadas por rellenos recientes de limos y arcillas. Estas lagunas se localizan directamente sobre el Triásico y se encuentran normalmente secas, aunque alguna de ellas puede recoger agua en épocas lluviosas.

El hecho de ubicarse sobre un sustrato impermeable, junto con la falta de desagüe natural de los fondos en los que se sitúan, condiciona la naturaleza endorreica del complejo, cuyo régimen hídrico está fuertemente sometido a variaciones estacionales. Las precipitaciones otoñales e invernales son responsables del llenado de las cubetas, que mantienen niveles hídricos aceptables hasta bien entrada la primavera, comenzando entonces la pérdida paulatina de agua incrementándose la salinidad, llegándose al secado total de las lagunas.

Además, las características de sus aguas indican la importancia de los procesos de disolución en la génesis de este complejo.

La Laguna del Gosque es Reserva Natural, según Ley 2/1989 de declaración de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se localiza en el municipio de Martín de la Jara, al SE de la provincia. Cuenta con una superficie de 28 ha de Reserva Natural y 428 ha de Zona de Protección. Su altitud está comprendida entre los 420 y 450 m.

Ocupa el sector más bajo de una pequeña cuenca fluvial que no cuenta con sistemas de drenaje naturales, en una zona de relieve llano sobre un sustrato de materiales margosos triásicos, que hacen salobres las aguas de la laguna.

Es una laguna de carácter endorreico y aguas muy mineralizadas y temporales, de régimen hídrico fuertemente estacional con secado total de la laguna en el mes de junio.

La mayor parte de la zona está ocupada por formaciones postorogénicas del Mioceno-Cuaternario, discordantes y horizontales sobre el sustrato mesozoico. El Triásico (arcillas, areniscas y yesos) es el sustrato impermeable de la región sobre el que descansan los materiales permeables que constituyen los acuíferos de esta zona.

Es una zona caracterizada por presentar una gran horizontalidad, lo que favorece la aparición de encharcamientos en zonas deprimidas del terreno, posiblemente también en relación con la disolución de los materiales evaporíticos del Triásico.

La laguna se localiza sobre formaciones cuaternarias de carácter permeable: limos, gravas, arenas y cantos, que se corresponden a aluviales, terrazas, conos de deyección, coluviones, glacis y rañas. Estos depósitos muestran cierta permeabilidad, lo que permite albergar pequeños acuíferos superficiales. Es una formación poco profunda, alimentada a partir de la infiltración del agua de lluvia y desde cauces superficiales, mientras que la descarga se realiza hacia ríos y hacia la laguna.

La superficie piezométrica se adapta a la superficie topográfica, encontrándose muy próxima a ella. Los flujos son de recorridos cortos y la dirección principal es prácticamente E-O.

Posiblemente las precipitaciones tienen una respuesta inmediata en la elevación del nivel de agua en la laguna, siendo mucho más eficaz una lluvia repartida homogéneamente que una concentrada en aguaceros ocasionales.

La vegetación que rodea la laguna está totalmente modificada y está dedicada a cultivos, principalmente cereales y olivar.

El Brazo del Este es Paraje Natural, según Ley 2/1989 de declaración de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se localiza al sur-suroeste de la provincia, sobre la margen izquierda del río Guadalquivir, con una superficie de 1.336 ha.

Se encuentra en una zona de relieve llano, alturas entre 3 y 10 m sobre el nivel del mar, con pendientes inferiores al 3%. Se trata de uno de los antiguos brazos del río Guadalquivir que se bifurcaba en su curso bajo, desarrollándose en ambas márgenes zonas de marismas, y que perdió su funcionalidad con los grandes procesos de transformación de las marismas. Se sitúa en la margen izquierda del río, ente el propio Guadalquivir y una extensa zona de arrozales, situada al suroeste de Los Palacios, delimitando el sector conocido como Isla Menor.

Está formado por depósitos cuaternarios a los que superponen gravas, arenas, limos y arcillas de origen aluvial reciente. Presenta un perfil alargado, con una longitud de norte a sur de 14 km, por 2 km de anchura.

Se encuentra en avanzado estado de colmatación, en parte debido a las obras realizadas que impiden la libre circulación del agua, excepto la de las lluvias. A pesar de estas modificaciones mantiene un gran valor, ya que presenta una gran abundancia de aves y tiene asociada una vegetación palustre que lo protege casi en su totalidad.

Su cercanía al Parque Nacional y Entorno de Doñana y sus niveles más o menos constantes de agua durante todo el año y la densa vegetación que lo protege, hacen de este punto un enclave privilegiado para la vida de las aves.

Entre otros humedales protegidos en la provincia, destacan los Parajes Naturales del Embalse de Cordobilla y del Embalse de Malpasillo, ambos situados al sureste de la provincia y a caballo con la de Córdoba.

El Parque Natural de Sierra Norte fue declarado según la Ley 2/1989 de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Ocupa una Superficie de 164.840 ha y se localiza en los municipios de Alanís, Almadén de la Plata, Cazalla de la Sierra, Constantina, Guadalcanal, Las Navas de la Concepción, El Pedroso, La Puebla de los Infantes, El Real de la Jara y San Nicolás del Puerto.

Corresponde con el sector de Sierra Morena comprendido dentro de la provincia de Sevilla, prolongándose hacia el oeste en la provincia de Huelva a través del Parque Natural de Aracena y Picos de Aroche y, hacia el este, en la provincia de Córdoba, por el Parque Natural de Hornachuelos.

Constituye un área de media montaña y se caracteriza por una morfología suave y alomada interrumpida por cursos fluviales como el Viar, en el sector más occidental del Parque, el Huéznar en el sector central y el Retortillo al este, separando las provincias de Sevilla y Córdoba.

Predominan las cuarcitas y pizarras del Paleozoico y, en el sector oeste, además, aparecen formaciones carbonatadas del Cámbrico, con acusados fenómenos exo y endokársticos.

Es la zona más húmeda de la provincia, lo que propicia una cubierta vegetal formada fundamentalmente por bosque mediterráneo autóctono de encinas y alcornoques y quejigos en las zonas más húmedas. También es de gran interés el bosque en galería del Huéznar.

15.1.1. CARACTERÍSTICAS Y PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS A LOS HUMEDALES ENDORREICOS

La declaración de Reservas Naturales de los complejos endorreicos sevillanos supone la consolidación de la protección de los humedales localizados en las proximidades del Parque Nacional de Doñana, constituyendo enclaves vitales para las aves migratorias y para la reproducción de especies amenazadas de extinción.

Estos humedales representan lo que fue un importante núcleo de zonas húmedas en el suroeste y sureste de la provincia de Sevilla (Laguna del Gosque, Complejo endorreico de Utrera, Complejo endorreico de La Lantejuela, Complejo endorreico de Lebrija- Las Cabezas), muchas de las cuales han desaparecido en los últimos años. En los últimos 40 años, especialmente entre 1955-1975, han sufrido un notable retroceso cuantitativa y cualitativamente.

Entre estos espacios, parcialmente desaparecidos, cabe destacar el Complejo Endorreico de La Lantejuela, incluida en la Lista MAR. Algunas de las antiguas lagunas conservan potencialidades, pese a ser desecadas y transformadas, proponiéndose la elaboración de un Programa de Recuperación del Complejo Endorreico de La Lantejuela, considerando la laguna de Calderón (200 ha), como la más indicada para iniciar esta intervención de recuperación.

Los humedales interiores sevillanos están asociados al fenómeno de endorreismo localizado en el exterior del arco montañoso subbético, en campiñas y vegas que ocupan extensas coberteras de sedimentos cuaternarios de origen fluvial, dispuestos en la margen izquierda del río Guadalquivir, entre Córdoba y Sevilla y, especialmente, en las llanuras comprendidas entre Écija, Estepa, La Roda, Morón y Carmona. Las arcillas, margas yesíferas y yesos triásicos juegan un papel fundamental en los procesos de disolución en el modelado de las cubetas. En los yesos potentes y en las calizas pueden darse fenómenos de karstificación con acuíferos asociados, también muy relevantes para el funcionamiento de los humedales.

En estos espacios, confluyen varios factores que condicionan los rasgos más notables de estos humedales:

- Series estratigráficas impermeables, formaciones del Triásico, caracterizadas por depósitos de arcillas salinas y yesíferas de aspecto abigarrado.

- Horizontalidad de los terrenos, que favorecen la aparición de grandes charcos y lagunas temporales.

- Red de drenaje pobre y mal jerarquizada y limitada circulación subsuperficial (subterránea a escasa profundidad).

- Clima mediterráneo continental, con precipitaciones muy irregulares.

Así, estos humedales se caracterizan por sus aguas someras con una apreciable dinámica estacional, carácter salino, comunidades vegetales pobres muy adaptadas a esta estacionalidad y salinidad y presencia de importantes comunidades de aves acuáticas, muy condicionada también por el soporte vegetal de la orla perimetral y por la presencia de macrofitos acuáticos

Se consideran de gran importancia, al actuar como biotopos alternativos para comunidades vinculadas a las antiguas marismas del Guadalquivir y al Parque Nacional de Doñana.

El importante conjunto lagunar de carácter endorreico ha conocido en Sevilla (al igual que en otros puntos de Andalucía) un significativo retroceso.

Algunos de los humedales de mayor valor han desaparecido parcial o totalmente, entre los que destacan, en la provincia de Sevilla, el extenso Complejo de La Lantejuela (desaparición de 6 lagunas), el Complejo Endorreico de La Campana-Fuentes de Andalucía (12 lagunas), los complejos de El Coronil-Utrera (laguna de Maribáñez) y de Lebrija- Las Cabezas (Candilejo y Valdelojo).

Este retroceso de carácter reciente ha estado provocado, principalmente, por el interés económico en la puesta en explotación de nuevas tierras, durante las décadas de los 50 y 60 con la implantación de una agricultura intensiva y mecanizada.

Sevilla, junto con Cádiz, es la provincia más afectada por las desecaciones lagunares, siendo la zona más alterada por las mismas La Lantejuela.

Además de estos humedales de carácter endorreico, existen en la provincia de Sevilla humedales marismeños con una extensión de 17.004 ha en la zona sevillana del Parque Natural del Entorno de Doñana: Preparque Este, algunos sectores del Preparque Norte, el Brazo de la Torre, el Entremuro del Guadiamar y las zonas de Los Caracoles y la de Veta de la Palma, sin contar la zona incluida en el Parque Nacional de Doñana.

