

10. SISTEMAS ACUÍFEROS DE LAS CUENCAS DEL PIRINEO ORIENTAL

10.1. Sistema N° 61. "Bloque cretácico Perelló-Vandellós"

10.2. Sistema N° 69. "Zona kárstica del Pirineo Oriental"

10.3. Sistema N° 70. "Zona volcánica de Olot"

10.4. Sistema N° 71. "Aluviales del Llobregat al Muga"

10.5. Sistema N° 72. "Acuíferos triásicos y eocenos de la Cordillera Prelitoral"

10.6. Sistema N° 73. "Macizo cretácico del Garraf"

10.7. Sistema N° 74. "Cuaternario de Tarragona y calizas del borde"

10.8. Sistema N° 75. "Terciario detrítico prelitoral"

10. SISTEMAS ACUIFEROS DE LAS CUENCAS DEL PIRINEO ORIENTAL

10.1 SISTEMA Nº 61. BLOQUE CRETACICO PERELLO-VANDELLOS

Características generales

Está formado por una extensa formación calcárea o calcáreo-dolomítica, que constituye el extremo meridional de la cuenca del Pirineo Oriental, junto a las márgenes del Ebro. La porosidad y permeabilidad de estos materiales son muy variables espacialmente, aludiendo a su génesis por fisuración o karstificación con lo que, en consecuencia, los caudales obtenidos por las captaciones son también muy variables. Otra característica importante suele ser la proximidad del nivel piezométrico a los niveles de drenaje (río Ebro, mar Mediterráneo) con lo que en bastantes casos, la penetración del agua de mar hacia el interior de la costa es importante.

La recarga de este acuífero se produce por infiltración directa de la lluvia, mientras que la descarga se realiza bien hacia los aluviales del Ebro, bien hacia el mar Mediterráneo, ya sea *directamente o a través de algunas formaciones detríticas conglomeráticas que forman amplias llanuras piedemontanas, situadas entre la montaña y el mar.*

Dada la poca población e industrialización del área, la explotación actual es muy pequeña (inferior a 1 hm³/año), mientras que los recursos se evalúan en 20 hm³/año.

Calidad de las aguas subterráneas

Las aguas de este sistema presentan una calidad bastante buena en líneas generales: están de ligera a fuertemente mineralizadas, si bien las más comunes son las de mineralización notable y dureza media; la conductividad rara vez supera 1.000 microsiemens/cm, aunque en las zonas costeras alcanza *puntualmente hasta 8.040 microsiemens/cm; el residuo seco se sitúa entre 300 y 600 mg/l, salvo en las zonas salinizadas donde llega a 5.150 mg/l.*

Los resultados de los análisis de los componentes mayoritarios muestran una relativa homogeneidad, salvo en la costa, donde aparecen fuertes anomalías. Así el sodio, que en el interior difícilmente rebasa valores de 100 mg/l, en la costa llega hasta 1.400 mg/l; lo mismo sucede con las concentraciones de cloruros, que en general son bastante bajas, oscilando entre 13 y 230 mg/l aunque localmente alcanzan valores de hasta 2.800 mg/l, evidenciando una contaminación marina.

SISTEMA ACUIFERO 61 BLOQUE CRETACICO PERELLO-VANDELLOS.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

80

5

-

81

-

2

82

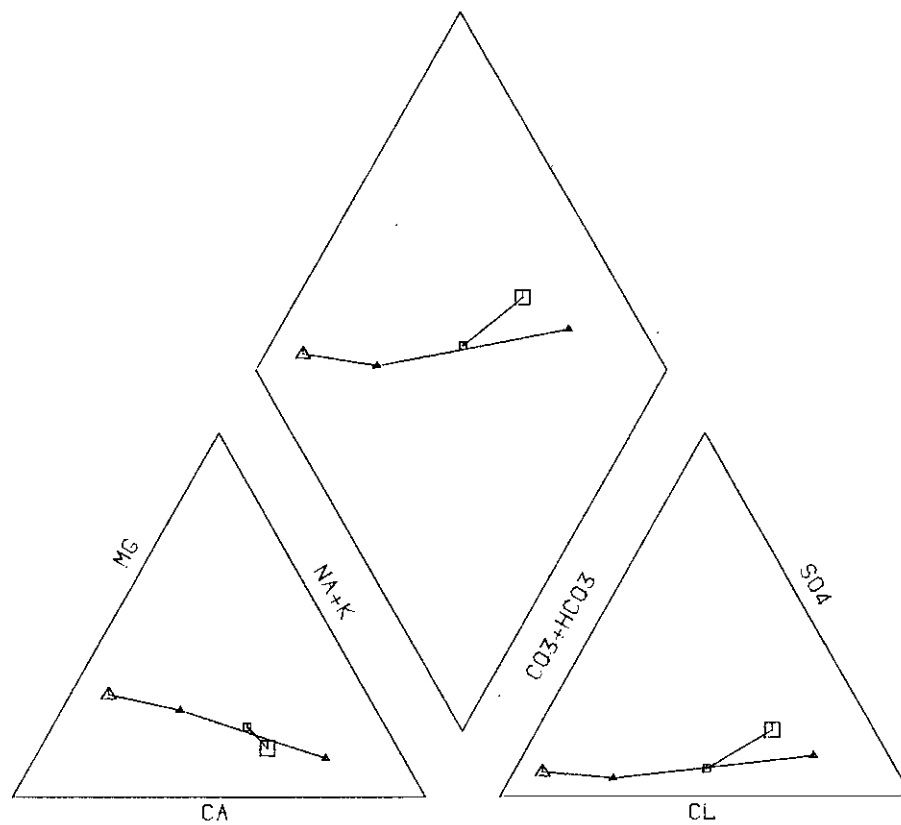
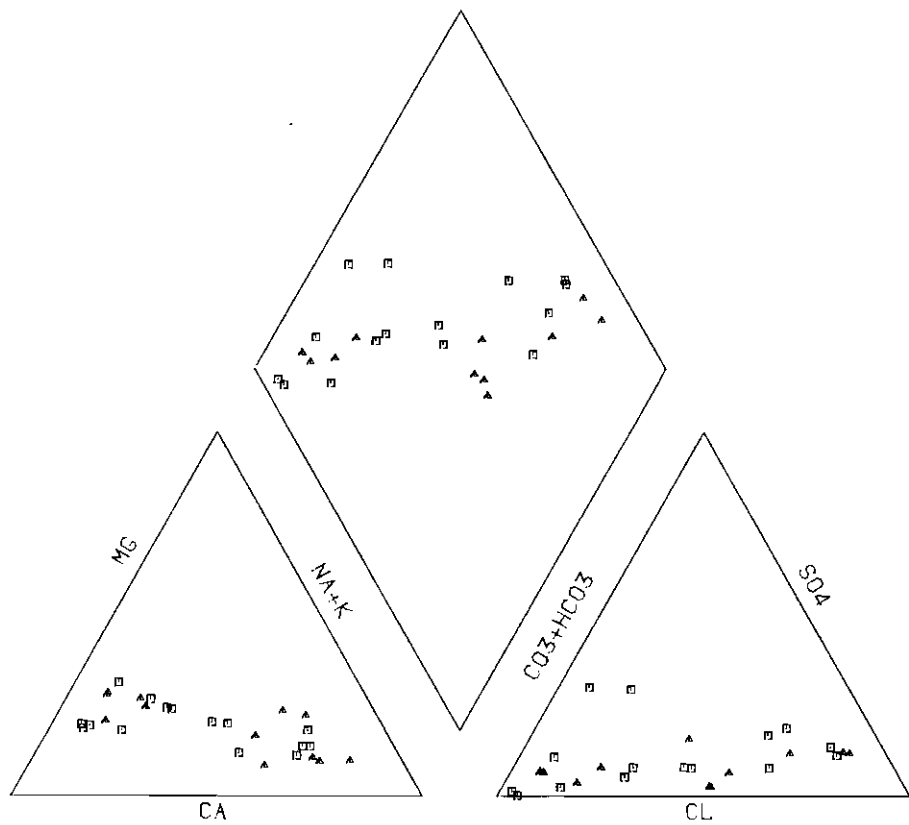
-

4

83

10

6



Los demás iones no registran variaciones tan acusadas. El potasio se sitúa entre 1 y 32 mg/l; el calcio no supera 250 mg/l y el magnesio rara vez llega a 190 mg/l.

Entre los aniones predominan, salvo en la zona costera mencionada, los bicarbonatos. Su concentración se sitúa entre 70 y 430 mg/l, manteniéndose más frecuentemente entre 300 y 400 mg/l. Los sulfatos no suelen superar los 400 mg/l. Los nitratos, que se hallan en concentraciones muy bajas (máximo 16 mg/l.), no producen problemas de contaminación en las aguas.

Casi todas las aguas del sistema son potables. Existen, sin embargo, en las zonas costeras aguas que están fuertemente salinizadas llegando a ser impotables por presentar concentraciones de magnesio y cloruros (ocasionalmente de calcio) superiores a las permitidas por la legislación vigente.

Por lo que se refiere a su utilización en agricultura, pueden clasificarse en las clases C_2S_1 y C_3S_2 , en el interior y en las zonas con aguas de mejor calidad; localmente aparecen aguas de las clases C_4S_3 y C_4S_4 e, incluso, en alguna captación, de la clase C_5S_4 . En general, son aguas que permiten cualquier aplicación sin producir efectos nocivos salvo las últimas mencionadas que pueden ocasionar graves problemas.

Las aguas pertenecen en el interior a la facies bicarbonatada cálcica y en la zona costera a la clorurada sódica.

Contaminación

En este sistema acuífero, la calidad de las aguas subterráneas es bastante aceptable tal como corresponde a una zona poco explotada y con poca población y actividad industrial, ya que se trata de una zona montañosa prácticamente desierta. Solamente en algunos puntos que explotan las calizas y dolomías de este sistema, pero situados más cerca de la línea de costa, y debido fundamentalmente a la explotación de que son objeto, para el abastecimiento a la C.N. Vandellós y alguna población cercana, se ha producido un incremento moderado, a veces grave, de la salinidad del agua subterránea, debido al fenómeno de ascenso salino en una explotación importante y continuada en el tiempo.

En este sentido, cuando en alguno de estos puntos ha cesado durante algún tiempo (2-3 meses) la explotación continuada, la calidad química se ha recuperado sensiblemente, tendiendo hacia los valores originales en casi todos los parámetros, por lo que en realidad no puede hablarse de contaminación, sino de intrusión salina por una explotación no demasiado controlada.

Por lo demás, no existe o no se conoce en este sistema, ningún otro signo de contaminación de tipo mineral u orgánico que haga peligrar la calidad actual de las aguas subterráneas.

Recomendaciones

Pese al buen estado general de la calidad del agua en el sistema se considera necesario el mantenimiento de la red de vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas y su posible ampliación, con el fin de tener una idea más precisa de la situación y poder adoptar las medidas oportunas, en caso de deterioro notable de aquélla.

Es importante asimismo estudiar en profundidad el problema de la intrusión marina pues, aunque en el momento actual es puntual, puede desarrollarse si no se le presta la atención debida. Entre las medidas a adoptar, sería muy interesante impedir las extracciones concentradas y prolongadas en las zonas próximas a la costa; en general deben seguirse las recomendaciones y conclusiones obtenidas de los estudios hidrogeológicos específicos existentes.

10.2. SISTEMA Nº 69. ZONA KARSTICA DEL PIRINEO ORIENTAL

Características generales

Comprende los acuíferos calcáreos paleozoicos, mesozoicos y cenozoicos de las cabeceras de los ríos Llobregat y Cardener, con una tectónica importante que ha motivado la formación de extensos acuíferos, muchos de ellos drenados por importantes manantiales y surgencias, y por lo tanto, con una importante capacidad reguladora natural.

