

Figura 192. Imagen del grado trófico del embalse de Torre de Abraham en la cuenca del Guadiana obtenida mediante teledetección.

En la figura 192 se muestra una de las imágenes citadas, correspondiente a la cuenca vertiente al embalse de Torre de Abraham en la cuenca del Guadiana.

El volumen total de embalse del que se ha recabado información asciende a 49.684 hm³, lo que representa más del 90% del total existente, por lo que cabe considerarlo como totalmente representativo.

En la figura 193 se representan las proporciones de los volúmenes de agua degradados (eutróficos o hipereutróficos) respecto a los volúmenes totales existentes en cada ámbito de planificación, y el porcentaje medio global (casi un 50%), en el supuesto de que el estado trófico se mantuviera a máximo embalse.

Como puede verse, las cuencas que presentan las aguas almacenadas en los embalses en peor estado son

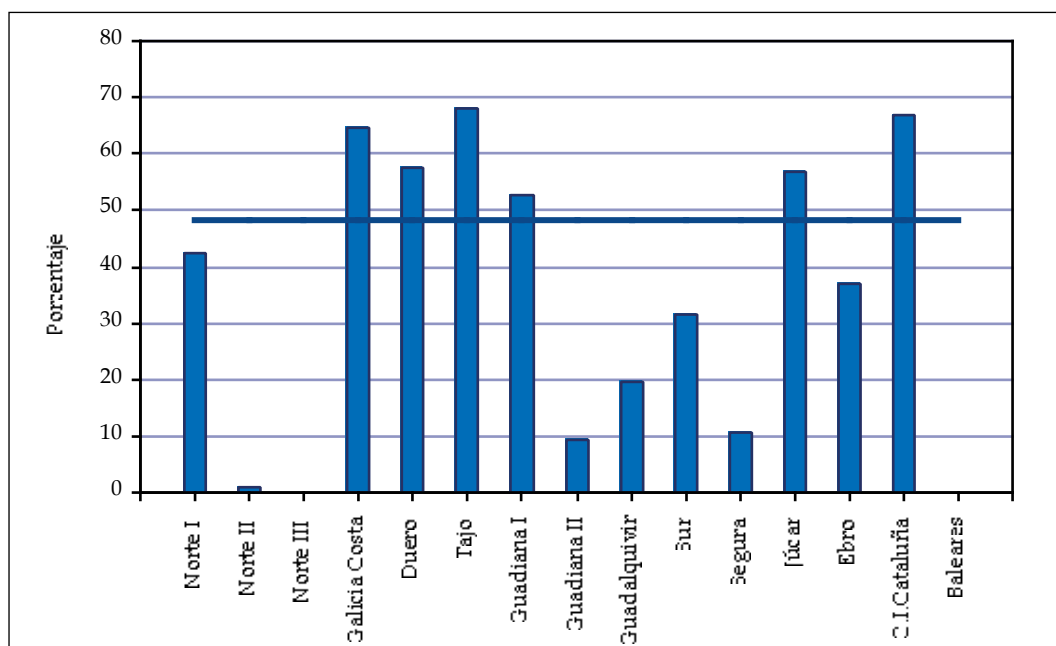


Figura 193. Volumen degradado con respecto a la capacidad total de embalse por ámbitos de planificación