Contaminación y vulnerabilidad

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACION DE SEVILLA
Año Internacional del Agua Dulce 2003

Contaminación y Vulnerabilidad

16.1. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Siguiendo la definición que recoge la Ley de Aguas, se entiende como contaminación "la acción y efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica".

El origen de los procesos de contaminación de las aguas subterráneas se relaciona con la inadecuada instalación o desarrollo de actividades potencialmente contaminantes urbanas -vertido de aguas residuales urbanas con o sin tratamiento, vertido de residuos sólidos urbanos-, agrarias -utilización excesiva de fertilizantes, plaguicidas, reciclado de agua subterránea en áreas de regadío, vertido o acumulación de residuos animales sobre el terreno-, industriales –depósito, sobre terrenos permeables, de productos, materia primas o residuos, accidentes o fugas en tanques de almacenamiento o en líneas de transporte de productos potencialmente contaminantes -, y las inducidas por bombeo excesivo- acuíferos de buena calidad conectados con otros de mala calidad, zonas salinizadas, cauces de ríos contaminados-.

Si hubiera que resumir en tres los conceptos fundamentales del problema de la contaminación de las aguas subterráneas y de su protección, éstos serían:

- Las aguas subterráneas se encuentran, en líneas generales, mejor protegidas frente a la contaminación que las aguas de superficie.

- Como contrapartida a este aspecto favorable se da el hecho que, una vez el agente contaminante es incorporado al flujo subterráneo, resulta muy difícil y costoso, tanto conocer su movimiento y evolución, como detenerlo para evitar que llegue a los sondeos de explotación.

- En tercer lugar, y como consecuencia de los dos puntos precedentes, hay que considerar que la mejor manera de eliminar los problemas causados por la presencia de elementos nocivos en el agua subterránea es el de impedir la entrada al manto acuífero de dichos elementos; es decir que, en este caso como en tantos otros, es mucho mejor prevenir que curar.

El método preventivo más eficaz es una adecuada ordenación del territorio que, en el caso concreto de las aguas subterráneas, se traduce en la realización de estudios geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, de fuentes de contaminación (antes y durante del proceso de desarrollo agrícola, industrial y urbano de una región), con el fin de poder recomendar los puntos o áreas más adecuados y menos peligrosos para la puesta en práctica de actividades o instalaciones. Otra de las variables a tener en cuenta corresponde al tipo de actividad que puede originar la carga contaminante: al ser de gran importancia para realizar una evaluación precisa del riesgo de contaminación, hay que separar entre actividades donde la generación de ésta al subsuelo es parte integral de su diseño, y otras en las que el componente no deseable es incidental o accidental.

16.1.1 LA CONTAMINACIÓN EN LA PROVINCIA

En el contexto general de la contaminación en la provincia, constituyen los capítulos de mayor interés las actividades urbanas, dado el gran volumen de residuos que generan y la variedad de contaminantes implicados, junto con las agrarias, por el importante desarrollo agrícola y ganadero provincial.

A lo largo de este apartado se irá presentando la situación actual en cuanto a la gestión de efluentes líquidos y sólidos urbanos, las implicaciones que las prácticas agrarias pueden ocasionar a la calidad natural de las aguas subterráneas y una breve síntesis de otras actividades o instalaciones potencialmente contaminantes implantadas en la provincia.

Las aguas residuales urbanas (ARU) proceden de los usos domésticos, comerciales, de servicios (lavado de calles, escorrentía urbana,...) y de la pequeña industria situada dentro de las poblaciones y presentan una serie de peculiaridades, que las distinguen de otros efluentes líquidos: producción continuada en el tiempo, composición química sensiblemente homogénea, ubicuidad, descarga puntual, componentes susceptibles de ser aprovechados, sobre todo en agricultura, etc.

En la provincia, según datos de la Diputación de Sevilla del año 2001, de los 105 términos municipales que la integran, 55 disponían de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) , 26 tenían proyectada su construcción y los 24 restantes eliminaban o reutilizaban sus efluentes sin un tratamiento previo. Es de destacar que un importante número de las EDARs existentes en la actualidad se encuentran fuera de uso por problemas de mantenimiento. En uno de los mapas, se recoge de forma sintética la distribución provincial de instalaciones de saneamiento.

En algunas circunstancias, como pueden ser urbanizaciones, edificios aislados o pequeños núcleos urbanos, sus aguas residuales se recogen en instalaciones individuales (pozos negros y fosas sépticas) que, si no se sitúan adecuadamente, pueden dar origen a contaminación.

Otro de los problemas que se pueden presentar en las aguas subterráneas ligados al tratamiento y eliminación de las aguas residuales urbanas, puede venir ocasionado por la inadecuada eliminación o utilización de los lodos procedentes de las estaciones depuradoras. En la provincia de Sevilla se realiza gestión de los lodos de las depuradoras más importantes (Ranilla, en Alcalá de Guadaira, San Jerónimo, El Copero, Palomares del Río y Tablada en Sevilla), siendo los sistemas utilizados el compostaje y su posterior utilización en agricultura. La mayoría de las pequeñas instalaciones municipales actuales no llevan a cabo el tratamiento y la gestión de este tipo de residuos, siendo los agricultores de la zona los que generalmente lo retiran sin medidas de control ni pesaje.

La gestión de lodos de EDARs prevista en el Plan Director provincial contempla, para las poblaciones importantes, el compostaje, bien solamente de lodos, bien con residuos domésticos, en plantas existentes y/o previstas. Las plantas de compostaje de la provincia proyectadas en el Plan Director, se sitúan en Alcalá del Río, Monte Marta-Cónica , Utrera , Estepa y Marchena.

EDAR de Alcolea del Río, fuera de uso, junto al río Guadalquivir (1)

Vertedero incontrolado en antigua cantera de calizas, muy permeables por karstificación. Sierra de Montellano (1)

En pequeñas poblaciones o en zonas donde no existan plantas de clasificación y compostaje, se implantarán centros de acopio y acondicionamiento previo a la aplicación directa a terrenos agrícolas o forestales, tras realizar los análisis de lodos y suelo.

En lo que se refiere a los residuos sólidos urbanos (RSU), según datos de 2001, su generación se eleva en la provincia a 726.000 toneladas/año, de las cuales el 2,5% se vierten incontroladamente, el 16,5% se eliminan en vertedero controlado, mientras que el 81% restante son tratados en plantas de compostaje (Consejería de Medio Ambiente, 2001). Son siete las instalaciones de tratamiento que agrupan las mancomunidades y consorcios de RSU: Sierra Norte, Vega alta y media, Los Alcores, Guadalquivir, Sevilla capital, Campiña 2000, Comarca de Estepa, El Barrero, Las Cabezas-El Cuervo-Lebrija y Comarca de Écija, que se complementan con seis plantas de transferencias para optimizar la gestión. En un esquema provincial, se presenta la localización e identificación de estas plantas de tratamiento, la naturaleza de las mismas, número de habitantes a los que dan servicio y términos municipales que atienden.

Otro apartado importante de la gestión de residuos sólidos es la eliminación de los denominados inertes que, aunque en principio, dada su naturaleza, no supondrían un riesgo de contaminación, si se eliminan de forma incontrolada y no se lleva a cabo un seguimiento de la naturaleza de los residuos de entrada, pueden incorporar, más frecuentemente de lo que sería deseable, residuos tóxicos y peligrosos. En lo que se refiere a la caracterización de los residuos de los vertederos de inertes, la media provincial es aproximadamente de un 89% de escombros, un 8% de domésticos, un 2% de industriales y un 1% de otros tipos.

Dos son las mancomunidades que presentan un mayor volumen de vertidos inertes o asimilados, la del Guadalquivir y la de Los Alcores, por el hecho de ser las más próximas a la capital , además de constituir zonas de gran expansión, lo que implica una gran actividad del sector de la construcción, con el consecuente incremento en la producción de escombros y residuos inertes. Entre las dos concentran casi el 60% del volumen y superficie totales de vertido, así como el 50% de los puntos de vertido provinciales. También se observa que son las zonas con mayor proporción de residuos industriales caracterizados en los vertederos, mientras que las situadas en zonas de sierra, al norte y sur de la provincia, son las que presentan una menor producción de residuos.

La contaminación por nitratos, derivada de las prácticas agrarias, es probablemente una de las principales amenazas de las aguas subterráneas en la provincia, en cuanto al volumen de recursos y número de captaciones afectadas. Con el objetivo

Gasolinera muy próxima a una antigua gravera en la que aflora el nivel freático. Terraza baja del Guadalquivir, en el término municipal de La Rinconada (1)

de reducir la contaminación de las aguas y limitar su extensión, se adoptó por el Consejo Europeo, la Directiva relativa a los nitratos, incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 261/1996.

El objetivo prioritario de esta legislación es reducir la contaminación de las aguas atribuible de modo directo o indirecto a los nitratos de origen agrario y prevenir su extensión, para lo cual establece una serie de actuaciones: 1) Determinación las aguas afectadas con más de 50 mg/l de nitratos o que podrían verse afectadas de no tomarse medidas. 2) Designación de zonas vulnerables, que corresponderán a aquellas superficies del territorio cuya escorrentía afecte o pueda afectar a la contaminación por nitratos de las aguas contempladas en el apartado anterior. 3) Elaboración de uno o más códigos de buenas prácticas agrarias, que podrán poner a efecto los agricultores de forma voluntaria. 4) Establecimiento de programas de acción, que se aplicarán en las zonas vulnerables designadas.

Dada las elevadas concentraciones en nitratos que presentan las aguas subterráneas en la provincia de Sevilla y, muy especialmente, en zonas donde el uso prioritario es el abastecimiento urbano, se procedió a la designación de zonas vulnerables y al establecimiento en ellas de programas de acción que permitan recuperar la calidad natural del recurso o, al menos, disminuir las concentraciones actuales.