La recarga de estas formaciones se produce por infiltración directa de las lluvias, que en esta zona son bastante elevadas, y la descarga, por el drenaje natural por los manantiales a través de su función de aliviadero. La descarga artificial o bombeos es muy pequeña, por no decir nula, ya que no existe prácticamente demanda, y en las zonas puntuales donde ésta es notoria se satisface con aguas superficiales.

Se pensó en utilizar algunos de estos acuíferos como un medio para aumentar la regulación del Llobregat y afluentes en sus cabeceras. Sin embargo, la probable poca karstificación por debajo del nivel de drenaje del río o manantial hace que la capacidad útil y menor permeabilidad dificulten la movilización del agua por lo que la idea se abandonó.

Calidad de las aguas subterráneas

El estudio sobre la calidad de las aguas subterráneas de este sistema acuífero se ha realizado con muy escasos datos; de todas formas, se aprecia que la calidad de aquéllas es muy buena: su mineralización es de débil a ligera y la dureza media a baja; la conductividad es baja y nunca sobrepasa 350 microsiemens/cm, el residuo seco oscila entre 100 y 2.400 mg/l.

Las concentraciones de los componentes mayoritarios presentan una gran homogeneidad, con valores bajos e intervalos cortos. El calcio es el catión más abundante; alcanza concentraciones de hasta 66 mg/l, siendo la mínima de alrededor de 30 mg/l; el magnesio aparece en concentraciones de 1 a 17 mg/l. Los cationes alcalinos son minoritarios: el sodio oscila entre 1 y 15 mg/l, mientras que el potasio prácticamente es inexistente (máximo 2 mg/l).

Entre los aniones, el principal es el bicarbonato, que alcanza hasta 200 mg/l mientras el sulfato varía de 8 a 50 mg/l, y los cloruros no llegan a 20 mg/l. Los nitratos suelen estar ausentes, y cuando aparecen lo hacen con concentraciones muy bajas (hasta 4 mg/l).

Estos datos indican claramente que todas las aguas subterráneas presentes en este sistema son de excelente calidad y, por supuesto potables.

Desde el punto de vista agrario, pertenecen a la clase C_1S_1 y menos frecuentemente a la C_2S_1 . Son aguas excelentes para cualquier uso, ya sea agrario, urbano o industrial.

Todas las aguas son bicarbonatadas cálcicas.

Contaminación

En esta unidad hidrogeológica formada por materiales calizos del Pre-Pirineo, la calidad de las aguas subterráneas es excelente, como ya se ha indicado, no existiendo ningún síntoma de contaminación importante. Ello es consecuencia de los rasgos fisiográficos de la zona (zona de montaña, con muy escasa población y ausencia de actividad industrial y agrícola), y además con una pluviometría elevada, todo lo cual hace que en conjunto las aguas subterráneas de esta zona puedan considerarse prácticamente como aguas de lluvia probablemente de renovación media a rápida.

SISTEMA ACUIFERO 69 ZONA KARSTICA DEL PIRINEO ORIENTAL.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

74

3

-

76

-

1

77

3

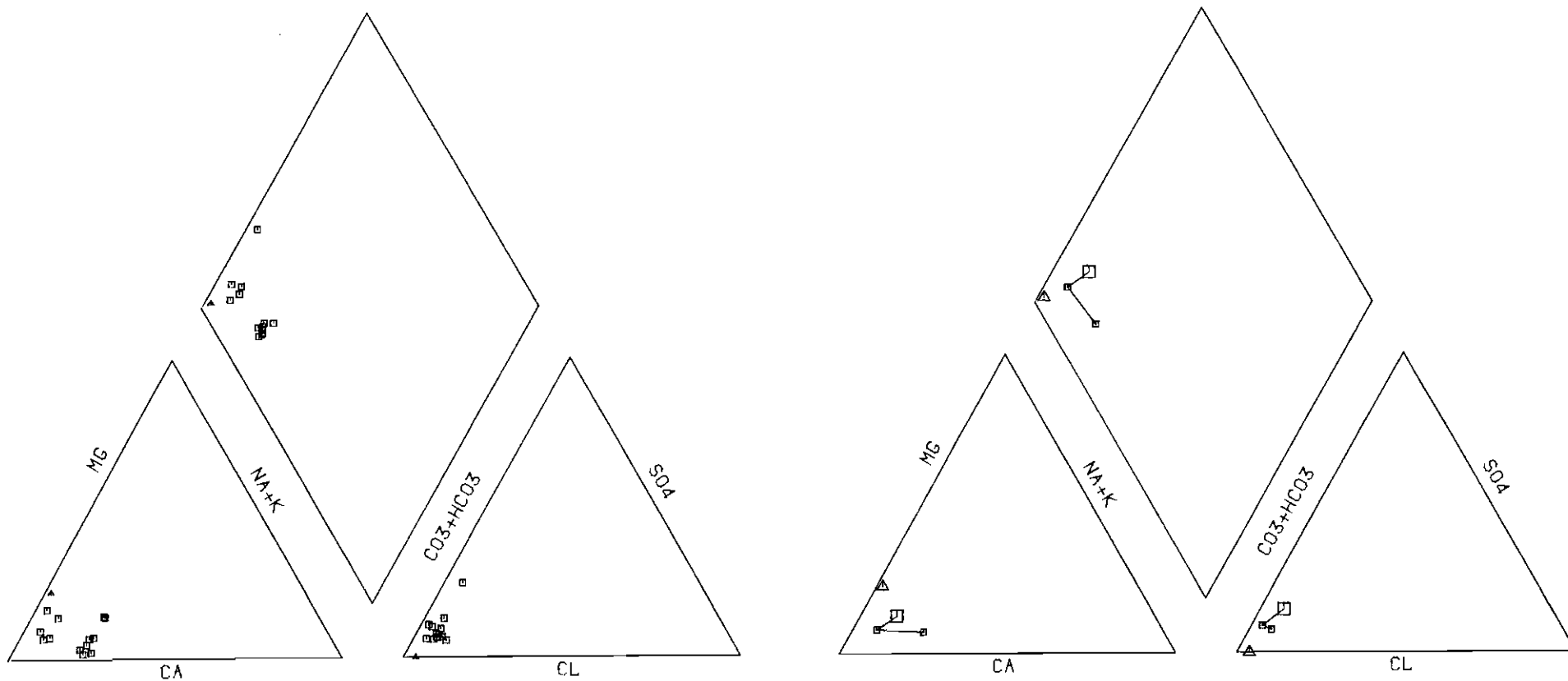
-

83

7

-

301



Recomendaciones

Pese a la ausencia aparente de contaminación es conveniente el mantenimiento de la red de vigilancia de la calidad de aguas subterráneas y su posible mejora con ampliación del número de puntos de muestreo y el número de análisis que son en la actualidad totalmente insuficientes.

Deben mantenerse medidas precautorias encaminadas a impedir el desarrollo de focos de contaminación, actualmente inexistentes y lograr que, en el futuro, la calidad de las aguas de este sistema acuífero se conserve en el buen estado actual.

10.3. SISTEMA Nº 70. ZONA VOLCANICA DE OLOT

Características generales

Es un sistema acuífero complejo, formado a la vez por basaltos permeables por fisuración —y a veces también por porosidad— que pueden encerrar niveles de arenas y gravas cuaternarias (terrazas del Fluviá) intercaladas entre coladas de materiales volcánicos.

Las transmisividades globales pueden llegar a ser importantes, con caudales unitarios de hasta 100-200 hm³/h.

La recarga se produce tanto por la infiltración de las precipitaciones como por percolación de las aguas del Fluviá, mientras que la descarga viene determinada por los bombeos (3 hm³/año) y el drenaje natural hacia los ríos y manantiales.

Calidad de las aguas subterráneas

Los datos que se tienen de este sistema son muy escasos. En general puede considerarse que las aguas subterráneas son de una calidad aceptable; su mineralización es de ligera a notable, oscilando su conductividad de 400 a 1.300 microsiemens/cm; residuo seco está comprendido entre 230 y 580 mg/l.

El calcio es el catión dominante, estando su concentración máxima próxima a 100 mg/l, mientras que la mínima es de 50 mg/l; el sodio presenta valores cercanos a 60 mg/l, si bien existen algunas captaciones en las que su concentración alcanza 100 mg/l. El potasio oscila generalmente entre 1 y 8 mg/l, pero localmente puede llegar a 110 mg/l en puntos contaminados. El magnesio varía de 10 a 50 mg/l.

Entre los aniones, el más común es el bicarbonato, que aparece en concentraciones de 170 a 380 mg/l, si bien la más frecuente, se encuentra próxima a 270 mg/l. Los sulfatos son los aniones de mayor variabilidad, pues presentan un máximo de 150 mg/l y un mínimo de 4 mg/l. Los cloruros oscilan entre 25 y 80 mg/l. Por último, los nitratos pueden faltar, pero asimismo pueden estar presentes con concentraciones muy altas, hasta 110 mg/l. Estas elevadas concentraciones parecen estar relacionadas con vertidos urbanos (Olot) y ganaderos próximos al río Fluviá.

La mayor parte de las aguas son potables, siendo la causa de la impotabilidad, cuando se presenta, el exceso de nitratos.

Desde el punto de vista agrario, las aguas pertenecen generalmente a la clase C₂S₁, menos frecuentemente a la C₃S₂ y sólo en pozos contaminados a la C₃S₄. Son pues, aguas de buena calidad para el riego y sólo ofrecen grave peligro de salinización las de los pozos contaminados.

Presentan, en su mayoría, facies bicarbonatada cálcica; las aguas contaminadas presentan facies bicarbonatada sódica.

Contaminación

Aunque de este acuífero no se poseen suficientes datos analíticos cuantitativos, las características hidrogeológicas y fisiográficas de la zona donde se encuentran hacen pensar que la calidad de las aguas subterráneas no debe presentar problemas de contaminación importantes; sólo en algunos puntos es posible encontrar valores altos en la materia orgánica y nitratos debido a la eventual influencia que pueden tener los vertidos urbanos de la principal ciudad cercana al sistema, Olot, con 25.000 habitantes, de las industrias ganaderas próximas al río Fluviá y a la incidencia de éste en los acuíferos cercanos (aluvial, basáltos) a través de la infiltración de sus aguas.

Recomendaciones

La situación del acuífero hace recomendable el establecimiento de una red de vigilancia de las aguas subterráneas, con especial énfasis en cuanto a la *localización y control de los principales focos de contaminación*, como la ciudad de Olot, complementado con la realización de estudios hidrogeológicos sobre la influencia de los vertidos ganaderos y urbanos con el fin de conocer su *incidencia real sobre la calidad de las aguas del sistema y poder adoptar las medidas oportunas para eliminar su impacto*.

Por último, se considera necesario hacer observar las normas legales y técnicas en vigor para que las zonas contaminadas, poco extendidas, no se vean incrementadas.

10.4. SISTEMA Nº 71. "ALUVIALES DEL LLOBREGAT AL MUGA"

Características generales

Es un sistema acuífero múltiple, pues comprende los importantes depósitos cuaternarios (aluviones) de los ríos Muga, Fluviá, Ter, Tordera, Besós y Llobregat, como más destacables y los del Anbí, Calonge, Ridaura, Lloret y Tossa como de segundo orden. La estructura hidrogeológica de casi todos ellos es bastante común: un acuífero único, libre, en las zonas medias, y dos acuíferos superpuestos en las zonas distales o deltaicas, separados por una cuña o intercalación limosa.

Las permeabilidades y rendimientos de las captaciones de estos acuíferos pueden llegar a ser muy altas, con caudales de hasta 100-200 l/s con unos pocos metros de descenso en pozos bien construidos.