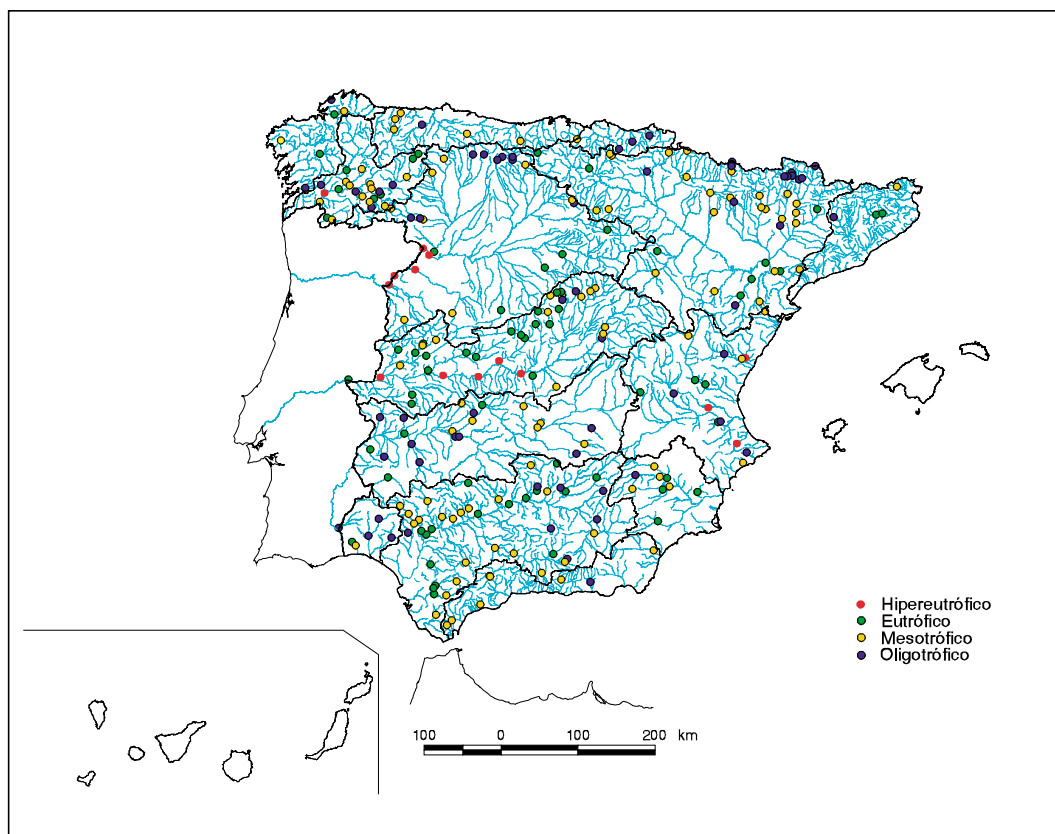


Figura 194. Mapa del estado trófico de los embalses mayores de 10 hm³

las del Tajo (68%), Internas de Cataluña (67%), Galicia Costa (64%) y Duero (57%), lo que lleva a que casi la mitad (el 48 %) del volumen total de los embalses españoles se encuentre en un estado avanzado de eutrofización.

Aunque la cifra del 48% del volumen embalsado pueda en principio parecer elevada, no lo es tanto en realidad ya que la consideración del agua eutrófica como mala o la de oligotrófica como buena depende del uso que se haga de ella y, por tanto, los objetivos de calidad deberán establecerse en función de la finalidad a que se destine el agua. Así, un embalse para abastecimiento debería tener una calidad tal que pudiera tratarse con métodos convencionales de bajo coste, y del volumen total del agua degradada solamente se emplea un 14 % para abastecimiento.

En el mapa de la figura 194 se representa el grado trófico actual de los embalses mayores de 10 hm³. Se observa que los embalses más eutróficos están situados en los tramos bajos de los ríos principales, después de su paso por las grandes áreas urbanas. Otros están dominados por cuencas con población, agricultura y ganadería importantes. Los oligotróficos, por el contrario, se sitúan principalmente en las cabeceras de los ríos, en zonas despobladas, frías y cubiertas de una vegetación densa.

3.2.6. La contaminación de las aguas subterráneas

La calidad natural de las aguas subterráneas, entendiendo como tal su composición original, es producto de la interacción del agua de infiltración y los materiales con los que entra en contacto durante el ciclo hidrológico. Determinados factores externos, principalmente de origen antrópico, pueden provocar alteraciones en dicha composición al introducir sustancias ajenas susceptibles de modificar su naturaleza original.

Las aguas de mejor calidad química son las procedentes de las formaciones carbonatadas. En general, son aptas para todos los usos, con bajos contenidos salinos y suelen presentar mineralizaciones ligeras o medias. Este tipo de aguas predominan en la cuencas del Norte, en las unidades de cabecera y borde septentrional de la cuenca del Duero, bordes de la Sierra del Guadarrama, en el Tajo, cuenca alta del Guadiana, unidades carbonatadas del Guadalquivir y Sur, sistemas interiores del Júcar, Ebro y Cuencas Internas de Cataluña.

