



10

Hidrogeología general
de la provincia

10.1. Introducción

Los acuíferos, entendiéndose como tales aquellas formaciones geológicas capaces de almacenar y transmitir agua a través de ellos en cantidades significativas, de modo que pueda extraerse mediante obras de captación (sondeos, presas, etc.), se pueden clasificar:

- En función de la presión hidrostática del agua contenida en ellos:

- **Acuíferos libres, no confinados o freáticos:** se definen como aquellos en los que el límite superior de la masa de agua forma una superficie real que está en contacto con el aire de la zona no saturada y, por lo tanto, a presión atmosférica. Cuando se perfora un pozo desde la superficie del terreno, el agua aparece en el pozo cuando se corta o alcanza el nivel freático, y se mantiene a esa profundidad. La recarga de este tipo de acuíferos se realiza principalmente por infiltración de la precipitación a través del suelo, o por infiltración de agua de ríos o lagos.
- **Acuíferos confinados, cautivos o a presión:** son aquellos que en su límite superior o techo, el agua está a una presión superior a la atmosférica. Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa confinante mucho menos permeable (por ejemplo una capa arenosa bajo otra arcillosa). Durante la perforación de los pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo de los mismos se observa un ascenso rápi-

do del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición. A este fenómeno se le solía llamar “artesianismo”, aunque el vocablo va cayendo en desuso. El pozo será surgente cuando el nivel piezométrico esté situado a cota superior a la de la boca del pozo.

La recarga de un acuífero confinado procede principalmente de la lluvia que se infiltra directamente a través de la zona en la que aflora la formación acuífera, es decir, donde el acuífero se comporta como libre, o bien donde se puede considerar como semiconfinado y las condiciones sean favorables.

- **Acuíferos semiconfinados o semicautivos:** pueden considerarse un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que el muro, el techo o ambos, no son totalmente impermeables sino que permiten la circulación vertical del agua. Este paso vertical de agua puede hacerse desde o hacia el acuífero, e incluso variar con el tiempo, según sean los valores relativos de los niveles piezométricos.

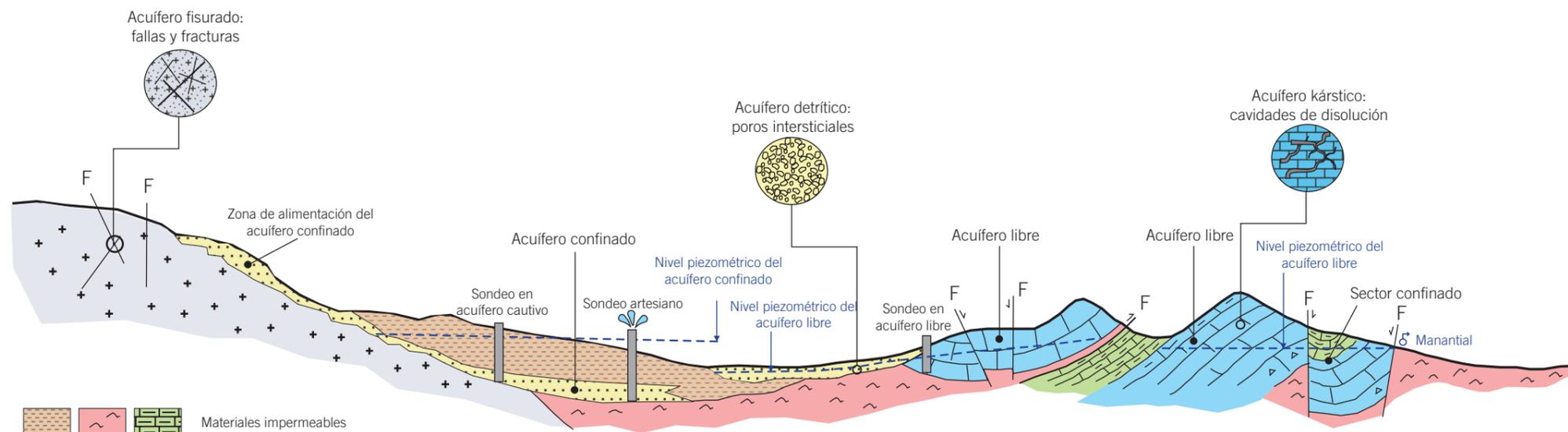
- En función del tipo de materiales que lo constituyen y el origen de su permeabilidad:

- **Acuíferos detríticos:** son aquellos en los que el agua circula a través de los propios poros de la roca que constituye el acuífero. Se trata de formaciones geológicas constituidas por la acumulación de partículas transporta-

das por la gravedad, viento o hielo; en ambiente lacustre o marino. Suelen ser arenas y gravas de distinto origen geológico: fluvial, como los que forman los materiales aluviales de los ríos o las terrazas de los mismos; deltaico, si se trata de depósitos acumulados en la desembocadura de los ríos. Por lo general son de edades geológicamente recientes.

