

10. Cuencas del Pirineo Oriental

10.1. Características generales

10.2. Calidad de las aguas subterráneas

10.3. Contaminación de las aguas subterráneas

10.4. Recomendaciones

10. CUENCAS DEL PIRINEO ORIENTAL

10.1. CARACTERISTICAS GENERALES

La cuenca del Pirineo Oriental comprende las cuencas hidrográficas de todos los ríos que, procedentes de la Cordillera Pirenáica y sierras interiores, llegan al mar Mediterráneo sin pasar por el río Ebro, incluyendo, en consecuencia, la totalidad de las cuencas de los ríos dados en la tabla adjunta.

La superficie total es de 16.500 km² de los que la mitad, aproximadamente, corresponden a las cuencas de los dos grandes ríos de la zona: Ter y Llobregat; el resto pertenece lógicamente a los demás ríos y rieras. Como referencia a la tabla citada, cabe mencionar las pequeñas dimensiones, tanto en extensión como en longitud total, de los ríos que figuran en ella, sobre todo si se comparan con el resto de ríos importantes españoles, e incluso con muchos de sus afluentes.

SUPERFICIE Y LONGITUD DE LOS RIOS QUE COMPRENDE LA CUENCA DEL PIRINEO ORIENTAL

Río	Superficie de la cuenca (km ²)	% sobre el total	Longitud del río principal (km)
Muga	853,7	5,17	64,7
Fluviá	1.123,4	6,81	97,2
Ter	3.010,5	18,25	208,3
Tordera	894,0	5,42	53,5
Besós	1.039,0	6,30	58,0
Llobregat	4.948,3	30,00	169,6
Foix	311,9	1,89	48,7
Gavá	423,8	2,57	65,7
Francolí	838,0	5,08	85,0
Otros (pequeñas rieras litorales)	3.047,4	18,48	—
	16.517,0	100%	

Desde el punto de vista fisiográfico, la cuenca del Pirineo Oriental comprende las siguientes zonas:

- Una zona montañosa al Norte, que correspondería a la Cordillera Pirenáica y Pre-pirenáica.

con alturas que llegan a más de 3.000 metros y pendientes bastante elevadas, tal como corresponde a una zona de alta montaña.

- Una gran depresión central, que corresponde al denominado (geológicamente) valle del Ebro, relativamente accidentada, que llegaría desde la divisoria con la cuenca del Ebro hasta casi los alrededores de Gerona.
- Unas sierras o cordilleras litorales y pre-litorales, paralelas a la costa, que discurren desde los alrededores de Gerona hasta prácticamente el río Ebro, y que encierran algunas depresiones internas (Vallés, Penedés, La Selva, Campo de Tarragona, etc.).
- Unas llanuras costeras o litorales, de carácter fluvial o deltaico que formarían las áreas más cercanas a la costa (Empordá, Baix Ter, Tordera, Maresme, Baix Llobregat, Barcelonés, etc.).

En todas las unidades fisiográficas se ha sobreimpuesto la red hidrográfica principal que, con excepción del Ter, Fluviá y Muga y en menor medida, el Tordera, corta transversalmente las unidades del relieve ya mencionadas, teniendo un trazado aproximadamente Norte-Sur. Dado que las zonas de cabecera suelen situarse sobre 1.000-2.000 m de altitud y las escasas longitudes de los ríos (170 a 200 km como máximo), las pendientes longitudinales de éstos son elevadas, con una notable incidencia en los casos de avenidas, sobre todo en el caso de numerosas rieras o torrentes litorales, normalmente secos totalmente durante todo el año, excepto unos pocos días (a veces horas) en que circulan grandes caudales como consecuencia de fuertes e intensas lluvias locales originadas, en parte, por la orografía (lluvias de Levante).