La variabilidad litológica de las formaciones detríticas da lugar a una amplia diversidad de tipos, desde aguas poco mineralizadas de buena calidad hasta aguas salinas, de deficiente calificación para ciertos usos. El desarrollo antrópico sobre estos acuíferos hace que en ellos sean más frecuentes los procesos de contaminación. Los

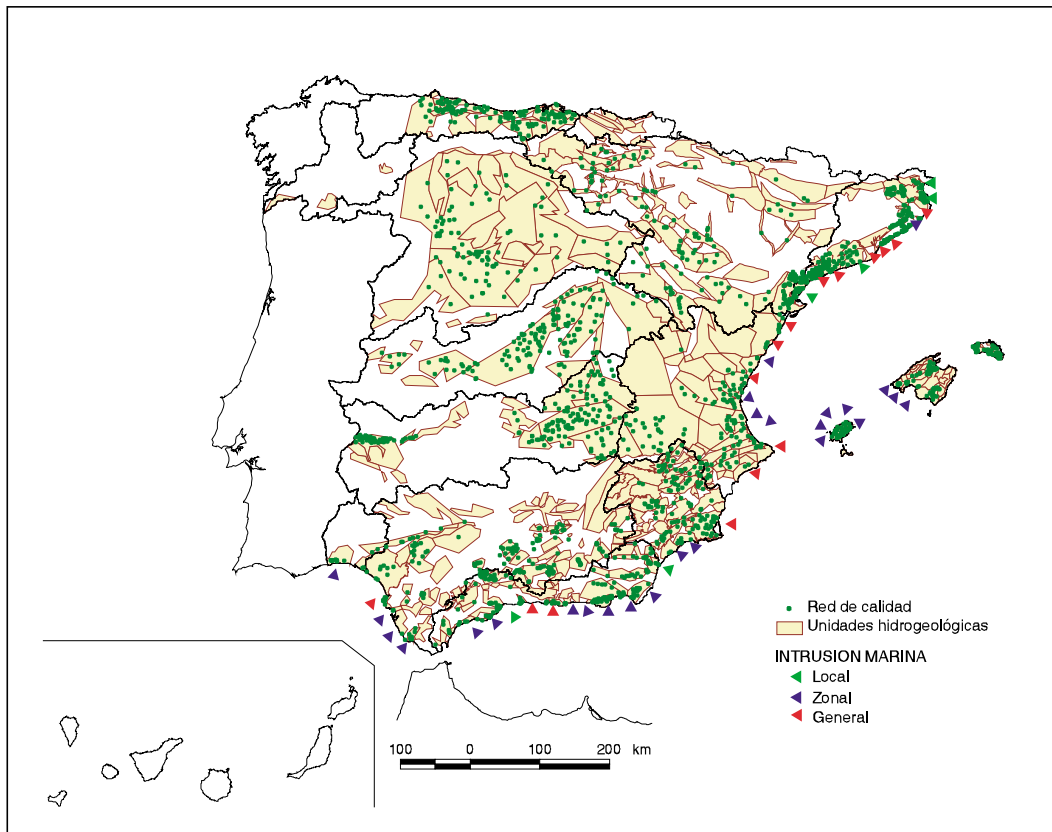


Figura 195. Mapa de la Red de control de la calidad de las aguas subterráneas y acuíferos que presentan intrusión marina

problemas de calidad más habituales en las aguas subterráneas son la presencia de elevadas concentraciones de compuestos nitrogenados en las áreas de desarrollo agrícola y de cloruros y sodio, asociados a la intrusión marina en los acuíferos costeros (fig. 195).

Los mecanismos por los que un agente contaminante puede alcanzar un acuífero y propagarse en él son múltiples y en ocasiones muy complejos. La contaminación de un acuífero desde la superficie del terreno se puede deber a los residuos sólidos o líquidos vertidos en cauces secos, a la existencia de vertederos incontrolados o a la acumulación de sustancias contaminantes en superficie. Si los residuos acumulados contienen material soluble, éste será lixiviado por el agua de lluvia y se infiltrará hasta la zona saturada, incorporándose al flujo subterráneo y pudiendo llegar, eventualmente, a las captaciones de aguas.