Para dar una visión global de la problemática en la provincia, se ha realizado un balance de nitrógeno por término municipal, incluyendo todos los términos municipales designados como vulnerables, cuya localización se recoge en el mismo

ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES (EDAR)

Fuente: Servicio de Medio Ambiente de la Diputación de Sevilla. Año 2001

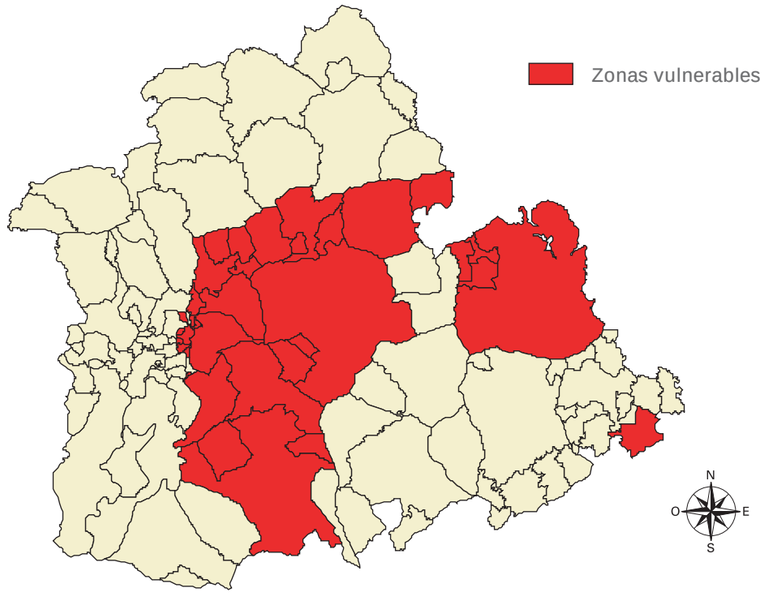
Mapa. Si se analizan los resultados obtenidos en el balance, se observa que cerca del 70% del nitrógeno total aportado al suelo proviene de la fertilización mineral. Una tercera parte de la superficie agraria útil de la zona vulnerable está ocupada por cultivos en regadío (cerca de 200.000 ha), en su gran mayoría localizados a ambos márgenes del río Guadalquivir. Muchos de estos cultivos en regadío cuentan con dosis de abonado altas, ocupando además amplias superficies: más de 30.000 ha de algodón, más de 17.000 ha de maíz grano, más de 11.000 ha de cítricos, más de 7.000 ha de patata y más de 6.500 ha de remolacha.

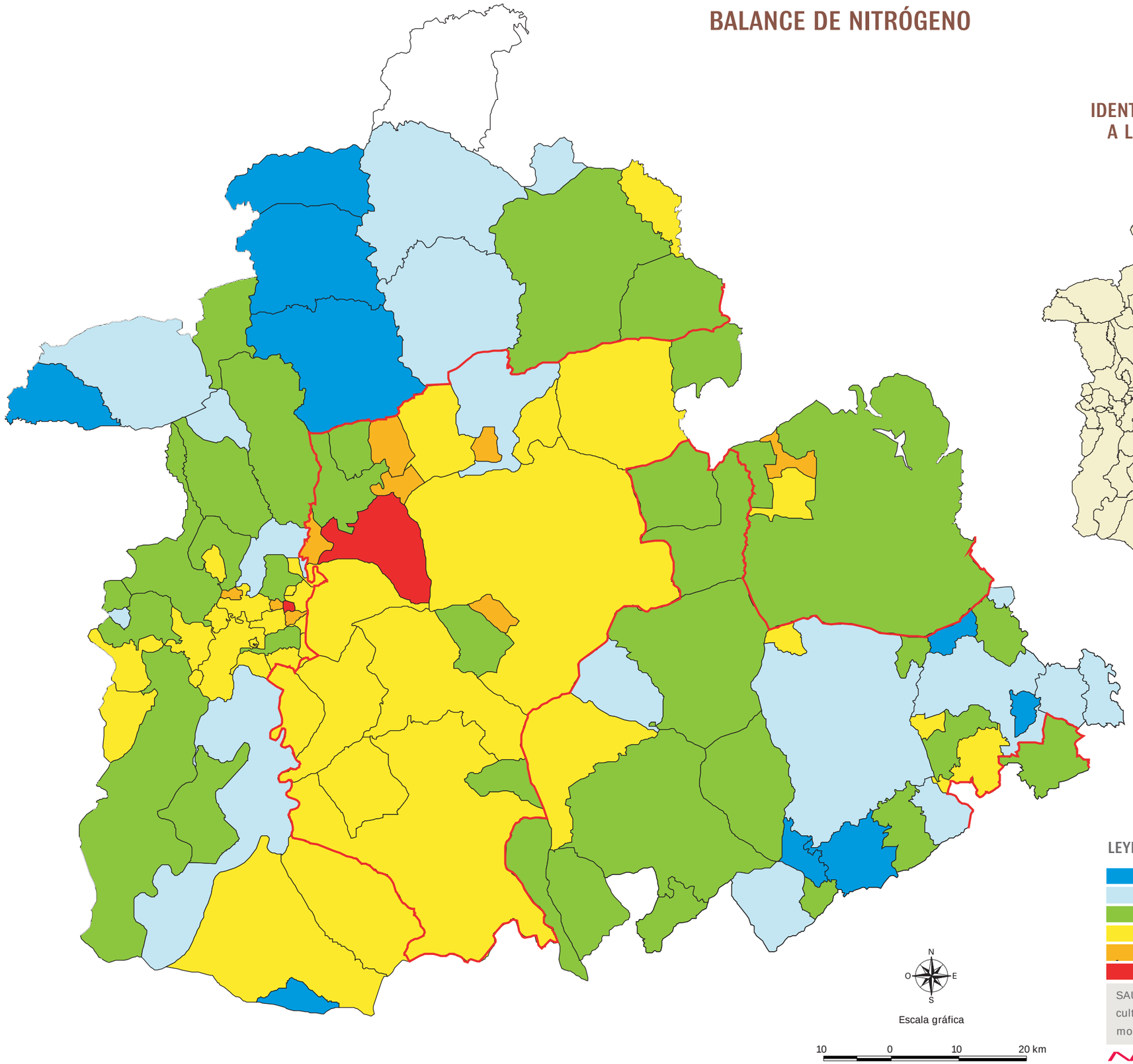
Los mayores porcentajes de superficie en regadío con respecto a la superficie agraria útil se obtienen, por lo general, en los municipios cercanos a Sevilla, que son los que presentan valores más elevados de sobrantes de nitrógeno. Así, por ejemplo, en el municipio de La Rinconada, que cuenta con unos sobrantes de nitrógeno superiores a 200 kg/ha SAU (superficie agraria útil), se obtiene un porcentaje del 95% de superficie de cultivos en regadío con respecto a la SAU total.

VER NAVEGACION

BALANCE DE NITRÓGENO

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS





LEYENDA. SOBRANTES GLOBALES DE NITRÓGENO

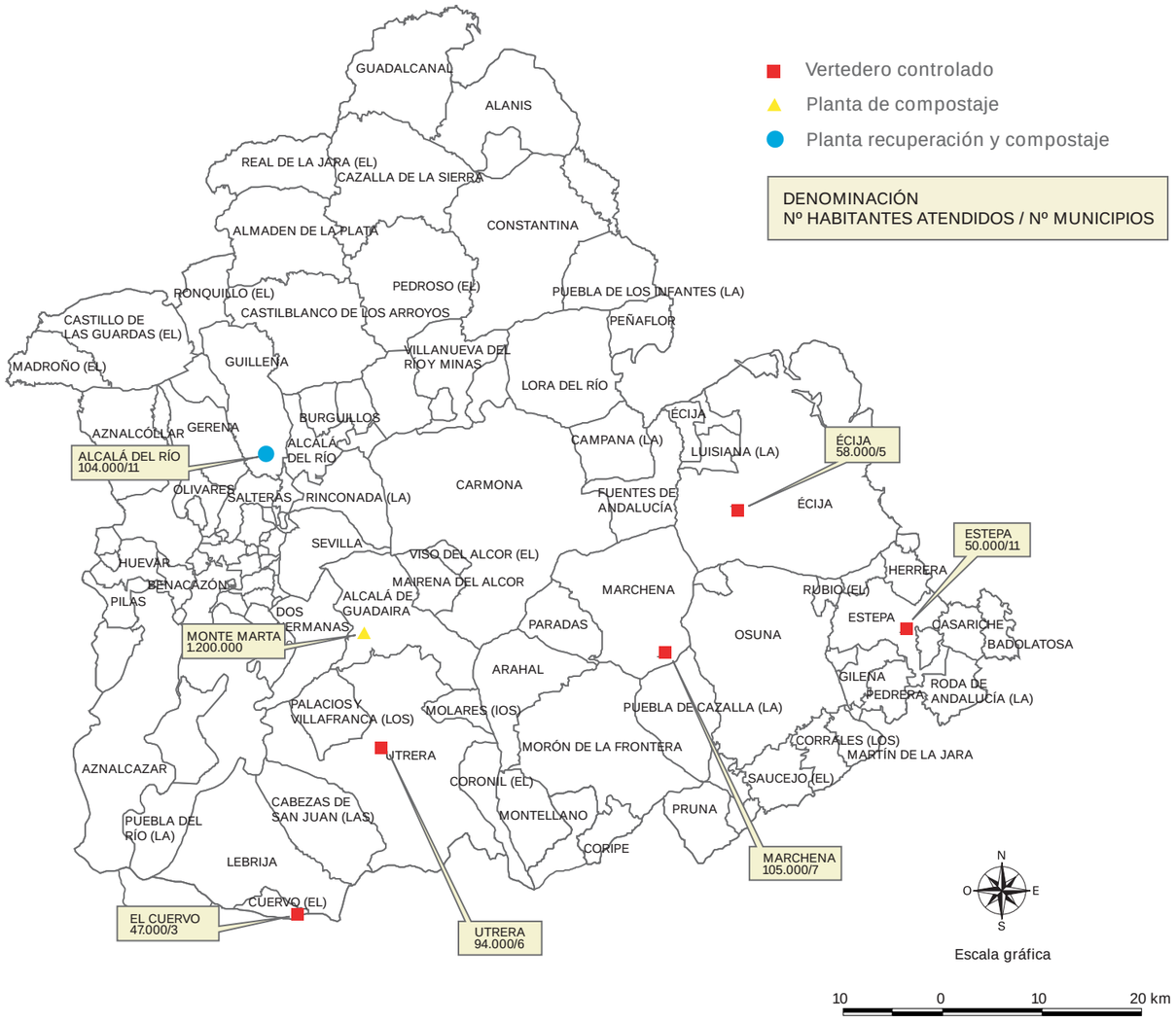
- S < 10 kg N/ha SAU
- 10 ≤ S < 50 kg N/ha SAU
- 25 ≤ S < 50 kg N/ha SAU
- 50 ≤ S < 100 kg N/ha SAU
- 100 ≤ S < 200 kg N/ha SAU
- S > 200 kg N/ha SAU

SAU (Superficie agraria útil): total tierras de cultivo + prados naturales + pastizales + monte abierto + erial a pastos

Límite de Zona Vulnerable

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Instituto Geológico y Minero de España
DIPUTACIÓN DE SEVILLA

INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS



Fuente: Servicio de Medio Ambiente de la Diputación de Sevilla. Año 2001

En vista de los considerables recursos y esfuerzos que se han invertido, y que se continuarán invirtiendo, para el desarrollo de aguas subterráneas, es necesario implementar políticas realistas de protección de acuíferos, siendo un elemento esencial el control periódico de la calidad de aguas subterráneas, que permitirá evaluar el estado de la calidad actual de las aguas subterráneas, a fin de calcular la extensión de agua subterránea contaminada, así como proporcionar un preaviso del inicio de la contaminación.

