

4. Cuenca del Guadiana

4.1. Características generales

4.2. Calidad de las aguas subterráneas

4.3. Contaminación

4.4. Recomendaciones

4. CUENCA DEL GUADIANA

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La cuenca hidrográfica del Guadiana está situada entre las cuencas del Tajo (al Norte), Júcar (al Este) y Guadalquivir (al Sur); la frontera de España con Portugal constituye su límite occidental. Hasta dicha frontera la cuenca se desarrolla en una superficie de 66.890 km² de los que 49.400 corresponden a la cuenca media y alta de este río. El interés hidrogeológico de la cuenca alta frente al de la media y baja, determina que este resumen se refiera de modo especial a aquélla.

Geográficamente la cuenca alta del Guadiana, considerando como tal el sector oriental de la cuenca hidrográfica, desde las proximidades de la confluencia del Guadiana y el Bullaque, al Oeste de Ciudad Real, se localiza en la parte meridional de la Submeseta Meridional Castellana. Comprende parte de las provincias de Ciudad Real, Cuenca, Toledo y Albacete.

Al Norte se encuentra La Mancha de Toledo, superficie suavemente ondulada que se desarrolla a cotas comprendidas entre 700 y 800 m, sobre la que destacan las alineaciones de dirección N-S de la Sierra de Altomira, con altitudes que alcanzan los 1.100 m. Al Oeste, la cuenca alta limita con los Montes de Toledo.

El clima de la región es mediterráneo templado, con temperaturas anuales medias de 11,5 - 14,5°C, medias mínimas de 4 - 6°C en Diciembre, y medias máximas de 23 - 26°C en Julio. La variación de las temperaturas absolutas puede llegar a ser de hasta 63°C (mínima de -17°C, máxima de 46°C).

La precipitación anual media está comprendida entre 400 y 650 mm, correspondiendo los valores más altos a las cabeceras del Cigüela y Zancara y a la cuenca del Bullaque; los más bajos corresponden a la Llanura Central Manchega. La precipitación media anual para el conjunto de la región puede estimarse en unos 450 mm. La evapotranspiración real se sitúa en torno al 80 - 100% de la precipitación para capacidades de campo entre 50 - 100 mm; la componente de evaporación directa, a partir de las 2.200 ha encharcadas, se aproxima a los 100 hm³/año.

El régimen hídrico de la red de drenaje de la cuenca alta está condicionado por las características hidrogeológicas. El Cigüela, Zancara, Bullaque, etc., afluentes del Guadiana por su margen derecha, con cuencas escasamente permeables, presentan un régimen de caudales muy irregular con estiajes acusados en respuesta a la irregularidad de la precipitación. Los afluentes que drenan zonas más permeables (Guadiana Alto, Azuer, Córcoles) mantienen caudales de base importantes hasta llegar a la llanura donde, por infiltración en sus propios cauces, disminuyen progresivamente.

En este sector existen zonas permanente o temporalmente encharcadas, relacionadas con los ríos Guadiana, Cigüela y Záncara, con áreas de tipo endorreico o con posiciones muy superficiales del nivel piezométrico. Una de las más conocidas es la de las Tablas de Daimiel, situada en las proximidades de la confluencia de la red hidrográfica superficial Cigüela-Záncara, y originada por el equilibrio de aportaciones de aguas superficiales y subterráneas de diferente calidad: salobres las superficiales, dulces las subterráneas.

La cuenca alta del Guadiana está poblada por unos 464.000 habitantes (densidad media de 26 hab./km²), con tendencia a una evolución claramente regresiva como consecuencia de factores socioeconómicos.

El sector productivo básico de la región es el agrario, que absorbe dos tercios de la población activa, en tanto que la industria, excepto en actividades directamente relacionadas con aquél, está muy poco desarrollada. Las actividades industriales preponderantes se centran en la industria vinícola, harinera, oleícola, tabaco y producción de queso, centralizada ésta última en Ciudad Real. La agricultura es de tipo extensivo, poco diversificada y dedicada fundamentalmente al cultivo de cereales, vid y olivo.