La contaminación por actividades agrícolas se produce por la infiltración de aguas (lluvia o riego) que disuelven y arrastran abonos y pesticidas. La explotación del acuífero conlleva el riesgo de utilización de aguas contaminadas, si se realiza sin las debidas precauciones, como ocurre en la contaminación por nitratos que actualmente presentan algunas de las unidades hidrogeológicas, principalmente las situadas en el Levante español.

Las aguas residuales domésticas pueden contaminar los acuíferos en los casos de utilización de fosas sép-

licas, reciclado de efluentes y, en general, de sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan la capacidad depuradora del terreno de manera incorrecta, casi siempre por saturación de la misma. A pesar de los procesos de adsorción en el suelo y de atenuación de la contaminación que se producen en la zona no saturada, la infiltración de ciertas sustancias hasta el nivel freático puede constituir una amenaza real para las captaciones próximas (Candela y Varela, 1993).

El embalsamiento superficial y la acumulación de residuos líquidos de diversa procedencia (balsas de evaporación o de concentración, balsas de infiltración de industrias o de estabulaciones ganaderas, etc.) depositados en excavaciones naturales o artificiales, incluso los vertederos poco o nada controlados, pueden provocar la contaminación de las aguas subterráneas. Especial transcendencia reviste la situación en que el embalsamiento entra en contacto directo con la zona saturada (caso frecuente en graveras abandonadas), por cuanto el contaminante encuentra entonces una vía de acceso directo hasta el acuífero. La contaminación del acuífero manchego por los residuos de las alcoholeras ejemplifica claramente este tipo de procesos. El vertido al terreno de las vinazas residuales de las alcoholeras ha dado lugar a un doble fenómeno de contaminación subterránea: del agua, por aporte de materia orgánica, potasio y otras sales; y de la zona no saturada, por emisión de metano por degradación anaeróbica de la carga orgánica aportada.

Los pozos de inyección directa y la eliminación de aguas residuales industriales, de salmueras procedentes de actividades mineras o de agua contaminada térmicamente en procesos de calefacción o refrigeración, constituyen una amenaza muy seria, probablemente la más directa, para la calidad de las aguas subterráneas, en particular cuando los pozos y sondeos destinados a este fin no están adecuadamente diseñados, construidos, situados o manejados.

La progresión de la intrusión salina por alteración del régimen de flujo como consecuencia del bombeo excesivo en acuíferos costeros conectados hidráulicamente con el mar, o la ubicación inadecuada de las captaciones de bombeo en este tipo de acuíferos, provoca el avance de una cuña de agua salada, tierra adentro, al disminuir el flujo de agua dulce hacia el mar, lo que provoca graves problemas de contaminación en numerosas unidades hidrogeológicas de la costa mediterránea.

3.2.6.1. Problemas de contaminación detectados

Se describen a continuación los factores, naturales o antrópicos, causantes de la alteración de la calidad de las aguas subterráneas, y los principales problemas detectados en España (v., p.e., informes ITGE; MIMAM [1996a]; MIMAM [1997a]).

3.2.6.1.1. Salinización

El incremento en el contenido salino se traduce generalmente en altas concentraciones de sulfatos y cloruros. Su origen puede ser debido a la influencia de los materiales por los que circula el agua (yesos o evaporitas), a la reutilización de aguas de riego, con sales añadidas en las actividades agrícolas a las que se suman las sales disueltas a partir del suelo, o a la intrusión marina, provocada por la invasión del agua de mar en los acuíferos costeros cuando se realizan bombeos excesivos.

El mapa adjunto muestra, sobre las unidades hidrogeológicas, la red de control de calidad de las aguas subterráneas y las zonas de riesgo de intrusión marina identificadas por el ITGE.

En el Mediterráneo oriental la intrusión marina se presenta de forma generalizada, y en algunos de sus acuíferos costeros (Plana de Vinaroz-Peñíscola y Plana de Oropesa-Torreblanca) los contenidos de cloruros superan los 500 mg/l permanentemente. Los acuíferos costeros del Sur peninsular presentan problemas localizados. En el litoral Atlántico-Sur ocurren procesos de intensa intrusión que entre los años 1990 y 1994 alcanzaron su punto de mayor intensidad.

