

PERSPECTIVAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL PIRINEO ORIENTAL (Catalunya-España) DE CARA AL SIGLO XXI. URGENCIA EN LA ACTUACIÓN O DEGRADACIÓN REVERSIBLE.

E. Custodio *

Quaderns
d'enginyeria

3 (1981) 1 p.93-113

RESUMEN

El Pirineo Oriental es una zona en la que la carencia de grandes cursos de agua superficiales da a las aguas subterráneas un papel de gran relevancia y tradición. Al ser una zona con gran densidad de población y notable desarrollo industrial y agrícola, la falta de una actuación apropiada hace que la degradación de los acuíferos sea notoria por sobreexplotación, intrusión marina y contaminación. En ciertos casos con caracteres alarmantes e irreversibles. Si desde ahora no se toman las medidas correctoras necesarias con firmeza, en pocas décadas la situación puede ser muy grave. El papel de los acuíferos subterráneos es tal que su pérdida puede ocasionar serios trastornos en la disponibilidad de agua y en su garantía, y acrecentar los problemas sociales y administrativos actualmente existentes. La previsible política de trasvases es compatible y complementaria con la de protección y conservación de las aguas subterráneas y necesita de unas reglas y criterios de uso racional. En el texto se pasa revista de forma descriptiva a los diferentes problemas conocidos de degradación de las aguas subterráneas, por intrusión marina, actividades de población, agrícolas, ganaderas, industriales y mineras.

Como conclusión se enumeran una serie de medidas legales de ordenación de territorio y de gestión que deben ponerse en práctica con urgencia para la conservación, salvaguardia y utilización racional de los acuíferos dentro del sistema conjunto de recursos de agua, y así permitir su disponibilidad en el Siglo XXI.

ABSTRACT

The Eastern Pyrenees is an area in which the absence of great rivers gives to the ground waters a very relevant and traditional role. Since it is a very densely populated area with a well established industrial and agricultural development, the lack of a convenient form of action conduces to a noticeable degradation of the aquifers through overexploitation, sea water encroachment and pollution, that in some circumstances reaches alarming and irreversible proportions. Should the necessary corrective measures not be adopted now firmly, in a few decades the situation may become extremely dangerous. The role of the groundwater reservoirs is such that their loss may create serious perturbations in the water availability and in their security and the present social and administrative problems will be intensified. The foreseeable policy of water transportation is compatible and complementary to the policy of groundwater protection and conservation, and needs rules and criteria for the rational exploitation of the aquifers. In the paper, the different known problems of groundwater degradation are reviewed in a descriptive form, such as sea water encroachment and population, agriculture, cattle-rising, industrial and mining activities.

*Emilio Custodio, Dr. I.I. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, Universidad Politécnica de Barcelona. Curso Internacional de Hidrología Subterránea.

Las ideas expresadas en el presente artículo son las del autor y no necesariamente coinciden con las de los organismos en los que desarrolla su actividad profesional.

Trabajo aportado al número especial dedicado al Profesor Enric Freixa

Como ponencia, ha sido presentado en el "Simposio Agua Siglo XXI" celebrado en Madrid del 8 al 13 de septiembre de 1980 bajo patrocinio de UNESCO y el Comité Español para el Programa Hidrológico Internacional.

Dedicado al Profesor FREIXA con motivo de su jubilación.

INTRODUCCION

El Pirineo Oriental (Fig. 1) es el territorio Nordoriental de España y de Catalunya que se extiende desde la frontera francesa hasta el borde del delta del río Ebro, el más importante del país. Comprende las cuencas de los pequeños ríos y torrentes que desembocan al Mar Mediterráneo en dicha área con una superficie total próxima a los 16.500 km². La longitud de costa está en el entorno de 300 km. Los cursos de agua son relativamente cortos, entre algo más de 100 km en el área centro y norte y menos de 20 km incluso solo 5 km en el área Sur y porciones entre las cuencas mayores. Es un área de clima templado mediterráneo al norte, que evoluciona hacia semiárida hacia el Sur y hacia el Oeste, con pluviometrías medias anuales entre 900 y 450 mm/año, si bien la variabilidad espacial, temporal y de distribución es grande dado que es una zona montañosa, con cambiante predominancia de vientos y en un área de movimiento de frentes (3).

La densidad de población es elevada, en el entorno de 5.5 millones de habitantes, de los cuales casi 3,5 millones de personas se concentran en Barcelona y su cinturón metropolitano, en la porción central costera. Es una zona en la que coexisten una agricultura y ganadería bien establecidas, aunque en recesión cerca de las ciudades más importantes, con una larga tradición industrial, cuyo origen cabe buscarlo en la disponibilidad de energía motriz en varios de los ríos y en la existencia de recursos de agua fácilmente explotables, tanto superficiales como subterráneos. El crecimiento poblacional (inmigración) e industrial se aceleró grandemente en el periodo de 1960 a 1970, y en la década de 1970 en las cercanías de Tarragona han aparecido notables complejos químicos y petroquímicos. Además la clásica industria turística en la Costa Brava ha tenido una expansión inusitada, con poblaciones que llegan a duplicar el número de habitantes en verano. Todo ello ha dado lugar a una fuerte competencia por un agua dulce cada vez más escasa, lo cual es causa actualmente de notables y crecientes conflictos socioeconómicos e incluso políticos, en especial ante los problemas que más adelante se van a comentar. Si a ello se suma la falta de una apropiada política territorial, de una administración poco eficaz, de una especulación desbordante y de una insuficiente planificación ambiental, se llega a una situación, que si bien no puede calificarse de caótica, sí que se puede calificar de grave en muchas áreas, y con riesgo de producir una acumulación de daños difícilmente reparables, tales que pueden comprometer las disponibilidades de agua en un futuro no lejano.