En la cuenca alta del río Guadiana los Sistemas acuíferos con recursos subterráneos de interés en el marco regional, son los siguientes:

- S.A. nº 19: Unidad caliza Altomira
- S.A. nº 20: Mancha de Toledo
- S.A. nº 22: Cuenca del río Bullaque
- S.A. nº 23: Llanura Manchega
- S.A. nº 24: Campos de Montiel

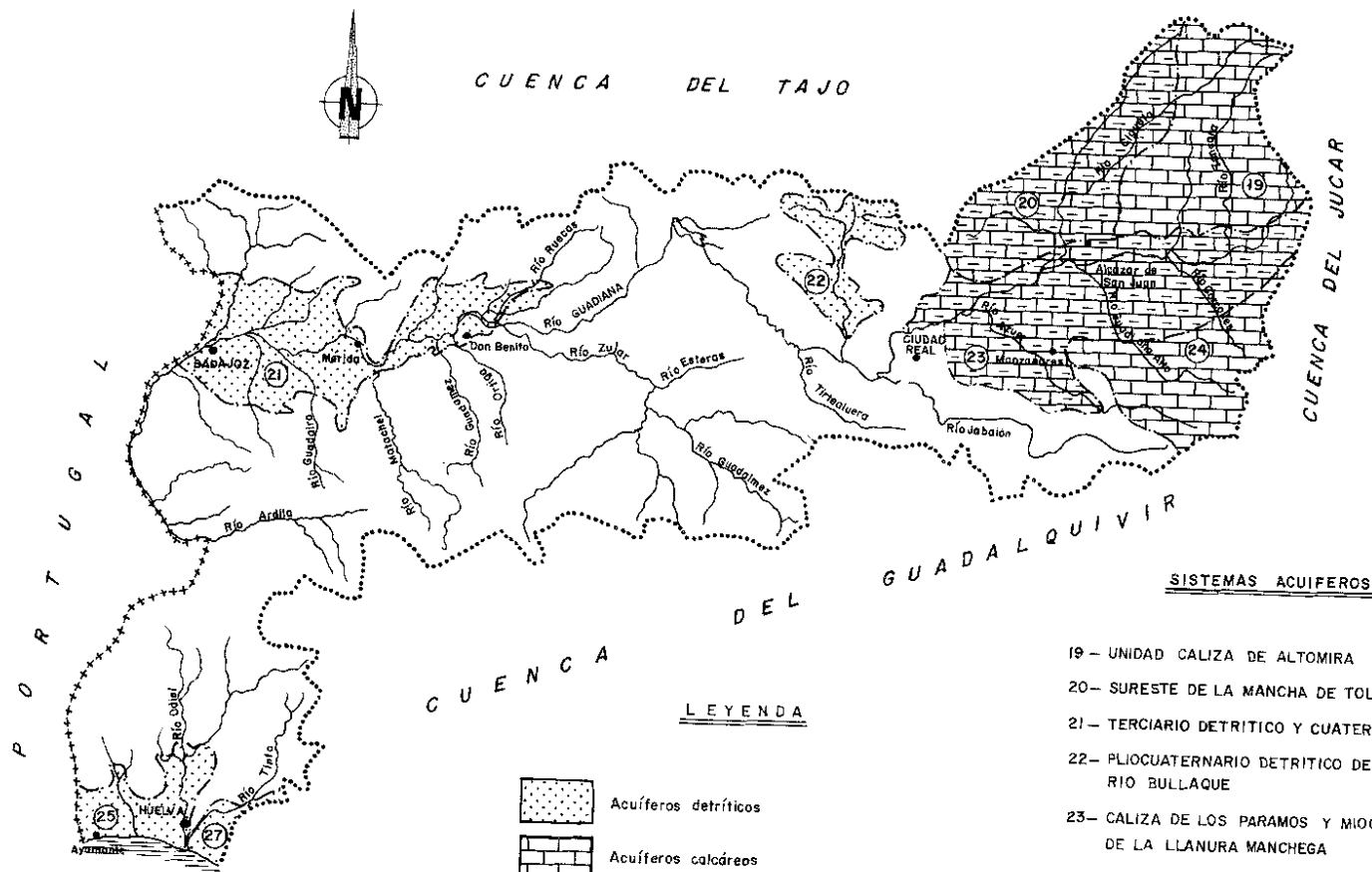
Estos Sistemas se encuentran instalados en rocas de edad mesozoica y terciaria; los terrenos mesozoicos se depositaron discordantemente sobre un zócalo paleozoico. La serie se inicia con un Trías constituido por conglomerados, arcillas y yesos, fundamentalmente, que suele ser la base impermeable de los acuíferos. A continuación aparecen los sedimentos jurásicos, representados por una serie de calizas, calizas margosas, dolomías y carniolas que suele ser muy potente. Con los materiales cretácicos: arenas, arcillas arenosas y calizas, termina la deposición mesozoica marina. Los depósitos terciarios son detríticos con intercalaciones margo-yesíferas y calizas de claro ambiente continental. Sobre ellos se hallan las rañas y piedemontes pliocuaternarios y los depósitos aluviales cuaternarios, donde también se instalan acuíferos de escaso interés.