Climáticamente se distingue una zona de carácter continental o alpino y/o húmedo en la parte norte y central de la cuenca, hasta una zona de carácter templado y seco, a veces semiárido, en el sector central costero y meridional. Desde un punto de vista económico y social, la mayor concentración de la población se sitúa en los alrededores de Barcelona, aproximándose en su conjunto a los 3,5 millones de personas. En gran parte, esta enorme aglomeración demográfica se debe a que la zona estudiada posee también una gran importancia industrial que, ya de antiguo, puede considerarse como la primera zona industrial del País, sobre todo en los sectores textil, químico, mecánico, etc.

Desde el punto de vista geológico, se distinguen una gran diversidad de formaciones y estructuras que, evidentemente, tienen su reflejo en la fisiografía ya comentada de la zona; así sucede en las zonas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas, con una importante tectónica de gran porte a base de pliegues y cabalgamientos de dirección predominante Este-Oeste, y por lo tanto, con vergencias Norte y Sur.

La zona central de la cuenca está constituida por una potente formación terciaria (2.000 a 3.000 m en total) de materiales continentales o marinos, suavemente plegada, con inclinación general hacia el centro de la cuenca, situada al Oeste de la zona del Pirineo Oriental.

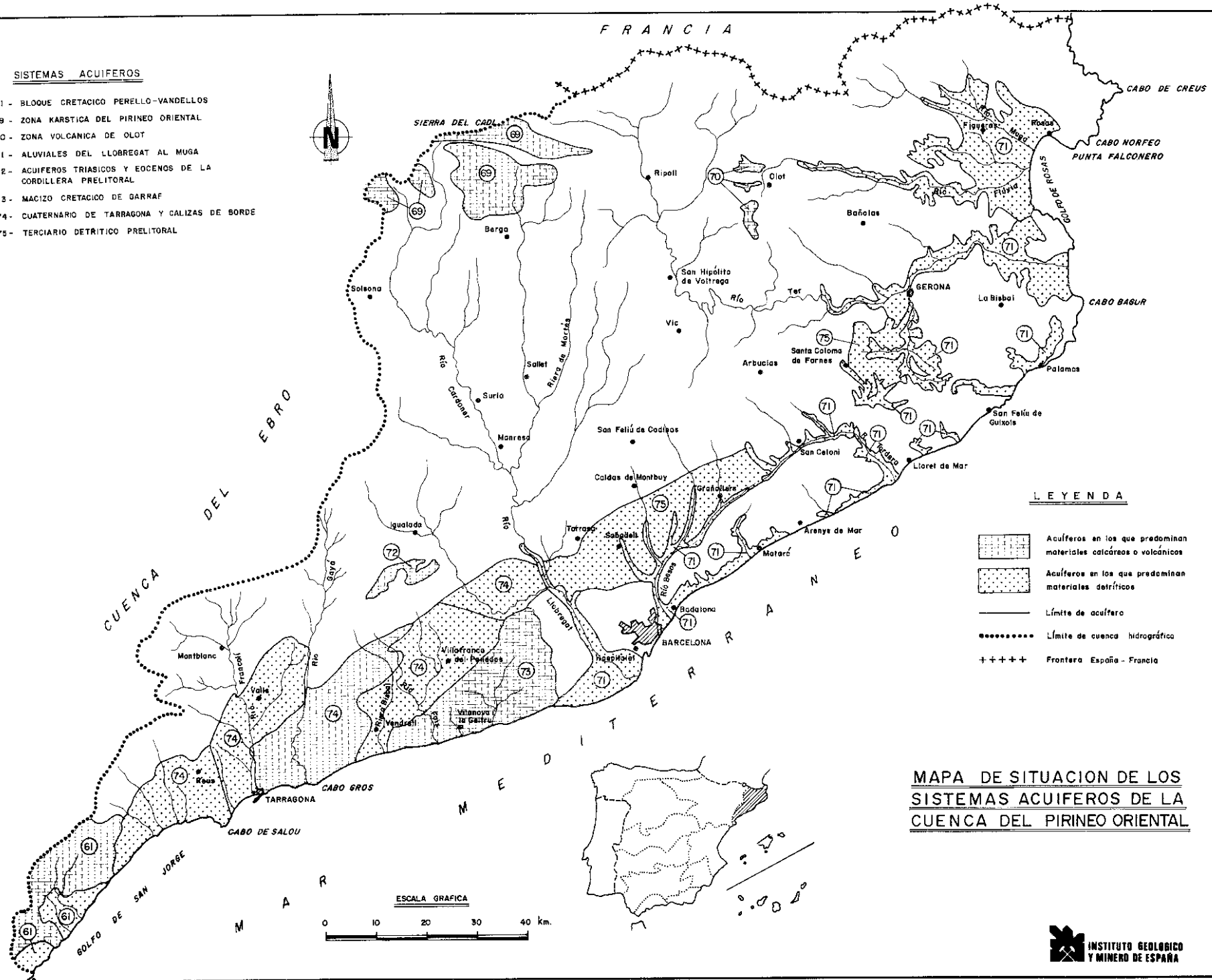
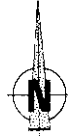
Las cordilleras prelitoral y litoral están formadas por materiales más antiguos (paleozoicos, mesozoicos) con una tectónica germánica, que encierran algunas depresiones rellenas por sedimentos más modernos (Mioceno, Plioceno), generalmente detríticos, con espesores muy importantes (superiores por lo general, a 1.000-2.000 metros) y que en algunos casos, fosilizan los accidentes tectónicos maestros.