2.- LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL PIRINEO ORIENTAL

Geologicamente, el Pirineo Oriental es un área compleja pues representa un área hercínica rejuvenecida y extendida por los plegamientos alpinos, con un sistema de horts y gra-

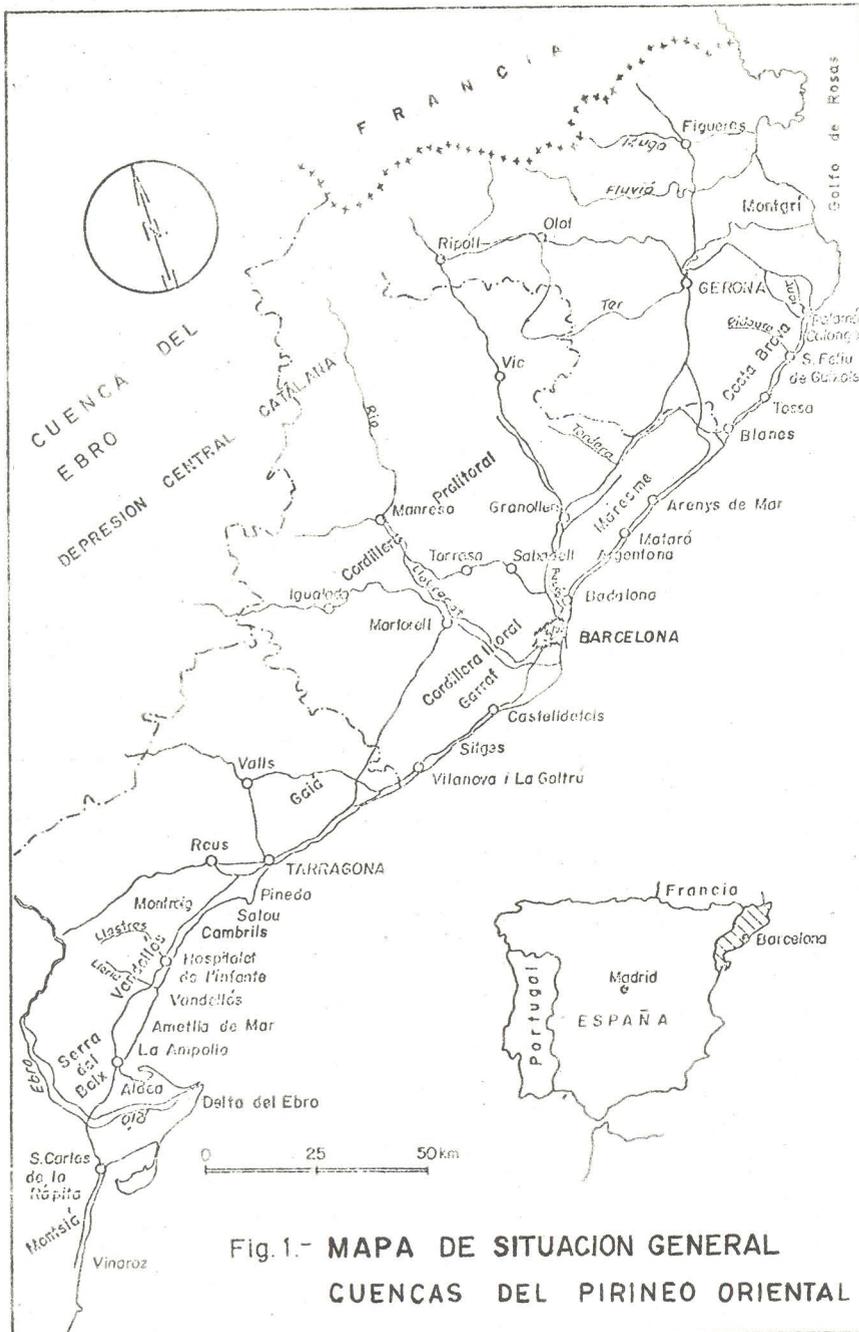


Fig.1.- MAPA DE SITUACION GENERAL CUENCAS DEL PIRINEO ORIENTAL

ven (pilares y fosas tectónicas) paralelo a la actual línea de costa, y numerosas áreas de cabalgamientos y de terrenos alóctonos. El relieve es joven con una activa erosión fluvial.

Buena parte de las áreas interiores son predominantemente arcillosas, de modo que están prácticamente desprovistas de acuíferos, salvo en ciertos tramos de los ríos o en áreas muy localizadas. No sucede lo mismo en las áreas próximas al litoral y en ciertas áreas del Pirineo y Prepirineo, donde existen buenos acuíferos, aunque de extensión moderada o pequeña. Estos acuíferos o embalses subterráneos se pueden agrupar en las siguientes categorías (24):

- a) acuíferos aluviales, más desarrollados en áreas próximas a la costa,

donde, a causa de la evolución morfológica y de la naturaleza de las áreas madre, son de elevada permeabilidad, espesor notable y reducida anchura. El valle bajo del Llobregat es el mejor ejemplo. Los tiempos de renovación son cortos, de unos pocos años, incluso de pocos meses en áreas muy explotadas.

- b) acuíferos deltaico-litorales, con frecuencia bicapa, con buenas condiciones para la explotación. En algunas porciones pueden contener aún aguas marinas residuales, así como formaciones limosas intercaladas con agua marina residual poco móvil. En el límite sur y ya fuera del Pirineo Oriental, el delta del Ebro, de mucha mayor extensión que los otros, solo contiene agua salada, aún teniendo la misma estructura. Los mejo-

ejemplos son los deltas de los rios Llobregat, Besós (25) y Tordera. Los tiempos de renovación son moderados en áreas superficiales (decenas de años y pueden llegar a miles de años en ciertas formaciones cautivas.

- c) acuíferos de piedemonte y de abanicos aluviales, más frecuentes y más externos en la porción sur. Permeabilidad muy variable, y en ocasiones con el nivel freático hasta mas de 100 m bajo la superficie del terreno. Tiempos de renovación del agua próximos o mayores a los 100 años. Los más importantes existen en el Campo de Tarragona (28).
- d) acuíferos de cuencas sedimentarias en fosas tectónicas, en general poco permeables, salvo en los bordes y en el tránsito a piedemontes. Tiempos de renovación de cientos de años a miles de años, tanto mayor cuanto mayor sea la profundidad considerada. Son frecuentes los materiales continentales con una importante fracción arcillosa pero también existen rellenos marinos. Los ejemplos más representativos son el Penedés y la Selva.
- e) acuíferos calcáreos literales en ocasiones con una notable karstificación superficial y surgencias submarinas importantes, como sucede en Garraf, aunque presentan pobres características para la explotación de aguas subterráneas. Corresponden a áreas poco habitables por su carácter montañoso y de apariencia árida. En el área de Tarragona existen calcarenitas y depósitos arrecifales terciarios de permeabilidad muy heterogénea.
- f) acuíferos calcáreos interiores que suelen descargar por grandes manantiales localizados, y que corresponden a zonas muy tectonizadas y con un relieve abrupto. En la porción sur de la cordillera Prepirineo, donde la falta de población y lo accidentado del relieve suponen el mayor obstáculo, si bien parece posible conseguir una mejora la regulación de los rios mediante captaciones construidas en estas unidades.
- g) acuíferos litorales, formados por pequeños depósitos de dunas, de playas y aluviales, muy comunes a lo largo de la costa. bastante permeables, pero con escasos recursos.