16.2 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad natural a la contaminación de un acuífero es una propiedad intrínseca del mismo que depende de la capacidad del medio para resistir las actividades antrópicas y naturales, con independencia de la naturaleza del contaminante o contaminantes involucrados; por tanto, mientras que la carga contaminante puede ser controlada o modificada, no puede hacerse así con la vulnerabilidad del acuífero. El conocimiento del grado de confinamiento del acuífero, de la profundidad a la que se sitúa el nivel de agua en caso de acuíferos libres o el techo del acuífero confinado, la conductividad hidráulica vertical, las características litológicas y el grado de consolidación de la zona no saturada son, entre otros, los principales factores que controlan la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

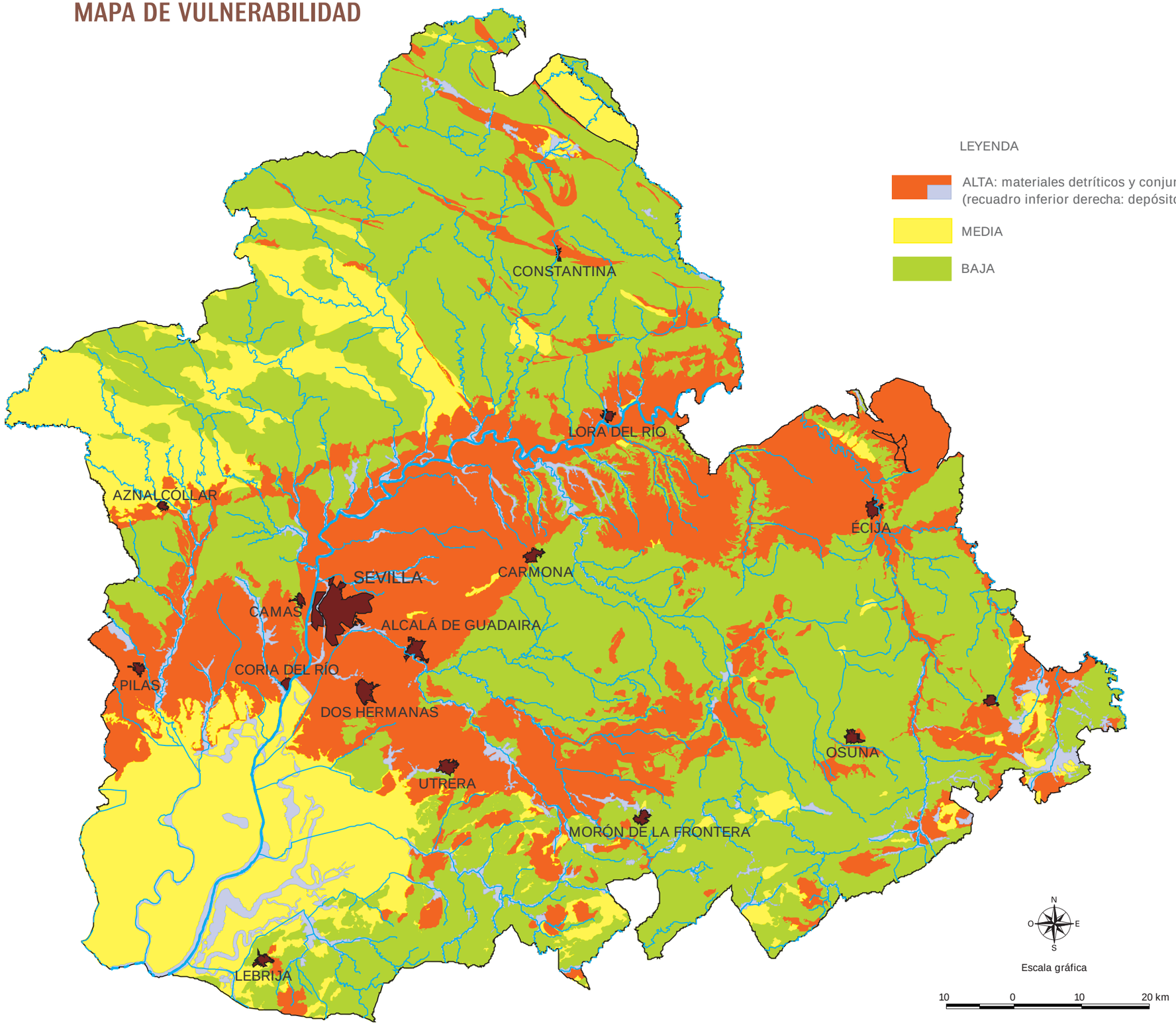
No obstante, para poder llegar a valorar mejor la interacción vulnerabilidad/carga contaminante es conveniente tener en cuenta algunas peculiaridades tanto de los acuíferos como de los contaminantes involucrados que van a condicionar la valoración del riesgo de contaminación. Así, con el transcurso del tiempo, todos los acuíferos son vulnerables a contaminantes persistentes, no degradables, generados por una actividad contaminante ampliamente distribuida, pudiendo llegar a ser poco efectiva la capacidad de dilución del acuífero para mitigar la contaminación. Adicionalmente, aquellos acuíferos que son considerados en términos generales como de menor vulnerabilidad a la contaminación, tienden a ser los más difíciles de rehabilitar una vez contaminados, por ello hay que tener una especial atención. Sin embargo, aunque son muchas y diversas las variables a tener en cuenta para la determinación de la vulnerabilidad de un territorio, se considera que el uso de un sistema generalizado de clasificación de acuíferos y de cartografía basado en un solo índice de vulnerabilidad, puede ser de uso práctico para la determinación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en un primer nivel de reconocimiento.

La evaluación de la vulnerabilidad se puede realizar mediante métodos cualitativos que se basan en la categorización de esta vulnerabilidad en baja, moderada o extrema en función de criterios de permeabilidad , espesor de la zona no saturada, profundidad del nivel freático, tiempo de residencia en la zona no saturada, tiempo de tránsito del contaminante al acuífero, atenuación, retención o eliminación en la zona no saturada, etc., en función de la problemática que se considere de interés. En los métodos cuantitativos se utilizan parámetros físicos que, de forma general, engloban la mayor parte de los procesos, a los cuales se les asigna un valor de acuerdo con una escala y de cuya combinación se obtiene un índice de vulnerabilidad.

Los mapas de vulnerabilidad de las aguas subterráneas se pueden definir de una forma genérica como mapas preventivos derivados de los hidrogeológicos que, a diferencia de éstos, no presentan los parámetros individuales del sistema de aguas subterráneas. Esta técnica de representación presenta una gran utilidad a efectos de gestión, al plasmar un escenario de riesgos ambientales y, por tanto, facilitar el desarrollo de una planificación adecuada encaminada a la protección de los recursos hídricos subterráneos.

VER NAVEGACION

MAPA DE VULNERABILIDAD



LEYENDA

- ALTA: materiales detríticos y conjuntos carbonatados (recuadro inferior derecha: depósitos aluviales recientes)
- MEDIA
- BAJA

N
O E
S

Escala gráfica

10 0 10 20 km

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Instituto Geológico y Minero de España

DIPUTACIÓN DE SEVILLA

Para el desarrollo de la cartografía de vulnerabilidad que se presenta en este capítulo, correspondiente a la provincia de Sevilla, se ha llevado a cabo una valoración cualitativa de las características litológicas, geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas, cuya conjunción permite establecer una zonación, con diferente rango de vulnerabilidad, pudiendo coincidir o no esta delimitación con las unidades hidrogeológicas que se engloban en la provincia.

El distinto rango de vulnerabilidad se ha representado mediante un código de colores en el que el rojo y el rosa indica mayor vulnerabilidad, el verde grado bajo y el amarillo unas circunstancias intermedias entre ambas.

Vulnerabilidad alta. Se han incluido dentro de esta categoría y representadas en la cartografía en color rojo, formaciones constituidas por materiales permeables por fracturación o karstificación , de escasa capacidad de atenuación y retención de contaminantes, y materiales permeables por porosidad intergranular, en los que el espesor de la zona no saturada no puede proporcionar la adecuada protección a los recursos hídricos subterráneos. En el mismo rango de vulnerabilidad, representados en color rosa, se han distinguido los depósitos aluviales recientes por presentar una elevada permeabilidad por porosidad y donde el espesor no saturado es escaso y, por tanto, el riesgo de contaminación es muy elevado, si sobre ellos se establecen actividades o instalaciones potencialmente contaminantes.

Covachos de Almadén de la Plata (2)

Las formaciones incluidas dentro de este grupo corresponden a: mármoles, calizas y dolomías del Paleozoico inferior situadas al norte de la provincia; formaciones jurásicas carbonatadas de la Sierra de Estepa, al este, y de las sierras del sur de la provincia; arenas, areniscas, gravas y conglomerados de borde de Sierra Morena pertenecientes al Mioceno de base; calcarenitas del Mioceno superior situadas en el área Sevilla-Carmona; el acuífero detrítico del sector El Coronil- Marchena; y, finalmente, las arenas y gravas del Plioceno continental así como depósitos Pliocuaternarios y cuaternarios ligados a la antigua dinámica fluvial (altiplanos y terrazas). Dentro de esta categoría, pero con una identificación específica por su elevado vulnerabilidad (color rosa), se han distinguido las gravas, arenas y limos del aluvial del Guadalquivir y de sus principales afluentes.

Vulnerabilidad media. Las zonas incluidas bajo esta denominación corresponden a formaciones tanto permeables por porosidad como por fisuración, donde la naturaleza y espesor de la zona no saturada en el primer caso o del recubrimiento de las segundas, hace que exista una cierta protección de las aguas subterráneas utilizables.

Se han considerado incluidos dentro de esta categoría los niveles cuarcíticos y las series detríticas del Carbonífero y Pérmico de Sierra Morena, así como algunas series en las que alternan o se suceden materiales de baja y alta permeabilidad, depósitos de glacis y derrubios de ladera y áreas fangosas y limosas de marisma.