Las zonas que presentan un mayor riesgo son aquellas en las que la salinización afecta a toda la unidad hidro-

geológica (Intrusión marina general). En otros casos la contaminación salina es meramente local y afecta a zonas concretas muy próximas a los bombeos. En un punto intermedio se sitúa la intrusión marina zonal, que afecta a superficies mayores de acuífero, en las que sin embargo existen algunas zonas poco afectadas por la salinidad del mar.

3.2.6.1.2. Contaminación por nitratos

El origen de este importante problema se atribuye a la agricultura (aplicación de fertilizantes) y a la ganadería, aunque en menor medida también los vertidos líquidos urbanos son fuente de compuestos nitrogenados, si bien sus consecuencias suelen ser más restringidas y localizadas en el entorno próximo a los puntos de vertido.

La contaminación por nitratos afecta de forma importante al litoral mediterráneo, y es especialmente acusada en el Maresme, donde se llega a superar los 500 mg/l (la Reglamentación Técnico-Sanitaria obliga a que las aguas potables no superen los 50 mg/l), y en grandes áreas de las planas costeras del Júcar (Castellón y Valencia), donde se superan 100 mg/l. Entre las unidades interiores, la Llanura Manchega, el aluvial del Ebro y algunos sectores del valle del Guadalquivir (aluviales del Guadalquivir y Guadalete) son las más afectadas, con contenidos entre 50 y 100 mg/l de nitratos. De forma local la presencia de nitratos afecta a diversas áreas de las cuencas del Duero (región central del Duero, Esla-Valderaduey y Arenales), Tajo (La Alcarria, Tiétar y Ocaña), Sur (Campo de Níjar, Dalías y Fuente Piedra), y Segura (Campo de Cartagena, Guadalentín, y Vegas del Segura).

En la figura 196 se muestran puntos de la red de control indicándose si el contenido de nitratos es mayor o menor de 50 mg/l. Como puede verse, el problema no es generalizado en todo país, pero la gravedad de la situación en algunas zonas, en las que se usan estas aguas con destino a abastecimientos, requiere de la mayor atención por parte de los usuarios y de las Administraciones públicas concurrentes.

3.2.6.1.3. Contaminación por metales pesados

Los vertidos de efluentes derivados de actividades urbanas, mineras y, fundamentalmente, industriales provocan la presencia de metales pesados en las aguas subterráneas, que en ocasiones inciden en su calidad hasta el punto de que resultan no aptas para el consumo humano.

El hierro, el manganeso y el aluminio, en particular los dos primeros, son los metales que aparecen con mayor frecuencia y en todos los ámbitos de planificación, en contenidos que exceden los límites permitidos por el Reglamento Técnico Sanitario (RTS). El origen