La recarga a los acuíferos por la lluvia es muy variable, aunque no son raros valores medios de hasta 250 mm/año en la porción norte y entre 20 y 50 mm/año en la sur. En las áreas calcáreas sin suelo la recarga media puede en ocasiones superar el 30% de la precipitación media anual.

En los piedemontes es frecuente que se infiltren las aguas de los rios y torrentes que proceden del borde montañoso, siendo casi nulas las pérdidas superficiales al mar.

En áreas litorales del sur o del centro, fuera de los ríos principales, la recarga natural total que fluye subterráneamente al mar, y se pierde en áreas pantanosas o de marisma en ausencia de explotación, se estima entre 0'5 y 2 hm³/año/km de costa o de recorrido transversal. Este pequeño flujo, cuando coincide con zonas permeables y de espesor saturado importante, explica que de forma natural la cuña de agua salada llegue a penetrar profundamente en el continente. Por otro lado, la agricultura de regadío en muchas de esas áreas cubre una porción importante del territorio, con demandas equivalentes a 250 a 700 mm/año, lo cual duplica a veces la recarga anual media. En general en las zonas de regadío, de concentración de población o de establecimientos industriales se superan fácilmente los recursos de agua subterránea disponibles y es preciso llegar a un aprovechamiento integral y a la importación de agua de zonas más o menos alejadas, lo cual es causa de conflictos entre municipios y entre usuarios.

Los acuíferos aluviales en explotación se han convertido en la mayoría de casos en sistemas de río afluente, en los que la extracción en ciertas épocas supera con frecuencia la capacidad de infiltración y aun el caudal circulante, y ha sido necesario recurrir a ciertas formas de recarga artificial en zonas próximas a Barcelona (13) (14) (15) (21).

3.- EFFECTOS DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS SOBRE LOS ENBALSES SUBTERRANEOS

Los efectos de las actividades humanas sobre los embalses subterráneos del Pirineo Oriental son muy diversos y con variada importancia. En las referencias bibliográficas se relacionan parte de los trabajos publicitarios sobre temas de contaminación y calidad de las aguas subterráneas en el Pirineo Oriental, en su mayoría surgidos del equipo de trabajo de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y de la Delegación en Barcelona del Servicio Geológico de Obras Públicas, así como del Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Buena parte de los trabajos existentes están inéditos y son el resultado de ejercicios prácticos de los participantes en dicho curso.

Los principales efectos son:

3.1.- Intrusión marina

La gran demanda de agua en numerosas áreas litorales para usos muy diversos ha provocado y está provocando la modificación e incluso la ruptura del equilibrio dinámico entre el agua dulce y agua salada, planteándose a veces capacidades de extracción que llegan a superar a la propia recarga total. El resultado es un reemplazamiento de agua dulce por agua salada hasta situaciones mucho más allá de lo que es económicamente y socialmente razonable (11) (16) (17) (30). La intrusión marina es un fenómeno lento, a veces aparente solo tras varios años de intensa explotación, y ello es ignorado consciente o in-

conscientemente por los usuarios, más preocupados por el presente que por el futuro, aun que sea a corto plazo.

Así se ha llegado a establecer una costosa infraestructura de consumo que acaba quedando desabastecida o en condiciones sumamente precarias de calidad, sin que se puedan establecer soluciones de repuesto a tiempo de evitar situaciones difíciles que se hubiesen podido evitar con un planteamiento racional y una apropiada construcción y disposición de captaciones. En estos momentos Tarragona explota pozos con agua de hasta 12 g/l de sales disueltas (22) (28) (29) y Sitges de hasta 15 g/l, y aunque a los ciudadanos llega una mezcla de agua de varias procedencias, el resultado es una situación insostenible y una falta total, no solo de agua potable, sino incluso de agua apta para el aseo. En el sector occidental del Delta del Llobregat, no solo es la población la que sufre la creciente salinidad, sino también la industrial y los regadíos (17) (19), estos últimos forzados a un progresivo abandono. En el Delta del Besòs todos los usos de agua han estado sometidos a un proceso de contaminación salina que entre otras causas ha dado lugar a un traslado de industrias a zonas suficientemente alejadas como para suponer un trastorno social, y algo similar puede suceder en breve en la importante zona industrial y en el abastecimiento a la población de Prat del Llobregat.

Situaciones similares se encuentran en otros muchos puntos de la costa como en el Marçme. La necesidad de substituir abastecimientos ya existentes por traídas de agua desde otros lugares es frecuente y suponen un coste importante que se podría haber evitado y son causa de tensiones importantes entre municipios y usuarios.

Muchas de las situaciones mencionadas son irreversibles a corto plazo e incluso pueden suponer la pérdida de un sistema acuífero.

No solamente las extracciones son causa de intrusión marina, sino que otras acciones que reducen la recarga o aumentan el drenaje reducen el mismo efecto. Así, la salinización del acuífero profundo del río Llobregat está acelerada por la reducción en la infiltración del agua del río a causa de la progresiva mayor turbiedad de las aguas de la laminación y reducción de frecuencia de las punta de avenida a causa de la regulación superficial en cabecera y extracciones de agua en zonas medias, de la reducción del área efectivamente filtrante por relleno de excavaciones para extracciones de áridos en el cauce, y posiblemente también a causa del encauzamiento del río, que reduce la superficie mojada y disminuye las acciones de limpieza del lecho.

En otros lugares la causa de salinización es la excavación tierra adentro de canales de navegación comercial o deportiva, como en el sector oriental del delta del Llobregat y en el Empordán, aunque por ahora las consecuencias aún no han aparecido con intensidad

debido al retraso causa-efecto. Consecuencias similares han tenido ciertos saneamientos de áreas pantanosas o de niveles freáticos próximos a la superficie del terreno, como en el sector central y occidental del Delta del Llobregat.

El abandono de captaciones de agua subterránea a causa de la salinización también presenta problemas, y en el caso del Delta del Besòs ha supuesto un ascenso de los niveles freáticos que han creado problemas a sótanos, túneles y edificios, o bien han supuesto el caso de la extracción de un agua salada o salobre, con lo que captaciones más al interior han dejado de estar protegidas contra la salinidad, como las áreas ya mencionadas de los Deltas de los ríos Besòs y Llobregat.