- **Acuíferos Kársticos:** formados por sedimentos que se han consolidado debido a procesos de compactación o diagénesis. La circulación del agua se realiza a través de los huecos y cavidades formadas por disolución de la propia roca, debido a la acción del agua (karstificación). Las litologías más frecuentes donde se desarrolla este proceso, son las calizas y dolomías, aunque también se produce en areniscas (arenas consolidadas) por disolución del cemento intergranular, en calcarenitas (areniscas de granos carbonáticos) por disolución de las partículas de la roca y del cemento, y más raramente en yesos. Hay que tener en cuenta que si estas rocas no están karstificadas, son poco permeables.

- **Acuíferos fisurados:** la circulación del agua se realiza a través de fisuras y grietas existentes en la roca. Los materiales dominantes de este tipo de acuíferos son de origen ígneo y metamórfico, materiales que, en la dinámica de su formación, experimentan profundas transformaciones físicas y químicas, dando lugar a cambios en la estructura de la roca o sedimento original y a la formación de las grietas y fracturas que le confieren el carácter permeable.



10.2.

Acuíferos de la provincia de Cádiz

Los acuíferos en la provincia de Cádiz, por la naturaleza litológica de los terrenos que los constituyen se diferencian en dos grupos esenciales: carbonatados y detríticos.

Los carbonatados son permeables por fisuración y karstificación. El agua circula y se almacena en las fisuras y huecos que ella misma ha creado por efecto de la disolución de los carbonatos. Las rocas que generan estos acuíferos son las calizas y dolomías. En ellos el agua circula con rapidez y el tiempo de permanencia dentro del acuífero es corto en comparación con lo que ocurre con los acuíferos detríticos. La descarga o salida natural del agua del acuífero se realiza a través de los manantiales. Dentro de esta categoría destacan los acuíferos que integran la Sierra de Grazalema, no sólo por su mayor extensión superficial, sino también por el alto grado de karstificación desarrollado -con toda una variedad de formas exokársticas y endokársticas- y por ser uno de los parajes naturales más singulares de toda Andalucía: el Parque Natural de la Sierra de Grazalema.

Los acuíferos detríticos son permeables por porosidad intragranular. El agua circula y se almacena entre los poros del terreno. Los terrenos que lo forman son los limos, arenas, gravas y areniscas. La circulación del agua subterránea en ellos es lenta y su capacidad de almacenamiento es grande en comparación con los acuíferos carbonatados, y por tanto de su capacidad de regulación. Presentan una mayor inercia ante estímulos externos como pueden ser periodos de sequía, bombeos intensos o procesos de contaminación. Son los más abundantes en la provincia y destacan, por su extensión y grado de aprovechamiento, el acuífero de Puerto Real-Conil o el de Vejer-Barbate.

En total en la provincia de Cádiz se ubican 19 acuíferos importantes, de los cuales 15 se localizan íntegramente dentro de su territorio, mientras que los otros 4: Setenil-Ronda, Sierra de Líbar, Sierra de Cañete y Aluvial del Guadiaro-Hozgarganta, comparten su superficie, en mayor o menor grado, con la vecina provincia de Málaga. Además cabe considerar, por su interés hidrogeológico, el conjunto de pequeños acuíferos aislados que conforman las Areniscas del Aljibe, que aunque de baja permeabilidad, tienen importancia por la gran extensión que ocupan, encontrando su máximo desarrollo en la comarca del Campo de Gibraltar.

Los terrenos permeables que integran los 19 acuíferos de la provincia alcanzan una superficie próxima a los 1.600 km², lo que representa el 21 % de la superficie total provincial (7.442 km²). Aproximadamente el 73 % de la superficie permeable es de naturaleza detrítica y el 27 % de naturaleza carbonatada. No obstante hay que resaltar que, a pesar de una menor superficie de acuíferos carbonatados, éstos aportan comparativamente mayores recursos potencialmente aprovechables que los detríticos. En conjunto, las reservas hídricas subterráneas renovables oscilan a 393,9 hm³/a, a las que hay que añadir, unos 25 km³ correspondientes a las reservas formadas por las areniscas de Aljibe.