El grado de explotación de cada una de las unidades descritas es función de las demandas de la zona o alrededores: así, en la zona Norte, los aluviales del Muga, Fluviá y Ter están relativamente poco explotados mientras que en los casos del Anbí, Calonge, Ridaura, Lloret y Tossa, si bien se recuperan en otoño-invierno, la fortísima explotación estival —debido al incremento de la población flotante turística— los agota casi por completo. En otros casos, la explotación actual es importante pero no llega a agotar los embalses subterráneos (caso del Llobregat, donde la piezometría se está recuperando, y Tordera), aunque no es menos cierto que en algunas zonas de los mismos Llobregat y Tordera (cubetas de Sant Andreu y Sant Celoní) existen *algunos problemas* locales de agotamiento de recursos por la poca capacidad de almacenamiento. El balance recarga-explotación de los diferentes subsistemas se resume en el siguiente cuadro:

SISTEMA ACUIFERO 71 ALUVIONES DEL LLOBREGAT AL MUGA.

□ PRIMAVERA

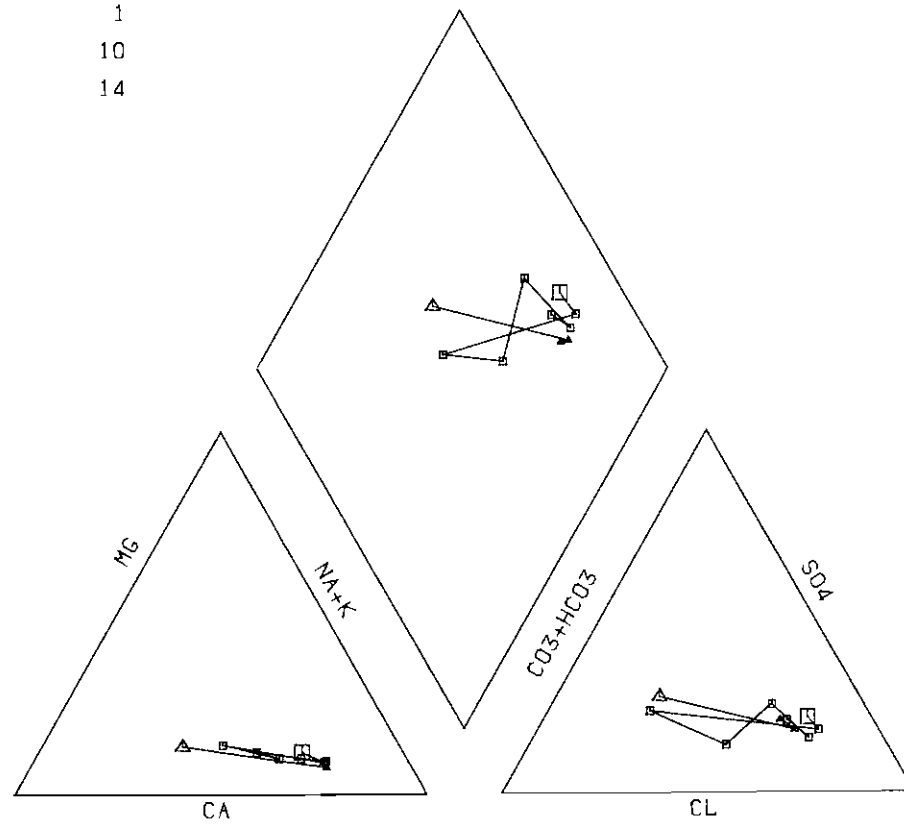
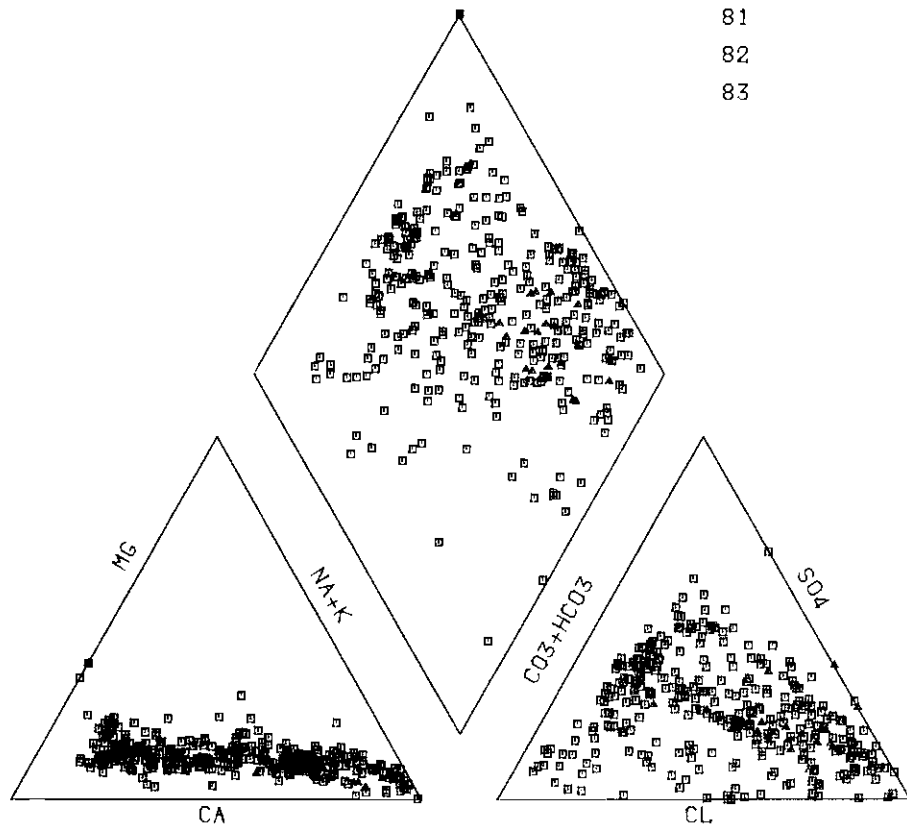
△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

75	28	-
77	7	-
79	7	-
80	15	-
81	74	1
82	65	10
83	119	14



Area o Subsistema	Explotación (hm ³ /año)	Recarga total (lluvia + infiltración potencial del río) (hm ³ /año)
Fluviá-Muga	12	107
Ter	16	75
Tordera	42	55
Ridaura, Anbí, Calonge	8	8
Besós	23	23
Llobregat	130	130

Las entradas a todos estos acuíferos se realizan por infiltración del agua de lluvia o por percolación vertical de las aguas circulantes por los cauces superficiales; la descarga se produce por los bombeos, drenaje al mar y, en ocasiones, por un flujo efluente hacia el propio río.

Por otro lado, en la zona costera comprendida entre Barcelona y el río Tordera, se desarrolla un pequeño acuífero en los materiales arenosos graníticos de la comarca de El Maresme, que es fuertemente explotado con fines agrícolas, para el regadío de huertas y cultivos florales en su mayor parte, y en una pequeña parte, como complemento a algunos abastecimientos municipales. Se explotan en total del orden de 10 hm³/año entre las arenas y las formaciones graníticas fisuradas propiamente dichas.

Finalmente, en la cuenca del Besós existen una serie de unidades hidrogeológicas importantes constituidas por las cubetas cuaternarias de su curso medio y afluentes, y también por su delta. Las cubetas del Besós están muy explotadas para usos industriales, hasta el práctico agotamiento cada año; estas cubetas se encuentran en relación muy directa con el Besós y afluentes (Ripoll, Caldas, Terras, Congost), que recogen además los vertidos industriales y domésticos de toda la cuenca.

El delta del Besós fué muy explotado antiguamente, por toda la zona industrial del Poble Nou (Barcelona), pero al superarse los recursos potenciales (sobre 25 hm³/año) por la explotación anual (60 hm³/año), actualmente sobre 23 hm³/año), se produjo una fuerte intrusión salina que motivó el cierre y abandono progresivo de numerosas captaciones. Como consecuencia de ello, se ha producido un fuerte ascenso de los niveles piezométricos, sobre todo en el acuífero profundo del delta, que ha originado problemas de inundación en algunos edificios con cimentaciones profundas.

Calidad de las aguas subterráneas

La calidad del agua subterránea en el conjunto del sistema es extremadamente heterogénea: existen aguas de muy buena calidad y aguas fuertemente salinizadas. Las zonas interiores de los aluviales suelen presentar las aguas de mejor calidad; las de las zonas costeras están salinizadas por una fuerte intrusión marina.

Consideradas en su conjunto las aguas del sistema están de ligera a fuertemente mineralizadas, con conductividades que oscilan entre 350 y 26.000 microsiemens/cm y residuo seco variable entre 200 y 22.000 mg/l.

El sodio es el catión más abundante en la zona costera, donde llega a alcanzar 5.700 mg/l mientras en el interior su concentración es considerablemente menor: máxima de 200 mg/l y mínima de 13 mg/l. El potasio en las aguas contaminadas alcanza 500 mg/l y puede llegar a estar casi ausente (1 mg/l). El calcio y el magnesio suelen seguir pautas parecidas y alcanzar unas concentraciones máximas del orden de 900 mg/l y mínimas de 24 mg/l (calcio) y 3 mg/l (magnesio).

Los cloruros en la zona costera alcanzan valores de hasta 10.000 mg/l mientras que en el

interior su concentración oscila generalmente entre 14 y 200 mg/l; (los valores altos demuestran la importancia de la intrusión marina que saliniza estas aguas). Los sulfatos alcanzan 2.400 mg/l estando su concentración frecuentemente entre 300 y 400 mg/l. Los bicarbonatos son predominantes en el interior; sus concentraciones oscilan entre 21 y 2.000 mg/l.

En este sistema los nitratos alcanzan la máxima concentración de toda la cuenca del Pirineo Oriental, con 576 mg/l aunque pueden llegar a estar ausentes pero estos casos son escasos. Se aprecian en estos acuíferos, concentraciones notables de hierro y manganeso que van aumentando con el tiempo.

Estas aguas presentan frecuentes limitaciones para el consumo humano y prácticamente en toda la zona costera son impotables; sólo en el interior y en áreas no contaminadas presentan calidad de aceptables. Desde el punto de vista agrícola las aguas del interior pertenecen a las clases C₂S₁ y C₃S₂; las de las zonas costeras contaminadas llegan a ser de las clases C₅S₄ y C₄S₄.

Las facies predominantes son la bicarbonatada cálcica, en el interior, y la sulfatada y clorurada sódica (ocasionalmente sódico-magnésica) en las zonas costeras.

Contaminación

El comentario de las peculiaridades de este sistema se hará unidad por unidad, dada la gran variabilidad y complejidad de los acuíferos en cuestión. Se incluyen asimismo algunas de las características más sobresalientes de la calidad química de las aguas de cada subsistema.

- Aluviales Fluvial-Muga y Baix Ter

Estos acuíferos aluviales gerundenses no presentan síntomas alarmantes de contaminación, excepto en algunos casos muy especiales comentados más adelante.

Se trata de aguas poco salinas (C.E. entre 400 y 800 microsiemens/cm), bajo contenido de cloruros, amoníaco, nitratos, etc. y de dureza media a alta (40-60°F). La buena calidad de estas aguas se debe a que la zona es, por el momento, largamente excedentaria por lo que se refiere al balance recursos-demandas, ya que las escasas extracciones se hacen con fines de abastecimiento a las pequeñas pero numerosas poblaciones allí situadas, y en menor grado, para regadíos de auxilio (la zona es bastante lluviosa), pero sólo cuando es necesario. En consecuencia no existen focos de contaminación importantes.

Sin embargo, algunos pozos de abastecimiento local poseen aguas que presentan una evidente mezcla con aguas saladas detectada por el aumento excesivo de su conductividad (valores de 3.000-6.000 microsiemens/cm y más), correspondiéndole también análogos incrementos en los cloruros (2 a 5 g/l), dureza (160-180°F), etc.