3.2.- Movimiento de aguas salinas o aguas de mala calidad

Otra consecuencia de la alteración de los potenciales hidráulicos a causa de la explotación es la movilización de aguas de mala calidad hacia las captaciones produciéndose una mezcla de aguas e incluso la sustitución de unas aguas por otras. Ya se ha comentado el caso de la intrusión marina pero también existen otras situaciones. Un ejemplo es el posible desplazamiento de aguas salinas cuasiestacionarias contenidas en formaciones limo-arcillosas. Tal parece suceder en el Empordà, en la zona litoral del Golfo de Rosas, donde existen dos acuíferos separados por una cuña limosa con agua salada; el gradiente hidráulico vertical natural, no superior a 0'05-0'1 no ha producido aun el lavado del agua salina de formación, ya que se trata de depósitos muy jóvenes, de poco más del millar de años. La explotación de los niveles más profundos aumenta localmente el gradiente vertical en un factor que puede llegar a 10 pero los efectos más importantes posiblemente son el de los pozos impropiaemente construidos, que permiten el drenaje de niveles salinos de arena situados entre los limos a lo largo de las paredes de la entubación y el de cierta comparación del terreno que acelera la expulsión de agua salina. Aunque en la parte costera y central del Delta del Llobregat se tiene una situación similar, con espesores mucho mayores, no es probable que el efecto sea importante ni hoy ni en el futuro, excepto en situaciones especiales y de significación limitada (8). En este caso ha sido más grave y de consecuencias ya bien establecidas el progresivo reemplazamiento de aguas subterráneas de baja salinidad por aguas ligeramente salobres infiltradas del río Llobregat(2) (18) (27); la salinidad de las aguas del río proceden de vertidos de salmueras de la minería potásica existente en su cuenca media. En esta misma área aún quedan zonas de permeabilidad reducida en las que el agua de contaminación salina marina o fluvial aún no ha penetrado; la explotación selectiva de estas aguas acelera su reemplazamiento, dejando áreas de agua salina de muy difícil lavado y expulsión (10).

En otras áreas más localizadas, principalmente en el área del Riu d'Ullastres, en el Sur del Campo de Tarragona, la explotación puede movilizar aguas altamente sulfatadas origi-

nadas en sedimentos yasosos, y posiblemente ser causa de un aumento de la velocidad de disolución de yasos (9).

3.3.- Efectos agrícolas y ganaderos

Los principales efectos agrícolas aparecen como contaminación de nitratos, en especial en áreas de cultivos intensivos especiales, como en los invernaderos de flores del Maresme, al N de Barcelona, donde en algunas áreas se llegan a encontrar aguas subterráneas que rebasan los 500 mg/l de NO_3^- , siendo casi lo normal encontrar valores por encima de 200 mg/l. Aunque faltan estudios de detalle, en muchas otras zonas son frecuentes valores de más de 100 mg/l. En general de abonos intensivos, aunque también pueden proceder de infiltración de aguas residuales de granjas de muy diversos tipos.

No se tienen datos sobre otros posibles efectos agrícolas directos, como los relacionados con los pesticidas o con un exceso de abonado potásico, y solo cabe considerar efectos de sobreexplotación que se comentan en otros apartados.

No obstante, en muchas áreas se riega, a veces de forma incontrolada con aguas residuales urbanas y a veces industriales, con lo que, además del problema de nitratos, aparecen otros problemas de medio ambiente por consumo del oxígeno del terreno, y en ciertos casos parece que existe o ha existido penetración en el terreno de contaminantes industriales, tales como disolventes y cromatos, o demóxicos, tales como detergentes aunque falta evidencia documental.

Son aún pocos los casos constatados de aumento de salinidad de las aguas subterráneas a consecuencia del riego, posiblemente porque aún no se han completado el tránsito del agua excedente por el medio no saturado. En ciertas zonas literales del Campo de Tarragona (7) (8) se aprecia tal aumento de salinidad en zonas agrícolas (áreas de Riudeca s. nyes-Pixerota) y también en el Delta del río Llobregat (4) (5) (6), aunque en este último caso coexisten como causas de salinización el riego con aguas residuales (con sales añadidas por el uso o a través de abastecimiento con aguas fluviales salinizadas) y la progresiva intrusión marina.

La evacuación de aguas residuales de granjas, en especial de las porcinas, se efectúa en ocasiones por extensión sobre el terreno permeable para que se infiltren. Ello da lugar a un medio anaerobio que produce la reducción de nitratos, llegándose a la aparición de hasta 15 mg/l de NH_4^+ (después se oxida dando lugar a concentraciones de NO_3^- de más de 50 mg/l) y a la solubilización de hierro y manganeso. En ciertas áreas de la cuenca del río Tordera se encuentran contenidos de hasta 3 mg/l de Mn, con una concentración similar de hierro. El tamaño de estas áreas parece ir creciendo con el tiempo y ya han afectado a diversos abastecimientos municipales.

Mucho más anecdótico es el vertido directo de residuos agrícolas o ganaderos en pozos en zonas kársticas o de rocas fracturadas, pero se conoce un caso en el Sur, en el entorno de El Perelló, en el que sobre el agua flota una capa de aceite vegetal decantado de residuos de procesamiento de la aceituna.

3.4.- Efectos de población y de residuos urbanos

Los efectos de población abarcan tres aspectos principales, relativos a la ocupación del territorio, a los vertidos líquidos y a las basuras.

La ocupación del territorio comporta una disminución de la recarga subterránea que en parte puede ser compensada por las fugas de la red de distribución de agua -en casos en que existe- y en menor grado por fugas de la red de alcantarillado. Esta red de alcantarillado -también cuando existe- puede actuar de dren de acuíferos poco profundos, eva - cuando recursos que de otro modo estarían disponibles. En el llano de Barcelona es posible identificar la recarga por fugas de red de distribución, incluso separando la zona de abastecimiento con aguas procedentes de la cuenca del río Llobregat de la zona abastecida desde hace 15 años con aguas menos salinas procedentes del canal de transvase desde el río Ter. A pesar de lo expuesto, los acuíferos bajo las grandes poblaciones concentradadas, como es el caso del Pirineo Oriental, acaban por perder su utilidad y fácilmente las aguas resultan contaminadas, adquieren un excesivo contenido en nitratos o llegan a adquirir condiciones anaerobias por falta de difusión del oxígeno atmosférico.

Los vertidos líquidos que se infiltran en el terreno -fosas sépticas, pozos negros, fugas de la red de alcantarillado- contribuyen nitrógeno a las aguas y así en el casco de Barcelona es fácil encontrar pozos de abastecimiento que extraen aguas con más de 100 mg/l de NO_3^- . En otros casos la presencia de materia orgánica produce un medio reductor en el que el agua contiene amonio, aparece hierro disuelto e incluso se llega a la reducción de sulfatos con aparición de olor sulfhídrico, como en el entorno de la Plaza de Cataluña, en Barcelona.

