



Calidad química  
de las  
aguas subterráneas



La descripción de la diversidad de elementos químicos que pueden aparecer en las aguas contenidas en el medio subterráneo no es una tarea fácil, a causa de la enorme cantidad de factores que influyen en su composición, tales como, naturaleza de la roca encajante, tiempo de residencia en ella, composición del agua de alimentación y su variación temporal, modificaciones en el transcurso de la infiltración (fenómenos de oxidación-reducción, cambio de bases, mezclas de aguas a distintas concentraciones y temperaturas...). A todos ellos hay que sumar las modificaciones introducidas por las acciones del hombre que en ocasiones pueden ser determinantes para su utilización, ya sea en agricultura o abastecimiento.

El término *calidad* del agua indica, además de su caracterización química, su capacidad o aptitud para el uso al que se destina.

En este sentido, las limitaciones máximas corresponden a las aguas destinadas al consumo humano, definidas por la «Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público» (R.D. 1138/1990, 14 de septiembre). En ella se especifican los niveles guía y concentraciones máximas admisibles para los distintos componentes de las aguas (caracteres organolépticos, físico-químicos, sustancias no deseables, tóxicas y caracteres microbiológicos). Asimismo en este Real Decreto se especifican los métodos analíticos oficiales y la periodicidad y número mínimo de muestras para los sistemas de abastecimiento.

La utilización del agua en agricultura está condicionada principalmente por la salinidad y contenido en sodio, aparte de la presencia de sustancia tóxicas para los cultivos (boro, metales). Dada la existencia de determinados factores que van a influir en el aprovechamiento del agua por las plantas, como son las características del suelo y el tipo de cultivos, no existe una normativa específica relativa a la calidad de las aguas para agricultura, por lo que en este documento se ha optado por una de las directrices más ampliamente utilizadas, la del U.S. Salinity Laboratory Staff, basada en la conductividad eléctrica del agua y el índice de adsorción de sodio (S.A.R.).

La calidad del agua para usos industriales es tan variable como los procesos en los que este elemento se emplea. No obstante, las aguas utilizadas en la elaboración de productos alimenticios deben cumplir las normas establecidas en la Reglamentación Técnico-Sanitaria. Como criterio general, los factores que más pueden influir en la adecuación de un agua para la industria son la agresividad y el poder de incrustación.

Para la elaboración de la lámina que acompaña a este texto se ha partido de los datos obtenidos por el ITGE en su red de control de calidad química, que ha permitido conocer la evolución de las características físico-químicas de determinados acuíferos a lo largo del tiempo. Además se han utilizado los datos más interesantes aportados por diferentes estudios y actuaciones realizadas en la provincia, tanto por el ITGE como por los diversos organismos que en ella han trabajado.

La definición de los parámetros hidroquímicos que caracterizan a cada uno de los acuíferos, se ha realizado utilizando los puntos más representativos de los que se dispone de datos, aplicando las mismas características a parte o a la totalidad del acuífero, lo que no deja de ser una generalización que puede ser válida si se exceptúan las variaciones locales que pudieran existir.

El hecho de que la mayor parte de los acuíferos de la provincia sean de naturaleza carbonatada y constituyan altos promontorios, con elevadas pendientes no aptos por lo general para el cultivo ni el asentamiento de actividades humanas, es la causa de que los problemas de contaminación antrópica de las aguas subterráneas existentes sean escasos y puntuales. Hay, por otra parte, un grupo de acuíferos que presentan características completamente diferentes, tales como el Aluvial del Guadalquivir o la Unidad de Úbeda, sobre los que se asientan importantes núcleos urbanos y grandes superficies cultivadas, lo que se ve reflejado en la composición de sus aguas.

Por otra parte, hay que indicar que no se señalan en la lámina, las anomalías en las facies hidroquímicas que representan las puntuales manifestaciones hidrotermales existentes, ya que estas han sido tratadas en un capítulo aparte.

En la tabla que aparece al final de este epígrafe se detallan las principales características físico-químicas de los acuíferos de la provincia.

En los *acuíferos carbonatados*, la facies predominante es la bicarbonatada cálcica, cálcico-magnésico o magnésico-cálcica, dependiendo de la preponderancia de materiales calizos o dolomíticos. La mineralización es por lo general ligera o notable y las aguas son perfectamente aptas para su uso en abastecimiento o regadío. La aparición de facies bicarbonatada-sulfatada o incluso sulfatada ocurre en aquellos en los que el substrato o los bordes del acuífero están definidos por materiales triásicos compuestos por arcillas y yesos; esto es patente en acuíferos como el Carbonatado de la Depresión de Alto Guadalquivir, San Cristóbal, Gracia-Morenita o Alta Coloma entre otros, en este último las aguas de su principal surgencia llegan a ser deficientes para abastecimiento a causa del elevado contenido en sulfatos, aunque en la mayoría son aptas para cualquier tipo de uso.