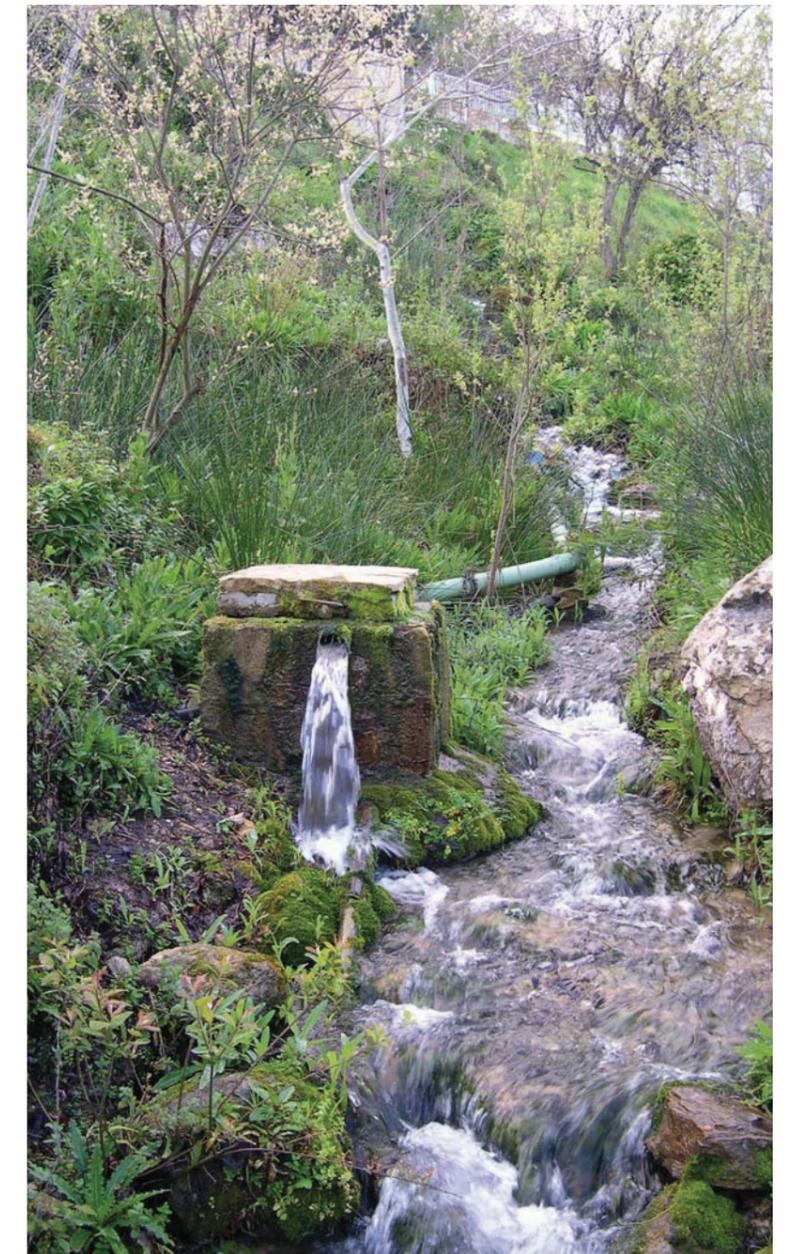
Administrativamente, éstos acuíferos se incluyen dentro de las poligonales que delimitan 18 unidades hidrogeológicas según el Catálogo de unidades hidrogeológicas del territorio Peninsular e Islas Baleares (MOPU-IGME, 1988). Las Areniscas del Aljibe del Campo de Gibraltar no están incluidas en dicho catálogo.

Las unidades hidrogeológicas son entidades de gestión, definidas con criterios hidrogeológicos, cuya delimitación superficial responde a un carácter eminentemente administrativo y engloban en el interior de sus poligonales uno o más acuíferos. Están sujetas a una normativa de explotación cuyo soporte legal viene definido en el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (R.D. 927/1988), en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas, en su Título II, de la Planificación Hidrológica, capítulo II, de contenido de los Planes (artículo 84.4).

La entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), establece nuevos objetivos para la gestión y conservación de las aguas. Introduce el concepto de *masa de agua subterránea* (volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos capaz de proporcionar, para el consumo humano, un promedio de más de 10 m³ diarios o que abastezcan a más de 50 personas), como unidad geográfica de referencia para las muchas obligaciones que establece.

En España la identificación territorial de los acuíferos de cada cuenca son las unidades hidrogeológicas, por lo que era necesario adaptar éstas a los objetivos de la Directiva Marco antes de diciembre de 2004. Para ello el Ministerio de Medio Ambiente con la colaboración del Instituto Geológico y Minero de España

y la participación de los Organismos de cuenca, ha abordado la primera delimitación y caracterización de las masas de agua subterránea en las cuencas intercomunitarias, aunque al tratarse de un proceso iterativo, que se refinará en varias etapas hasta la publicación del Plan hidrológico de cuenca, puede sufrir modificaciones sustanciales.