En el caso del Pirineo Oriental, las aguas negras son en su mayor parte evacuadas mediante colectores y se vierten al mar o los ríos (31), y no son raros problemas de microcontaminantes que repercuten en los abastecimientos (23). En el caso de vertido a ríos que recargan acuíferos, los efectos de la contaminación orgánica soluble y nitrogenada puede aparecer en el acuífero, aunque no se tienen casos suficientemente documentados, salvo en la Riera de Vilafranca en su tramo final, donde se infiltraba buena parte de las aguas residuales de Vilafranca del Penedés después de un recorrido de unos 25 km. En este caso, especial, la infiltración a través de unos 20 m de sedimentos no saturados producía una total autodepuración del agua, siendo útil esta recarga para disminuir la salinidad de

de los pozos de la zona (14) (15). Se han llegado a realizar algunas experiencias de recarga artificial. Actualmente la mayor parte de esas aguas residuales pasan a otra cuenca y alimentan a un embalse superficial con notables fugas desconociéndose los efectos sobre los acuíferos.

Al sur de Tarragona, la inundación tras unas fuertes lluvias de la zona baja de una riera que recibe los vertidos de la ciudad de Reus, produjo el arrastre de gran cantidad de materia orgánica depositada en el cauce, en vías de descomposición, y recargó el acuífero con agua con una fuerte carga orgánica soluble. Ello dió lugar a la creación de un medio anaerobio con aparición en el agua de NH_4^+ , Fe^{++} y Mn^{++} , resultando inapropiada para abastecimiento, con lo que la población debía ser suministrada desde otras áreas. Después de casi un año de extracción de agua, para airearla y reinfiltarla, se consiguió crear una zona que permitía reanudar el suministro pero después de 10 años la recuperación aún no ha sido completa.

Se conoce algún caso de vertidos de aguas residuales en pozos en calizas karstificadas a no gran distancia de pozos de abastecimiento, pero no hay estudios de los efectos.

Referente a los aspectos microbiológicos y epidemiológicos apenas se dispone de información. Aunque parece que puede admitirse que tras una permanencia del agua en el terreno de 60 días, y posiblemente de solo 30, el agua queda exenta de gérmenes virus peligrosos para el hombre y animales superiores, es cierto que muchos pozos de abastecimiento están a distancia de focos de contaminación tal que el tiempo de permanencia del agua en el terreno es claramente menor que lo señalado y es posible que ciertas enfermedades hídricas no infrecuentes en el área Barcelonesa, tales como la hepatitis vírica y ciertas colitis estivales puedan tener alguna relación, en ciertos casos, con abastecimientos con aguas subterráneas contaminadas por acciones que desde un punto de vista sanitario y social son insostenibles y de efectos futuros graves.

El problema de los vertederos de basuras es más grave, no solo por su elevada cantidad (de 0'65 a 0'75 kg/habitante/día), sino por su elevado grado de putrescibilidad, contenido en ciertos tóxicos y persistencia del poder contaminante. Desgraciadamente apenas hay datos documentales, pero los datos existentes delatan un grave problema de acción prolongada, cuyo efecto irá apareciendo poco a poco y de forma poco reversible.

En el delta del Llobregat se han enterrado varios millones de m^3 de basuras en excavaciones de extracción de arenas que penetran varios metros bajo el nivel freático (1). Se trata de zonas agrícolas en las que se retiró el suelo para extraer las arenas y efectuar el relleno con basuras, reponiendo el suelo para reinstalar el cultivo. No solo la contaminación del cultivo ha sido problemática o cada vez más difícil, además de produ-

cirse compactaciones y desnivelaciones del terreno, sino que ha aparecido una pronta contaminación de las aguas que ha dado lugar al abandono de pozos, varios de ellos de abastecimiento urbano a áreas ya con problemas de suministro. La forma de contaminación es la de color, mal gusto y olor, presencia de hierro y manganeso, de amonio y nitritos, a veces de sulfuros, y posiblemente de ciertos metales pesados, con la aparición de agresividad a los metales (25).

En Badalona se han contaminado varios manantiales próximos a un vertedero y en otros lugares del Llobregat, el vertido de basuras en el fondo de torrentes han producido o amenaza con producir la alteración del agua de minas de captación de varias poblaciones.

El gran vertedero de basuras de Barcelona en Garraf, sobre calizas muy karstificadas, a pesar de las notables precauciones tomadas, tiene fugas de agua contaminada que llega a tener una DQO de hasta 120.000 mg/l de O_2 (del $Cr_2O_7K_2$). No obstante en este caso, y dada la especial situación, la contaminación producida no se puede considerar grave a pesar de la notable convulsión periódica y solo ha producido una aparición temporal de olor sulfhúrico en la descarga de un gran manantial litoral salobre, y la contaminación sulfhúrica y de hierro en los pozos de abastecimiento a la pequeña población de Garraf (12).

3.4.- Efectos de vertidos industriales

Los efectos conocidos de los vertidos industriales son de muy diversa índole y son muy comunes en el área del Pirineo oriental. Algunos ejemplos servirán para ilustrarlo.

Los vertidos de materia orgánica soluble al río Tordera han originado en los acuíferos aluviales del valle y delta recargados por agua del río, la aparición persistente de hierro y manganeso en el agua subterránea, además de mal olor y gusto en ciertas épocas, sobretudo después de la cloración. Debido a productos de degradación anaerobia, afectan a varios abastecimientos de población.

En el entorno de Barcelona se han enterrado o extendido sobre el terreno unas 150.000 t de residuos de cromitas conteniendo cromo soluble; actualmente este cromo está en proceso descendente hacia el nivel saturado, donde en función del régimen de lixiviado puede producir una contaminación persistente durante algunas decenas de años (19). En zonas en que los depósitos están en contacto con el medio saturado se han llegado a encontrar hasta 6'5 mg/l de Cr^{+6} . En el delta del Besòs existe y persiste un área en que el agua del acuífero llega a 6 mg/l de Cr^{+6} , al parecer procedente de vertidos en un pozo de un antiguo taller de cromados, ya hace varios años desaparecido. Otro caso similar existe en la cuenca del río Ripoll originado en unas balsas de retención.

En el área agrícola del sector occidental del delta del Llobregat se han localizado zonas con contenidos de boro en el agua subterránea (1) de hasta 7 mg/l cuyo origen parece encontrarse en ciertos residuos industriales con restos de detergentes duros, jabones, decapantes y desengrasantes, incorporados en pequeñas cantidades en escombros "inertes" utilizados para rellenar las excavaciones de extracciones de arenas antes comentadas, en zonas en las que el enterramiento de basuras estaba proscrito.