De hecho, y teniendo en cuenta la afirmación anterior sobre el superávit del balance recursos-demandas, no está suficientemente aclarada, por lo menos en todos los casos, la intrusión salina mencionada en el párrafo anterior, puesto que además, el nivel piezométrico queda por encima del nivel del mar durante largos períodos de tiempo. Desde un punto de vista intuitivo, parece que el factor que puede conjugar ambas situaciones, reside en que todavía se estaría produciendo un lavado, por aguas dulces infiltradas recientemente, de los limos intermedios, correspondientes a la transgresión flandiense, que conservarían todavía grandes masas de aguas salinas antiguas encerradas e inmovilizadas (o de flujo muy lento) desde su formación, que serían posteriormente removilizadas al poner en explotación cada captación.

Además, estas características estarían de acuerdo con un cierto carácter reductor de estas aguas en algunos otros puntos (contenidos muy bajos en SO₄²⁻, aparición de gases: SH₂, CH₄ al perforar los limos, etc., contenidos en Fe y Mn frecuentemente elevados —algunas partes por millón— que pueden dar problemas por coloración y precipitación, etc.).

- Aluviales del Anbí y Ridaura

En estas dos pequeñas unidades son de aplicación global las características citadas en los aluviales del Fluviá-Muga y Ter, ya que los condicionantes generales son los mismos. Solamente destaca el hecho de que al ser ambos acuíferos mucho más pequeños y la explotación correlativamente mucho mayor, para el abastecimiento estival de las poblaciones (Palamós, Santa Cristina d'Aro, Platja d'Aro, Sant Feliú de Guixols, etc.) se produce una intrusión marina de carácter clásico, es decir, en forma de cuña horizontal hacia el continente, por lo menos en la zona más cercana a la costa. Ahora bien, dada la estacionalidad de esta explotación, que disminuye drásticamente en Septiembre, al inicio justamente de la época húmeda o de recarga los efectos reales de esta intrusión salina se exteriorizan relativamente poco, recuperándose otra vez una calidad aceptable.

Un detalle interesante reside en el hecho de que las concentraciones de Fe y Mn, algunas veces muy altas (de algunas partes por millón), no son tan explicables como consecuencia de un medio reductor, ya que la zona posee una actividad hidrológica mucho mayor (recarga, explotación, vaciado), y se han invocado, para explicarlo, unos eventuales aportes de aguas subterráneas profundas probablemente termales y con una mayor mineralización.

- Aluvial del Tordera

Este acuífero aluvial, recargado fundamentalmente por el Tordera, ha sido sinónimo durante mucho tiempo de aguas de excelente calidad química. En estos momentos, y aunque la explotación del mismo es importante, puede, en términos generales, seguir aceptándose la misma propuesta, con alguna excepción (ver más adelante).

Se trata de aguas de salinidad débil o media (residuo seco de 200 a 800-1.000 mg/l), poca dureza (inferior a 30°F), concentración de sulfatos y cloruros poco importante, materia orgánica elevada en algunos casos, a veces concentraciones significativas de amoníaco (2 mg/l) y nitratos (280 mg/l), etc. En general, el origen de estos valores que parecen salirse de la norma (materia orgánica, amoníaco, nitratos, etc.) y otros (fenoles, detergentes, organoclorados, hidrocarburos, algunos metales pesados (cromo), etc.), parecen estar en relación con algunos vertidos industriales importantes del Baix Tordera al propio río, y que serían rápidamente infiltrados hacia los acuíferos subyacentes. En este sentido, la puesta en marcha de instalaciones depuradoras, el cese temporal de los vertidos mencionados, o los mayores caudales del Tordera que a veces éste lleva, originando una dilución mucho mayor, parecen conllevar a una disminución muy rápida de esas características no deseables, recuperándose las condiciones iniciales.

- Aluvial del Besós

Sólo se poseen datos analíticos recientes del delta del Besós y parte del llano de Barcelona en su parte oriental. Esta es, probablemente, una de las unidades hidrogeológicas que presenta aguas de peor calidad química del Pirineo Oriental. A ello contribuyen la intrusión salina, (tanto más importante cuanto más cerca de la línea de costa, reflejo del fuerte y continuado desequilibrio entre los recursos y las extracciones) y la infiltración de aguas de muy mala calidad química, ya sean superficiales (Besós y afluentes que recogen los residuos industriales y domésticos de la cuenca) o subsuperficiales (pérdidas por filtración de las tuberías de alcantarillado). Téngase en cuenta que gran parte de la cuenca está formada por el propio casco urbano de Barcelona y los de otras ciudades importantes de sus alrededores (Santa Coloma de Gramanet, Sant Adrià del Besós).

Con estas premisas, se comprenden fácilmente los valores de los diferentes parámetros de calidad de las aguas de esta zona: se tienen valores de conductividad que pueden superar 25.000 microsiemens/cm y siempre se sitúan por encima de 1.500 microsiemens/cm. Análogamente, los contenidos en Cl^- , a veces CO_3H^- , dureza total, SO_4^- , Na^+ , etc., son igualmente muy altos, correspondientes a distintas mezclas de aguas dulces con aguas saladas de carácter marino.

Además, se observan valores importantes en cuanto a materia orgánica, amoníaco, nitratos, nitritos, etc., que demuestran la contaminación de las aguas subterráneas por sustancias no deseables, e incluso, a veces tóxicas. Los conocimientos generales que se poseen sobre el quimismo de las aguas subterráneas de esta zona, indican claramente una fuerte degradación química de las mismas, con contenidos no despreciables de elementos como hidrocarburos, fenoles, tóxicos (en especial cromo hexavalente), detergentes, etc. Si bien estos contenidos no poseen un carácter regional y continuado en el tiempo, y se deben, en la mayor parte de los casos a fuertes contaminaciones puntuales y de corta duración, puede afirmarse que, globalmente, las aguas de la zona presentan unas malas características químicas generales.

- Aluvial del Llobregat

- Valle Bajo

En las unidades situadas en la parte superior de todo el conjunto del Llobregat (valle bajo y riera de Rubí-Sant Cugat) se extraen aguas de calidad química semejante a las de los ríos que los alimentan (Llobregat y Riera de Rubí, respectivamente), puesto que constituyen el factor más importante de la recarga de todo el sistema acuífero del Llobregat. En este sentido, como sea que este río recoge todos los vertidos industriales y urbanos de una cuenca de casi 5.000 km², con importantes poblaciones en la misma y también industrias singulares (en particular, las de tipo minero de la cuenca potásica catalana, con una fuerte incidencia en su aporte de cloruros al Llobregat), las aguas subterráneas del valle bajo son de dureza elevada (80-100°F), relativamente altos contenidos en cloruros (> 300 mg/l), sulfatos (> 250 mg/l), bicarbonatos (300-400 mg/l), etc., por mencionar los aspectos más importantes. También como en el caso del Besós, pueden hallarse temporalmente contenidos importantes en Cr⁺⁶, cianuros, compuestos organoclorados, hidrocarburos, fenoles, etc. que a veces han obligado a la clausura temporal (y en ciertos casos, definitiva) de algunas captaciones de abastecimiento público. Estas concentraciones de elementos o compuestos tan nocivos se deben a vertidos accidentales, a veces conscientes, y, por supuesto, delictivos, ya sea directamente en el propio río o en algunas de las excavaciones o extracciones de áridos de la zona.

- Delta del Llobregat

La estructura del delta del Llobregat (un acuífero superficial arenoso libre, una cuña intermedia de limos y arcillas negras que funciona como acuitardo y un acuífero profundo, cautivo) es bastante conocida a través de numerosos trabajos a lo largo de casi más de 20 años de investigaciones. De ahí que se conozca relativamente bien el mecanismo que rige la calidad química y la contaminación de las aguas del delta. Las aguas son fuertemente salinas en ambos acuíferos, con conductividades que superan los 1.200 microsiemens/cm, hasta llegar a casi 30.000 microsiemens/cm, con valores de la dureza que pueden llegar a 200°F, concentraciones de Cl⁻ que van desde 300 mg/l hasta más de 20.000, en las zonas de la costa y en una digitación o cuña de agua salada que penetra en dirección de El Prat de Llobregat, y presenta importantes relaciones con la región de la Zona Franca (margen izquierda del delta, entre el río y el cerro de Montjuic).

Debe tenerse en cuenta, además, que se presentan en bastantes puntos del delta importantes concentraciones de Fe (entre 1 y 16 mg/l), amoníaco (hasta más de 20 mg/l), etc., Cr⁺⁶, CN⁻, fenoles, boro, etc.

En realidad, y dentro de este cuadro tan pesimista, debe hacerse mención aquí de la masiva explotación del delta, en realidad de su acuífero superior, a través de las arenas y gravas limpias de la parte más superficial del mismo, hasta los 10-12 m de espesor. Esta explotación indiscriminada de los áridos citados para la construcción motivó la creación de hoyos de extracción, con afloramiento directo del nivel freático, que fueron —y son— rellenados con todo tipo de materiales (basuras domiciliarias, residuos industriales, materiales de derribo, etc.) que contaminaron rápida y directamente de forma total el acuífero superficial del delta, en muchos

casos, sin remedio posible. Como sea que la capa de limos intermedios actúa como un acuitardo, no es despreciable el flujo vertical del acuífero superior hacia el profundo (en las condiciones piezométricas actuales). De hecho, las investigaciones realizadas indican que, al menos, una parte del agua salada existente en el acuífero profundo ha penetrado en el mismo por filtración vertical desde el acuífero superficial.

Finalmente, es preciso destacar otro hecho importante: como sea que las pendientes del delta son muy pequeñas, no existe un drenaje suficiente en gran parte del mismo, con lo que los vertidos de aguas residuales, sin depurar, de las poblaciones cercanas (Gavá, Castelldefels, Viladecans, El Prat, etc.), presentan graves problemas de salida al mar; a ello se suman, para mayor complicación, los drenajes e infiltraciones de las aguas de regadío usadas en la zona, en las que se han diluido los abonos minerales y orgánicos normales.

- El Maresme

Al tratarse de una región o comarca fundamentalmente agraria y, en menor grado, de segunda residencia para los habitantes de la gran urbe barcelonesa, la contaminación más importante es de carácter agrícola, por los sucesivos e importantes abonados que los propietarios de los terrenos usan para fertilizarlos. En las cercanías, inmediatas a la línea de costa, se ha producido también una sensible intrusión salina al bombear en exceso las aguas subterráneas del sector. De esta forma, los valores de los parámetros químicos que sobresalen son la dureza total (100 a 200 hasta superiores a 400-500°F), sulfatos (200 a 500-600 mg/l), cloruros (80 a 1.000-2.000 mg/l), y sobre todo, nitratos, con valores de 100 a 200 y hasta casi 600 mg/l.

Recomendaciones

En vista del estado general de la calidad de las aguas del sistema, se considera de todo punto necesario el mantenimiento de la red de vigilancia de la calidad y su ampliación, tanto en número de puntos de muestreo como en frecuencia de análisis, en particular en los aluviales del Besós y Llobregat y en las zonas próximas a la costa. Esta ampliación debe hacerse extensiva al análisis de parámetros como metales pesados, fenoles, hidrocarburos, contenido bacteriológico, etc., en aquellas zonas que por sus características se hagan acreedoras de un mayor riesgo potencial de contaminación.

La intensidad con que se manifiestan algunos efectos de las actividades urbanas e industriales, pese a su carácter puntual y a veces esporádico, hace imprescindible la realización de estudios hidrogeológicos y de cuantificación de impactos específicos de estas actividades que permitan el planteamiento de las actuaciones adecuadas a las características de la contaminación producida. En este sentido ha de tomarse como objetivo prioritario la adecuada ubicación de los vertederos de residuos sólidos urbanos e industriales y el control efectivo del vertido de residuos líquidos tanto en lo referente a volúmenes, composición, grado de depuración, etc., como en lo tocante a modalidad y emplazamiento del punto de vertido.

El problema de la intrusión marina requiere, amén de los estudios hidrogeológicos pertinentes, el desarrollo de planes de explotación de acuíferos que impidan la progresión del proceso y permitan, simultáneamente, la atención a las demandas que se producen en la zona.

