

7. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Con frecuencia se considera resuelto un problema de abastecimiento al perforar y extraer un caudal importante de aguas subterráneas, olvidando que la calidad del agua, para los distintos usos, es un factor limitante a considerar previamente. La calidad del agua en cuestión la hará apta o inadecuada para ciertas aplicaciones, o determinará, en último caso, la necesidad de efectuar tratamientos, casi siempre de alto coste económico.

Para poder certificar la calidad de un agua es necesario conocer sus características físico-químico-biológicas, lo cual no siempre es posible, ya que los análisis habitualmente realizados determinan solamente los macroconstituyentes. Las aguas subterráneas, en su estado natural, no suelen tener constituyentes minoritarios en concentraciones tóxicas; éstos proceden, generalmente, de aportes externos, que introducen sustancias que pueden degradar la calidad de las aguas.

En la tabla que acompaña a este capítulo se presentan las características químicas generales y la aptitud para el consumo humano y uso agrícola de las aguas subterráneas más representativas de los acuíferos diferenciados en este Atlas. La catalogación de calidad se ha hecho en base a los análisis de componentes mayoritarios disponibles; en algún caso, se matiza el grado de calidad, indicando, allí donde se ha dispuesto de información, la existencia de diversos procesos de contaminación.

En líneas generales, se puede admitir que la calidad de las aguas subterráneas, tanto para consumo humano como para uso agrícola, no presenta problemas en la mayor parte de los acuíferos diferenciados. En los carbonatados las aguas de peor calidad están ligadas, casi siempre, a aportes termales de circulación profunda. En los acuíferos detríticos existe una gran variabilidad físico-química, lo que incide en tipos de calidades muy dispares. En general, las aguas son más salinas y están más expuestas a la presencia de compuestos contaminantes, sobre todo procedentes de vertidos urbanos y agrícolas.

No se alude en este capítulo al quimismo de las aguas subterráneas contenidas en formaciones de carácter acuífero-acuitado de menor entidad, las cuales, dada su baja velocidad de flujo y moderada renovación, suelen poseer un mayor contenido de sales que el reflejado como media para los distintos acuíferos diferenciados en la tabla adjunta.

Para la elaboración de este capítulo se procedió a recopilar los análisis físico-químicos realizados de las aguas subterráneas de la provincia. La mayor parte de la información obtenida al respecto fue suministrada por el IGME, aunque también fueron de interés, para determinados sectores acuíferos, los datos aportados por el MOPU y por otros organismos de investigación (Universidad de Granada y CSIC).

Con todo ello se seleccionaron unos 100 análisis, correspondientes a otros tantos puntos de agua (manantiales fundamentalmente); todos ellos se eligieron como representativos de las características físico-químicas de la mayor parte de la descarga de los acuíferos considerados. Con estos análisis se confeccionó el mapa de calidad que, a escala 1:200.000, figura anexo al texto del Atlas.

En dicho mapa, y sobre una base de los materiales permeables integrantes de los acuíferos diferenciados, se sitúan, e identifican con el número de código IGME correspondiente, los puntos de agua a los que pertenecen los diagramas hidroquímicos que complementan el mapa en su contorno, agrupados por acuíferos. Los gráficos de representación utilizados son del tipo Stiff modificado, diseñados para ilustrar la diferente aptitud de las aguas para el consumo humano. En los acuíferos carbonatados se han seleccionado,

normalmente, los manantiales de mayor caudal; en el caso de los acuíferos detríticos, con objeto de aportar suficiente información sobre la variabilidad espacial, se hace referencia a pozos y/o sondeos, cuyas aguas son representativas de distintos sectores.