Vulnerabilidad baja. Dentro de esta categoría se han incluido todas aquellas formaciones consideradas desde el punto de vista hidrogeológico, en general, de baja o muy baja permeabilidad y, donde es prácticamente inexistente la presencia de aguas subterráneas, salvo en zonas muy localizadas o puntuales.

Las zonas de baja vulnerabilidad corresponden a rocas ígneas y volcánicas situadas en la Sierra Norte, así como distintos grupos de rocas metamórficas; arcillas triásicas, margas y margocalizas del Jurásico y Cretácico, así como las “albarizas” o “moronitas” y las margas azules del Tortoniense, principalmente.

Estas zonas se localizan especialmente en un amplio sector del sureste provincial, así como en una vasta región de la Sierra Norte y en un sector situado en el extremo centro occidental.

VER NAVEGACION

Referencias bibliográficas

AMA 1986. Plan Director de Gestión y Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de Sevilla. *Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.* Sevilla.

Baeza, J., López Geta, J.A., Ramírez, A. (Eds.) 2001. Las aguas minerales en España. *IGME,* 454 p. Madrid.

Batlle-Gargallo, A., Martín-Machuca, M. y Virgos-Soriano, L. 1983. Incremento de regulación con la utilización conjunta aguas superficiales-aguas subterráneas en la cuenca del Guadalquivir. *III Simposio de Hidrogeología.* Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, Tomo VII, 407-418. Madrid.

CHG - IGME 1993. Normas de explotación de la U.H. 05.48. *Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.*

CHG - IGME 1993. Normas de explotación de la U.H. 05.51.

CHG – IGME 1993. Normas de explotación de la U.H. 05.43. *Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.*

CHG 1996. Diseño y ejecución de una red de control piezométrico en la U.H. 05.51 (Almonte-Marismas). *Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.*

Consejería de Agricultura y Pesca 2000. Inventario y caracterización de los regadíos en Andalucía. *Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.*

Consejería de Agricultura y Pesca 2002. Estadísticas Agrarias. *CAP, Junta de Andalucía. Sevilla.*

Consejería de Medio Ambiente 2002. Informe 2001 Medio Ambiente en Andalucía. *CMA, Junta de Andalucía,* 528 p. Sevilla.

Consejería de Medio Ambiente 2001. Plan de Medio Ambiente en Andalucía (1997 - 2002). *CMA, Junta de Andalucía*, 312 p. Sevilla.

Corominas, F. 1983. El acuífero Almonte-Marismas (Sevilla - Huelva). Dinámica de flujos y su condicionamiento de la calidad de aguas.

Custodio, E. 2000. Comentarios sobre la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas en las sequías. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* Vol. 94, nº 2, 197-203.

Diputación de Sevilla 1998. Plan Director provincial de gestión de residuos sólidos urbanos; escombros y restos de obras; residuos industriales no tóxicos ni peligrosos y residuos agrícolas.

Diputación de Sevilla 2000. Plan provincial de depuración y tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Diputación de Sevilla 2001. Actualización del Plan Director de residuos urbanos.
Diputación de Sevilla - IGME (1996): Estudio sobre la infraestructura de abastecimiento y vertidos urbanos en la provincia de Sevilla.

Diputación Sevilla - IGME 1986. Provincia de Sevilla: usos y recursos hídricos. *Informe Técnico* 31/1986.

Dirección General de la Producción Agraria, 1989. Caracterización agroclimática de la provincia de Sevilla. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.* Madrid.

EPTISA 1990. Estudio hidrogeológico para la mejora de la gestión de los recursos hídricos del bajo Guadalquivir. Explotación y recarga artificial del acuífero aluvial. *Informe Inédito*, 193 p.

FAO 1970. Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Guadalquivir, España. Hidrogeología, *Informe Técnico 1 (AGL:SF/SPA 9).*

Fernández Ruiz, L., López Geta, J.A. 1992. Mapas de vulnerabilidad y contaminación de las aguas subterráneas. *Revista MAPFRE*, 21-29

Fernández Ruiz, L. 1995. La protección de la calidad de las aguas subterráneas frente a fuentes contaminantes difusas y puntuales: evolución y actuaciones. Implicaciones en la ordenación del territorio. En *Jornadas "Las aguas subterráneas en la Ley de Aguas española: un decenio de experiencia".* IGME-AIH (GE). Murcia.

Fernández Ruiz, L. 1999. La contaminación de las aguas subterráneas por vertederos y depósitos enterrados en España. En: J.Samper, A.Sahuquillo,J.E.Capilla, J.J. Gómez Hernández (Eds). Jornadas *" La contaminación de las aguas subterráneas un problema pendiente",* 283-293. IGME-AIH(GE). Valencia.

Fitzpatrick, E.A. 1980. Suelos. *Ed. Continental.* México.

Foster, S.S.D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. *Proc Intl Conf "Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants". Noordwijk,* The Netherlands.

Foster, S.S.D., Skinner A.C. 1995. Groundwater protection: the science and practice of land surface zoning. *IAHS Publication* 225, 471-482.

Foster, S.S.D., Hirata ,R., Aoki, R.C. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas : una metodología basada en datos existentes. *OPS-CEPIS.* 81p.

García-Hernán, O., Menéndez-Cornejo, A. 1989. Estudio para los ensayos de recarga artificial en el acuífero de Lebrija. En: *La Sobreexplotación de acuíferos,* 245-258. Almería.

IARA-CSIC 1989. Mapa de Suelos de Andalucía. *Junta de Andalucía y Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

IARA 1991. Informe sobre superficie equipada para el riego en la zona regable de Almonte-Marismas y sus alrededores.

IGME 1913. Relación por provincias de las aguas minerales de España. *Informe inédito.*

IGME 1947. Mapa de los manantiales minero-medicinales de España (escala 1:1.500.000). Madrid.

IGME 1973. Informe Técnico sondeo abastecimiento a Pedrera. *Informe Técnico* 1973.

IGME 1975. Informe sondeo "Cazorla". Abastecimiento a Morón de La Frontera. *Informe Técnico* 10/1975.

IGME 1975. Notas sobre los trabajos para abastecimiento a Morón de La Frontera. *Informe Técnico* 13/1975.

IGME 1976. Informe Técnico sondeo abastecimiento a Casariche. *Informe Técnico* 14/1976.

IGME 1976. Estudio Hidrogeológico Sierra de Estepa. *Informe Técnico* 3/1976.

IGME 1976. Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos Sierra de Estepa. *Informe Técnico* 25/1976.

IGME 1976. Informe técnico sondeo abastecimiento de El Arahal. *Informe Técnico* 6/1976.

IGME 1976. Informe técnico sondeo abastecimiento a Morón. *Informe Técnico* 7/1976.

IGME 1976. Informe técnico sondeo abastecimiento (Barros III) a Morán. Informe Técnico 8/1976.

IGME 1976. Informe técnico sondeo abastecimiento a Marchena. *Informe Técnico* 9/1976.

IGME 1976. Macizo calizo de la Sierra de Estepa. *Informe Técnico* 26/1976.

IGME 1976. Informe técnico sondeo abastecimiento a Marchena II. *Informe Técnico* 10/1976.

IGME 1976. Estudio Hidrogeológico Arahal-Marchena-Puebla de Cazalla-Morón de La Frontera (Sevilla). *Informe Técnico* 2/1976.

IGME 1977. Informe Técnico sondeo Gilena II. Informe Técnico 21/1977.

IGME 1977. Informe Técnico sondeo Pedrera. (Abastecimiento Osuna). Acidificación. *Informe Técnico 22/1977.*

IGME 1977. Informe de los sondeos de investigación a Casariche. *Informe Técnico 24/1977.*

IGME 1977. Informe evolución piezométrica del macizo de Estepa. *Informe Técnico 40/1977.*

IGME 1978. Informe evolución piezométrica del macizo de Estepa. *Informe Técnico 12/1978.*

IGME 1979. Informe evolución piezométrica del macizo de Estepa. *Informe Técnico 3/1979.*

IGME 1981. Informe: Consideración sobre el acuífero de la Sierra de Estepa. Problemas planteados. *Informe Técnico 2/1981.*

IGME 1981. Prueba de bombeo realizada en el sondeo Gilena II. *Informe Técnico 65/1981.*

IGME 1981. Abastecimiento conjunto a los municipios de Gilena, El Rubio y Marinaleda. *Informe Técnico 111/1981.*

IGME 1981. Informe Técnico del sondeo de abastecimiento a Lora de Estepa. *Informe Técnico 134/1981.*

IGME 1981. Informe técnico del pozo de abastecimiento a Puebla de Caralla. *Informe Técnico 99/1981.*

IGME 1981. Informe Técnico de la prueba de bombeo realizada en el sondeo de abastecimiento a Gilena, El Rubio, Herrera y Marinaleda. *Informe Técnico 137/1981.*

IGME 1981. Informe sobre la campaña de sondeos de reconocimiento en el sistema acuífero de la Sierra de Estepa. *Informe Técnico 140/1981.*

IGME 1981. Informe Técnico sondeo Gilena III. *Informe Técnico 142/1981.*

IGME 1982. Informe Hidrogeológico para abastecimiento de agua a Marinaleda, Herrera y El Rubio. *Informe Técnico 85/1982.*

IGME 1982. Evolución de los manantiales de Almajar-Alamedilla-Sierra de Estepa. *Informe Técnico 133/1982.*

IGME 1982. Reconocimiento hidrogeológico de las Unidades de Pleites y Aguilas (Sierra de Estepa). *Informe Técnico 29/1982.*

IGME 1983. Contribución al conocimiento hidrológico del Macizo de Estepa. *Informe Técnico18/1983.*

IGME 1983. Mapa de orientación al vertido de residuos sólidos urbanos. Hoja 1005 (Osuna). *Informe Técnico 119/1983.*

IGME 1983. Síntesis hidrogeológica de la cuenca del Guadalquivir. Normas de explotación de acuíferos (dic. 1994). *MOPTMA-ITGE.*

IGME 1983. Modelo hidrogeológico digital del aluvial del Guadalquivir y calcarenitas de Carmona. *IGME.*

IGME 1983. Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: situación actual y focos potenciales de contaminación. Colección informes, *IGME.* Madrid.