Finalmente y en las zonas más cercanas a la costa, se distinguen una serie de llanuras litorales, sedimentos fluviales o materiales deltaicos, relacionadas desde el punto de vista demográfico, agrícola e industrial.

En toda esta gran diversidad de formaciones geológicas existen numerosos acuíferos, tanto en terrenos granulares o aluviales como en terrenos fisurados o karstificados (calizas, dolomías,

SISTEMAS ACUIFEROS

- 61 - BLOQUE CRETACICO PERELLO-VANDELLOS
- 69 - ZONA KARSTICA DEL PIRINEO ORIENTAL
- 70 - ZONA VOLCANICA DE OLOT
- 71 - ALUVIALES DEL LLOBREGAT AL MUGA
- 72 - ACUIFEROS TRIASICOS Y EOCENOS DE LA CORDILLERA PRELITORAL
- 73 - MACIZO CRETACICO DE GARRAF
- 74 - CUATERNARIO DE TARRAGONA Y CALIZAS DE BORDE
- 75 - TERCARIO DETRITICO PRELITORAL

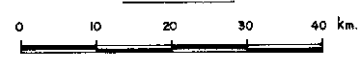


LEYENDA

- Acuíferos en los que predominan materiales calcáreos o volcánicos
- Acuíferos en los que predominan materiales detríticos
- Límite de acuífero
- Límite de cuenca hidrográfica
- Frontera España - Francia

MAPA DE SITUACION DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA DEL PIRINEO ORIENTAL

ESCALA GRAFICA



granitos), algunos de los cuales son muy importantes para el desarrollo industrial de la región. Entre estos se pueden citar:

- Acuíferos aluviales de los ríos Muga, Fluviá, Ter, Tordera, Besós y Llobregat, constituidos por importantes masas de arenas y gravas colocadas sobre un zócalo o basamento antiguo y generalmente constituidos en su zona distal, por un acuífero profundo (gravas), una intercalación limosa intermedia y un acuífero superficial (arenas, gravas); mientras que aguas arriba sólo existe un único acuífero (arenas, gravas), de carácter libre. La recarga se produce, por lo general, por infiltración de las aguas superficiales y la descarga, por los bombeos y salidas al mar.

- De menor importancia pueden considerarse los numerosos pero pequeños acuíferos en sedimentos detríticos, generalmente terciarios, que se sitúan en las zonas deprimidas del relieve, como en el Alt y Baix Camp de Tarragona, la fosa del Vallés-Penedés (Barcelona), la depresión interna de La Selva (Girona) y el Empordá (Girona), etc. Se trata, en realidad, de verdaderos acuíferos multicapa, con numerosas intercalaciones limosas o arcillosas, que funcionan como acuitardos o impermeables, y con frecuentes cambios de facies. Los caudales suelen ser inferiores a los del grupo anterior (pocos litros/seg.), y frecuentemente con problemas de agotamiento y/o descenso de niveles, por explotarse sus reservas.