Captación en las proximidades de la piscifactoría de Benamahoma (3)



Arenas pliocenas del acuífero detrítico de Puerto Real - Conil, en Fuente del Gallo (6)

10.3. Recursos hídricos subterráneos y sus usos

Los recursos hídricos subterráneos potencialmente utilizables en la provincia de Cádiz entendiéndose como tales la recarga del agua de lluvia sobre la totalidad de los terrenos permeables que constituyen los acuíferos y las entradas laterales naturales desde otros acuíferos ascienden a 394 hm³/año. Los acuíferos detríticos aportan unos recursos de 219 hm³/año, lo que supone el 55,6 % del total; mientras que los carbonatados alcanzan la cifra de 175 hm³/año (44,4 % del total).

Teniendo en consideración los usos más importantes que son los abastecimientos de agua potable a las poblaciones y el riego en agricultura el total estimado de las extracciones por bombeo de aguas subterráneas asciende a unos 94 hm³/año, lo que representa el 24 % del total de los recursos que potencialmente podrían utilizarse, cifra ésta que evidencia una clara subexplotación, independientemente de la situación particular en que se encuentran cada uno de los acuíferos que integran el conjunto provincial.

Acuíferos de la provincia de Cádiz						
Comarca	Acuífero	Naturaleza	U.H.	Superficie permeable (km ²)	Entradas ⁽¹⁾ (hm ³ /año)	Explotación ⁽²⁾ (hm ³ /año)
La Sierra de Cádiz	Sierra de Grazalema	Carbonático	05.64	163	63,1	2,4
	Sierra de Lijar	Carbonático	05.64	15	7,2	0,8
	Sierra de Líbar *	Carbonático	00.06	84 (30)	82,2	0,7
	Setenil-Ronda *	Detrítico	00.07	211 (90)	21	3,4
	Sierra de Cañete *	Carbonático	00.08	61 (10)	13	2,5
	Arcos-Bornos-Espera	Detrítico	05.54	70	7,6	6,3
	Llanos de Villamartín	Detrítico	05.53	124	11,6	7,3
La Campiña de Jerez	Jerez de la Frontera	Detrítico	05.56	95	15	2
	Aluvial del Guadalete	Detrítico	05.55	150	24	9
	Sierra de las Cabras	Carbonático	05.60	34	9,5	1,45
La Costa Noroeste	Rota-Sanlúcar-Chipiona	Detrítico	05.57	88	12,5	2
	El Puerto de Santa María	Detrítico	05.58	44	7,6	4
	Puerto Real-Conil	Detrítico	05.59	238	28	13
La Janda	Vejer-Barbate	Detrítico	05.61	152	30,5	24
	Aluvial del Barbate	Detrítico	05.62	111	21,5	5
El Campo de Gibraltar	Aluvial del Guadiaro y Hozgarganta*	Detrítico	06.47	40 (10)	16,64	7,5
	Plioceno de Sotogrande	Detrítico	06.48	33,5	4,95	1,05
	Pliocuatrnario de Guadarranque-Palmones	Detrítico	06.49	105	16,21	0,33
	Cuatrnario de La Línea	Detrítico	06.50	10	1,8	1,62
Total acuíferos				1828,5	393,9	94,35
Comarca	Acuífero de baja permeabilidad	Naturaleza	U.H.	Superficie baja permeabilidad (km ²)	Entradas ⁽¹⁾	Explotación ⁽²⁾
El Campo de Gibraltar	Areniscas del Aljibe	Detrítico	-	538	20-25	8,5

* datos referidos a las provincias de Cádiz y Málaga; entre paréntesis se estiman las cifras correspondientes a la provincia de Cádiz