IGME 1983. Informe hidrogeológico para abastecimiento a Arahal . *Informe Técnico 98/1983.*

IGME 1984. Informe hidrogeológico para completar el abastecimiento a Herrera. *Informe Técnico 52/1984.*

IGME 1984. Informe técnico del pozo de abastecimiento a Marchena. *Informe Técnico 62/1984.*

IGME 1984. Proyecto para la actualización de datos y ordenación de recursos hidráulicos subterráneos del acuífero Arahal-Paradas-Morón (Sevilla). Memoria y planos. *Informe técnico 72/1984.*

IGME 1985. Estudio hidrogeológico para aprovechamiento integral de los recursos de la Sierra de Estepa. *Informe Técnico 23/1985.*

IGME 1985. Memoria hoja hidrogeológica 1:200.000. Morón de La Frontera. *Informe Técnico 54/1985.*

IGME 1985. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe síntesis.(3 tomos). *IGME.* Madrid.

IGME 1985. Los recursos hidráulicos de la Sierra de Estepa. *Informe Técnico 64/1985.*

IGME 1985. Informe técnico sobre los pozos a realizar en una zona del acuífero Arahal-Paradas-Morón para su transformación en regadío.

IGME 1985. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. *IGME.* Madrid.

IGME 1986. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en las Comunidades Autónomas. *IGME.* Madrid.

IGME 1986. Provincia de Sevilla: Usos y recursos hídricos. *Informe Técnico 31/1986.*

IGME 1986. Provincia de Sevilla: Usos y Recursos Hídricos. *Informe Técnico nº 31/1986.*

IGME 1988. Encuestas sobre la posible reutilización de las aguas residuales en las provincias de Cádiz, Córdoba, Huelva y Sevilla. *Informe técnico nº 98/88.*

IGME 1988. Informe sobre posible afección de las aguas subterráneas por la ubicación de un vertedero en las proximidades de la Puebla de Cazalla. *Informe Técnico147/1988.*

IGME 1989. Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis (2 Tomos). *IGME.* Madrid.

IGME 1989. Síntesis, a nivel de cuenca, de los mapas provinciales de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas para vertidos sobre el terreno. Cuenca del Guadalquivir. *Informe Técnico 84/1989.*

IGME 1990. Sistema acuífero Almonte-Marismas. Datos y consideraciones sobre evolución piezométrica.

IGME 1991. Informe técnico en torno a las posibilidades de aumentar las extracciones de agua subterráneas en dos zonas del acuífero Arahal-Paradas-Morón. *Informe Técnico11/1991.*

IGME (1991. Proyecto para la continuación y nuevas experiencias de recarga artificial en el sistema hidrogeológico de las calcarenitas de Carmona. *Informe Inédito,* 50 p. Sevilla.

IGME 1992. Estudio del nivel de riesgo de contaminación de los abastecimientos urbanos. 1ª Fase. Censo de poblaciones abastecidas con aguas subterráneas en España (1990-91-92). Andalucía. *Informe técnico 138/1992.*

IGME 1993. Propuesta normas de explotación Unidad Hidrogeológica 05.52 (Lebrija).

IGME 1998. Atlas Hidrogeológico de Andalucía. *Instituto Tecnológico Geominero de España y Junta de Andalucía,* 215 p. Madrid.

IGME 1998. Situación del Abastecimiento Público con aguas subterráneas en la provincia de Sevilla. *Informe inédito.* Sevilla.

IGME 1999. Estudio sobre la calidad de las aguas subterráneas empleadas para abastecimiento público de la provincia de Sevilla. Instituto Geológico y Minero de España.

IGME 1999. Mapa de contenido en nitratos de las aguas subterráneas en España. *Servicio Publicaciones del IGME.* Madrid.

IGME 2002. Estudio de la Unidad Hidrogeológica de Sierra Morena. Informe inédito (CD).

IGME – Diputación de Sevilla 1996. Estudios sobre la infraestructura de abastecimientos y vertidos urbanos en la Provincia de Sevilla.

Instituto de Estadística de Andalucía 2002. Sevilla, Datos Básicos 2002. *Delegación Provincial de Sevilla. Consejería de Economía y Hacienda.* Sevilla.

Instituto de Estadística de Andalucía 2002. Anuario Estadístico de Andalucía, 2002. *Delegación Provincial de Sevilla. Consejería de Economía y Hacienda.* Sevilla.

Junta de Andalucía 1986. Los vertidos de aguas residuales urbanos en Andalucía.

López García, J. y Sahuquillo-Herráiz, A. 1983. Modelo de celdas para la evaluación por el método de los autovalores de las explotaciones conjuntas acuífero/río: Aplicación al estudio de posibilidades para la utilización del aluvial del bajo Guadalquivir. *III Simposio de Hidrogeología. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos,* Tomo VII, 341-351. Madrid.

López Geta, J. y Murillo, J.M. 1993. Recarga artificial y reutilización. *Jornadas sobre el agua subterránea. ITGE - Real Academia de Ciencias,* 213-221.Madrid.

Lucena Bonny, C., García Fernández, E. 1978. Modelo matemático del S.A. de Almonte-Marismas.

Martín Machuca, M., Virgós, L., López Vílchez, L. 1983. Estudio del funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Almonte-Marismas (S.A. Nº 27).

Ministerio de Medio Ambiente 2001. Caracterización de las fuentes agrarias de contaminación de las aguas por nitratos. *Servicio de Publicaciones del MIMAM* ,150 p, CD y planos. Madrid.

MOPU – CHG 1994. Normas de Explotación Unidad Hidrogeológica 05.52 (Lebrija). *Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.*

MOPU 1988. Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características. Cuenca del Guadalquivir. Minist. Obras Públicas.

MOPU 1988. Documentación básica del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir. *Minist. Obras Públicas.*

MOPTMA 1994. Normas de explotación de acuíferos. *Minist. Obras Públ. y Medio Ambiente.*

Moreira, J.M. 1991. Capacidad de Uso y Erosión de Suelos. *Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.* Sevilla.

Murillo, J.M. 2001. Uso conjunto y recarga artificial de acuíferos. Jornadas sobre presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén. *Instituto Geológico y Minero de España,* 30 p. Madrid.

Murillo, J.M., Mediavilla, C., Díaz-Pérez, A., Moreno, M. 1994. Primeros resultados y perspectivas futuras de la recarga artificial en el acuífero aluvial del bajo Guadalquivir. *Congreso Nacional de Agua y Medio Ambiente,* 213-221. Zaragoza.

Ortega, F., Molero, J., García, E. 1987. La vegetación de Andalucía. En: Geografía de Andalucía (G. Cano, Ed.), vol. II, 187-226. *Ediciones Tartessos.* Madrid.

Papadakis, J. 1966. Climates of the world and their agricultural potentialities. Buenos Aires.

De la Rosa, D., Moreira, J.M. 1987. Evaluación Ecológica de Recursos Naturales de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente, *Junta de Andalucía.* Sevilla.

Rubio, P.M. 1853. Tratado completo de las fuentes minerales de España. Madrid.

Ruiz Celáa, C. 1969. Investigaciones Hidrogeológicas en la Cuenca del Guadalquivir. *IGME.*

Saura, J. 1993. Análisis de la cuenca del Guadalquivir. Recursos hidrogeológicos y recursos hidráulicos no convencionales. Seminario de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander. *Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente,* 301-321.

Servicio Geológico de Obras Públicas 1989. Actuaciones y piezómetros recarga de Lebrija. *Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.*

Servicio de Producción Agrícola. Dirección General de la Producción Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía 2002. Mapa de cultivos y aprovechamientos. Provincia de Sevilla (Formato digital). CAP-JA

Vázquez, M., Martín Machuca, M., Díaz Pérez, A. 2000. Respuesta de un acuífero kárstico mediterráneo a un ciclo climático húmedo-seco (Sierra de Estepa, Sevilla). Karst 2000. Maris, Turquía.

Virgos, L., Batlle, A., Martín-Machuca, M., Martínez-Alfaro, P. 1983. Modelo hidrológico digital del aluvial del Guadalquivir y calcarenitas de Camona. *III Simposio de Hidrogeología. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos,* Tomo IX , 93

Vrba, J. 1999. Vulnerabilidad, protección y gestión de la calidad de las aguas subterráneas. En: J.Samper, A.Sahuquillo, J.E.Capilla, J.J. Gómez Hernández (Eds). *Jornadas "La contaminación de las aguas subterráneas, un problema pendiente",* 489-493.IGME-AIH(GE).Valencia.

Glosario de términos

ACUICLUDO: Roca o sedimento que puede contener agua, pero en la que la captación de un caudal apreciable no es posible en condiciones económicas aceptables, ya que, debido a la baja permeabilidad, el agua subterránea no circula significativamente en condiciones normales (bajo la acción de la gravedad), sino que es retenida en los poros.

ACUÍFERO: Compartimento de las rocas o sedimentos cuyos poros pueden ser ocupados por el agua y en los que ésta puede circular libremente, en cantidades apreciables, bajo la acción de la gravedad. El término se utiliza también para denominar un cuerpo de rocas o sedimentos en los que existe una zona saturada, en la que todos los poros están ocupados por agua, que puede circular bajo la acción de la gravedad en cantidades significativas hacia los manantiales o captaciones (pozos, galerías, ...).

ACUÍFERO CONFINADO: Acuífero limitado en su parte superior por una capa de permeabilidad muy baja, a través de la cual el flujo es prácticamente inapreciable. El material acuífero está enteramente saturado, de modo que en las perforaciones que alcanzan el límite superior impermeable, el agua asciende por encima del mismo, eventualmente hasta la superficie (captaciones surgentes o artesianas).

ACUÍFERO LIBRE: Acuífero en el que no existe capa confinante de baja permeabilidad; en el caso más simple el material permeable se extiende hasta la superficie, de modo que sólo en una parte del mismo todos los poros están ocupados por agua. Por encima del límite superior de esta zona saturada (superficie o nivel freático) los poros, al menos en parte, están ocupados por aire, de modo que constituyen una zona no saturada.

ACUÍFUGO: Roca o sedimento que no dispone de poros susceptibles de ser ocupados por el agua y, consecuentemente, tampoco puede transmitirla.

ACUITARDO: Roca o sedimento cuyos poros pueden contener agua, de modo que ésta puede ser transmitida muy lentamente. En consecuencia, aunque estos materiales no son aptos para la ubicación de captaciones, pueden jugar un importante papel, en determinadas condiciones, en la recarga vertical de otros acuíferos.

AFORO: Medida del caudal (de un río, manantial,...).

AGOTAMIENTO: Disminución del caudal de un manantial en régimen no influenciado, es decir, ligado al descenso de niveles y a la disminución de reservas que se produce en el período en el que el acuífero no recibe alimentación.

ALIMENTACIÓN (de un acuífero): Aportes de agua externos, de cualquier origen, que recibe un acuífero. Componente del balance hídrico de un acuífero que representa la suma de todas las cantidades de agua que el acuífero recibe, ya sea de forma natural o introducidas artificialmente, durante un período de referencia.