La recarga suele ser por infiltración directa de la lluvia sobre los afloramientos, por aguas superficiales y por una importante contribución de los drenajes diferidos a través de zonas menos permeables durante largos períodos de tiempo. La descarga se realiza principalmente por bombeo, con fines generalmente agrícolas y, en menor grado, industriales.

- Finalmente, cabe citar los acuíferos localizados en formaciones carbonatadas (calizas, dolomías) y en rocas duras (pizarras, granitos, etc.), que presentan una cierta permeabilidad por disolución y/o fisuración, respectivamente, permitiendo un flujo importante de recarga, hasta las zonas de descarga (bombeos, descarga por manantiales, ríos o drenaje difuso o localizado hacia otros acuíferos, o bien al mar). Dentro de esta clasificación, cabe citar los macizos calizos del Pirineo y Prepirineo, el macizo de Garraf, el bloque del Gaiá, el sector Perelló-Vandellós, la zona granítica del Maresme, los tramos calcáreos terciarios de los alrededores de Igualada, etc.

En contraposición, la zona central del Pirineo Oriental, que correspondería al denominado Valle del Ebro, así como la gran mancha de formaciones paleozoicas situada en el Montseny y Gavanés (Girona), no poseen prácticamente ninguna formación acuífera importante dado su carácter eminentemente impermeable, salvo raras excepciones, y ello siempre de carácter muy local.

Desde el punto de vista de la explotación de las aguas subterráneas, los acuíferos más importantes son:

- Aluviales del Baix Llobregat, con su delta incluido, y Besós medio (abastecimiento urbano e industrial).
- Aluviales del Tordera, con su delta incluido (abastecimiento urbano permanente y estival de amplias zonas de la Costa Brava Sur), e industrial del Tordera medio y bajo.
- Aluvial del Baix Ter, para regadío y abastecimiento urbano a las poblaciones turísticas de la Costa Brava Norte.
- Acuíferos detríticos del Camp de Tarragona (abastecimiento urbano, industrial y regadío), con graves problemas en algunas áreas, sobre todo en los alrededores de Reus y Tarragona.
- Acuíferos detríticos miocenos del Baix Penedés (abastecimiento urbano y, en parte, regadío).
- Acuíferos calcáreos del entorno de Igualada (abastecimiento urbano e industrial).

Desde el punto de vista global, es interesante recordar los siguientes datos cuantitativos en cada subcuenca del Pirineo Oriental (cuadro adjunto).

Subcuenca	Extracciones por bombeo (hm ³ /año)	%	Acuíferos consolidados	Acuíferos no consolidados	Infiltración media (hm ³ /año)	Salidas al mar (hm ³ /año)
Norte (Fluviá, Muga, Ter, Tordera)	109	27,3	142	371	140	16
Centro (Besós, Llobregat)	210	52,6	339	166	227	28
Sur (Foix, Galá, Francolí)	80	20,0	65	92	82	20
TOTAL	399	100,0	546	629	449	64

10.2. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La calidad del agua subterránea de los sistemas acuíferos de la cuenca del Pirineo Oriental es muy heterogénea. Existen algunos Sistemas como el 69, 70 y 72, en que el estado de las aguas es muy bueno. Los demás tienen características muy diversas, incluso dentro de cada uno, pues en las proximidades de la costa, suele existir intrusión marina con la consiguiente salinización y pérdida de la calidad del agua, llegando a ser pésima como en los Sistemas 71 y 74. Un estado intermedio es el mantenido por los Sistemas 61, 73 y 75.