El conjunto de actuaciones antes citadas debe estar respaldado por una labor de concienciación sobre la gravedad de algunos problemas planteados y sobre la necesidad de la mejora de las condiciones de los diferentes acuíferos a partir de comportamientos individuales solidarios.

10.5. SISTEMA Nº 72. "ACUIFEROS TRIASICOS Y EOCENOS DE LA CORDILLERA PRELITORAL"

Características generales

Es un sistema acuífero complejo desde el punto de vista geológico, ya que se localiza en un área donde la estructura tectónica muestra una serie de fracturas y cabalgamientos importantes que afectan a los niveles permeables, constituidos en este caso por los tramos calcáreos del Muschelkalk y las calizas del Eoceno inferior y, en menor medida, los conglomerados terciarios del sector de Sant Llorens del Munt.

La recarga se produce por infiltración directa de la lluvia (17 hm³/año) y la descarga (8 hm³/año) por los escasos bombeos que soportan o, en un mayor porcentaje, por los manantiales o drenaje efluente hacia los ríos que atraviesan transversalmente los afloramientos de estos acuíferos.

Calidad de las aguas subterráneas

El estudio de la calidad de las aguas subterráneas de este sistema, se ha realizado con muy pocos datos. La escasez de análisis deriva de la constatación de la buena calidad que suele presentar el agua subterránea y el escaso riesgo de contaminación que presenta.

El agua está de ligera a notablemente mineralizada, con dureza media y una conductividad que oscila generalmente entre 300 y 800 microsiemens/cm, si bien puede llegar ocasionalmente a 1.400 microsiemens/cm; el residuo seco oscila entre 200 y 1.000 mg/l.

Las concentraciones de los componentes mayoritarios muestran una cierta homogeneidad. El catión predominante es el calcio, cuyos valores se distribuyen entre 40 y 150 mg/l; el magnesio presenta concentraciones de 15 a 100 mg/l aunque sólo esporádicamente supera los 50 mg/l. Los cationes alcalinos son bastante más escasos: el sodio varía entre 2 y 23 mg/l, aunque puede llegar ocasionalmente a 60 mg/l; el potasio que rara vez supera 5 mg/l, aunque su concentración puede llegar hasta 20 mg/l en algunos puntos.

El anión predominante es el bicarbonato que presenta concentraciones de 160 a 500 mg/l y más frecuentemente de 300 a 400 mg/l. Los sulfatos oscilan entre valores de 8 a 370 mg/l, siendo más frecuentes los que no superan 100 mg/l. Los cloruros se mantienen bajos y generalmente se sitúan entre 10 y 30 mg/l, aunque el valor máximo llega a 85 mg/l. No se tiene constancia de la presencia de nitratos.

Se trata, pues, de aguas de buena calidad, potables en su mayoría, aunque puede presentar algunos problemas ocasionales la concentración de magnesio, que a veces supera el límite de la R.T.S.

Desde el punto de vista agrario casi todas las aguas pertenecen a la clase C₂S₁, sin riesgo de importancia para su utilización en riegos.

Todas las aguas analizadas pertenecen a la facies bicarbonatada cálcica.

Contaminación

Solamente ha sido posible recoger información cuantitativa del segundo grupo de materiales acuíferos, ya que la zona, en conjunto está poco explotada y no existe información suficiente.

No existen signos, ni siquiera a nivel de indicios, que permitan suponer una contaminación incipiente, ya que la dinámica económica y social de la zona es muy reducida, por lo que no existen focos o puntos de contaminación dignos de mención.

SISTEMA ACUIFERO 72 ACUIFEROS TRIASICOS Y EOCENOS DE LA CORDILLERA PRELIT

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

81

PRIMAVERA

3

OTOÑO

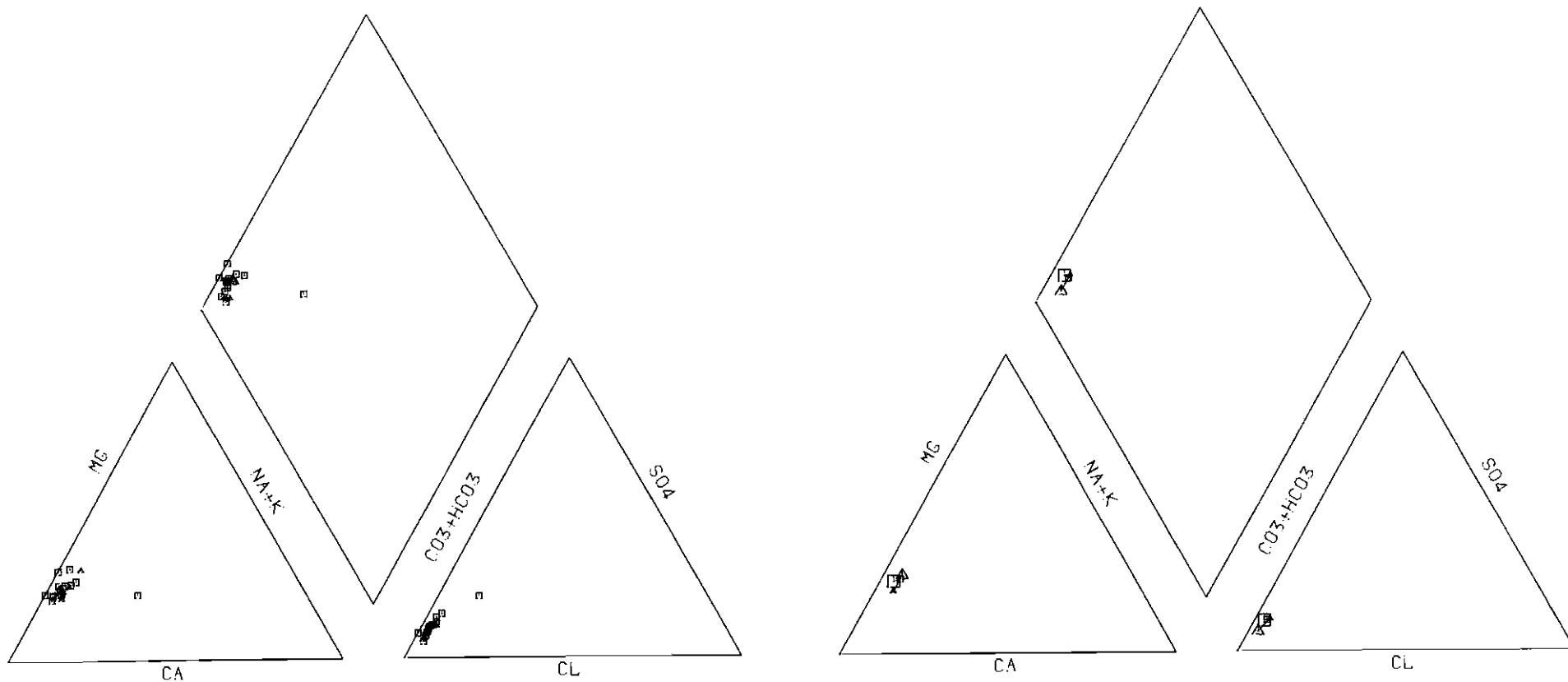
3

82

12

1

311



Recomendaciones

Aunque no existe en la actualidad ningún foco potencial importante de contaminación, es conveniente el mantenimiento de la red de vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas con vistas a la detección de cualquier síntoma de deterioro de la misma. Esta medida debe ser complementada con las actuaciones de prevención tradicionales, que impidan el desarrollo de actividades potencialmente contaminantes.

10.6. SISTEMA Nº 73. "MACIZO CRETACICO DEL GARRAF"

Características generales

Comprende las calizas y dolomías, muchas veces con intercalaciones margosas, que forman el triángulo delimitado por las poblaciones Martorell-Castelldefels-El Vendrell, y que ha venido siendo denominado macizo de Garraf. Se trata de materiales de gran potencia (superior a 500 m) muy karstificados en los primeros 100 a 200 m y con una importante tectónica de bloques y con multitud de fallas que parecen jugar un papel no despreciable en el régimen de flujo subterráneo. En el sistema pueden distinguirse las unidades de Vallirana (Trías calcáreo), Garraf (Cretácico carbonatado) y cubeta de Sant Pere de Ribes (Mioceno detrítico).

La recarga de este acuífero se produce exclusivamente por la lluvia, mientras que la descarga debe asociarse a los pequeños bombeos costeros para abastecimiento urbano y a los pocos, importantes y localizados, puntos de descarga natural al mar (La Falconera) aunque también existen otros muchos de importancia menor, de carácter difuso, que también deben contribuir a la descarga. Está todavía en discusión la relación hidrogeológica del macizo con la unidad miocena del Penedés, situada al N de éste.

En el interior del macizo, la gran profundidad a que debe perforarse (300-400 m) hasta alcanzar el nivel del agua (próximo a la cota 0) la variabilidad de la permeabilidad y muchas veces la rápida intrusión marina (por ascenso de cono salino) en el caso de bombeos importantes, hace que la extracción sea casi nula.

Calidad de las aguas subterráneas

La calidad del agua subterránea en el conjunto del sistema es muy heterogénea. Existen zonas en que las aguas son relativamente de buena calidad, mientras que en otras están notablemente salinizadas; estas últimas corresponden a las áreas costeras.

En el interior, zona de Vallirana, las aguas están ligera o notablemente mineralizadas, con conductividades de 400 a 1.500 microsiemens/cm y residuo seco entre 250 y 700 mg/l; en la zona costera, las aguas están fuertemente mineralizadas, con unas conductividades de hasta 26.700 microsiemens/cm, y residuo seco que alcanza 13.500 mg/l.

El sodio es el catión predominante en las zonas costeras llegando a alcanzar concentraciones de 2.500 mg/l mientras en el interior rara vez supera 20 mg/l. El calcio oscila entre 20 y 15 mg/l en las aguas del interior, mientras que en la costa llega a 375 mg/l. El magnesio no supera 40 mg/l en general, aunque puede llegar ocasionalmente a 300 mg/l. El potasio rara vez supera 10 mg/l aunque la concentración máxima encontrada es de 110 mg/l.