ANISOTROPÍA: Cualidad de los materiales en los que el comportamiento varía según la dirección considerada. En el caso de las aguas subterráneas, es especialmente importante la anisotropía que consiste en la existencia de valores significativamente diferentes de permeabilidad horizontal y vertical.

ÁREA DE ALIMENTACIÓN O RECARGA: Ver alimentación.

ARTESIANISMO: Comportamiento de un acuífero que consiste en que el agua asciende espontáneamente a la superficie en los pozos que captan el acuífero, debido a que la cota del nivel piezométrico es superior a la de la superficie topográfica. Es usual en acuíferos confinados, aunque en ciertas condiciones puede ocurrir también en acuíferos libres.

BALANCE HÍDRICO (de un acuífero): Cuantificación de las cantidades de agua recibidas o aportadas en un período determinado por un acuífero, expresada en forma de ecuación, de tal modo que la diferencia entre las entradas y las salidas deben ser igual a la variación de las reservas (del agua almacenada) en el período considerado. Se denominan componentes del balance a cada una de las variables que intervienen en el mismo; entre las entradas, merecen ser citadas las que proceden de la infiltración de una parte de la precipitación, el retorno de riegos, es decir la llegada al acuífero del excedente de agua de riego, las aportaciones laterales de otros acuíferos, etc; entre las salidas las más importantes son las salidas concentradas en forma de manantiales, las salidas difusas a los cursos de agua, la descarga hacia otros acuíferos, las salidas al mar, las extracciones por bombeo, etc.

CARBONATADOS (materiales, acuíferos, ...): Rocas o acuíferos ligados a las mismas, constituidas esencialmente por minerales del grupo de los carbonatos, Las rocas sedimentarias más importantes de este grupo son las calizas y dolomías, en las que predomina el carbonato de calcio y magnesio; las margocalizas y margas tienen una proporción de minerales arcillosos entre el 35-50% y el 50-65%, respectivamente; los mármoles son rocas carbonatadas que han sufrido metamorfismo.

CAUDAL DE BASE: Caudal correspondiente a las aportaciones (de un manantial o río) en período de agotamiento, es decir, cuando la descarga de los acuíferos se realiza en régimen no influenciado (por haber cesado la recarga del sistema).

CAUDAL ESPECÍFICO: Caudal extraído en un pozo o sondeo por unidad de descenso producido (también puede referirse a caudal por unidad de superficie).

COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO: Constante propia de un acuífero. Su valor caracteriza la ley de decrecimiento exponencial, en régimen no influenciado, del caudal del manantial que representa la descarga del sistema, como consecuencia de la disminución de reservas que sigue a la interrupción de la alimentación.

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO: Relación entre el volumen de agua liberado por una columna de acuífero de superficie unidad, cuando el nivel piezométrico desciende una unidad, y un volumen unitario de acuífero. En los acuíferos confinados este valor depende muy directamente de la compresibilidad y la expansibilidad del agua y del medio acuífero y del espesor de éste. En los acuíferos libres, el coeficiente de almacenamiento equivale en la práctica a la porosidad eficaz.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA: Es el cociente, expresado en tanto por ciento, de las aportaciones totales de una cuenca respecto a la precipitación.

COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN: Es el cociente, expresado en tanto por ciento, de la infiltración respecto a la precipitación.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (o conductividad hidráulica): Parámetro que expresa cuantitativamente la permeabilidad de un material frente a la circulación de un fluido de densidad y viscosidad determinadas. Puede definirse como el volumen de dicho fluido que atraviesa, por unidad de tiempo y bajo el efecto de un gradiente hidráulico unitario, una unidad de superficie perpendicular a la dirección del flujo, en condiciones tales que sea aplicable la ley de Darcy.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (de las aguas): Facultad de transmitir la corriente eléctrica por efectos electrolíticos ligados a las sales disueltas (presencia de iones). Es indicativa, por tanto, del contenido salino total de un agua, con el que mantiene una relación directa. Se mide en :S/cm y se suele referir a una temperatura estándar de 25º C.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA: Ver coeficiente de permeabilidad.

CONO DE DEPRESIÓN: También llamado cono de bombeo. El término alude a la forma que adopta el nivel piezométrico alrededor de una captación sometida a extracción, de modo que los descensos provocados por el bombeo son mayores cuanto menor es la distancia al pozo.

DARCY (ley de): Ley que establece la proporcionalidad existente entre el caudal que circula a través de un medio poroso por unidad de superficie y el gradiente hidráulico responsable del flujo. La constante de proporcionalidad está representada por el coeficiente de permeabilidad del material frente al fluido circulante (en unas condiciones dadas).

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno. Medida de la cantidad de oxígeno necesaria para eliminar la materia orgánica contenida en el agua mediante procesos biológicos aerobios, de modo que constituye un índice de contaminación. Usualmente se refiere a cinco días, lo que se representa con las siglas DB05 (se expresa en mg/l de oxígeno).

DETRÍTICOS (materiales, acuíferos,...): Rocas constituidas por la acumulación de fragmentos de diversa naturaleza y tamaño; las partículas constituyentes reciben distintos nombres según su tamaño que, de menor a mayor diámetro, son: arcilla, limo, arena y grava, denominaciones válidas también para los sedimentos correspondientes. El comportamiento frente a la circulación hídrica puede variar en las rocas constituidas por los mayores tamaños de grano, que son las que por su permeabilidad presentan interés hidrogeológico, según que los granos estén o no trabados entre sí con la presencia de una matriz (constituida por granos de menor tamaño) o cemento (de precipitación química).

DOMO O CONO DE ASCENSO (SALINO): En acuíferos costeros, ascenso local de la interfase agua dulce-agua salada en el entorno de una captación, debido a haberse rebasado un cierto nivel en la magnitud del caudal bombeado. Como consecuencia, en el área afectada pueden llegar a alumbrarse aguas con evidencia de mezcla, más o menos intensa, con el agua de mar.

DUREZA: Alude, normalmente, al contenido total de iones de calcio y magnesio presentes en un agua. Es indicativa del poder incrustante. Hay varios tipos de dureza; la más usada, la dureza total, se expresa en grados franceses (1º F = 10 mg/l de CO3Ca equivalente).

EMBALSE SUBTERRÁNEO: Término equivalente al de unidad o sistema acuífero, pero que hace especial referencia a la existencia de un volumen de agua almacenado (reservas) y de unos recursos renovables, cuya regulación (e incluso su cuantía) puede ser además incrementada mediante determinadas actuaciones (ver recarga artificial, regulación de manantiales, ...)

ENSAYO DE BOMBEO: Prueba que consiste en bombear agua de una captación durante un cierto período de tiempo y observar la variación que se produce en los niveles piezométricos del acuífero. Puede usarse tanto para conocer la capacidad o el rendimiento de una captación, como para determinar las características hidráulicas del acuífero.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Se incluyen bajo esta denominación todos los procesos por los que una parte del agua de precipitación es devuelta en forma de vapor desde la superficie continental a la atmósfera. Las dos componentes significativas, englobadas en esta variable, son la evaporación desde la superficie del suelo o desde las superficies de agua libre y la transpiración vegetal. Es necesario distinguir entre evapotranspiración potencial y evapotranspiración real. Evapotranspiración potencial es la evapotranspiración que tendría lugar, en unas condiciones climáticas dadas, si no hubiese limitación en la cantidad de humedad disponible en el suelo, de modo que ésta pudiera satisfacer completamente la demanda atmosférica. La evapotranspiración real es la que realmente se produce bajo unas condiciones dadas por el clima y de contenido de humedad del suelo, de modo que la demanda atmosférica no puede ser satisfecha si el suelo no dispone del agua suficiente.

FORONÓMICO: Relativo a los aforos.

GEOTERMÓMETRO: Es un término aplicado a diferentes técnicas para determinar las temperaturas a que se han producido varios tipos de procesos geológicos. En concreto, se aplican en hidrogeología para determinar la "temperatura de base" en relación con manifestaciones hidrotermales.

GRADIENTE HIDRÁULICO: Es la variación, con la distancia, de la altura del nivel piezométrico de un acuífero en una dirección dada. Esta dirección suele ser la máxima pendiente de la superficie piezométrica (que coincidiría con las de las líneas de corriente).

HIDROGRAMA: Gráfica que representa la variación en el tiempo de alguna característica relativa a la circulación hídrica; muy en particular, se utiliza este término para referirse a las gráficas que representan la variación en el tiempo del caudal de un manantial (o de un río) o del nivel piezométrico en un pozo o sondeo.

INFILTRACIÓN (INFILTRACIÓN EFICAZ): Infiltración es el flujo descendente del agua desde la superficie del terreno hacia los niveles más superficiales del suelo o hasta la zona saturada. Se denomina "infiltración eficaz" a la fracción, expresada como porcentaje de la precipitación, que alcanza la zona saturada y contribuye, por tanto, a la recarga de los acuíferos (equivalente a coeficiente de infiltración).

INTERFASE: Superficie ideal que separa fluidos inmiscibles en un mismo acuífero, ya sea en equilibrio hidrostático o en condiciones dinámicas. En acuíferos costeros se emplea el término interfase “agua dulce-agua salada”, aunque se trata de dos fluidos miscibles; sirve entonces para simplificar el hecho real de una "zona de dispersión" que, con mayor o menor desarrollo, existe como consecuencia de la mezcla entre ambos tipos de aguas.

INTRUSIÓN MARINA: Penetración tierra adentro de la interfase agua dulce-agua salada en los acuíferos costeros, por el efecto antrópico de reducción significativa en el flujo subterráneo de agua dulce que originalmente descargaba al mar.

ISOHIDROHIPSA (LÍNEA): Línea que une los puntos de la superficie piezométrica situados a una misma cota. El conjunto de líneas isohidrohipsas correspondientes a una serie de cotas regularmente espaciadas, proyectadas sobre un plano, constituye el mapa piezométrico del acuífero, es decir el mapa de "curvas de nivel" de la superficie piezométrica correspondiente.

ISOPIEZA O LÍNEA ISOPIEZOMÉTRICA: Este término se utiliza a menudo como equivalente a curva de nivel de la superficie piezométrica. Sin embargo, tal utilización es incorrecta, pues el término isopieza significa literalmente "igual presión", carácter que realmente es propio de cualquier línea situada sobre la superficie piezométrica, dado que todos los puntos de ésta se encuentran a presión atmosférica. Por esta razón, las curvas de nivel de la superficie piezométrica deben ser denominadas más propiamente isohidrohipsas.