(1) Infiltración de la lluvia más entradas laterales si existen

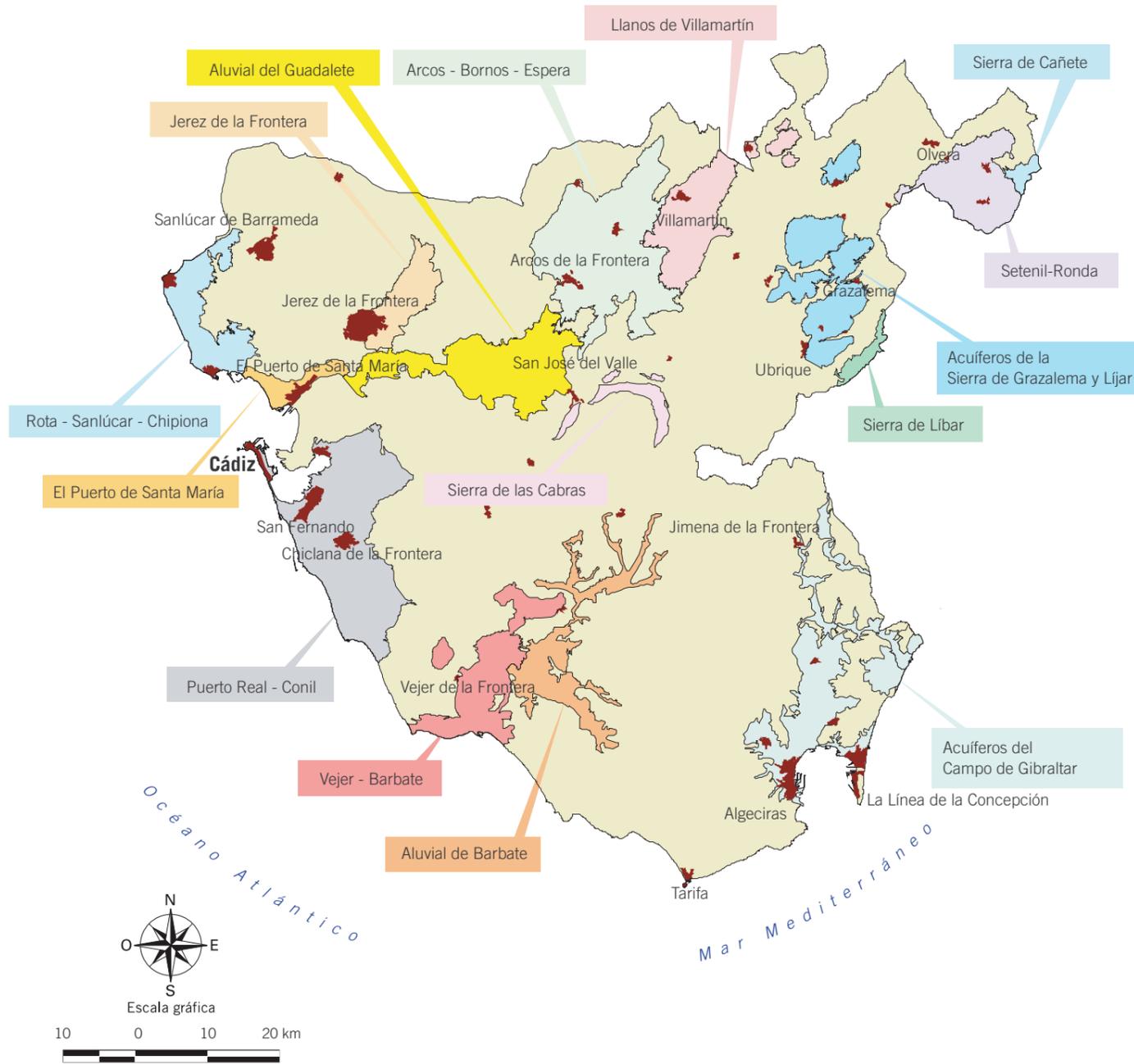
(2) Bombeo de captaciones y aprovechamiento de manantiales

Hay abastecimientos urbanos que usan exclusivamente aguas superficiales como fuente de suministro; otros usan exclusivamente aguas subterráneas, existiendo así mismo un porcentaje no desdeñable que, aunque de forma regular se abastecen con aguas superficiales, en determinadas circunstancias utilizan las aguas subterráneas como complemento o elemento de garantía. En situaciones de sequía hídrica se ha acreditado la eficacia de éstos abastecimientos mixtos.