No se aborda en este capítulo una descripción individualizada del quimismo y la calidad de las aguas subterráneas de cada uno de los acuíferos considerados; ello se hace, en parte, al final de la reseña hidrogeológica de los mismos. No obstante, utilizando dicha información se pretende, en este epígrafe, facilitar una visión general resumida de las características hidroquímicas que presentan las aguas subterráneas de la provincia y su calidad para los usos más importantes de abastecimiento urbano y regadío. Tales datos, para cada uno de los acuíferos diferenciados, se adjuntan a este capítulo en forma de tabla.

En el aspecto hidroquímico, al igual que en otros muchos, es necesario hacer una clara diferenciación entre los acuíferos carbonatados y los detríticos.

Los acuíferos carbonatados, integrados en el Complejo Alpujárride (Triásico) y en las unidades subbéticas y prebéticas (Jurásico y Cretácico), presentan, casi siempre, aguas de facies bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas (para las formaciones dolomíticas), baja mineralización (inferior a 1000 mg/l) y dureza media (12 a 35°F); desde el punto de vista de su calidad, hay que indicar que, en general, no presentan problemas de contaminación y son aptas para el consumo humano, así como para su utilización en la agricultura. Caben, como es lógico, todo tipo de matizaciones al quimismo-tipo aludido, ya que cada acuífero presenta sus particularidades (termalismo, flujos locales, etc).

En este sentido, conviene recordar que una particularidad, como es la existencia de aguas termales, es en muchos acuíferos prácticamente la norma, de modo que son muy abundantes los ejemplos de descargas termales procedentes de acuíferos carbonatados en la provincia. No en vano, el tema del termalismo es tratado en un capítulo aparte. Se trata, en general, de aguas de baja a media entalpía, con temperaturas de emergencia comprendidas entre 18 y 42°C, facies sulfatadas cálcicas, salinidad y dureza muy altas (superiores a 1000 mg/l y a 65°F respectivamente) y alto contenido en oligoelementos (litio, flúor, hierro, manganeso ...). Son aprovechadas en algunas surgencias para balneoterapia (Alhama, Lanjarón, Zújar ...).

Relativamente raras son las aguas que presentan una composición similar sin ser termales. En estos casos el flujo es profundo y el aporte de sales en general, y de sulfatos en particular, procede, al igual que para las aguas termales, de la lixiviación de niveles evaporíticos pertenecientes al Complejo Alpujárride, o bien al sustrato triásico de los paquetes carbonatados subbéticos o prebéticos. Estas situaciones se ven favorecidas en los acuíferos con baja tasa de recarga y, por tanto, de renovación (sierras de Las Estancias, Orce y La Zarza).

Por último, es digna de mención la baja variabilidad espacial y temporal del quimismo de las aguas procedentes del drenaje de los acuíferos carbonatados.

Los acuíferos detríticos presentan, en general, aguas más salinas y expuestas a la afección por aportes de compuestos contaminantes a partir, fundamentalmente, de la aplicación de fertilizantes y pesticidas para los cultivos y del uso de aguas residuales urbanas para el regadío. Se caracterizan, además, por ser más dinámicos desde el punto de vista hidroquímico, lo que

condiciona la existencia de importantes variaciones de la composición y calidad de las aguas en el espacio y en el tiempo.

En los acuíferos aluviales el quimismo está notablemente influido por las características de la recarga y es poco modificado en el sentido del flujo. La diferente procedencia hidroquímica de los aportes puede dar lugar a la existencia de familias de aguas de diferente composición, generalmente variables entre las bicarbonatadas cálcicas de baja salinidad (inferior a 1000 mg/l) y las sulfatadas cálcicas de salinidad media (alrededor de 1000 mg/l). El aprovechamiento intensivo de cultivos de regadío sobre su superficie genera, por lixiviación de las aguas de riego, la introducción hacia la franja saturada de ciertos compuestos contaminantes (nitratos y pesticidas, ligados fundamentalmente a los productos químicos utilizados). De forma complementaria, la alta permeabilidad de los materiales aluviales, unida al reducido espesor de la franja no saturada, minimiza la retención y autodepuración, lo que es especialmente desfavorable para la protección de las aguas subterráneas frente a potenciales contaminaciones de carácter microbiológico y químico. Estas se producen, casi siempre, por infiltraciones de aguas residuales urbanas sin depurar utilizadas para el regadío (Vega de Granada) y también a partir de infiltración por pozos negros, fugas de redes, vertidos industriales, etc.

Lo dicho es válido, asimismo, para los **acuíferos aluviales costeros**. Sin embargo, la peculiaridad de la sobreexplotación a que algunos están sometidos, unida a la existencia de depósitos litorales recientes aún no bien lavados y a la proximidad del mar, da lugar a situaciones particulares. De este modo, las circunstancias más comunes consisten en la existencia en cabecera de facies bicarbonatada cálcica, salinidad baja (inferior a 1000 mg/l) y dureza alta (de 35 a 65°F). Este quimismo suele estar afectado en el sentido del flujo por un reciclado continuo de riegos y por el lavado de sedimentos, lo que incrementa la salinidad, aunque no de forma sustancial; así, las aguas pueden seguir siendo bicarbonatadas o bien pasar a ser sulfatadas y de baja a media salinidad (inferior en cualquier caso a 2000 mg/l). Por último, en los acuíferos o sectores más intensamente sobreexplotados en la franja costera pueden darse procesos de intrusión (Almuñécar, Castell de Ferro, etc.), caracterizados por aguas de facies cloruradas sódicas y alta salinidad (superior a los 2000 mg/l).

Los acuíferos detríticos (neógenos-cuaternarios) del relleno de las depresiones interiores presentan también aguas con una gran variabilidad de composición, tanto a escala espacial como temporal. En líneas generales, es común observar un cambio de composición y calidad en el sentido del flujo. En los bordes de alimentación, así como en los sectores estrechamente ligados al aporte de aguas de alimentación (ríos, acequias de riego ...), las aguas presentan facies bicarbonatadas cálcicas, salinidad baja (inferior a 1000 mg/l) y dureza media (12 a 35°F). En el sentido del flujo se va produciendo un reciclado de riegos, así como un lixiviado de especies evaporíticas contenidas en la serie neógena-cuaternaria (Baza-Caniles), lo que origina frecuentemente un cambio rápido hacia facies sulfatadas, salinidad media (de 1000 a 3000 mg/l) y dureza muy alta (mayor de 65°F); así, las peores calidades se localizan hacia el centro de las depresiones y los bordes de descarga. La matriz e intercalaciones arcillosas son frecuentes, lo que, unido a una menor tasa de infiltración a partir de aguas de riego y de lluvia (bajas pluviometrías), protege a estos acuíferos en mayor medida que a los detríticos aluviales de aportes contaminantes procedentes de los fertilizantes y los vertidos urbanos; este hecho se ve favorecido además por una mayor profundidad del nivel piezométrico.

PRINCIPALES DATOS REFERENTES AL QUIMISMO Y CALIDAD PREDOMINANTE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DE LOS ACUIFEROS DIFERENCIADOS