La mineralización, por lo apuntado antes, varía mucho; puede ser de ligera o notable en los menos contaminados (69 y 72) a fuerte en el 71 y 74. La conductividad oscila entre 200 microsiemens/cm en el Sistema 69, a 26.000 microsiemens/cm en el 71. El residuo seco también se distribuye en un amplio espectro: de 115 a 22.500 mg/l, en el 69 y 71 respectivamente. El sodio tiene una alta variabilidad. Las aguas mejores, en todos los sistemas, no suelen superar 25 o 40 mg/l, mientras que en las zonas contaminadas llegan hasta 5 g/l, como en el Sistema 71. El potasio, sin embargo, tiene intervalos menores; sus concentraciones varían de menos de 10 mg/l en el 69, hasta 500 mg/l en el 71 y 150 en el 74. El calcio es preponderante en los sistemas con débil contaminación y en las partes poco contaminadas de los demás; sus concentraciones varían desde menos de 50 mg/l en el 69, y 100 en el 70, hasta 1.000 mg/l en el 74; en los demás puede tener valores muy altos (900 mg/l en el Sistema 71) pero suele mantenerse por debajo de 200 mg/l.

Entre los aniones hay que destacar la preponderancia de los bicarbonatos en las aguas no contaminadas. En general, sus concentraciones son relativamente homogéneas, alrededor de 300 a 600 mg/l, si bien existen, en el Sistema 71, concentraciones de hasta 2 g/l. Los sulfatos oscilan generalmente entre 100 y 500 mg/l y sólo en los Sistemas 71, 73 y 75 superan 1 g/l. Los cloruros son escasos en los sistemas interiores (menos de 30 mg/l); sin embargo, en las zonas costeras, alcanzan valores muy altos, como 9 g/l en el Sistema 71, 8 g/l en el 74 y 7 g/l en el 73. Es cierto también, que estas concentraciones tan altas suelen ser puntuales, sobre todo en el Sistema 73, pero en los dos primeros las zonas con valores superiores al gramo son muy amplias.

Los nitratos se distribuyen muy heterogéneamente, tanto entre sistemas como dentro de cada uno. Las concentraciones más altas llegan a 100 mg/l en los Sistemas 70, 74 y 75, en el 73 se aproxima a 200 mg/l (170 mg/l), y la mayor de todas se halla en el Sistema 71 con 575 mg/l.

En cuanto a su aptitud para consumo humano, las aguas de los Sistemas 69 y 72 presentan excelente calidad, siendo seriamente objetables las de los Sistemas 71 y 74; el resto de los sistemas presentan por lo general una calidad intermedia. Los problemas derivan fundamentalmente de excesos en el contenido iónico: residuo seco, cloruros, nitratos, etc.

Desde el punto de vista agrícola, las aguas pertenecen mayoritariamente, a la clase C_2S_1 , siguiendo a continuación la C_3S_2 ; no obstante pueden encontrarse aguas desde el tipo C_3S_2 , (sólo en el Sistema 69) hasta el C_5S_4 , propio de las zonas altamente contaminadas.

Las aguas pertenecen a la facies bicarbonatada cálcica en los sistemas sin contaminación. En las zonas costeras son cloruradas sódicas y sólo ocasionalmente pueden aparecer sulfatadas cálcicas (Sistema 75).

10.3. CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Por lo que respecta a la contaminación del agua subterránea y con un enfoque general, debe decirse que se presentan todos los casos posibles, desde aguas con una calidad excelente (áreas montañosas, poco o nada pobladas), hasta aguas subterráneas totalmente inutilizables por su mala calidad química o bacteriológica (algunas áreas del Baix Llobregat y Besós); zonas en que han debido restringirse o limitarse los usos a que se destinaban las aguas captadas debido a su mala calidad (grandes sectores de El Maresme), hasta zonas que han quedado más o menos salinizadas por intrusión de aguas marinas por exceso de bombeos, percolación vertical a través de zonas limosas, puesta en movimiento de antiguas masas salobres localizadas en niveles poco permeables o de muy lenta velocidad de flujo, etc.