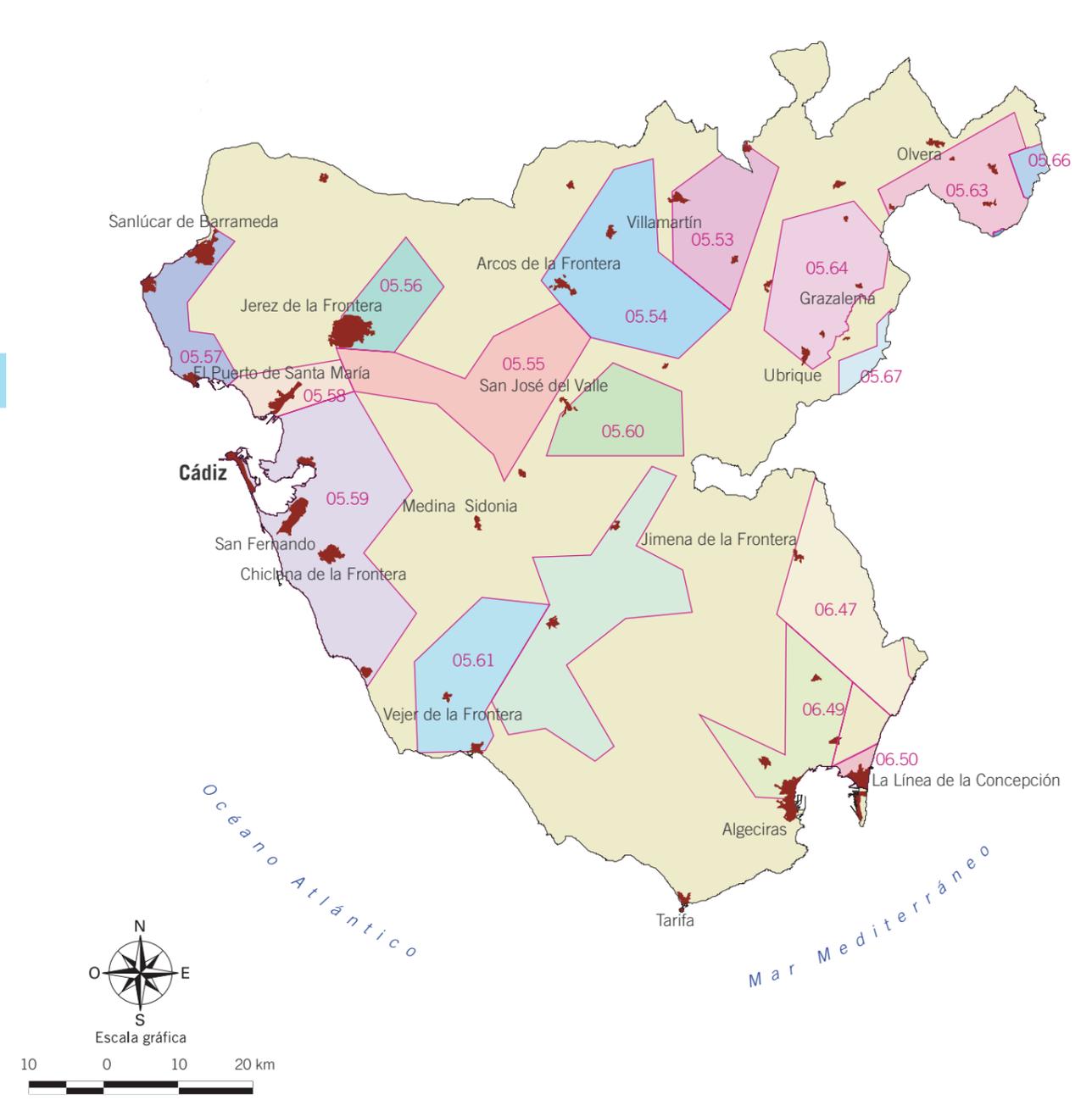
En el año 2002, el número total de habitantes abastecidos con aguas subterráneas, tanto de forma exclusiva como formando parte del abastecimiento mixto, era de 262.122 lo que representa el 28,8 % del total de la población. Para atender esta demanda se aplicaron 28,79 hm³/año equivalente al 23,2 % del volumen total captado.

La actualización del inventario y caracterización de los regadíos en Andalucía realizada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía en el año 2002 constató que la superficie regada en la provincia de Cádiz en esas fechas, era de 53.538 ha, el 7,2 % de la superficie total de la provincia, que es el más bajo de Andalucía, aunque cabe resaltar que, la misma fuente da para el periodo 2001-2002 una tasa de crecimiento de la superficie de riego del 24,1 %, el más alto de Andalucía.