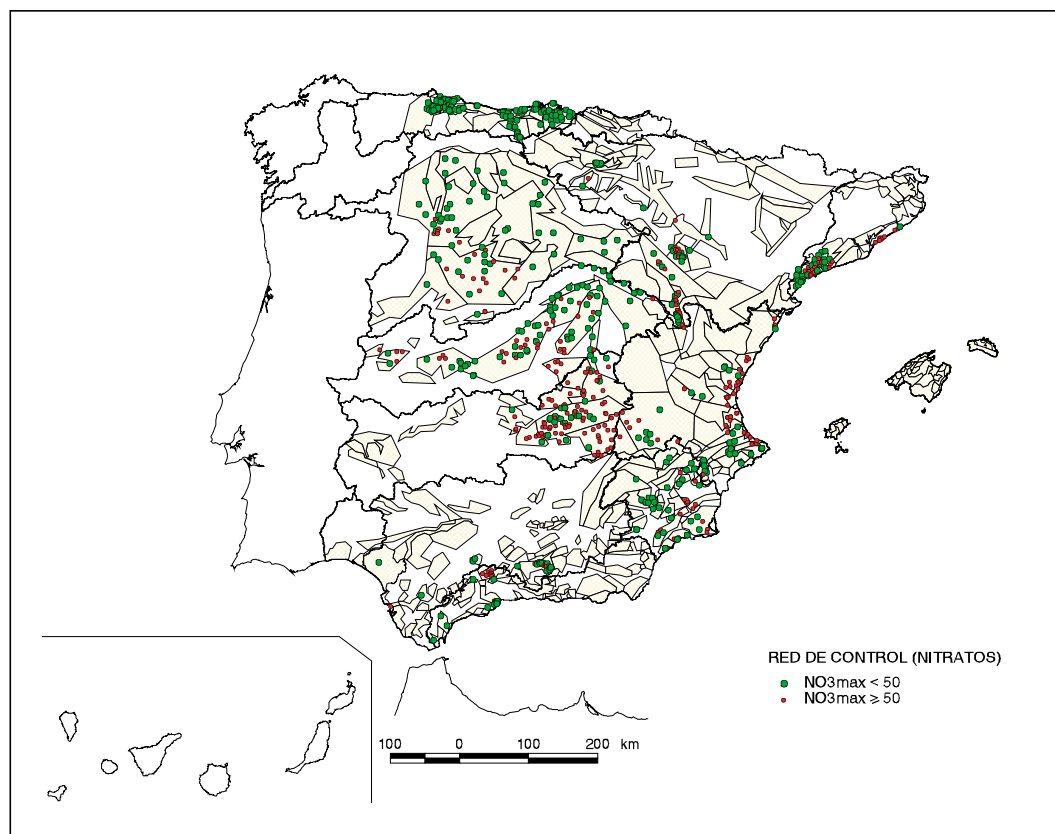


Figura 196. Mapa de puntos de la red de control con presencia de nitratos

del problema está tal vez más relacionado con un efecto litológico que con un fenómeno contaminante. También otros metales de carácter más tóxico como cadmio, plomo, cobre, zinc, selenio, arsénico y cromo se han detectado con cierta frecuencia aunque de manera muy puntual, principalmente en algunas zonas de las cuencas del Tajo, Guadalquivir, Sur, Ebro y Cuencas Internas de Cataluña.

3.2.6.1.4. Contaminación por compuestos orgánicos

La contaminación de las aguas subterráneas por compuestos orgánicos es un problema cuyo alcance todavía no es bien conocido en nuestro país. El origen de este tipo de contaminación es diverso, aunque frecuentemente está relacionado con la utilización inadecuada de productos fitosanitarios en agricultura. Cabe mencionar asimismo como fuentes contaminantes las fugas en depósitos y conducciones, la eliminación y vertido -urbano e industrial- de residuos que contienen disolventes, desengrasantes, conservantes, agentes de limpieza etc. y los vertederos de residuos sólidos.

Durante la presente década, la DGOH y la DGCA y, posteriormente, la DGOHCA, establecieron convenios de colaboración con el CEDEX para el estudio de este tipo de contaminación de las aguas subterráneas, dirigido hasta 1995 a unidades hidrogeológicas detríticas

y, más concretamente, a zonas de regadío. Los compuestos que se han detectado con mayor frecuencia en dichos estudios y en otros trabajos puntuales realizados por diversos organismos e investigadores pertenecen al grupo de organoclorados, entre los que destacan clorobencenos, cloroetanos, cloroetilenos, tetracloruro de carbono y hexaclorociclohexano.

Es destacable la presencia, aunque en contenidos bajos, de una gran variedad de compuestos no deseables en las aguas subterráneas de las cuencas del Duero y del Tajo. Conviene reseñar que en la práctica totalidad de los casos - en estos y en los restantes ámbitos de planificación que a continuación se mencionan - los pozos afectados no se destinan al abastecimiento de agua potable.

La contaminación debida a la utilización de productos fitosanitarios ha ocasionado en la cuenca del Guadiana la acumulación de aldrín, DDT, HCH y atrazina en zonas regables de la Mancha Occidental, que en ocasiones exceden los límites máximos autorizados para aguas potables.

En ocasiones, también se ha detectado la aparición de compuestos volátiles - tri y tetracloroetilenos, clorobencenos y etilbenceno - en las aguas subterráneas de la cuenca del Guadalquivir, caso de la Depresión de Granada, Almonte-Marismas y Aluvial del Barbate. En estas unidades se ha detectado asimismo contaminación procedente de derivados del petróleo. También