ISOTROPÍA: Cualidad de los materiales en los que el comportamiento es el mismo sea cual sea la dirección considerada.

ISOYETA (O ISOHIETA): Línea que une, en un mapa, puntos que reciben igual cantidad de precipitación.

KÁRSTICO: Se denomina kárstico a un paisaje que muestra aspectos morfológicos peculiares en relación con la disolución de rocas, similares a los que existen en la región denominada Karst, al norte de la antigua Yugoslavia. Desde el punto de vista hidrogeológico, se caracteriza por un marcado predominio de la circulación subterránea sobre la superficial. Dicha circulación suele realizarse a favor de huecos o conductos que, en algunos casos, adquieren grandes dimensiones, por lo que el flujo subterráneo se realiza a velocidad alta. Por otra parte, el fuerte condicionamiento estructural en la orientación de tales huecos o conductos motiva una gran anisotropía en los valores de la permeabilidad.

LEY DE DARCY: Ver Darcy.

LIMNÍGRAFO: Aparato que permite obtener un registro gráfico (limnigrama) de la evolución en el tiempo de la altura de la lámina de agua. Utilizado especialmente para controlar la variación de nivel piezométrico en una captación o el caudal de un manantial o río en una estación de observación adecuada.

LÍNEA DE CORRIENTE: Es la línea que representa la trayectoria teórica, desde el punto de vista macroscópico, de una partícula de agua en movimiento; es tangente en todos los puntos al vector velocidad. En régimen permanente y en acuíferos isótropos, es ortogonal en todos los puntos a las superficies equipotenciales (o, en proyección en un plano, a las líneas equipotenciales).

LÍNEA EQUIPOTENCIAL: Línea que une puntos con igual potencial o carga hidráulica, en un medio acuífero con flujo bidimensional (considerado en un plano vertical u horizontal). En tres dimensiones se puede definir, de igual manera, una superficie equipotencial.

LLUVIA ÚTIL: Fracción de la precipitación no evapotranspirada y que, por tanto, representa los recursos hídricos totales de una cuenca; de este modo, la lluvia útil se convierte en escorrentía superficial, infiltración o ambas.

MAPA PIEZOMÉTRICO: Representación cartográfica de la superficie piezométrica de un acuífero (ver isopieza e isohidrohipsa), construida por interpolación de medidas puntuales de la carga hidráulica en diferentes puntos.

MODELO: Representación teórica simplificada de un sistema acuífero; la elaboración de un modelo exige definir la estructura del sistema (límites, características geométricas, etc.) y formular las leyes que relacionan las entradas del sistema y sus respuestas (salidas), de acuerdo con los parámetros que intervienen en dichas relaciones. Los modelos pueden ser de varios tipos: reducidos, analógicos, matemáticos,...

MODELO MATEMÁTICO: El término se refiere generalmente a un modelo consistente en la formulación matemática de las relaciones entre las impulsiones y las respuestas del sistema (entradas-salidas), teniendo en cuenta los parámetros físicos del acuífero. Un modelo de este tipo consigue simular, con auxilio del tratamiento de datos de ordenador, el comportamiento del acuífero frente a diferentes actuaciones sobre el mismo.

PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS: Características de los acuíferos que rigen su comportamiento frente a la circulación hídrica y a influencias externas (alimentación, extracciones, etc.). Parámetros fundamentales son la porosidad, el coeficiente de almacenamiento y la permeabilidad o conductividad hidráulica. Otros derivan de los anteriores; así, la transmisividad es el producto de la permeabilidad por el espesor saturado.

PERCOLACIÓN: Proceso de infiltración en el terreno, por debajo de la zona de influencia radicular, de aguas utilizadas para el regadío. Es frecuente que dichas aguas arrastren en disolución componentes químicos utilizados en agricultura (abonos, pesticidas, etc.).

PERMEABILIDAD: Cualidad de un material que consiste en permitir que el agua (u otro fluido) circule a través de sus poros. Se expresa cuantitativamente por medio del coeficiente de permeabilidad.

PIEZÓMETRO: Pozo o sondeo utilizado para medir la altura piezométrica en un punto dado de un acuífero.

POLJE: Depresión amplia en una región kárstica con vertientes generalmente escarpadas y fondo llano.

POROSIDAD: Relación entre el volumen de huecos, interconectados o no, contenidos en una roca o sedimento y el volumen total de la roca o del sedimento. La porosidad así definida se denomina "total", aunque en hidrogeología es de empleo más común la porosidad "eficaz".

POROSIDAD EFICAZ: Relación entre el volumen de agua gravífica (agua que una roca o sedimento puede liberar por efecto exclusivamente de la gravedad) y el volumen total de la roca o sedimento.

POROSIDAD (PRIMARIA Y SECUNDARIA): Estos términos hacen alusión al origen de los huecos que determinan la porosidad de una roca o sedimento. Cuando los huecos corresponden a los espacios que existen entre los granos que integran una roca o sedimento, la porosidad se denomina "primaria" o intergranular, mientras que si son efecto de procesos de fracturación, de disolución o ambas, de la roca, la porosidad se denomina "secundaria". No se trata de términos excluyentes y, de hecho, en una misma roca pueden coexistir ambos tipos de porosidad.

RECARGA ARTIFICIAL: Procedimiento por el que se inyecta o añade en un acuífero agua desde la superficie. Puede realizarse por distintos métodos, ya sea favoreciendo la infiltración en superficie (método sólo aplicable en acuíferos libres) o procediendo a inyectar en una perforación (en acuíferos confinados es la única solución viable). Esta técnica contribuye a una mejor regulación de los recursos mediante el almacenamiento subterráneo de excedentes superficiales estacionales; de hecho, constituye un buen ejemplo de uso conjunto de recursos superficiales y subterráneos.

RECURSOS: Es una cifra equivalente al total de la recarga o alimentación de un acuífero. Sus unidades son las de un caudal (L3/T). A veces se distingue entre recursos "propios", como es el caso, por ejemplo, de la infiltración por precipitación sobre los afloramientos del acuífero, y recursos "externos", cuando la recarga procede de alimentación lateral de otro acuífero o de percolación de aguas superficiales.

REGULACIÓN DE MANANTIALES: Explotación o bombeo que provoca el agotamiento o la disminución de caudal, por lo menos temporal, de uno o más manantiales (o la descarga a un río), con objeto de adecuar su funcionamiento a las exigencias y distribución en el tiempo de la demanda, de modo que se consigue un mejor aprovechamiento de los recursos.

RESERVAS: Término que alude al volumen de agua almacenada en un embalse subterráneo. Este término puede matizarse con diferentes calificativos que hacen referencia a otras tantas circunstancias hidrogeológicas.

RESIDUO SECO: Peso de las sales precipitadas al evaporar un volumen conocido de agua, en laboratorio, a una temperatura de referencia (105-100ºC ó 180ºC). El residuo seco constituye una medida a la salinidad del agua.

RETORNO DE RIEGOS: Agua que llega a la zona saturada procedente de la infiltración del agua de riegos. Se expresa, usualmente, como porcentaje de la cantidad de agua aplicada; el retorno de riegos depende de muchos factores (tipo de riego, dotación, permeabilidad, etc.). Puede ser responsable de un enriquecimiento progresivo en sustancias disueltas de las aguas subterráneas, sobre todo en climas áridos.

R.T.S.: Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (B.O.E. nº 226, 20 de septiembre de 1990).

SALINIDAD (DE UN AGUA): Término indicativo del contenido total en sales disueltas; suele expresarse también por el residuo seco (contenido en sales precipitadas al evaporar un litro de agua) o, indirectamente, por la conductividad eléctrica.

SALINIZACIÓN (de las aguas): Proceso de enriquecimiento progresivo, en el espacio y/o en el tiempo, de la concentración de sales disueltas. Este proceso puede ser de origen natural (disolución de minerales y rocas) o antrópico (intrusión marina, sobreexplotación de acuíferos, ...).

SAR (índice): Índice muy utilizado para clasificar aguas destinadas al riego en agricultura, que tiene en cuenta la concentración total de sales solubles (expresada mediante la conductividad) y la concentración relativa del sodio con respecto al calcio y al magnesio. El primer aspecto clasifica las aguas en cuatro tipos: C-1 (de baja salinidad), C-2 (de salinidad media), C-3 (altamente salina) y C-4 (muy altamente salina). El segundo parámetro representa el peligro de alcalinización del suelo y establece, igualmente, cuatro categorías: S-1 (agua baja en sodio), S-2 (agua media en sodio), S-3 (agua alta en sodio) y S-4 (agua muy alta en sodio).

SUPERFICIE FREÁTICA: Límite superior de la zona saturada en un acuífero libre.

SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA: Superficie definida por todos los puntos en los que la presión del agua, de un acuífero libre o confinado, es igual a la presión atmosférica. Su geometría puede establecerse a partir de las observaciones del nivel piezométrico en un número suficiente de pozos que penetren sólo ligeramente en la zona saturada. El límite superior de la zona saturada de un acuífero libre constituye un caso particular de superficie piezométrica (superficie freática).

TRANSMISIVIDAD: Parámetro hidrogeológico que representa el producto del coeficiente de permeabilidad por el espesor saturado de acuífero (en un medio isótropo). Puede ser interpretado como el caudal del agua que atraviesa una franja de acuífero, orientada perpendicularmente al flujo, de anchura unidad y bajo un gradiente hidráulico unitario.

U.F.: Unidad de Fertilizantes; se emplea para expresar el contenido en elementos nutritivos (en kg por 100 kg de producto).

1 UFN = 1 kg neto de nitrógeno (N).

1 UFP = 1 kg neto de anhídrico fosfórico (P_2O_5).

1 UFK = 1 kg neto de óxido de potasio (K_20).

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA: Superficie englobada dentro de una poligonal definida con criterio y fines administrativos y de gestión del agua subterránea, dentro de la cual hay uno o más acuíferos.

USO CONJUNTO: Gestión de los recursos que contempla el aprovechamiento racional de aguas superficiales y subterráneas, de acuerdo con las características globales de la cuenca y la distribución de la demanda.

ZONA NO SATURADA: Es la zona comprendida entre la superficie del terreno y el nivel piezométrico, en la que los poros que existen en la roca o en el suelo contienen agua, a presión inferior a la atmosférica, además de aire y otros gases.

ZONA SATURADA: Zona de un acuífero en la que los poros están ocupados en su totalidad por agua.

VER NAVEGACION

ISBN 84-7840-476-7