Principales acuíferos de la provincia de Cádiz



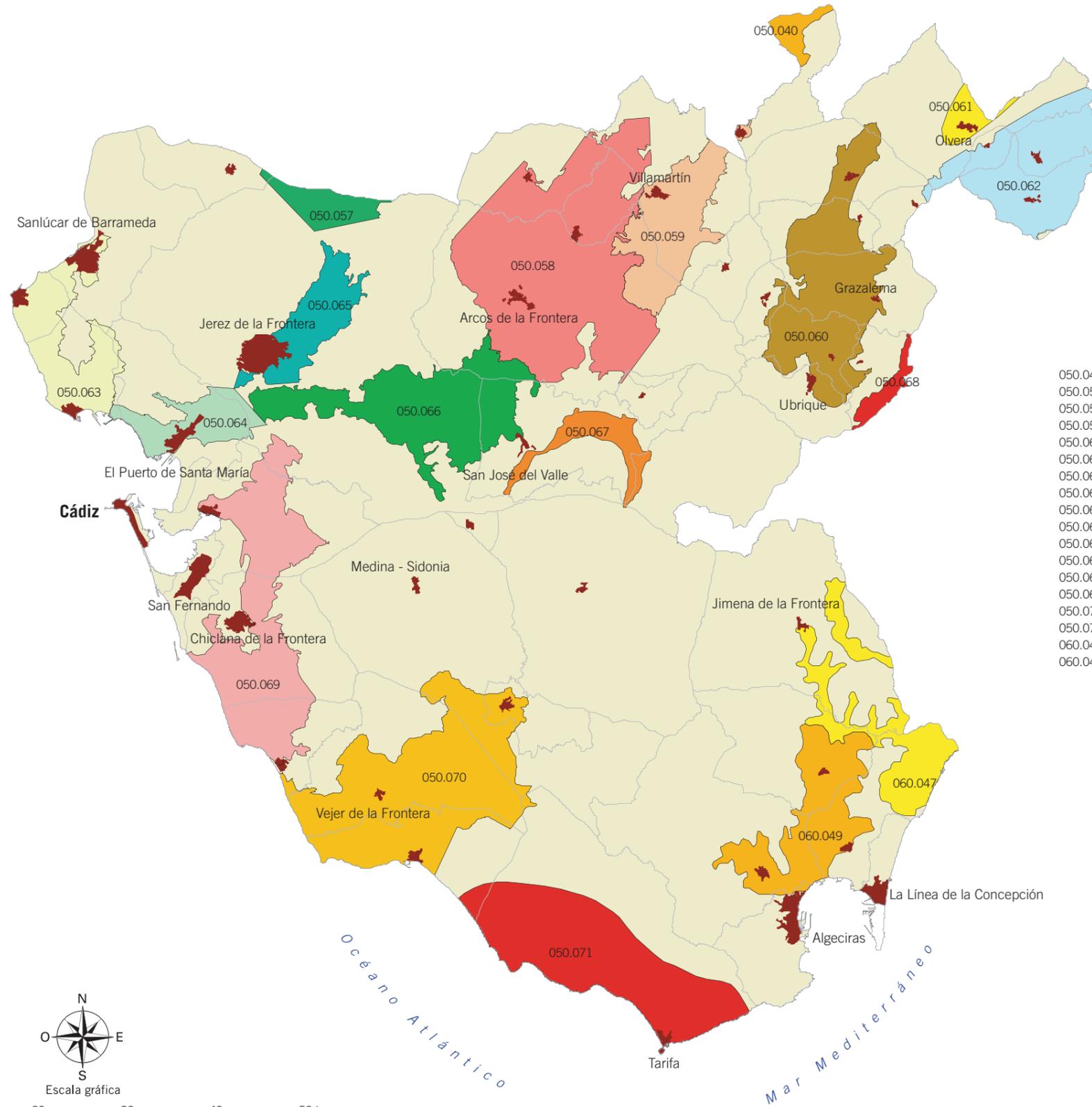
Unidades hidrogeológicas de la provincia de Cádiz



Masas de agua subterránea de la provincia de Cádiz (marzo 2005)

10. Hidrogeología general de la provincia

Atlas Hidrogeológico de la provincia de Cádiz



- 050.040 Aharal – Coronil – Morón – Puebla de Cazalla
- 050.057 Lebrija
- 050.058 Arcos – Bornos – Espera
- 050.059 Llanos de Villamartín
- 050.060 Sierra de Grazalema
- 050.061 Olvera – Navarredonda
- 050.062 Setenil – Montecorto
- 050.063 Rota – Sanlúcar – Chipiona
- 050.064 Puerto de Santa María
- 050.065 Jerez de la Frontera
- 050.066 Aluvial del Guadalete
- 050.067 Sierra de la Cabras
- 050.068 Sierra de Libar
- 050.069 Puerto Real – Conil
- 050.070 Vejer – Barbate
- 050.071 Zahara de los Atunes
- 060.047 Guadiaro Genal – Hozgarganta
- 060.049 Guadarranque - Palmones



Escala gráfica





Pozo en el extremo meridional del acuífero Aluvial del Barbate (6)



Riego por aspersión. Acuífero de Vejer-Barbate (6)

De las 53.538 ha regadas, el 17%, es decir 9.003 ha, lo hacen exclusivamente con aguas subterráneas. Esto representa un volumen de agua aplicada de 43,6 hm³/a. A esta cifra habría que añadirle el volumen de agua subterránea aportado en los regadíos mixtos, que utilizan éstas como apoyo al suministro superficial de forma variable según las circunstancias. Se estima que del orden del 16 al 18% del volumen aplicado en estos regadíos procede de aguas subterráneas, de tal forma que el total de aguas subterráneas utilizadas en agricultura en la provincia de Cádiz ascendería a unos 63 o 65 hm³/año, y que tienen como destino la demanda que plantean los diferentes cultivos, de los que cabe destacar los de carácter semiintensivo: remolacha y el algodón (39 %), los extensivos de verano: girasol y cereales (17 %) y los cultivos de invernadero y fresa que, aunque menos significativos en cuanto a su porcentaje superficial, sí tienen una gran importancia económica y social.