En el acuífero del Valle Bajo del Llobregat, un grupo de importantes pozos de abastecimiento a población tuvieron que dejar de suministrar agua y verter el agua extraída al río durante varios años a causa de la aparición de percloroetileno y otros disolventes orgánicos, y aún hoy, después de casi 8 años, aún persiste parte de la contaminación en especial cuando los niveles freáticos ascienden. Se trata de un vertido incontrolado de disolventes en una excavación de extracción de gravas.

Cerca de Alcover, en Tarragona, las fugas de una conducción enterrada rota de una fábrica de detergentes ha provocado una contaminación de las aguas subterráneas que impide el uso para riego a causa de la acidez, salinidad y carácter reductor. En el sector occidental de Tarragona las fugas de las conducciones, desagües y depósitos de las industrias allí existentes han producido múltiples contaminaciones en el acuífero freático, dejando inutilizado para usos agrícolas y de abastecimiento. Esta contaminación va desde fugas de agua salada de lavado de almacenamientos de sal y de circuitos de refrigeración con agua del mar, a escapes de disolventes y productos químicos de síntesis.

Se tienen dos casos documentados de contaminación por fugas de hidrocarburos. Uno de ellos es de nafta en las instalaciones de producción de gas de nafta de la Barceloneta en Barcelona, donde se ha llegado a acumular una capa de hasta 0'5 m de producto flotando sobre el nivel freático, que además de contaminar varios pozos, produjo una explosión e incendio en la obra del túnel del nuevo ferrocarril metropolitano. Tras una labor de varios meses se ha logrado extraer 400 t de producto, pero parte continúa en el subsuelo y la contaminación será de larga duración. Otro se ha producido en Tarragona (28) y fue detectado al aparecer en un verano serios problemas de mal gusto en el agua de abastecimiento. Descubriéndose entonces que uno de los pozos principales de abastecimiento, al estar permanentemente en depresión, había ido acumulando hidrocarburo sobre la superficie del agua, hasta que fue tomado por la bomba. Se trata de una fuga de gasolinas de un conjunto de depósitos y conducciones próximas, que, en el terreno, por evaporación dejan un hidrocarburo más pesado; en este caso los intentos de recuperación del producto existente en el terreno no dieron resultado alguno, y solo cabe esperar que se vaya eliminando poco a poco por disolución y oxidación.

3.5.- Efectos de minería

Los efectos mineros conocidos y documentados se refieren principalmente a las extracciones de áridos y a los vertidos salinos de la minería potásica ambos ya comentados anteriormente. A los efectos indirectos de la minería potásica en la contaminación mineral del agua del sistema acuífero del Bajo Llobregat, se unen ciertos efectos directos en el entorno de las minas. Algunas escombreras están situadas sobre una terraza aluvial y actualmente los ruzums al pie de dicha terraza son salmueras casi saturadas y uno de ellos coincide con un antiguo abrevadero de ganado. Recientemente se aprecia la salinización de algunos pozos industriales y posiblemente de otro de abastecimiento, a causa de la circulación de salmueras duras por fisuras del terreno, si bien estos casos son de poca entidad.

No se conocen efectos documentados en relación con la minería de lignito del área de Figols, en el alto Llobregat, y en todo caso estarían relacionados con un mayor drenaje de aguas salinas de niveles con sales evaporíticas que allí existen o de fugas de escombreras con alta temperatura interior por ignición espontánea del carbón pero la afección es principalmente al río e indirectamente a los acuíferos aguas abajo recargados por el mismo.

3.6.- Efectos de vaciado

La sobreexplotación lleva a un consumo de las reservas de agua dulce existentes en los acuíferos, lo cual no es en sí nocivo si se compensan los efectos sociales indeseables y permite un desarrollo económico y social que justifica la utilización posterior de otras fuentes de abastecimiento más caras o difíciles. Sin embargo ha sido éste el planteamiento dominante en el Pirineo Oriental, a pesar de ser el área española posiblemente con mayor nivel de conocimientos culturales y técnicos en aguas subterráneas, y donde la Administración y los poderes públicos ha estado mejor y más insistentemente asesorados y documentados.

El efecto de consumo de reservas en zonas costeras ya ha sido comentado al tratar de los problemas de intrusión marina, y se trata en muchos casos de la creación de situaciones que en la práctica son irreversibles. El efecto de consumo de reservas por continuado descenso de niveles del agua subterránea es menos común dado el carácter de los acuíferos. No obstante, ya es apreciable en el área del Penedés y alcanza valores muy considerables en ciertos puntos del Campo de Tarragona (28), como en el área de La Selva del Camp, donde se ha llegado en los últimos años -de carácter seco- a un descenso de casi 10 m/año, o sea una lámina equivalente de agua de alrededor de 1'5 a 2 m/año. Con las tasas medias de recarga existentes en esas áreas, cada metro de descenso de nivel del

agua subterránea puede requerir de 5 a 8 años de reposo para recuperarlos, y ciertas zonas no recuperarán, tras el cese de la explotación, en menos de un centenar de años.

No se conocen efectos irreversibles de subsistencia del terreno a causa de las extracciones de agua subterránea, no las formaciones existentes son propensas a ello, salvo ciertas áreas deltaicas y de marisma. En la porción central del Delta del Llobregat existen algunos datos geotécnicos que parecen señalar una subsistencia máxima de 20 cm en terrenos de altitud 1'5 a 4 m sobre el nivel del mar, lo cual explica la ausencia de observaciones directas y la ausencia de efectos indeseables notables. No parece que esa subsistencia sea mucho más acusada en el futuro.

4.- Papel de las aguas subterráneas

La situación anteriormente expuesta es alarmante y requiere la toma de acciones decididas para salvaguardar lo aún no destruido irreversiblemente. La necesidad de conservación y preservación de los acuíferos, en su doble aspecto de embalse o almacén, y de distribución, se basa en las siguientes consideraciones:

- a) las aguas subterráneas están menos sometidas a la secuencia de épocas secas y épocas húmedas y ofrecen una seguridad de abastecimiento con pocas inversiones, menos alteraciones del territorio y menos interferencias con la estructura social existente, ello es especialmente válido para el suministro de poblaciones y refuerzo de explotaciones agrícolas.
- b) las aguas subterráneas están mejor protegidas contra la contaminación que las aguas superficiales, tienen mejor calidad en general y suelen carecer de gérmenes patógenos, lo cual es de especial interés para abastecimientos urbanos.
- c) los embalses subterráneos próximos a núcleos importantes de población proporcionan el elemento regulador de puntos de abastecimiento y de seguridad contra emergencias o accidentes, más barato, fiable y sencillo.
- d) los acuíferos están territorialmente extendidos de modo que es posible atender a demandas distribuidas sin necesidad de multiplicar innecesariamente las redes de distribución, y con una administración mucho más fácil.
- e) la puesta en explotación de un embalse subterráneo es fácilmente adecuable a la evolución de la demanda, sin necesidad de fuertes inversiones iniciales ni grandes obras.

f) actualmente existen medios de estudio, explotación y gestión suficientes para el uso racional de los embalses subterráneos y para un adecuado uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, sin degradar permanentemente a los acuíferos ni producir graves de intrusión marina indeseables.