Los bicarbonatos son predominantes en las aguas del interior, con concentraciones entre 300 y 400 mg/l mientras que en la costa, aunque llegan a 700 mg/l, adquieren un carácter secundario frente a la concentración de otros iones. Los sulfatos presentan concentraciones que oscilan entre 15 y 1.150 mg/l. Los cloruros son escasos en el interior, no sobrepasando los 30

SISTEMA ACUIFERO 73 MACIZO CRETACICO DE GARRAF.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

73

2

-

74

1

-

75

26

-

76

5

-

77

2

3

78

1

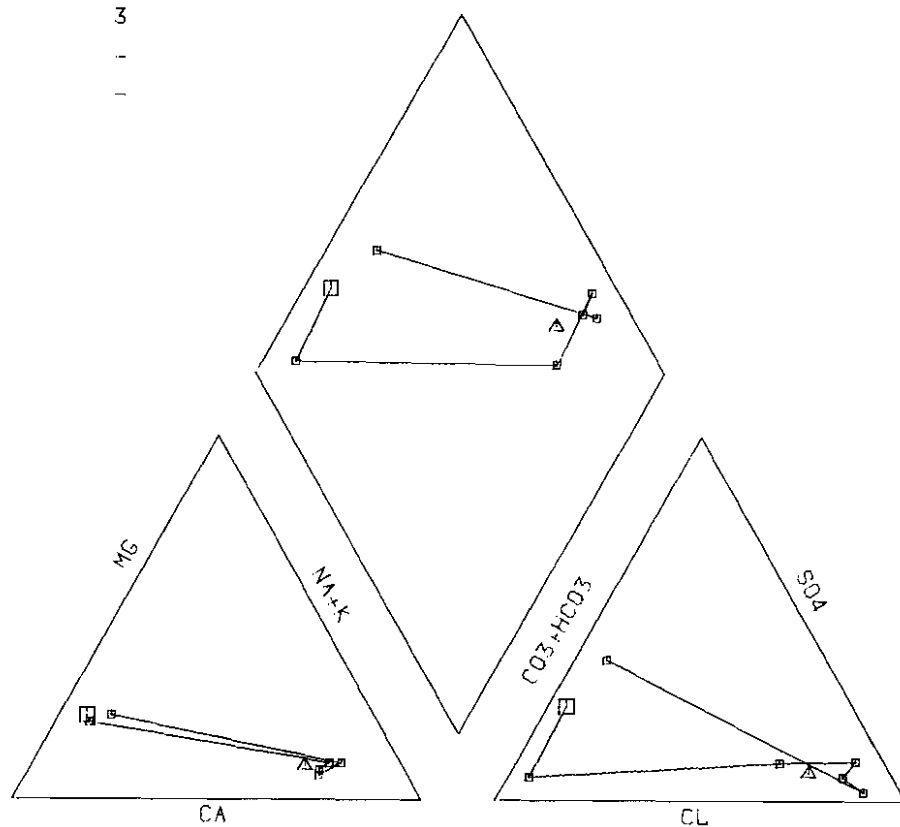
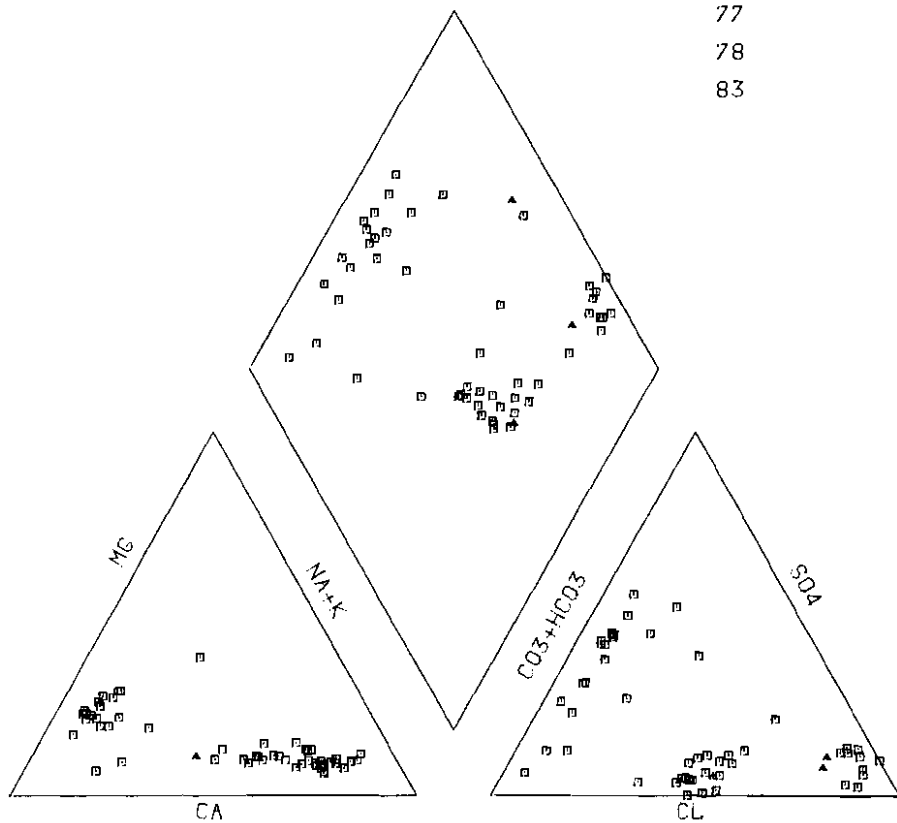
-

83

15

-

313



mg/l; en la zona costera, sin embargo, son predominantes con unas concentraciones que llegan a 5 ó 6 g/l, evidenciando la presencia de intrusión marina.

Los nitratos pueden faltar por completo, o alcanzar concentraciones de hasta 170 mg/l si bien estos valores tan altos son raros. Los nitritos pueden estar presentes, detectándose valores puntuales próximos a 1 mg/l.

En las zonas interiores las aguas son generalmente potables, dado que rara vez aparecen concentraciones iónicas que superen los límites de la R.T.S.; en las zonas costeras, en cambio, la calidad es bastante baja, las aguas son generalmente malas e impotables. Las concentraciones elevadas de cloruros, calcio, magnesio y contenido de residuo seco y, ocasionalmente, los sulfatos, nitratos y nitritos son, así como la materia orgánica y el amoníaco, las causas principales de impotabilidad.

Desde el punto de vista agrario, en el interior, las aguas suelen pertenecer a las clases C_2S_1 y C_3S_1 , siendo buenas para el riego aunque pueden presentar cierto riesgo de salinización. En la costa existen aguas de la clase C_3S_4 y hasta de la C_5S_4 con grave peligro de alcalinización y salinización del suelo, no siendo por ello aptas para la agricultura.

En el interior, las aguas son de la facies bicarbonatada cálcica, mientras que en la costa son cloruradas sódicas.

Contaminación

En la unidad triásica de Vallirana el único foco de contaminación de cierta entidad es de origen natural y está constituido por los niveles de yeso y anhidrita (Muschelkalk medio) próximos a los niveles explotados (calizas y dolomías del Muschelkalk inferior y superior); su efecto se traduce en el aumento de concentración de sulfatos.

La formación carbonatada cretácica conocida como macizo de Garraf es relativamente conocida en lo que al quimismo de sus aguas se refiere, por haber sido estudiada con ocasión del controvertido vertedero de basuras que el Ayuntamiento de Barcelona instaló en él (1973), y sobre todo a través de los análisis realizados en captaciones costeras; más hacia el O y SO (Vilanova, Cubellas, Cunit), no se dispone de información cuantitativa suficientemente detallada, aunque sí a nivel global.

Es fácilmente constatable la presencia de valores anormalmente altos en la materia orgánica (superiores a 20-40 mg/l) y la relativa poca importancia del ión sulfato. Ambos efectos se han relacionado con el eventual aporte subterráneo de lixiviados procedentes del vertedero que, aunque poco caudal (algunos litros/segundo) parecen estar muy cargados en materia mineral y orgánica, lo cual habría a su vez originado una importante reducción de sulfatos a SH_2 , con producción de olores muy desagradables. Si bien parece fuera de duda que la evolución de la zona fue la citada, en la actualidad el quimismo tiende a retornar a sus características anteriores.

En resumen, puede decirse que la contaminación de esta formación permeable se debe, fundamentalmente, a una intrusión salina generalizada en la costa, debido a la alta permeabilidad del sistema de fisuras y conductos kársticos, y por otro lado, a un notable aporte de aguas contaminadas procedentes del lixiviado del vertedero, situado en la zona central del macizo.

Finalmente en la Cubeta de Sant Pere de Ribes, alrededores de Sitges-Vilanova i La Geltrú, está situado el sistema de abastecimiento de Sitges y parte de Vilanova. Dado el eminente carácter turístico de ambas poblaciones, en la actualidad se extrae agua muy salobre de numerosas captaciones, puesto que se sobrepasa con mucho la pequeña capacidad de almacenamiento y regulación de las arenas y gravas cuaternarias sobre el zócalo cretácico. Así se tienen aguas de muy alta salinidad, cloruros de 4 a 6 g/litro, dureza alta a muy alta (60-90 a 200^ºF) y elevado

contenido en materia orgánica (a veces más de 100 mg/l), y nitratos (esporádicamente superan 100 mg/l).

Recomendaciones

Los dos principales problemas que se presentan en este sistema son la intrusión marina y el impacto provocado por el vertido de residuos sólidos, potenciados por el carácter kárstico que presentan los materiales del acuífero.

Aparte del mantenimiento de la actual red de vigilancia y de su ampliación en lugares particularmente propicios al desarrollo de ambos tipos de contaminación citados, es necesaria la puesta en práctica de los métodos usuales de lucha contra la intrusión marina en la zona costera y la vigilancia y control de los vertidos de residuos urbanos por cuanto se refiere al correcto emplazamiento de los mismos, creación de perímetros de protección de captaciones, etc. o de su depuración previa (en el caso de residuos líquidos). La experiencia obtenida en el vertedero controlado municipal de Garraf pone de manifiesto que, pese al avanzado diseño, construcción y operación de un vertedero, no se tiene asegurado el absoluto control de su potencialidad contaminadora.

10.7. SISTEMA Nº 74. "CUATERNARIO DE TARRAGONA Y CALIZAS DE BORDE"

Características generales

El Cuaternario de Tarragona corresponde a una unidad hidrogeológica formada por los materiales aluviales del Francolí, como río más importante, materiales de piedemonte antiguo, depositados por el resto de los demás cursos de agua (Glorieta, Ruidecanyes, Alforja, etc.), con algunos paleocanales relativamente definidos, que se colocan sobre un substrato arcilloso-arenoso de edad terciaria o cuaternaria antigua, en el que se hallan asimismo formaciones detríticas permeables en forma de lentejones, formando una compleja unidad muy explotada, con *gravísimos* problemas de abastecimiento, agotamiento de recursos, descensos graves de niveles, intrusión salina muy avanzada, etc.

La recarga es compleja y se produce por infiltración de lluvia, de las aguas superficiales, y a través de formaciones semipermeables (40 hm³/año, en total), mientras que la descarga se produce esencialmente por las fuertes extracciones para abastecimiento urbano, industrial o agrícola que suman en total 60 hm³/año.

Las formaciones hidrogeológicas que bordean esta unidad (calizas del bloque del Gaiá, y calizas de la sierra de Miramar-La Mussara) son formaciones cretácicas y triásicas, respectivamente, karstificadas, que poseen una explotación menor (1 hm³/año en total), que en el caso del bloque del Gaiá podría justificarse por la ausencia de la infraestructura hidráulica hacia los puntos de gran demanda (Tarragona y su núcleo industrial petroquímico), mientras que en el caso de las calizas de la sierra de Miramar-La Mussara, al tratarse de formaciones colgadas, a bastante altura sobre el llano, y no existir demanda importante, condiciona su nula explotación, por lo que la descarga se produce por manantiales a las cuencas del Ebro y Pirineo Oriental.

Finalmente el acuífero localizado en las calizas eocenas y triásicas de Igualada condiciona el abastecimiento (urbano, industrial y, en menor medida, agrícola) del sector comprendido entre aquella población y Capellades. Se trata de unas degradadas formaciones calcáreas que, procedentes del sector occidental del área, donde se recargan, tienen sus puntos de descarga en el desfiladero al N del Penedés (Sant Quintí de Mediona, Torrellas del Foix, Les Comnes, Les Esplugues, etc.), e incluso en numerosas ocasiones, a través de los caudales superficiales de los ríos que drenan la zona, puesto que la componente subterránea de los respectivos hidrogramas es

muy importante (9 hm³/año). La explotación por pozos alcanza 5 hm³/año, mientras que la alimentación de la unidad es del orden de 14 hm³/año.

Calidad de las aguas subterráneas

La calidad del agua de este sistema se caracteriza por su gran heterogeneidad. Existen zonas donde el agua es relativamente buena o mediocre y otra, concretamente el Cuaternario de Tarragona, donde es de pésima calidad. Los intervalos que presentan las concentraciones de los componentes mayoritarios son, por esto, muy amplios. Las aguas están notable o fuertemente mineralizadas, con conductividades que oscilan entre 425 a 20.900 microsiemens/cm, y un residuo seco comprendido entre 250 y 14.500 mg/l.