Los problemas de afección por substrato triásico no suelen aparecer de forma generalizada en un determinado acuífero, sino más bien en áreas puntuales donde surgen aguas de circulación profunda con un mayor tiempo de residencia en el subsuelo, o bien en zonas donde la circulación se ha producido, en algún momento, a través de materiales sulfatados. Esto es patente en el ejemplo de Alta Coloma, donde en los tres sondeos realizados para abastecimiento, ubicados lejos del área de surgencia, se han obtenido aguas con un contenido en sulfatos notablemente inferior y menor mineralización.

En cuanto al contenido en nitratos, solo se detectan valores elevados, aunque sin llegar a los límites de potabilidad que marca

la legislación, en el Carbonatado de la Depresión del Alto Guadalquivir, donde existen zonas agrícolas y asentamientos de población sobre los materiales permeables.

En los *acuíferos detríticos*, entre los que se incluyen los que presentan características mixtas con los carbonatados, como los conformados por calcarenitas, la variedad de facies y mineralizaciones es sensiblemente mayor. La facies predominante continúa siendo la bicarbonatada cálcica y cálcico-magnésica, aunque aparecen abundantes áreas con aguas bicarbonatadas-sulfatadas y sulfatadas por lo general cálcicas y cálcico magnésicas y en algunos casos sódicas. La mineralización suelen ser notable y en menor medida, fuerte, siendo puntualmente ligera en los acuíferos de Bailén-Guarromán y Rumblar. Las facies sulfatadas están relacionadas generalmente con las mayores mineralizaciones.

La calidad para abastecimiento es en conjunto apta, con excepción de los acuíferos de Porcuna, y extensas áreas del acuífero de Úbeda, que presentan una calidad deficiente. Para riego la mayor parte son de la clase C1S1 y ocasionalmente C2S1, aceptables para todo tipo de cultivos. En Porcuna aparecen las clase C3S2, C4S1 y C4S2 que requieren cultivos tolerantes a la salinidad.

En cuanto a los contenidos en nitratos, son especialmente importantes en determinadas zonas del acuífero de Úbeda, donde aparecen además, nitritos, que las hacen inadecuadas para su consumo por superar las concentración máximas marcadas en la Reglamentación Técnico Sanitaria. También se detectan contenidos elevados en el acuífero de Porcuna y puntualmente en los acuíferos de Bailén-Guarromán y Rumblar, aunque dentro de los límites aceptados por la RTS.

Mención aparte merece el *Aluvial del Guadalquivir*, en el que las características químicas de sus aguas son muy variables, sujetas a la influencia de los propios materiales que constituyen el acuífero y a la relación río-acuífero, además de la incidencia de la recarga con retornos de riego, que empeora notablemente la calidad en algunas zonas.

Si bien predominan las facies bicarbonatadas y bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas y cálcico-magnésicas, es frecuente la presencia de aguas sulfatadas y sulfato-cloruradas, generalmente cálcico-magnésicas y ocasionalmente sódicas. La mineralización general es notable, con conductividades de 900 a 1.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aumentando a fuerte (2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) cuando aparecen facies cloruradas. Por su contenido en calcio y magnesio, son aguas duras y muy duras, con valores comprendidos entre 360 y 890  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{CaCO}_3$ .

En conjunto, son aguas de deficiente calidad, superando en numerosos casos los límites de potabilidad de magnesio, sulfatos y nitratos. Esta última especie excede con frecuencia 100  $\text{mg}/\text{l}$ , e incluso se detectan contenidos de 260  $\text{mg}/\text{l}$ . Su presencia se atribuye a la contaminación procedente de la agricultura, así como también a los vertidos urbanos. En cuanto a su empleo en



Acuíferos	Facies (*)	Mineralización	Dureza	Abto.	Riego
Mioceno Base Bor. Meseta	A-a,A-ab	Notable	Dura	Apta/excp	
Bailén-Guarromán	A-ab	Ligera-Notable	Media	Apta/excp	C1S1
Rumblar	A-a,A-ab	Ligera	Media	Apta	C1S1
Porcuna	A-ab,B-ab	Notable-fuerte	Dura-muy dura	Deficiente	C1S1,C2S1, C4 S1
Aluvial Guadalquivir	A-a,AB-ab	Notable-fuerte	Dura-muy dura	Deficiente	C2S1,C3S1
Paleoz.Indif. Sec.Andújar	AB-ab	Notable	Dura	Apta/excp	C2S1
Úbeda (sector Baeza)	AB-a,B-a	Notable-fuerte	Dura	Deficiente	C1S1-C2S1
Úbeda (sector Úbeda)	B-b A-a,A-ab	Fuerte Notable	Dura Dura	Deficiente Apta	
Carb. Dep. Alt. Guadal.	AB-ab	Notable	Dura	Apta	C2S1
Cazorla	A-ab,A-ba	Ligera	Media	Apta	C1S1
Quesada-Castril	A-a,A-ac	Ligera	Media	Apta	C1S1
Jaén	A-a	Ligera-notable	Media	Apta	C1S1
Lías de Jabalcuz	A-a	Notable	Dura	Apta/excp	C1S1,C2S1
Dogger de Jabalcuz	A-a C-c	Ligera Notable	Media Media	Apta Deficiente	C1S1 C2S2
Grajales-Pandera	AB-ab	Notable-fuerte	Media-dura	Apta	C2S1
Cárcel	A-a	Ligera	Media	Apta	C1S1
San Cristóbal	BC-bc A-a	Fuerte Notable	Media Media	Apta/excp Apta	C2S1 C1S1
Pegalajar-Mojón Blanco	A-a	Ligera	Media	Apta	C1S1
Almadén-Carlucia	A-a,A-ab	Ligera-notable	Dura	Apta	C1S1
Bedmar-Jódar	A-ba	Ligera	Media	Apta	C1S1
Torres-Jimena	A-ab	Ligera	Media	Apta	C1S1
Sierra Mágina	B-a A-a	Notable Ligera	Media Media	Apta/excp Apta	C2S1 C1S1
Larva-Solera	AB-ab	Notable	Dura	Apta/excp	C1S1
Gante-Santerga	BA-ab,AC-c	Notable	Dura	Apta	C2S2
Ahillo-La Caracolera	AB-ab B-ba	Notable Notable	Media Muy dura	Apta Apta/excp	C2S1 C3S1
Mentidero-Montesinos	A-a	Ligera	Media	Apta	C1S1
Alcalá la Real-Santa Ana	A-a	Ligera	Media	Apta/excp	C1S1
La Camuña	A-a	Ligera	Media	Apta	C1S1
San Pedro-La Rábida	A-a,AB-a	Notable	Dura	Apta	C2S1
Ventisquero, Cornicabra	AB-ab	Ligera	Media-dura	Apta	C2S1
Gracia Morenita	BA-a	Notable	Dura	Apta	C2S1
<i>Montes Orientales:</i> Sierra Trigo-P.Arenas	B-b A-a	Notable Ligera	Media-Dura Media	Apta Apta	C3S1 C1S1
Alta Coloma	B-b A-a	Notable-fuerte Ligera-notable	Dura Media	Deficiente Apta	C3S1 C2S1
Vadillo	A-a,B-ab	Ligera-notable	Media	Apta	C1S1,C2S1
Fresnedilla-Pico Madera	A-a	Ligera	Media		
Charilla	A-a	Ligera	Media		
Frailes-Boleta	B-ab,A-a	Notable	Media	Apta	C2S1
Frailes-Montillana	A-a,BA-a	Notable	Dura	Apta/excp	C1S1

riego, también pueden plantearse ciertas objeciones, al presentar en algunos casos riesgo alto de salinización; en general son de los tipos C2S1 y C3S1.

Por último, en el *Paleozoico Indiferenciado de la Meseta*, existen pocos datos para definir su calidad general, y dadas las peculiaridades de los materiales que lo constituyen, no es posible establecer unas características hidroquímicas generales. Por ello sólo se hace referencia a un pequeño sector localizado en las proximidades de Andújar. Aquí las aguas son de facies bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésica. Tienen una mineralización notable, con conductividades de 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y son aguas duras, con valores de 500 mg/l  $\text{CaCO}_3$ .

Su uso en abastecimiento urbano está limitado por la presencia de nitratos y magnesio en contenidos que superan los límites tolerables. Para riego se consideran aptas, siendo del tipo C2S1.

(\*) A: bicarbonatada B: sulfatada C: clorurada a: cálcica b: magnésica c: sódica

# CARACTERIZACION HIDROQUIMICA