5.- Previsiones para el siglo XXI y posibilidades de actuación

La extrapolación de la situación actual conduce a que al iniciarse el próximo siglo la degradación puede haber llegado a tal extremo que las futuras generaciones se encontrarán con problemas de agua que solo podrán afrontar con grandes costes sociales y esfuerzos, que con una actuación seria desde ahora podría evitarse en buena parte.

Si bien es cierto que la implantación de la política de transvases desde el río Ebro puede de irremediablemente solucionar muchos de los problemas de las áreas de mayor concentración urbana e industrial y de ciertas zonas agrícolas, no es actual ante una solución fácil ni puede cubrir todo el territorio, dejando sin resolver el problema rural, el de las pequeñas poblaciones y el de las industrias alejadas de las principales líneas de conducción, las cuales requieren que se realicen obras paralelas a la transvase. Además el transvase como obra única puede agudizar el problema de la concentración urbana e industrial en unos pocos puntos concretos y el despoblamiento de grandes áreas del territorio, lo cual agravará los graves y no resueltos problemas actuales de las áreas de concentración.

Por otro lado, la pérdida de los acuíferos y embalses subterráneos obligará a costosas obras de regulación, almacenamiento y tratamiento, y en muchos casos el estado de ocupación del territorio no permitirá obtener espacio para ubicar obras de seguridad, con lo que la calidad de servicio puede quedar muy disminuida.

De todo lo expuesto se deduce que de inmediato debe afrontarse la problemática de las aguas subterráneas y su protección y conservación mediante medidas urgentes- aunque bien meditadas y aceptadas por la población- desde varios niveles:

a) A nivel legislativo:

- que las aguas subterráneas sean un patrimonio común de la sociedad- deseablemente públicas aunque ello no es estrictamente necesario- no ligadas a la propiedad del terreno.
- que los vacíos del terreno, donde se alberga el agua y por los que circula, es un

medio ambiente que requiere una consideración similar al atmosférico, los ríos o el habitat.

- que toda extracción de agua o su devolución al terreno pueda ser inspeccionada, regulada y dirigida a fines de bien común, con un sistema concesional flexible, adaptable a las circunstancias y revisable agilmente con periodicidad.
- que los derechos de agua se entiendan como un derecho a disponer del agua que racionalmente es necesaria para cada demanda, sin implicar derechos de exclusividad o de apropiación.
- que al ser el agua un bien - caso ligado a un cierto contexto territorial - el transporte de agua de unos territorios a otros suonga el reparto equitativo de los beneficios y cargas que de ello se deriven.
- que las acciones que degraden la calidad o inutilicen reservas de agua subterránea sean perseguibles legalmente.
- que se regulen eficaz y realmente los problemas de residuos y efectos de la actividad humana para que no lleven a una degradación insostenible, y de modo que los costes y beneficios se repartan equitativamente entre los diferentes intereses económicos y sociales y entre la generación actual y las futuras.
- que se pueda intervenir para planificar y ordenar, estableciendo las debidas salvaguardias, evitando sistemas de actuación lenta y costosa.
- que se dé prioridad a la prevención sobre la corrección.
- que se descentralice la administración y gestión, en especial en lo referente a las aguas subterráneas.

b) A nivel de ordenación del territorio

- inventariar dinámicamente los recursos de agua y destinarlos a las demandas más apropiadas según las características y el momento.
- categorizar los acuíferos por su función, y por sus necesidades de protección, y por sus necesidades de protección, y adecuar a ello la ocupación territorial.

- prever las acciones y situaciones contaminantes, y adecuarlas a las necesidades de protección de los acuíferos.
- prever vertederos de residuos sólidos y formas de evacuación de los residuos líquidos.

c) A nivel de gestión y administración

- establecer asociaciones de cuenca y de acuífero con misión de gestión de sus propios recursos, con obligación de revisiones periódicas de su situación y de publicar anuarios estadísticos y de elaboraciones.
- disponer de órganos superiores de gestión para establecer las relaciones intercuenca o interacuíferos y regular y administrar las compensaciones económicas que sean necesarias.
- mantener equipos técnicos, laboratorios y elementos de evacuación y estudio a disposición de las asociaciones para su asesoría y apoyo.
- tener sistemas de concesión, autorización e inspección, áptiles y sencillos que protegiendo al administrado y al bien a administrar soslayen buena parte de requisitos que son puramente de trámite.
- mantener una campaña permanente de formación y mentalización pública e informar de la situación real de cada momento.
- realizar estudios de las áreas más conflictivas para anticipar actuaciones y soluciones, de modo que se proteja con preferencia a la corrección, y de modo que se eviten las actuales avalanchas de expedientes de reclamación, que no producen beneficios sociales y consumen muchas energías.
- dotar los diferentes centros de profesionales cualificados en la materia y en sus funciones, con revisión periódica del nivel de conocimientos y de la eficacia, con cabida a titulados de amplio espectro con una adecuada formación complementaria, suprimiendo las nefastas luchas de cuerpos actuales y las competencias exclusivas, que con frecuencia amparan incompetencias profesionales y el mantenimiento de prebendas impropias de una sociedad normalmente sana.

d) A nivel de vigilancia

- + mantener una red de observación de las aguas subterráneas (niveles, calidad y extracción) y publicar los datos periódicamente (20).
- tener un organismo encargado de las redes, con suficiente autonomía económica y de gestión.
- poder actuar con agilidad en situaciones particulares, con sistemas de observación adaptados a condiciones especiales.

Con una actuación rápida y decidida es aún posible salvar o recuperar buena parte del patrimonio hídrico subterráneo, no solo para que continúe la presente generación, sino para que sea posible seguir disponiendo de agua en el siglo XXI.

6.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Candela, L., Custodio, E., Fernández-Rubio, R. (1980).- Contaminación por nitrato en un área del sector occidental del Delta del Llobregat (Barcelona, España). IV Coloquio Internacional sobre las Aguas Subterráneas, Acireali, Sicilia.
- (2) Cantó, J., Guardiola, J., Salvatella, N. (1975).- Evolución de la polución del agua del río Llobregat. Agua, nº 91, págs. 15-24. Barcelona.
- (3) CEH (1977).- El agua en España. Centro de Estudios Hidrográficos, UGH-MOPU, Madrid. 290 págs.
- (4) Custodio, E. (1967).- Calidad química de las aguas subterráneas del delta del río Llobregat. Documentos de Investigación Hidrológica nº 2 y 3. Centro de Estudios Investigación y Aplicaciones del Agua, Vol. 2 y 3. págs. 129-138. 17 mapas. Barcelona.
- (5) Custodio, E. (1967).- Études géohydrochimiques dans le Delta du Llobregat, Barcelona (España). General Assembly of Int. Assoc. Scientific Hydrology, Pub. 62 págs. 134/155. Gantbrugge.
- (6) Custodio, E. (1968).- Datación de aguas en el delta del río Llobregat. Documentos de Investigación Hidrológica nº 6. Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua. Barcelona, págs. 205-237. Barcelona.
- (7) Custodio, E., Bayó, A., Urtí, F. (1971).- Características geológicas, hidrogeológicas y geoquímicas de los acuíferos costeros entre Cambrils y L'Ametlla de Mar (Tarragona). 1er. Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, Sección 3, Tomo 1.

págs. 147-170 Madrid-Lisboa.

- (8) Custodio, E., Bayó, A., Peláez, M.J. (1971).- Geoquímica y datación de aguas para el estudio del movimiento de las aguas subterráneas en el delta del Llobregat (Barcelona). 1er. Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, Sección 6, págs. 51-80. Madrid-Lisboa.
- (9) Custodio, E. (1976).- Estudio de la salinización de las aguas subterráneas en la región litoral entre Ametlla de Mar y Montroig (Tarragona). Actas del Simposio Nacional de Hidrología, Valencia, págs.984-1006.
- (10) Custodio, E., Cacho, F., Peláez, M.J. (1976).- Problemática de la intrusión marina en los acuíferos del Delta del Llobregat. II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona. Inst. Geográfico y Catastral. págs. 2067-2101. Madrid.
- (11) Custodio, E., Batista, E., Bayó, A. (1976).- Intrusión marina en los acuíferos del litoral catalán. II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona. Inst. Geográfico y Catastral. págs. 2103-2129. Madrid.
- (12) Custodio, E., Galofré, A. (1976).- Evolución de la calidad del agua en la surgencia litoral de la Falconera en relación con un gran vertedero de basuras en el macizo de Garraf (Barcelona). II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona. Inst. Geográfico y Catastral, págs. 2131-2173. Madrid.
- (13) Custodio, E., Suárez, I., Galofré, A. (1976).- Ensayos para el análisis de la recarga de aguas residuales en el Delta del Besós. II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona. Inst. Geográfico y Catastral págs. 1893-1936. Madrid.
- (14) Custodio, E., Galofré, A., Gené, J. (1976).- Recarga de aguas residuales municipales en el Llano de Sitges. II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona. Inst. Geográfico y Catastral, págs. 1859-1892. Madrid.
- (15) Custodio, E., Galofré, A. (1977).- Basin recharge in the Sitges plain (Barcelona, Spain) to eliminate temporarily municipal waste water. Mém. Inst. Assoc. Hydrogeologists. Birmingham Assembly. Vol. XIII. 1. págs. F.41-57.
- (16) Custodio, E., Bayó, A., Batista, E. (1977).- Sea water encroachment in Catalonia coastal aquifers. Mém. Inst. Assoc. Hydrogeologists. Birmingham Assembly, Vol. XIII. 1. págs. F.1.14.

- (17) Custodio, E. (1978).- Groundwater conditions in the Catalonian coastal aquifers. Seminar on Selected Water Problems in Islands and Coastal Areas, with special regard to Desalination and Groundwater. United Nations Economic Commission for Europe. Malta. WATER/SEM. 5/ R.41.12 págs.
- (18) Custodio, E., Díaz, E., Galofré, A. (1978).- Influencia de la minería potásica catalana en la calidad del agua del río Llobregat (Barcelona). Simposio sobre el Agua en la Minería y Obras Subterráneas. Granada 1978. Págs. 989-1011.
- (19) Custodio, E. Galofré A. (1979).- Cromo, boro y otros contaminantes en el subsuelo del Bajo Llobregat: origen, comportamiento y movimiento. III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid. Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- (20) Custodio, E. (1979).- El control de las aguas subterráneas a nivel de los organismos regionales. II Simposio Nacional de Hidrogeología. Pamplona. Vol IV, págs. 279-294. También en Aguas Subterráneas. Boletín de Información para Latinoamérica. AGID nº-6 y 7 (1980). Caracas.
- (21) Custodio, E., Isamat, F.J., Miralles, J.M. (1979).- Twentyfive years of groundwater recharge in Barcelona (Spain). Symposium on Groundwater Recharge. Dortmund. Paper 7, 16 págs.
- (22) Custodio, E. (1980).- Aspectos químicos e isotópicos del comportamiento de las aguas subterráneas en la cuenca del río Francolí (Tarragona, España). IV Coloquio Internacional sobre las Aguas Subterráneas. Acireale, Sicilia.
- (23) Díaz, E., Queralt, R. (1979).- Control de microcontaminantes en la cuenca del Pirineo Oriental. Ingeniería Química. Junio 1979. págs. 87-91. Madrid.
- (24) DGOH. (1972).- Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental-REPO. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona. 22 Vols Plan Resumen general.
- (25) Molist, J. Gonzalvo, I., Alonso, L. (1979).- Orígenes de la contaminación de un acuífero en el delta del Llobregat. II Simposio Nacional de Hidrología. Grupo de Trabajo de Hidrogeología. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. Vol. IV. 787-806. Pamplona.
- (26) MCP (1966).- Estudio de los recursos hidráulicos totales del Besós y del Bajo Llobregat. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas.

blicas. 4 Vol. Barcelona.

- (27) MOP (1971).- Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental: Informe sobre la contaminación del Llobregat. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.
- (28) MOPU (1980).- Estudio de los recursos hídricos del Bajo Francolí. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental. Barcelona. 301 págs.
- (29) Torrens, J. (1976).- Contribución al estudio de la salinidad en el área costera de Tarragona. I Simposio Nacional de Hidrología. Grupo de Trabajo de Hidrología y Cursos Hidráulicos. Vol II. Valencia.
- (30) Vilaró F., Custodio, E., Huntington, A.F. (1970).- Sea water intrusion and water pollution in the Pirineo Oriental. Am. Soc. Civil Engineers. Memphis meeting preprint 1122, 42 págs.
- (31) Vilaró, F., Custodio, E. (1972).- Calidad de las aguas superficiales y subterráneas en el Pirineo Oriental. Actas de las II Jornadas Técnicas del Medio Ambiente. FUM, Barcelona.