La orogenia alpina fue la encargada de plegar la serie mesozoica dando lugar a pliegues suaves o fuertes de tipo ibérico; posteriormente la zona sufre un basculamiento hacia el Noroeste y se produce la efusión de rocas volcánicas en la parte oeste de la cuenca alta.

Los Sistemas son bastante heterogéneos entre sí y se desarrollan en distinta serie. Los Sistemas 20 y 23 se instalan fundamentalmente en las series mesozoica y terciaria, el 19 y 24 prácticamente sólo en la mesozoica y el 22 en sedimentos detríticos modernos. Cabe destacar que el Sistema 20 también se instala en materiales paleozoicos (calizas cámbricas).

La relación entre los distintos Sistemas es muy diversa. El 22 está totalmente aislado de los demás por afloramientos de materiales paleozoicos impermeables; el 20 aparenta no estar relacionado con sus vecinos, los Sistemas 23 y 19, por lo que se le considera también independiente. Sin embargo, el 23 está muy relacionado con el Sistema 19 y sobre todo con el 24, que lo recargan.

En todos los Sistemas la recarga se realiza principalmente por la infiltración del agua de lluvia, siendo completada por la conexión con los ríos y otros acuíferos. Destaca el caso del 23 que es alimentado por el agua procedente de los Sistemas 24 (del orden de 50 hm³/año) y 19 (del orden de 4 hm³/año). El flujo general del agua subterránea tiene una dirección preferente de Este a Oeste. La



CUENCA DEL TAJO

CUENCA DEL JUCAR



P O R T U G A L





CUENCA DEL

GUADALQUIVIR

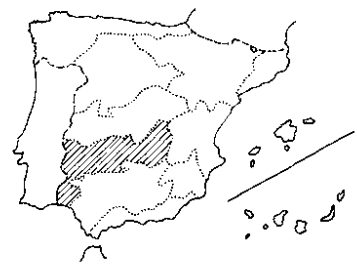
SISTEMAS ACUIFEROS

LEYENDA

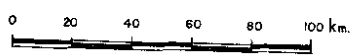
-  Acuíferos detríticos
-  Acuíferos calcáreos
-  Acuíferos mixtos

-  Límite de sistema acuífero
-  Límite de cuenca hidrográfica
-  Frontera España - Portugal
-  Sistema acuífero

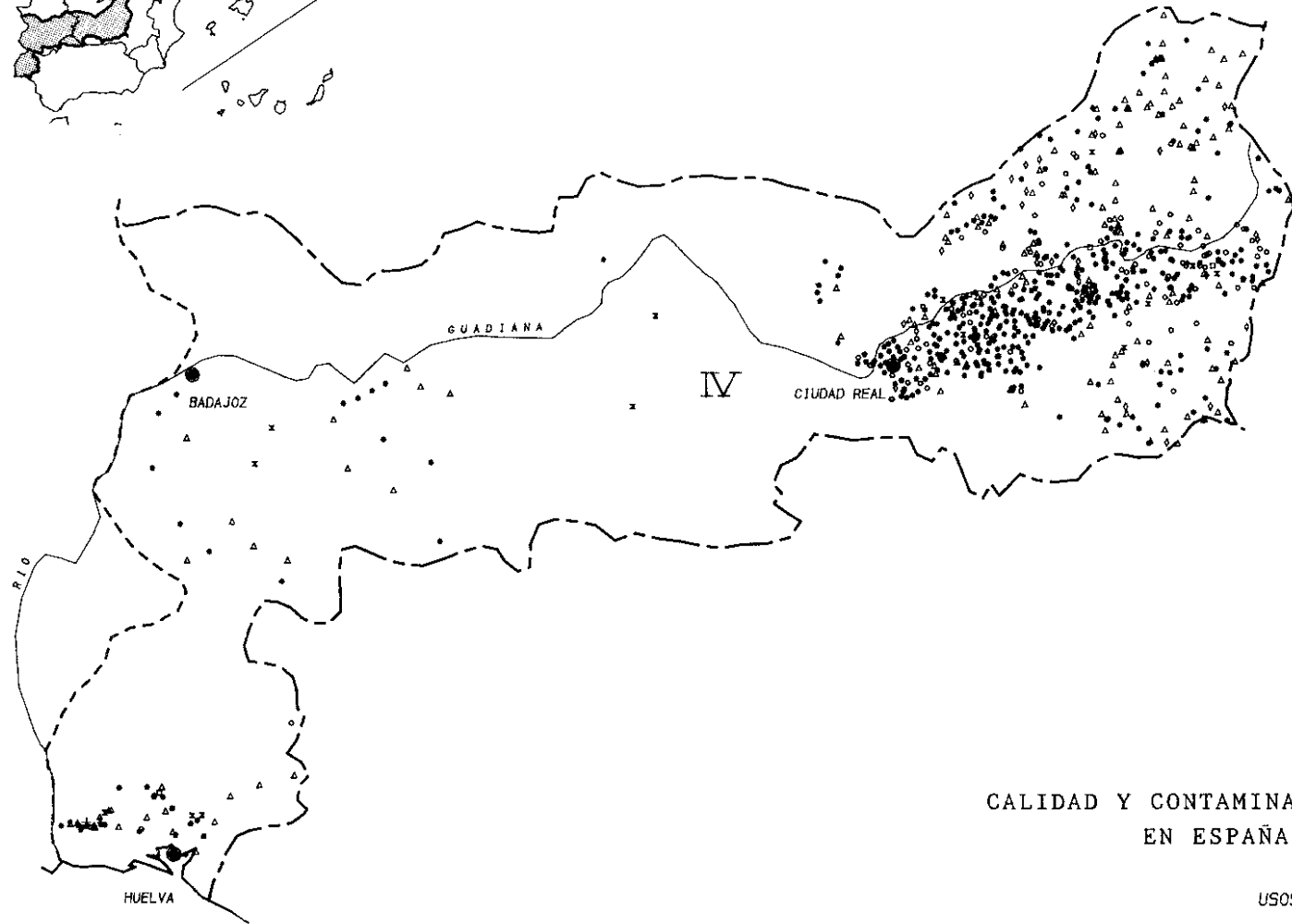
- 19 - UNIDAD CALIZA DE ALTOMIRA
- 20 - SURESTE DE LA MANCHA DE TOLEDO
- 21 - TERCIARIO DETRITICO Y CUATERNARIO DE BADAJOZ
- 22 - PLIOCUATERNARIO DETRITICO DE LA CUENCA DEL RIO BULLAQUE
- 23 - CALIZA DE LOS PARAMOS Y MIOCENO DETRITICO DE LA LLANURA MANCHEGA
- 24 - CALIZAS DE LOS CAMPOS DE MONTIEL
- 25 - PLIOCUATERNARIO DE HUELVA (Cuenca del Guadalquivir)
- 27 - UNIDAD ALMONTE-MARISMAS (Cuenca del Guadalquivir)



ESCALA GRAFICA



MAPA DE SITUACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA DEL GUADIANA



LEYENDA

- NO SE UTILIZA
- △ ABASTECIMIENTO
- * AGRICULTURA
- INDUSTRIA
- × ABASTECIMIENTO Y AGRICULTURA
- + ABASTECIMIENTO E INDUSTRIA
- ▽ AGRICULTURA E INDUSTRIA
- ⊗ ABASTECIMIENTO, AGRICULTURA E INDUSTRIA
- ◇ GANADERIA
- ▷ AGUAS MINERO-MEDICINALES
- ◁ ABASTECIMIENTO Y GANADERIA
- LIMITE DE CUENCA HIDROGRAFICA

CALIDAD Y CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN ESPAÑA. INFORME DE SINTESIS

USOS DEL AGUA SUBTERRANEA

ESCALA GRAFICA



descarga se realiza por medio de los ríos que drenan los Sistemas y por la evapotranspiración que llega a ser muy alta. Generalmente dominan los acuíferos libres si bien suelen estar presentes los semiconfinados.

La demanda de agua está muy diversificada. Para el abastecimiento urbano, se considera que el consumo de aguas subterráneas es del orden de 25 hm³/año, cantidad ciertamente pequeña debido a lo poco habitada que está la región. De esta cantidad, prácticamente la mitad se extrae del sistema acuífero 23 (Llanura Manchega) que es el más densamente poblado. El uso para la industria está generalmente englobado en el urbano por no ser muy importante y estar incorporado a él.

La superficie ocupada por cultivos de regadío llega a 75.000 ha, de las cuales 67.000 se riegan con aguas subterráneas, estando concentradas 61.500 ha en la Llanura Manchega (Sistema acuífero 23). El volumen de agua extraída para estos fines es del orden de 350 hm³/año, de los cuales 310 hm³/año corresponden sólo al Sistema 23.

4.2. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La calidad de las aguas subterráneas en la cuenca alta del río Guadiana es muy diversa desde buena a seriamente objetable para gran parte de los usos.

A nivel de Sistema el que posee aguas de mejor calidad es el Sistema 22 (Cuenca del Bullaque) mientras que el que se encuentra en peor estado es el 23 (Llanura Manchega), donde se aprecian casos de contaminación muy acusada.

Las aguas subterráneas de la cuenca alta del Guadiana son generalmente bicarbonatadas, sulfatadas y sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas, cálcico-magnésicas y/o magnésicas, y sólo ocasionalmente cloruradas.

El anión con mayor variabilidad es el sulfato que, junto con el calcio, magnesio y en ocasiones los cloruros, tiene diferencias muy marcadas tanto en el espacio como en el tiempo. La mayor oscilación se registra en el Sistema 23 (de 1 a 4.130 mg/l), mientras que la menor se produce en el 22 (0 a 185 mg/l).

La mineralización es generalmente de notable a fuerte, y sólo en el Sistema 22 es ligera o débil.

Las aguas son duras y extremadamente duras, siendo blandas en el Sistema 22 y de dureza media en el 19.

Los cloruros varían mucho en sus concentraciones, llegando a tener un máximo de 1.350 mg/l mientras que los mínimos son muy bajos (del orden de 2 ó 3 mg/l).

Los cationes más abundantes son el calcio y el magnesio: las concentraciones de calcio encontradas varían de 6 a 800 mg/l, mientras que las del magnesio oscilan de 2 a 550 mg/l.

El sodio y el potasio están representados por concentraciones más homogéneas en cuanto a sus valores: el sodio oscila de 2 a 700 mg/l, si bien generalmente sus valores se agrupan alrededor de 20 a 60 mg/l; el potasio no supera 100 mg/l.

Los nitratos son más abundantes en el Sistema 23, donde alcanzan valores muy altos (hasta de 400 mg/l), y un fondo geoquímico que ronda el límite de 50 mg/l; en el Sistema 24 también se encuentran con altas concentraciones, mientras que en el 22 son más bajas. Su presencia coincide con el estado general antes mencionado de los Sistemas. Los nitritos aparecen esporádicamente pero alcanzando valores muy altos, (4,35 mg/l); su distribución guarda cierto paralelismo con la de los nitratos.

Existe una cierta tendencia al empeoramiento de la calidad general del agua.

En su clasificación para fines agrícolas, las aguas pertenecen a varias clases. Las más frecuentes son C₂ C₁, C₃ S₁, y menos frecuentemente, C₃ S₂. De forma ocasional aparecen las clases C₄ S₂ (en el Sistema 23), C₄ S₁ y C₁ S₁ (Sistema 22). Son pues unas aguas que presentan sobre todo, riesgo de salinización del suelo, requiriendo para evitarlo un buen drenaje, así como seleccionar cultivos tolerantes a las sales, como los que se dan en la región: cereales, vid y olivo.

4.3. CONTAMINACION

Los acuíferos existentes en la cuenca alta del Guadiana presentan un estado general muy variable. Al tratarse de acuíferos muy heterógenos y hallarse sometidos también a muy variados tipos de explotación y de riesgos, su grado de contaminación es muy distinto en unos y otros. Existen Sistemas poco contaminados como el 22 (Cuenca del Bullaque) y otros que presentan altas concentraciones como el 23 (Llanura Manchega) y 24 (Campos de Montiel).

La vulnerabilidad de los acuíferos es a su vez muy variable, pero en general suele ser de media a alta, salvo el Sistema 24 (Campos de Montiel) donde llega a ser muy alta por su gran permeabilidad. Esa vulnerabilidad se encuentra reforzada por estar muy superficial el nivel freático, y también por la influencia muy intensa de las aguas superficiales.

Los principales focos de contaminación en esta región son de varios tipos: los derivados de actividades urbanas, industriales, agrarias y otros.

* Actividades urbanas

La población que reside en toda esta área es poco numerosa, pero aún así puede considerarse que produce un gran impacto en la calidad de las aguas subterráneas, por los motivos anteriores.

En toda la cuenca existe una falta casi total de depuradoras y las que funcionan dan sólo un tratamiento parcial. Además es muy frecuente el vertido de las aguas residuales directamente a los cauces de los ríos, así como a balsas y fosas sépticas; las redes de saneamiento suelen ser muy escasas, excepto en las poblaciones principales, y tienen generalmente pérdidas muy elevadas.

La eliminación de los residuos sólidos también suele realizarse sin las precauciones necesarias, vertiendo muchas veces directamente en barrancos secos o lugares similares, que son zonas frecuentemente favorables al proceso de contaminación de las aguas subterráneas.

Hoy en día existe un gran interés en la disminución de estos focos de contaminación para lo cual se están empezando a emplear métodos para controlar su impacto (filtros verdes, etc.).

* Actividad industrial

En esta zona la industria no está muy desarrollada siendo frecuentemente de tipo familiar, relacionada directamente con la agricultura, fuente principal de riqueza de la región. Las industrias más importantes son las alcoholeras, que alcanzan aquí la máxima concentración de España, creando además muy serios problemas por la práctica muy común de realizar el vertido de sus residuos en pozos sin recubrimiento, balsas y otros sistemas inadecuados, permitiendo la rápida entrada en el acuífero de unos efluentes altamente contaminantes.

La contaminación que origina es muy compleja. Químicamente produce un medio altamente reductor con desprendimiento de gas metano y aumento de amoníaco a partir de nitratos. Es muy importante la incidencia de la temperatura del vertido que crea una fuerte contaminación térmica. Existen otros tipos de industria pero su importancia es mucho menor. Los polígonos industriales de Manzanares y Alcázar de San Juan son de reciente creación y aún no se ha podido apreciar impacto

especial debido a ellos. Muchas industrias desaguan a la red de saneamiento mezclándose sus vertidos con los de procedencia urbana, considerándose sus efluentes globalmente como urbanos.

- * Actividad agraria

Dentro de estas actividades la agricultura es la más desarrollada, constituyendo la riqueza fundamental de la región.

Son notablemente perjudiciales las aguas excedentes de riego. Se ha comprobado cómo en varios acuíferos la contaminación es debida en gran parte a ellas. (Sistema 22 y 23).

El uso de fertilizantes y plaguicidas también produce efectos muy negativos, perjudiciales incluso en el caso de que las dosis utilizadas no sean excesivas. Una tendencia de uso de fertilizantes regresiva, como la observada en el Sistema 23 (Llanura Manchega), puede aliviar algo al acuífero consiguiendo la estabilización en las concentraciones de nitratos.

Al ser escasos los pastos, la ganadería no está desarrollada y no representa ningún riesgo.

- * Otros focos

Constituyen focos importantes en el desarrollo de la contaminación, las aguas de los ríos por la íntima relación que tienen con las del acuífero. Esta relación se pone claramente de manifiesto por el gran parecido que se observa en los análisis de unas y otras, en su proximidad.

Como foco de contaminación natural, cabe señalar la presencia de yesos, margas y arcillas yesíferas, que al ser lavadas por el agua del acuífero aumentan el contenido de sulfatos a *concentraciones muy elevadas.*

La conexión entre los distintos sistemas acuíferos que tienen distinta calidad de agua coadyuvan a la expansión de la contaminación.

4.4. RECOMENDACIONES

Es muy importante el mantenimiento de la red de vigilancia de las aguas subterráneas realizando tomas de muestras y análisis en las dos campañas: Otoño y Primavera. Deberían también, para mejorar el control, aumentarse los puntos de muestreo sobre todo en zonas poco conocidas.

Sería imprescindible la supresión de vertidos de aguas residuales brutas directamente a los ríos, y otras prácticas semejantes, instalándose estaciones depuradoras capaces de dar el tratamiento preciso a dichos vertidos.

También sería de utilidad el abandono de la práctica de vertido de residuos sólidos urbanos en barrancos, canteras, etc., que no reúnan las condiciones hidrogeológicas adecuadas.

Se deberían adoptar medidas para dar salida a estos residuos en condiciones de producir el menor impacto posible. Actualmente, algunos municipios del Sistema 23 (Llanura Manchega) se están organizando en Mancomunidades para este fin y también se están investigando otros métodos, como el llamado filtro vivo en Villarrubia de los Ojos. Estos mismos cuidados han de extremarse en el caso de efluentes procedentes de alcoholeras que deben también ser enfriados previamente.

El riego debe hacerse con aguas de calidad adecuada, no contaminadas. Los excedentes de riego tienen que controlarse para que no sean reutilizados en caso de no estar en buenas condiciones. El abonado debería realizarse con dosis regresivas sobre todo en zonas con altas concentraciones de nitratos.

Sería importante limitar las extracciones abusivas que producen sobreexplotación de los Sistemas acuíferos, pudiendo originar contaminaciones inducidas al cambiar el sentido del flujo subterráneo.

Por último, es aconsejable un mayor y detenido estudio hidrogeológico de los Sistemas para poder realizar las acciones pertinentes para la conservación de la calidad de las aguas subterráneas y su mejora. Asimismo, se deben proteger de forma especial las áreas de recarga. Es preciso una mejora en la vigilancia haciendo observar las normas legales sobre el tema, junto con el desarrollo de medidas que impidan el mal uso de las aguas subterráneas, así como las prácticas nocivas que puedan perjudicarlas.

**CARACTERISTICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS**

CUENCA DEL GUADIANA

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	PROVINCIAS	TIPO DE ACUIFE. (*)	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACION (hm ³ /año)			FACIES DOMINANTES DEL AGUA	CALIDAD SEGUN LOS USOS					FOCOS Y TIPOS DE CONTAMINACION	Nº PUNTOS CON ANALISIS	Nº ANALISIS	
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		AGRIC.	URBANO (**)							
										T.S.D.(mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)				OTROS
19. Unidad caliza de Altamira	4.370	Cuenca Guadalajara Toledo Ciudad Real	C	141 (15 en Tajo)	-	2	8	Bicarbonatada cálcica y/o magnésica. Sulfatada cálcica y/o magnésica	C ₂ S ₁	210	4	6	0	NO ₂ esporádico. Ca y Mg	Agrícola y urbano	68	202
									C ₃ S ₁	500	35	450	25				
20. Sureste de la Mancha de Toledo	3.400	Toledo Cuenca Ciudad Real	D C	100	-	7	15	Sulfatada cálcica y/o magnésica. Bicarbonatada cálcica y/o magnésica	C ₃ S ₁	300	3	4	0	NO ₂ esporádico. Ca y Mg	Agrícola (almazaras y alcohólicas) y urbano	82	180
									C ₂ S ₁	1.400	150	750	40				
									C ₄ S ₁	5.300	1.200	3.500	255				
22. Cuenca Bullaque	2.034	Ciudad Real	D	17	-	0,8	13	Bicarbonatada cálcica. Bicarbonatada clorurada cálcica y/o cálcica magnésica	C ₂ S ₁	144	11	0	0	NO ₂ escaso	Agrícola y urbano	8	30
									C ₁ S ₁	390	42	40	21				
23. Llanura Manchega	5.500	Ciudad Real Cuenca Toledo	D C	320	-	12	310	Bicarbonatada sulfatada y/o bicarbonatada sulfatada cálcica y/o cálcico magnésica	C ₃ S ₁	180	13	1	0	NO ₂ esporádico. Ca y Mg	Agrícola, industrial (alcoholeras) y urbano	584	1030
									C ₃ S ₂	737	123	400	40				
									C ₂ S ₁	6.210	1.350	4.130	400				
									C ₄ S ₂								
24. Campos de Montiel	2.700	Ciudad Real Albacete	C	175	-	1,3	6	Bicarbonatada y/o bicarbonatada-sulfatada-cálcica y/o cálcico-magnésica	C ₂ S ₁	200	2	0	0	NO ₂ esporádico. Mg y Ca	Agrícola y urbano	68	182
									C ₃ S ₁	600	45	160	40				
										3.500	451	2.180	190				

(*) C = ACUIFERO CARBONATADO.

D = ACUIFERO DETRITICO.

(**) SE INDICAN LOS VALORES MINIMO, MEDIO Y MAXIMO.