	AMBITO GEOLOGICO	DENOMINACION	FACIES HIDROQUIMICA	SALINIDAD (g/l)	DUREZA (°F)	CALIDAD		CONTAMINACION	OBSERVACIONES
						ABTO. URBANO	AGRICULTURA		
ACUIFEROS CARBONATADOS	SUBBETICO	CASTRIL	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		SIERRA DE DUDA-LA SAGRA	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		SIERRAS DE MONTILLA - PUEBLA - HUESCAR	B-C,S-CM	<1	35 a 65	P	C ₂ -S ₁	--	Existe termalismo
		SIERRA DE ORCE	S-MC,B-C	<1	35 a 65	P	C ₂ -S ₁	--	--
		OTROS ACUIFEROS: La Zarza	S-MC	<1	35 a 65	P	C ₂ -S ₁	--	--
		Jabalcón	S-C,C-S	1 a 3	35 a 65	SP	C ₂ -S ₁	--	Existe termalismo
		SIERRA ARANA	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		SIERRAS DE MOCLIN - LAS CABRAS	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		ACUIFEROS DE MENOR ENTIDAD: El Mencal,	B-MC,S-C	<1	35 a 65	P	C ₁ -S ₁	--	--
	PREBETICO	Sierras de Montilla, Alta Coloma y Elvira	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		SIERRA GORDA (Y GIBALTO)	S-C	1 a 3	> 65	SP	C ₃ -S ₁	--	Existe termalismo
		ACUIFEROS DISPERSOS DE ILLORA-ZAGRA, CAMPO AGRO Y ALBAYATE-SIERRA DEL ESPINO	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	Existe termalismo
		SIERRA DE LAS ESTANCIAS	B-C,S-MC	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		SIERRA DE BAZA	S-C,B-MC	1 a 3	> 65	SP	C ₃ -S ₁	--	Variabilidad espacial
		SIERRAS DE PADUL-LA PEZA	BS-CM	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	Variabilidad espacial
		ACUIFEROS DE LAS ALPUJARRAS: Sierra de Lújar	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		Albuñol	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	Existe termalismo
		Escalate-Espartinas	S-C	1 a 3	> 65	SP	C ₂ -S ₁	--	Existe termalismo
ACUIFEROS DETRITICOS	ALPUJARRIDES	SIERRAS DE ALMIJARA-LAS GUAJARAS, ALBUÑUELAS Y TEJEDA	S-CM	1 a 3	> 65	SP	C ₃ -S ₁	--	Existe termalismo
		Escalate-Espartinas	B-CM	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	Existe termalismo
		SIERRAS DE ALMIJARA-LAS GUAJARAS, ALBUÑUELAS Y TEJEDA	B-CM	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
		SIERRAS DE ALMIJARA-LAS GUAJARAS, ALBUÑUELAS Y TEJEDA	B-CM	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	--	--
	DEPRESIONES INTRAMONTAÑOSAS	GUADIX	B-C	<1	12 a 35	P	C ₁ -S ₁	Agrícola	Variabilidad espacial
		Baza-Caniles	S-CM	<1	35 a 65	SP	C ₂ -S ₁	Urbana	Variabilidad espacial
		Baza-Caniles	S-C,B-CM	<1	35 a 65	P	C ₂ -S ₁	Agrícola	Variabilidad espacial
		Baza-Caniles	S-CM	1 a 5	> 65	SP	C ₃ -S ₁	Urbana	Variabilidad espacial
		VEGA DE GRANADA	B-C	<1	35 a 65	P	C ₂ -S ₁	Agrícola	Variabilidad espacial
		ACUIFEROS COSTEROS: Motril-Salobreña	S-C	1 a 3	> 65	SP	C ₃ -S ₁	Urbana	Variabilidad espacial
		ACUIFEROS COSTEROS: Motril-Salobreña	S-CM	<1	35 a 65	SP	C ₂ -S ₁	Agrícola	Variabilidad espacial
		ALUVIALES	B-C	<1	35 a 65	P	C ₁ -S ₁	Intrusión	Gran variabilidad espacio-temporal
FORMACIONES	Almuñécar	B-C	<1	35 a 65	P	C ₁ -S ₁	Intrusión	Gran variabilidad espacio-temporal	
	Castell de Ferro	C-S	1 a 5	> 65	SP	C ₃ -S ₂	Agrícola	Gran variabilidad espacio-temporal	

LEYENDA

FACIES

ANIONICA

B Bicarbonatada

S Sulfatada

C Clorurada

CATIONICA

C Cálcica

M Magnésica

S Sódica

CALIDAD

Abto. Urbano | **P** Potable

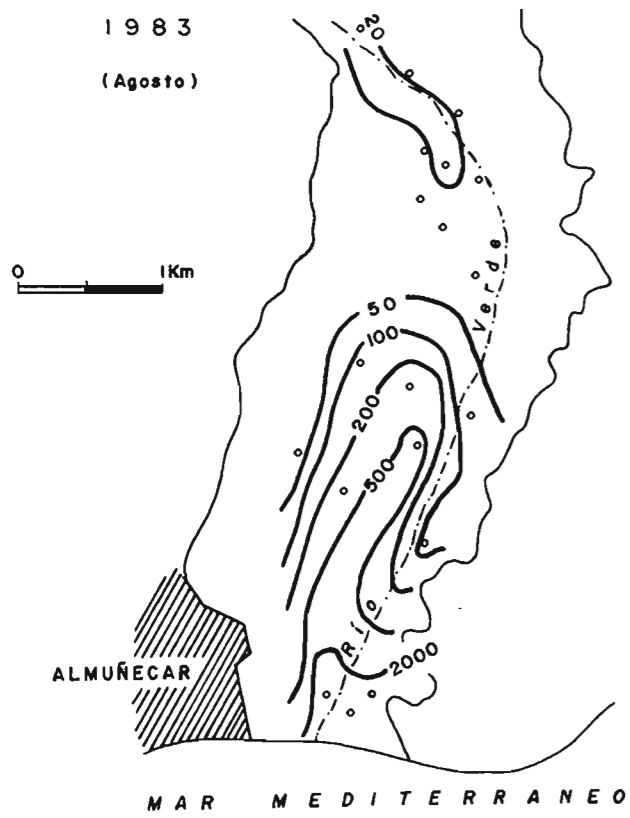
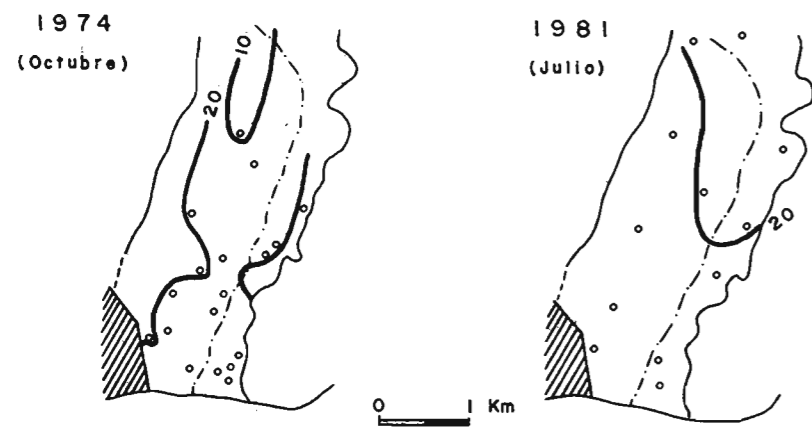
| **SP** Sanitariamente Permisible

Agricultura (Clasificación según normas Riverside)

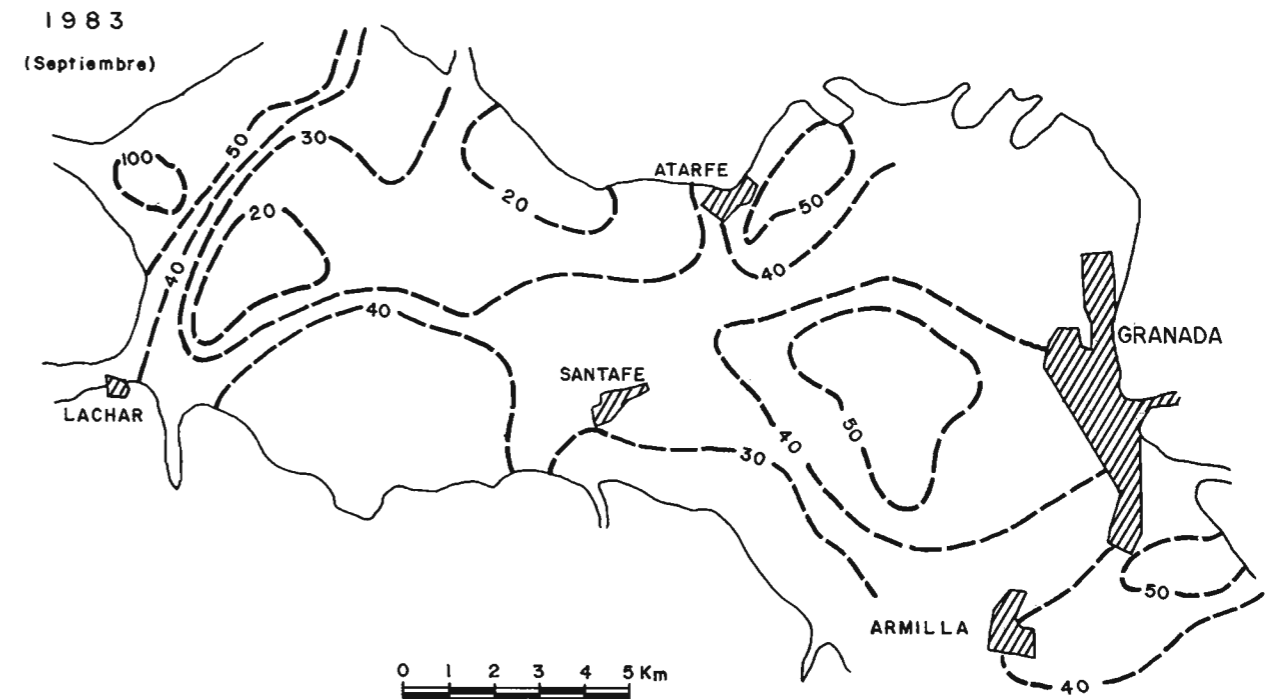
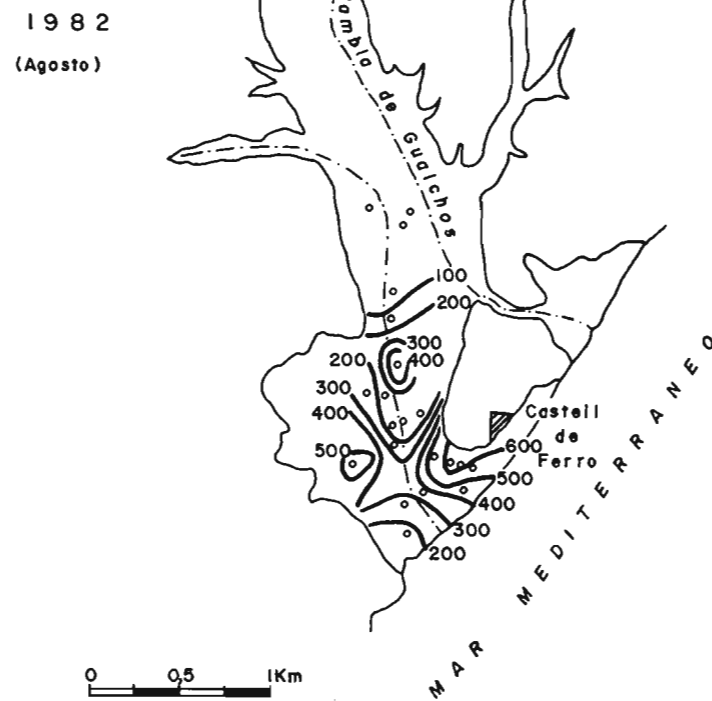


INTRUSION MARINA EN ACUIFEROS COSTEROS

ISOCONTENIDOS EN NITRATOS EN LA VEGA DE GRANADA



Acuífero de Almuñécar



LEYENDA

- Línea de isocontenido en cloruros (mg/l)
- - - Línea de isocontenido en nitratos (mg/l)
- ~ Límite del acuífero