Por último, en los usos del agua, hay que destacar la función medioambiental de las aguas subterráneas vinculadas a ecosistemas naturales como son el sistema de manantiales de la sierra de Grazalema, la sierra de las Cabras o la Laguna de los Tollos, en el término municipal de Jerez de la Frontera, de gran interés para la avifauna acuática.

10.4. Calidad química de las aguas subterráneas

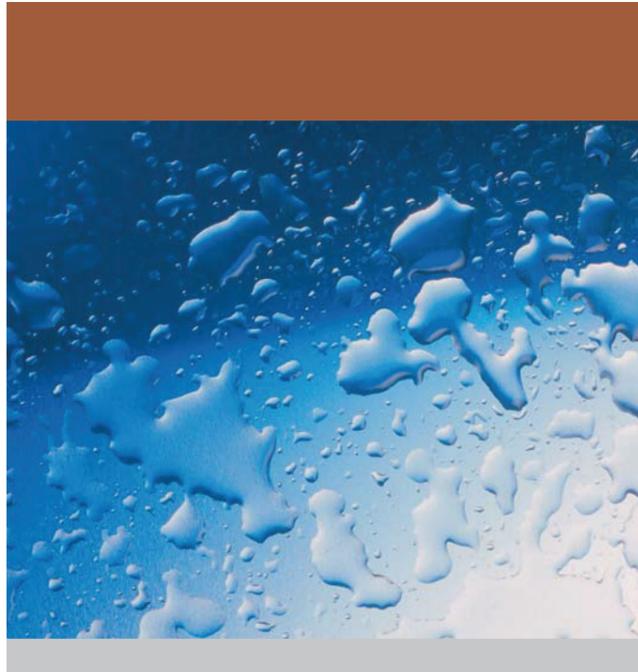
El agua cuando circula a través de las fisuras, poros y huecos del terreno que constituyen los acuíferos, incorpora a su composición los elementos y compuestos que son solubles. El tipo y predominio de las especies iónicas presentes en las aguas subterráneas definen su facies hidroquímica.

La composición química 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 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 concepto de *calidad* hace aquí referencia a la aptitud de la composición química de un agua para ser utilizada en diferentes usos.

Existen diversos factores naturales que deterioran, en este sentido, la calidad de un agua subterránea. Entre ellos, los más notables que se producen en la provincia de Cádiz, son la influencia del substrato de materiales yesíferos del Triás

y la existencia de acuíferos costeros, en los que se produce un estado particular de equilibrio entre las aguas dulces del acuífero y las aguas saladas del mar. Además, esta calidad natural no permanece necesariamente constante, pues puede verse alterada por la actividad humana, bien por prácticas agrícolas inadecuadas, por vertidos urbanos o industriales deficientemente tratados o por procesos de intrusión marina inducida por un bombeo excesivo o mal planificado.

La provincia se caracteriza por poseer una notable riqueza y variedad de aguas subterráneas, acorde con la diversidad de materiales geológicos que forman sus acuíferos. De forma general pueden diferenciarse claramente dos grandes áreas de características y calidad del agua subterránea diferenciadas, al oeste, coincidiendo con los acuíferos costeros de Rota-Sanlúcar-Chipiona, El Puerto de Santa María, Puerto Real-Conil y con el acuífero de Jerez de la Frontera encontramos, por diversas causas, ya sea la intrusión marina ya la influencia de margas triásicas, aguas de elevada salinidad, facies cloruradas, sulfatadas, sódicas y magnésicas, de calidad deficiente para la agricultura e incluso para el abastecimiento a poblaciones. Al este, las facies dominante son bicarbonatadas, cálcicas, disminuye notablemente la mineralización del agua, y la calidad, tanto para agricultura como para abastecimiento, mejora notablemente.



"La noria"

*La tarde caía
triste y polvorienta.*

*El agua cantaba
su copla plebeya
en los cangilones
de la noria lenta.*

*Soñaba la mula
¡pobre mula vieja!
al compás de sombra
que en el agua suena.*

*La tarde caía
triste y polvorienta.*

*Yo no sé qué noble,
divino poeta,
unió a la amargura
de la eterna rueda*

*la dulce armonía
del agua que sueña,
y vendó tus ojos
¡pobre mula vieja!...*

*Mas sé que fue mi noble,
divino poeta,
corazón maduro
de sombra y de ciencia.*

Antonio Machado