En general, los problemas más graves se localizan lógicamente en las áreas más pobladas, debido a los incrementos temporales de extracciones para abastecimientos estivales, por un lado, y por otro, a las fuertes demandas industriales, de carácter permanente, que además suelen llevar anejos, por una cercanía geográfica, graves problemas de contaminación puntual, continua, esporádica, accidental o incluso de posible carácter delictivo, puesto que se han hallado algunos tipos de compuestos tóxicos (cianuros, cromo hexavalente, compuestos organoclorados, fenoles, hidrocarburos, etc.) en diversos puntos de la cuenca, tanto en las aguas superficiales como subterráneas, aunque siempre de carácter puntual y de corta duración, por lo general, pero que en algunos casos, ha obligado a cerrar algunas captaciones.

10.4. RECOMENDACIONES

La multiplicidad de situaciones relativas a la calidad de las aguas subterráneas en esta cuenca obligaría a una diversificación notable de las actuaciones a emprender confiriéndoles, por otra parte, un notable grado de particularización apropiado a cada caso. No obstante, las medidas más urgentes pueden resumirse en los siguientes frentes de actuación a nivel de cuenca.

- Mantenimiento y ampliación, en su caso, de los puntos del control de la calidad de las aguas subterráneas con extensión del control analítico habitual a: metales pesados, detergentes, hidrocarburos, compuestos tóxicos, etc., sin olvidar el oportuno control bacteriológico periódico, en las zonas contaminadas o sospechosas de contaminación.
- Realización de estudios hidrogeológicos detallados que permitan determinar la extensión e intensidad de la intrusión marina, particularmente en las áreas menos conocidas y de mayor incidencia socioeconómica y faciliten el planteamiento de las alternativas para limitar sus efectos.
- Control riguroso de las prácticas de vertido (industrial y urbano) tanto en lo que se refiere al emplazamiento y modo de realización como al volumen, composición y grado de depuración del propio vertido. Este control debe estar completado con los instrumentos legales oportunos y con la

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

CUENCA PIRINEO ORIENTAL

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	PROVINCIAS	TIPO DE ACUIFE. (*)	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACION (hm ³ /año)			FACIES DOMINANTES DEL GUA		CALIDAD SEGUN LOS USOS					FOCOS Y TIPOS DE CONTAMINACION	Nº PUNTOS CON ANALISIS	Nº ANALISIS
					INDUST.	URBAN.	REGAD.	C ₂ S ₁	C ₃ S ₂	AGRIC.	URBANO (**)						
											T.S.D.(mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)			
61 Jurásico-Cretácico de Tarragona, sector Perelló-Vandellós	-	Tarragona	C	20	-	1	-	Bicarbonatada cálcica Clorurada sódica	C ₂ S ₁ C ₃ S ₂	300 600 5.150	13 600 2.800	- - -	- - 16	20 30°F	Intrusión marina incipiente	-	27
69 Zona kárstica Pre-Pirineo	-	-	C	-	-	-	-	Bicarbonatada cálcica	C ₁ S ₁ C ₂ S ₁	100 250 240	menor que 20	- - 50	8 - 4	15°F	Sin focos	-	(14)
70 Zona volcánica de Olot	-	Gerona	V	-	-	3	-	Bicarbonatada cálcica Bicarbonatada sódica	C ₂ S ₁ C ₃ S ₂ C ₃ S ₄	230 350 580	25 - 80	4 80 150	0 - 110		Vertidos urbanos y ganaderos	-	-
71 Aluvial del Llobregat al Muga que incluye:	-	Barcelona Gerona	D	398	-	241	-	Bicarbonatada cálcica Sulfatada clorurada sódica y/o magnésica								-	340
A. Fluviá Muga y Baix Ter	-	Gerona	D	182	-	28	-	-		-	-	5.000	- -	40-60°F Fe y Mn	Intrusión incipiente	-	-
A. Aubí y Ridaura	-	-	D	8	-	8	-	-		-	-	-	-	Fe, Mn muy altos	Intrusión marina estacional. Intrusión salina	-	-
A. Torderá	-	Barcelona	D	55	-	42	-	-		-	200 800 1.000	- - -	- - 280	0 NH ₄ 2mg/l Fenoles, Cr	Vertidos industriales	-	-
A. Besós	-	Barcelona	D	23	-	23	-	-		-	-	-	-	NH ₄ , NO ₂ ⁻ , Hidrocarburos, fenoles, Cr ⁺⁶	Intrusión marina, vertidos urbanos e industriales (Barcelona)	-	-
A. Llobregat	-	Barcelona	D	130	-	130	-	-		-	-	300 20.000	- -	80-200°F Fe, Cu, NH ₄ Cr ⁺⁶	Intrusión marina y vertidos urbanos e industriales	-	-