El sodio suele estar presente con valores de 4 a 23 mg/l, si bien ocasionalmente puede llegar a 600 mg/l; sin embargo, en Tarragona, llega a encontrarse en concentraciones de 2 a 5 g/l. El potasio alcanza concentraciones que rara vez superan 30 mg/l y sólo puntualmente 100 mg/l. El calcio, en condiciones normales, es el catión predominante, manteniéndose entre valores de 50 a 500 mg/l aunque excepcionalmente llega a 1.000 mg/l. El magnesio rara vez supera 200 mg/l y sólo localmente se aproxima a 600 mg/l.

El bicarbonato es el anión predominante con concentraciones que oscilan entre 50 y 650, si bien los valores más frecuentes están comprendidos entre 200 y 400 mg/l. El sulfato tiene gran variabilidad, desde 20 a 800 mg/l, si bien estos valores sólo se encuentran ocasionalmente siendo los valores normales del orden de 100 a 300 mg/l. Los cloruros rara vez alcanzan concentraciones superiores a 50 mg/l, salvo en la zona de Tarragona donde llegan a ser mayoritarios sobrepasando incluso valores de 8 g/l.

Los nitratos son frecuentes y alcanzan valores en general bastante elevados, hasta 110 mg/l; las mayores concentraciones de materia orgánica se localizan en Tarragona, donde alcanzan cerca de 200 mg/l.

Las aguas de los acuíferos que bordean el Cuaternario de Tarragona son en general de buena o aceptable calidad, únicamente objetables por la presencia ocasional de nitratos en concentraciones excesivas. Las del Cuaternario de Tarragona, sin embargo, tienen una pésima calidad, estando fuertemente salinizadas; su utilidad para el consumo humano está restringida por el exceso de cloruros, calcio, sulfatos, magnesio, nitratos, residuo seco y materia orgánica.

La clasificación agrícola presenta fuertes contrastes. En los acuíferos que bordean al de Tarragona, el agua pertenece a las clases C₂S₁ y C₃S₁, siendo buenas para la agricultura y, adoptando ciertas precauciones, pueden emplearse para cualquier uso. Sin embargo, las del Cuaternario de Tarragona son de la clase C₄S₄ y C₅S₄, están fuertemente salinizadas y son difícilmente utilizables en la mayor parte de los usos.

Las aguas de los acuíferos de borde son bicarbonatadas cálcicas, mientras que las del Cuaternario de Tarragona son cloruradas sódicas.

Contaminación

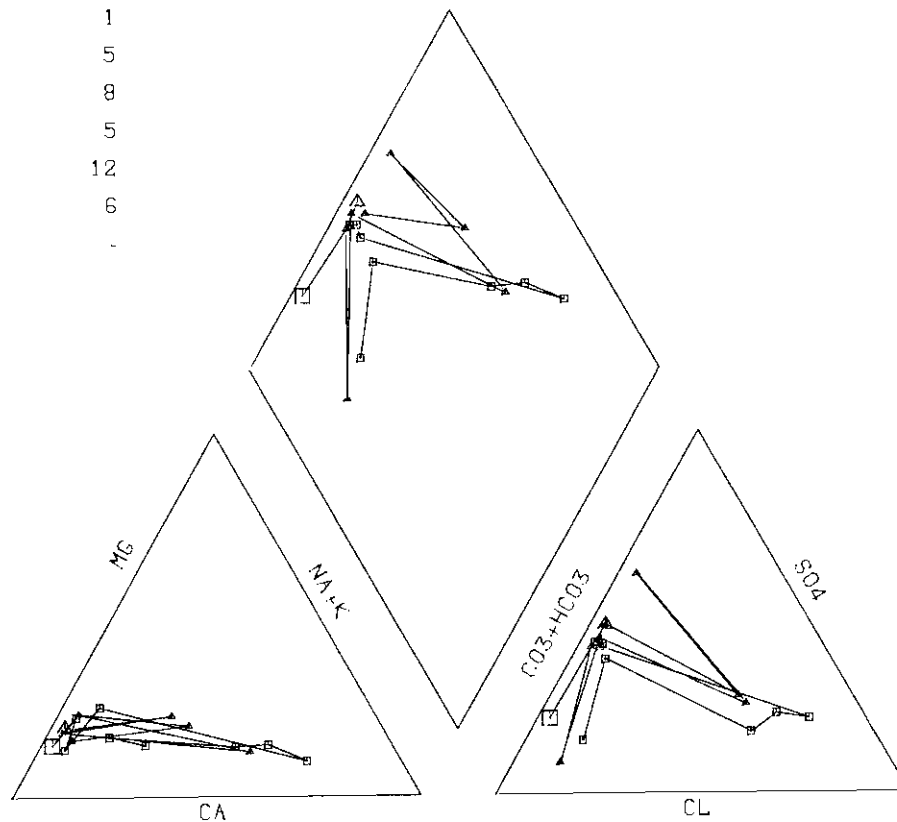
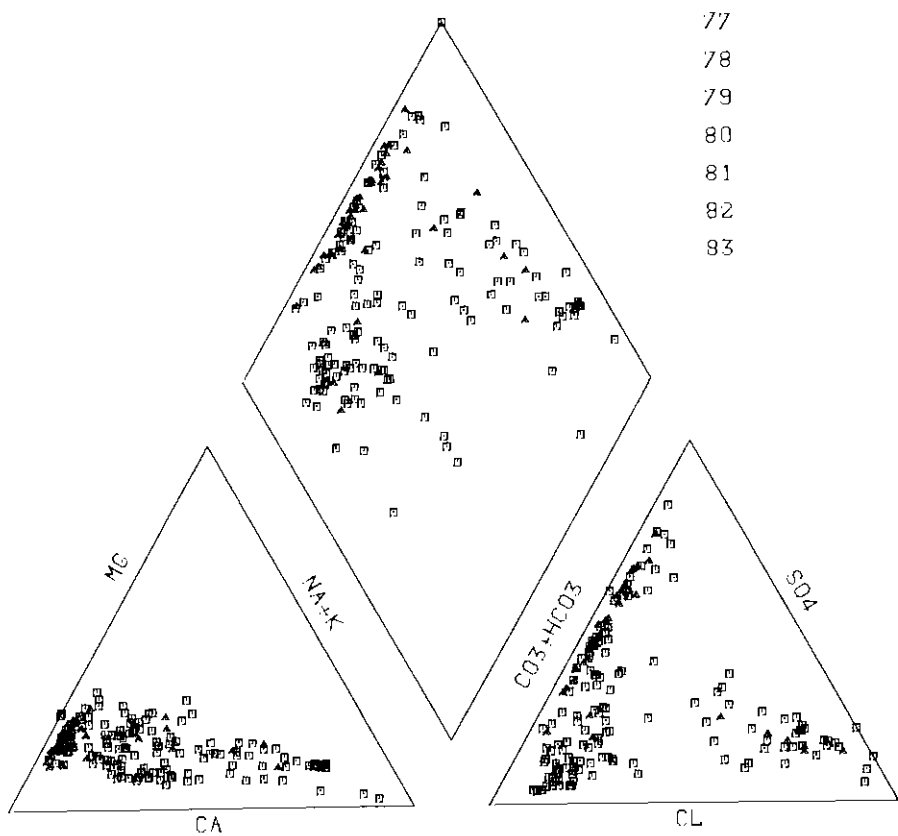
- Cuaternario de Tarragona.

Esta extensa unidad que abarca el denominado Baix Camp de Tarragona es uno de los acuíferos más complejos de toda la cuenca del Pirineo Oriental, tanto desde el punto de vista litológico como sedimentológico, y que soporta una grave explotación, incontrolada muchas veces, por las numerosas industrias existentes, las poblaciones de su entorno y también por las explotaciones agrícolas, que en esta zona son particularmente importantes. Todo ello ha llevado a una situación actual totalmente caótica, con descensos continuos de los niveles piezométricos (y

SISTEMA ACUIFERO 74 CUATERNARIO DE TARRAGONA Y CALIZAS DE BORDE.

PRIMAVERA
 OTOÑO

CAMPAÑA	PRIMAVERA	OTOÑO
69	1	3
71	2	-
72	-	2
76	2	-
77	-	1
78	6	5
79	13	8
80	36	5
81	33	12
82	13	6
83	31	-



de los caudales de explotación) y, consiguientemente, entrada de agua de mar hasta bastantes kilómetros de la línea de costa.

De este modo, pueden hallarse aguas de muy distintas características químicas según sea la explotación de la captación que se considere (y a veces también de las vecinas), y de la variabilidad o estacionalidad de la misma, etc. Así en el sector más cercano a Tarragona, Salou-Vilaseca, etc. pueden presentarse aguas muy salinas (conductividades superiores a 3.000 microsiemens/cm) con cloruros de hasta varios gramos/litro, durezas altas (50-80°F), nitratos y materia orgánica a veces importantes (30-50 mg/l en NO_3^- y hasta 100-200 mg/l de materia orgánica).

Por el contrario, al Oeste de la línea Reus-Salou, al ser una zona de carácter fundamentalmente agrícola (llanura del Baix Camp) en la que la explotación es correlativamente más reducida, la calidad química de las aguas subterráneas es más aceptable.

Así se tienen aguas con conductividad de 300-500 a 700 microsiemens/cm, cloruros de 40 a 80 mg/l, durezas medias (30-50°F), en las que el bicarbonato es el ión predominante. Los nitratos pueden llegar a alcanzar valores altos (100 mg/l) debido a la influencia de la infiltración de los abonos en las tierras de labor, o en su caso, a la percolación de aguas residuales industriales y/o ganaderas (granjas avícolas o porcinas en particular).

- Sierras de Miramar-La Mussara.

No existe información cuantitativa detallada pero, por su situación hidrogeológica, (acuíferos colgados sin explotación alguna), se supone debe tratarse de aguas de excelente calidad química, muy poco salinas, eventualmente duras (acuíferos en rocas carbonatadas), sin prácticamente contaminación alguna.

- Sector Carme-Capellades

Formado por calizas eocenas, y en menor grado, calizas triásicas, este importante acuífero que surte de agua al sector Igualada-Capellades-Carme, posee un agua de buena calidad, con conductividades del orden de 600 a 1.000 microsiemens/cm, dureza media a alta (30 a 60°F), bajo o muy bajo contenido en cloruros y nitratos y bicarbonatos entre 150 y 300 mg/l. En conjunto, pues, se trata de unas aguas de aceptable calidad sin contaminación aparente.

Recomendaciones

Como ha quedado patente, la unidad en que se presentan los principales problemas de degradación de la calidad por las actividades de todo tipo que sobre ella se desarrollan es el Cuaternario de Tarragona. La situación caótica reinante en la unidad demanda actuaciones inaplazables en todos los campos, desde el control de las extracciones hasta el uso racional de los productos agroquímicos, abonos, etc. Estas actuaciones deben ser integradas en un plan general prioritario de ordenación de la explotación de recursos en que se contemplen estudios concretos y realizaciones urgentes sobre la evolución del proceso de intrusión, del impacto de los vertidos urbanos e industriales y de las prácticas agrícolas. Las actuaciones puntuales carecerán, en la mayor parte de los casos, de la eficacia necesaria si no se integran en un conjunto de realizaciones simultáneas apoyadas en una adecuada legislación y en los medios técnicos, humanos y económicos suficientes que faciliten la labor de prevención, vigilancia y lucha directa contra la contaminación.

10.8. SISTEMA Nº 75. "TERCIARIO DETRITICO PRE-LITORAL"

Características generales

La depresión pre-litoral comprende tres zonas hundidas o deprimidas junto a zonas más elevadas y separadas de éstas por complejos sistemas de fallas o fracturas muy importantes, algunas con notorias connotaciones geotérmicas. En concreto, y de Norte a Sur, estas zonas corresponden a La Selva, el Vallés y el Penedés.

Desde el punto de vista hidrogeológico, La Selva está formada por una gran acumulación de materiales detríticos (arenas, arcosas, limos, arcillas, etc.), con un espesor de hasta 200 m. Los parámetros hidrológicos no propician la obtención de grandes caudales, aunque como la zona es fundamentalmente agrícola y las precipitaciones son elevadas, no existen demasiados problemas de abastecimiento.

Por el contrario, en el Vallés existe un espesor mucho mayor de materiales arcillosos y limosos, que engloban numerosos lentejones de arenas y gravas, más o menos cementados, que pueden dar caudales medios de 20-40 m³/h, aunque con problemas de descenso progresivo de niveles, ya que la recarga de estas formaciones, cuando no se realiza por infiltración directa (y ésta es relativamente pobre), se produce por percolación lenta o drenaje diferido a través de formaciones limosas. En conjunto, el Vallés puede considerarse como una zona deficitaria, sobre todo en lo que respecta al abastecimiento industrial.

En el Penedés, en cambio, existen algunos acuíferos de mayor interés, en particular hacia su extremo occidental (sector de Santa Oliva) —con niveles de arenas más o menos consolidados, calcáreas o no— donde se ha originado un centro de extracción de aguas subterráneas para los núcleos de consumo de la costa, ya sea doméstico (sector Calafell-Vilanova i La Geltrú), o industrial (Térmica de Cubelles), con un total del orden de 6 hm³/año. En consecuencia, y dadas las dificultades y lentitud de la recarga, se ha producido un fuerte descenso de niveles piezométricos del orden de 1 a 2 m por año.

En el Subpirineo Olot-Bunyoles la formación eocena de calizas de alveolinas constituye una franja permeable alargada, con puntos de drenaje importantes en el sector Banyoles-Olot-d'Espolla, y quizá también en el área Ripoll-Capdevienoi. Su importancia tectónica, conocida en parte a través de estudios petrolíferos, condiciona de forma total las posibilidades de explotación de este acuífero. Sin embargo, la pluviometría del área y la poca población e industrialización de la zona, hace que sea prácticamente nula su explotación.

Finalmente, L'Empordá puede ser definido como una depresión tectónica rellena de sedimentos cenozoicos, muchas veces detríticos y con un grado variable de cementación, en los que las variaciones laterales son constantes. A pesar de ello, pueden hallarse pozos con caudales medios importantes (20-30 m³/h).

La recarga se realiza por infiltración directa, mientras que la descarga se produce por flujo al mar o por drenaje a través de los aluviones cuaternarios que yacen sobre estos materiales.

Calidad de las aguas subterráneas

- Depresión del Vallés-Penedés.

En el Vallés, las aguas subterráneas encerradas en los lentejones detríticos poseen una calidad aceptable, con aguas de salinidad media a baja (conductividades de 600 a 1.100 microsiemens/cm), dureza baja a muy baja (2 a 16ºF, por lo general), mediano contenido en cloruros (100-200 mg/l) y nitratos bastante bajos, por término medio.

SISTEMA ACUIFERO 75 TERCARIO DETRITICO PRELITORAL.

□ PRIMAVERA

△ OTOÑO

CAMPAÑA

PRIMAVERA

OTOÑO

72

-

12

76

-

1

77

7

1

78

4

2

81

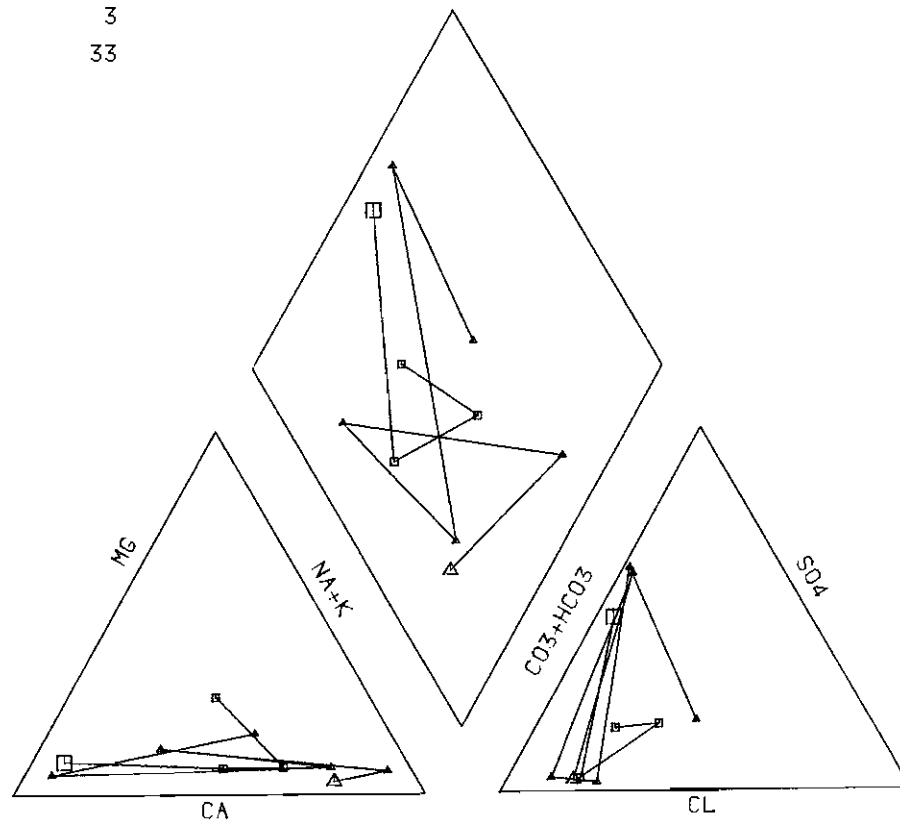
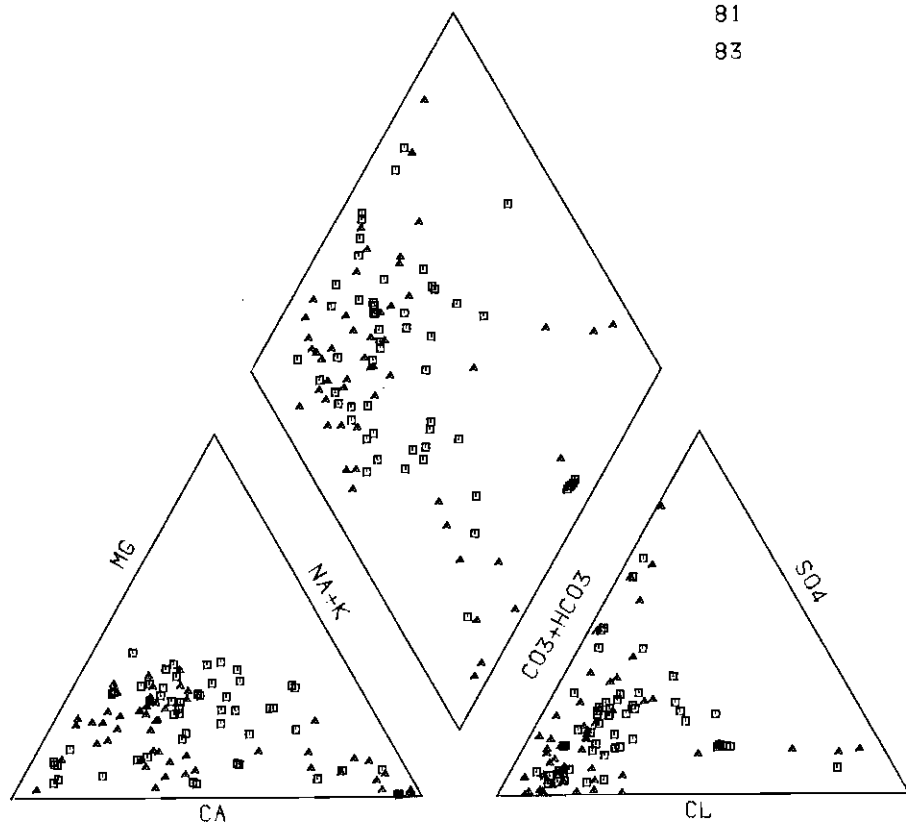
11

3

83

34

33



En el Penedés las características químicas son parecidas a las enumeradas en el subsistema del Vallés, con alguna variación de detalle. Así, las conductividades oscilan entre 400 y 1.400 microsiemens/cm, con algunas puntas que alcanzan valores anormalmente altos (superiores a 3.000-5.000 microsiemens/cm) que cabe correlacionar, en razón de sus también altos valores en las concentraciones de ión Cl^- , con puntos de agua contaminados por ascenso de conos salinos, aunque estén situados relativamente hacia el interior del continente, tal como ocurre en los alrededores de El Vendrell, que en principio es la salida o desagüe natural del subsistema hacia el mar.

Además de estas características, las aguas son de dureza media a alta (30 a 60-70°F, algunas veces 100°F), con elevados valores de los nitratos (20 a más de 100 mg/l), aunque no es menos cierta una gran variabilidad en este constituyente, debido posiblemente a las grandes variaciones en el sistema de abonado, existencia de regadío, posibilidad de rápida infiltración de las aguas pluviales o de regadío, etc. Los valores del ión bicarbonato son de tipo medio (200 a 300-350 mg/l).

- Depresión de La Selva.

En esta depresión de arenas y limos que sobreyace a un basamento metamórfico-cristalino, se hallan aguas de un quimismo algo distinto a los mencionados anteriormente y relacionado eventualmente con posibles aportes de aguas profundas mineralizadas —a veces con un notable termalismo. Así, por ejemplo, se tienen valores de dureza baja a muy baja (inferior casi siempre a 20°F), concentraciones de ión sulfato muy variables (relacionadas con posibles problemas de reducción a sulfuros), valores prácticamente nulos de nitratos, nitritos y amoníaco, altas concentraciones de bicarbonatos (hasta más de 1.500 mg/l), etc. Por lo demás, no se detectan signos de contaminación antrópica dignos de mención.

- Subpirineo Olot-Banyoles.

Se posee alguna información sobre el quimismo de las aguas subterráneas contenidas en la calizas del sector Olot-Banyoles (La Garrotxa), que están muy relacionadas con el funcionamiento del sistema lago de Banyoles-Clot d'Espolla-La Garrotxa. Se encuentran valores de salinidad media a baja (400 a 800 microsiemens/cm), con algunos valores anómalos que superan 1.500-2.500 microsiemens/cm, al parecer relacionados con procesos de disolución de sulfatos y correlacionables con altos valores de SO_4^{2-} y dureza total y producción, en algunos casos, de aguas sulfurosas. También son notables, en consecuencia, los elevados contenidos de calcio por efecto de la disolución de los yesos terciarios que se sitúan sobre el propio material acuífero de las calizas.

Contaminación

Como ha quedado en evidencia en el apartado anterior los focos de contaminación detectados corresponden a procesos de ascensión de conos salinos y a las prácticas de abonado en zonas de regadío (Penedés), a aportes de aguas profundas mineralizadas (La Selva) y a procesos naturales de disolución de yesos terciarios (Subpirineo Olot-Banyoles).

Recomendaciones

La generalizada calidad aceptable de las aguas del sistema y la ausencia de procesos de contaminación intensa de origen antrópico hacen aconsejable, como medida de prevención, el mantenimiento de la actual red de vigilancia de la calidad y su eventual ampliación a zonas que por su riesgo potencial de contaminación así lo aconsejen. Particular hincapié ha de hacerse en las zonas puntuales del Penedés donde se observan ascensiones de conos salinos probablemente originados por bombeo excesivo y concentrado; los estudios hidrogeológicos pertinentes marcarán la pauta de actuación en cuanto a la regulación de las explotaciones.

Por lo que se refiere a la contaminación originada por las actividades agrícolas, debe planificarse la utilización racional de abonos y demás productos fitosanitarios en conjunción con una prudente utilización de las tasas de riego que eviten o minimicen los volúmenes de retorno.

Finalmente, el mantenimiento de medidas precautorias tendentes a proteger las zonas libres de contaminación o a procurar una disminución de la misma, redundará en una mejora generalizada de la calidad de las aguas subterráneas del sistema.