(*) C = ACUIFERO CARBONATADO.

D = ACUIFERO DETRITICO.

V. Acuífero Volcánico.

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

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

CUENCA PIRINEO ORIENTAL

SISTEMA ACUIFERO	SUPERFICIE (km ²)	PROVINCIAS	TIPO DE ACUIFE. (%)	RECURSOS (hm ³ /año)	EXPLOTACION (hm ³ / año)			FACIES DOMINANTES DEL AGUA	CALIDAD SEGUN LOS USOS					FOCOS Y TIPOS DE CONTAMINACION	Nº PUNTOS CON ANALISIS	Nº ANALISIS	
					INDUST.	URBAN.	REGAD.		AGRIC.	URBANO (**)							
										T.S.D.(mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)				OTROS
Maresme	-	Barcelona	D	-	-	10	-	-	-	-	80	200	0	100-500°F	Intrusión marina y Actividades agrícolas	-	-
72 Cordillera Prelitoral	-	Barcelona	C	17	-	8	-	Bicarbonatada cálcica	C ₂ S ₁	200	6	8	-	20-50°F	Sin focos aparentes	-	19
			D						480	30	100	-	300-800 s/cm				
73 Macizo kárstico de Garraf	-	Barcelona	C	-	-	-	-	Bicarbonatada cálcica	C ₂ S ₁	250	-	15	0	40-180°F	Intrusión marina y contaminación urbana (Intrusión salina puntual)	-	55
			C ₃ S ₁						1.600	-	-	-					
			C ₃ S ₄						13.500	6.000	1.150	170					
			C ₅ S ₄														
74 Cuaternario de Tarragona, Sierras de Miramar, La Mussara e Igualada	-	Tarragona	D	54	-	66	-	Bicarbonatada cálcica	C ₂ S ₁	250	40	20	0	30-50°F	Intrusión marina muy desarrollada, contaminación industrial, agrícola y ganadera	-	179
			C ₃ S ₁						7.000	-	300	-	mat.orgã				
			C ₄ S ₄						14.532	7.500	800	110					
			C ₅ S ₄														
75 Depresión prelitoral	-	Gerona Barcelona	D	-	-	6	-	Bicarbonatada cálcica	C ₂ S ₁	230	10	10	0	30-70°F	Intrusión marina localizada Contaminación agrícola	-	108
			C ₃ S ₃						2.100	700	500	20					
			C ₃ S ₄						8.500	4.500	1.300	100					
			C ₅ S ₄														

(*) C = ACUIFERO CARBONATADO.

D = ACUIFERO DETRITICO.

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

dotación de la infraestructura necesaria para el tratamiento previo de los vertidos en el caso de que éste se haga imprescindible.

- Utilización racional de los productos agroquímicos y de las técnicas de riego que conjuguen el máximo rendimiento de las cosechas y el mínimo riesgo para la calidad de las aguas subterráneas.

La labor a desarrollar tanto en la realización de estudios como en las tareas de vigilancia y control exige una serie de medios técnicos, económicos y legales que deben ser arbitrados adecuadamente (con las prioridades que demanden las diferentes situaciones) y apoyados por la concienciación de la población sobre la importancia del mantenimiento y mejora de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca.