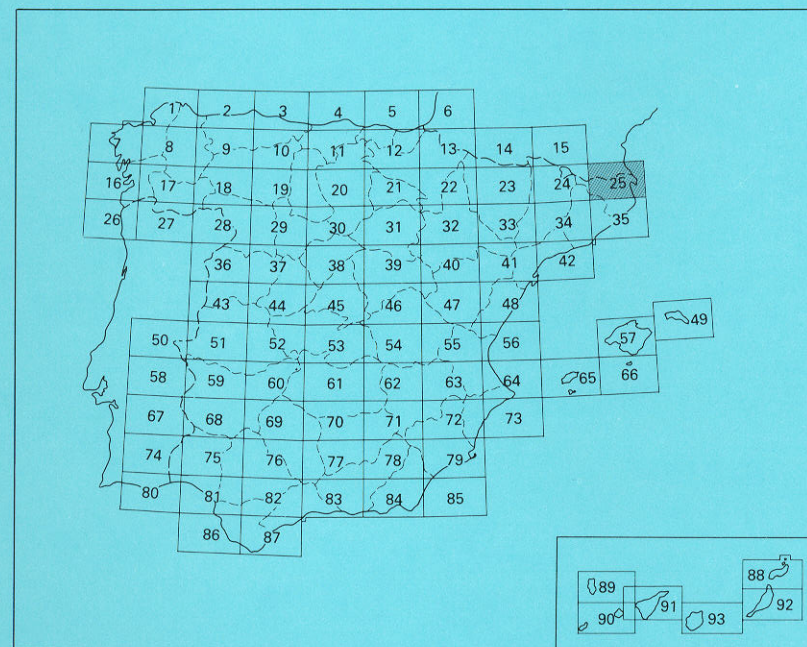




MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA Escala 1:200.000

Primera edición



FIGUERES



MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

FIGUERES

Primera edición

INDICE

1. PRESENTACIÓN	5
2. MARCO GEOGRAFICO	7
3. MARCO GEOLOGICO	9
4. LOS NIVELES ACUIFEROS	13
5. SISTEMAS ACUIFEROS Y UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	19
5.1. SISTEMA 69: FORMAS KARSTICAS DEL PIRINEO ORIENTAL	19
5.1.1. Subsistema 69.2.: Alto Ter	19
5.1.2. Subsistema 69.3.: Ter medio	22
5.1.3. Subsistema 69.4.: Alto Fluvià-Banyoles	26
5.1.4. Subsistema 69.5.: Alto Muga	31
5.2. SISTEMA 70: ZONA VOLCANICA DE OLOT	32
5.3. SISTEMA 71: ALUVIALES DEL LLOBREGAT AL MUGA	33
5.3.1. Subsistema 71.1.: Baix Fluvià-Muga	33
5.3.2. Subsistema 71.2.: Baix Ter	36
5.4. OTROS ACUIFEROS	39
6. APORTACIÓN SUBTERRÁNEA	43
7. BIBLIOGRAFIA	47

1. PRESENTACIÓN

Una de las misiones encomendadas al Instituto Tecnológico GeoMinero de España (ITGE) es la realización y publicación de la cartografía hidrogeológica de todo el territorio nacional, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 450/1979 de 20 de Febrero.

Desde 1970 el ITGE viene realizando el estudio sistemático de las características hidrogeológicas de todas las cuencas españolas, delimitando los grandes embalses subterráneos y el resto de terrenos acuíferos y evaluando su grado de explotación, sus características hidroquímicas, y los valores de sus reservas y de sus recursos explotables. El objeto principal es recomendar los esquemas más idóneos para su explotación y protección, sentando las bases para la intergración de los recursos hidráulicos subterráneos en el marco de la planificación hidrológico global.

Los resultados de los trabajos se vienen publicando por el ITGE como informes de síntesis a los que acompaña una cartografía hidrogeológica específica de las áreas cubiertas en cada caso. La documentación completa que ha permitido la preparación de dichos informes de síntesis, se reúne y publica en reducido número de ejemplares, destinados a los organismos oficiales y al fondo de Documentación del propio ITGE.

Los estudios realizados por el ITGE, si bien tienen una fecha concreta, son sistemáticamente actualizados en base a una red de medidas piezométricas y foronómicas, análisis químicos, inventario de puntos acuíferos nuevos, etc., que permiten poner al día los balances y los esquemas de explotación. En base a todos los datos disponibles, se ha considerado de gran interés la publicación de Mapas de Síntesis Hidrogeológica a escala 1: 200.000, en forma de hojas de la cuadrícula topográfica oficial, en aquellas regiones en las que las aguas subterráneas tienen mayor importancia y, por tanto, la información es más completa y abundante.

El objeto del Mapa Hidrogeológico a escala 1:200.000 es, por una parte, mostrar en síntesis las características hidrogeológicas y de explotación de los acuíferos, y por otra, ofrecer la información básica que induzca y permita la realización de estudios de mayor detalle.

La cartografía se realiza de acuerdo con las normas establecidas en 1974 por el Grupo de Trabajo de Aguas Subterráneas del Instituto de Hidrología, basadas a su vez en las normas de la UNESCO sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables y comparables a escala internacional con los editados en el resto del mundo y especialmente en los otros países de la Comunidad Económica Europea.

Los criterios de representación se han orientado de forma que el mapa pueda entenderse sin acompañamiento de memoria explicativa. Con las líneas siguientes se pretende únicamente encuadrar los acuíferos y la estructura de la zona en un marco más amplio y sintetizar los aspectos hidrogeológicos fundamentales.

Con objeto de facilitar la labor de todo aquél que se interese en una información más detallada sobre la región cubierta por la hoja, se incluye una lista de referencias bibliográficas que comprende no solo los libros o informes publicados, sino, también todos aquellos documentos editados en reducido número de ejemplares y disponibles para su consulta en el Centro de Documentación del ITGE.

2. MARCO GEOGRAFICO

La hoja nº 25, FIGUERES, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:200.000 ocupa las zonas central y septentrional de la provincia de Girona y solo en su cuadrante suroccidental una pequeña parte de la de Barcelona. El límite norte corresponde a la frontera con Francia, que a su vez coincide casi exactamente con la divisoria hidrográfica de la Cuenca del Pirineo Oriental. El límite oriental lo constituye el Mar Mediterráneo. Los límites occidental y meridional se corresponden aproximadamente con el curso del río Ter que se inflexiona a la altura de Manlleu.

En la zona se sitúan dos comarcas típicamente pirenaicas (Ripollés y Garrotxa) y otras de montaña media o llana (Osona, Gironés y Alt y Baix Empordà).

El pico más alto es el Puig de Bastiments (2874 m) y corresponde lógicamente a la cadena Pirenaica.

Las alturas decrecen en sentido Sur hasta el río Ter (cota 500 en Manlleu), y Este, hasta el mar. En la zona sur se encuentran las estribaciones del sistema Trasversal Catalán (Puigsacalam, 1515 m) y de las Cordilleras Costeras Catalanas.

La hoja engloba enteramente las cuencas de los ríos Muga (855 Km²) y Fluvià (1.125 Km²) y la margen izquierda de la del Ter.

De la importancia de los ríos Ter, Fluvià y Muga da idea la figura 1, donde, en forma gráfica se asigna a estos ríos más de la mitad de la aportación total del Pirineo Oriental.

Lógicamente en un escenario tan heterogeneo las variedades climáticas son abundantes. Dependen de dos factores fundamentales: la distancia al Mediterráneo y la altitud.

En los Pirineos los inviernos son muy fríos y los veranos suaves con abundancia de tormentas. La temperatura media mensual es de 1°C en Enero y de 17°C en Julio. En invierno son abundantes los días con mínimas por debajo de 0°C.

En el resto de las comarcas el clima es el propio de la montaña media, con gran desarrollo de bosques, y en la mitad oriental, claramente mediterráneo con veranos calurosos e inviernos suaves.

La pluviometría es elevada en las cabeceras de cuenca (1200 mm) y desciende progresivamente en sentido sur (800 mm) u sobre todo hacia el mar (600 mm). La distribución a lo largo del año es irregular pero se caracteriza, salvo en la costa, por tener un solo mínimo en invierno. Las tormentas de verano hacen que, a veces, las máximas precipitaciones se produzcan precisamente en verano. Ello repercute en la regulación natural de los ríos y en que puedan cultivarse en secano especies que en la mayor parte de las zonas necesitan de regadío, fundamentalmente forrajeras. Las heladas, sin embargo, impiden el cultivo de frutales y hortalizas salvo en zonas muy localizadas de la costa ampurdanesa.

La densidad de población no es muy alta: 63 hab/km² en la Alt Empordà, 53 hab/km² en la

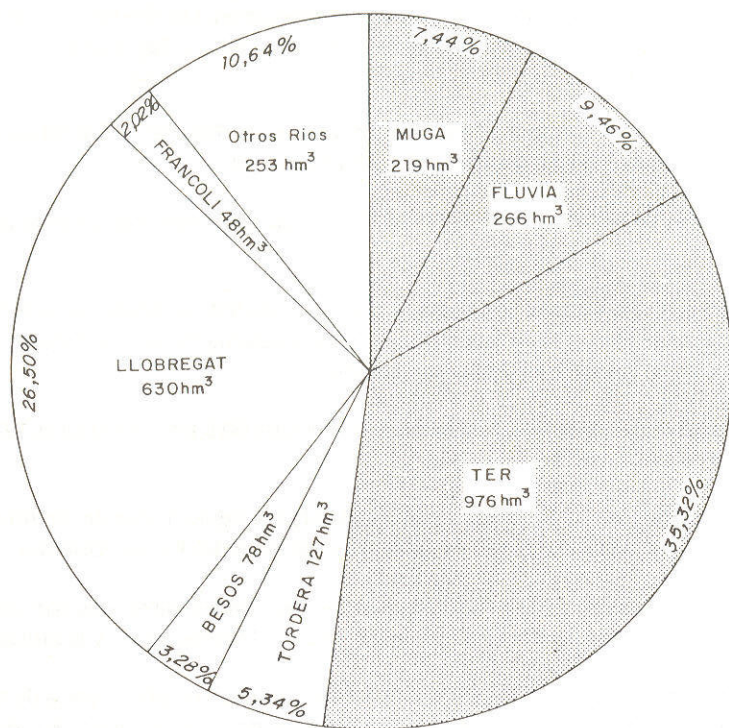


Fig. 1.- Aportaciones de los ríos de la Cuenca del Pirineo Oriental.

Garrotxa y 34 hab/km² en El Ripollés. Las poblaciones más importantes son Ripoll (12209 hab.), Olot (24072 hab.), Banyoles (12451 hab.) y Figueres (30412 hab.). Hay que destacar sin embargo el aumento importante de población que se produce en verano en todas las poblaciones de la franja litoral que forman parte de una zona turística de la importancia de la Costa Brava.

Dentro de la hoja se ubican importantes áreas de interés específico entre las que podemos destacar la zona volcánica de Olot, el complejo kárstico del lago de Banyoles, y la zona de marismas, **aiguamolls de l'Empordà**.

3. MARCO GEOLOGICO

A grandes rasgos, el sector norte forma parte de la extremidad oriental de la Zona Axial Pirenaica (Paleozoico), correspondiendo el resto de la Hoja al Subpirineo (materiales posthercínicos y fundamentalmente Eoceno marino) y al Sistema Transversal Catalán (Paleozoico, Eoceno marino y Terciario continental de las sucesivas fases de colmatación de la cuenca). En la Depresión de l'Empordà se localiza el Neógeno y una amplia gama de depósitos cuaternarios antiguos y recientes. A destacar el volcanismo finiterciario y cuaternario con amplia representación en la zona de Olot pero también con manifestaciones en zonas más alejadas (Canet D' Adri, Empordà).

La disposición de los materiales viene rota por la tectónica pirenaica que ha propiciado espectaculares corrimientos en sentido Sur tanto del Paleozoico como de la cobertera mesoterciaria al igual que en el resto de los Pirineos.

El modelo estructural está actualmente sujeto a discusión pero son incuestionables los cabalgamientos N-S siendo ya más aleatorio optar entre una tectónica pelicular o, lo que parece más probable, que los cabalgamientos se verticalizan en profundidad y los desplazamientos sean menores. Desde un punto de vista hidrogeológico la importancia no es despreciable, puesto que en función de la interpretación se asegura o no la conexión en profundidad de unidades hidrogeológicas que pudieran parecer independientes.

En cualquier caso los Pirineos constituyen un ejemplo de cadena intercontinental por plegamiento entre las placas Europea e Ibérica. Se trata de una cordillera alpina en cuanto a su edad, pero desconectada del sistema alpino mediterráneo. Además, las características difieren de otras sierras del sistema alpino: forma rectilínea, metamorfismo poco importante y rocas ígneas poco desarrolladas. Existe un accidente muy importante que es la falla nordpirenaica, mientras hacia el Sur la tectónica dominante es la de cabalgamientos que afectan tanto a los materiales del zócalo hercínico como a los de la cobertera mesoterciaria.

Hasta muy recientemente, el Pirineo en esta zona venía siendo considerado como autóctono o paraúctono por lo que los terrenos eocenos del lado S. de la zona axial deberían estar en continuidad con los de la Depresión del Ebro (SEGURET, 1972).

Estudios muy recientes han puesto de manifiesto la existencia de una importante estructura: **Cabalgamiento de Vallfogona** (PUIGDEFABREGAS Y SOLER, 1980) que separa una unidad alóctona con terrenos eocenos al Norte y la Depresión del Ebro al Sur (Fig.2).

El cabalgamiento de Vallfogona representa el avance frontal sur-pirenaico de las unidades alóctonas cuya última expresión es el macizo de Montgrí. Sobre el antepais fallado y suavemente plegado del sur se ha ido colmatando la cuenca prolongación del Ebro o Depresión Central Catalana. Los materiales detríticos de relleno proceden por tanto de ambas márgenes modificándose progresivamente sus límites y polaridades paleogeográficas.

Síntesis estructural

Zona axial pirenaica

Los esfuerzos tienen lugar durante el plegamiento hercínico y a su efectos hay que sumar los del alpino.

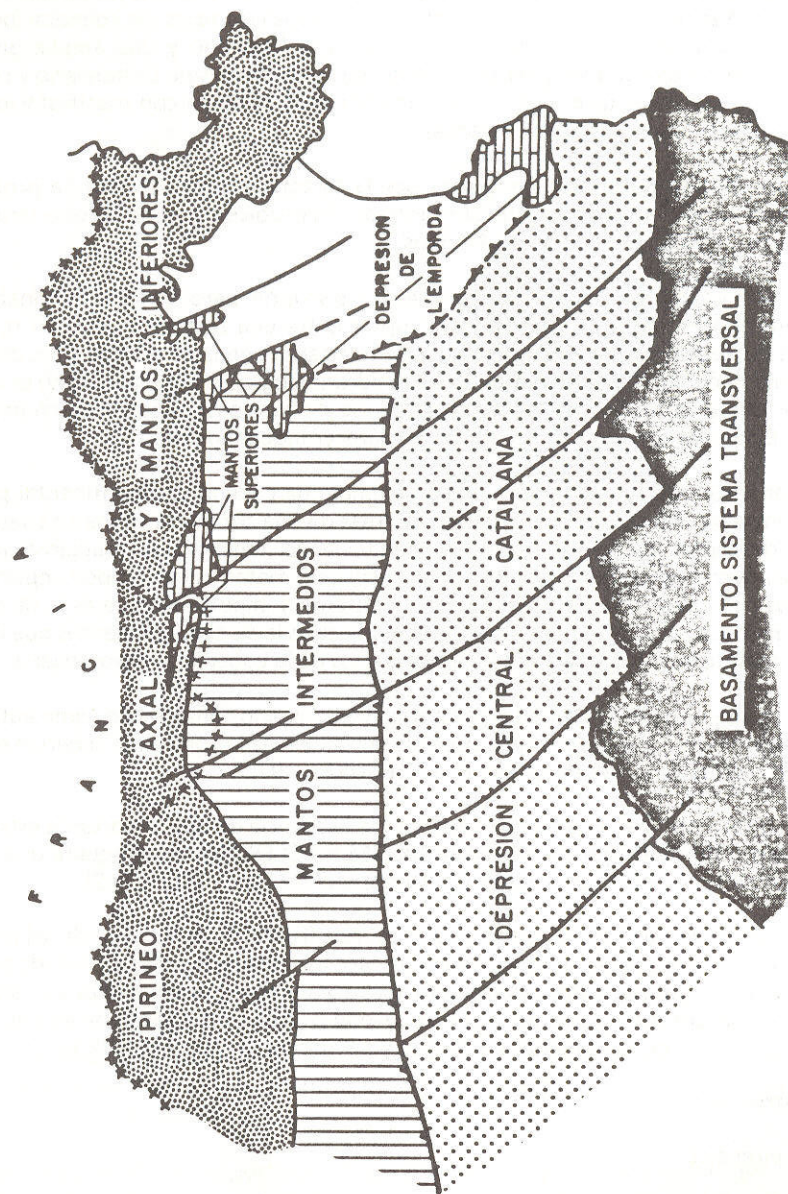


Fig. 2.-

El estilo tectónico de los materiales paleozoicos presenta una estructura compleja, con pliegues fuertemente imbricados y vergencia general al Sur. Las direcciones estructurales más importantes son E-W y NE-SW.

La tectónica alpina en el Paleozoico está condicionada por las estructuras premesozoicas. Las estructuras hercínicas están cruzadas por formas tectónicas más modernas, fallas de tipo germánico con dos sistemas dominantes, uno longitudinal y otro transversal a la dirección general de la Cordillera.

En el Mesozoico que bordea el Sur de la zona axial, se observan plegamientos concéntricos, fracturas de orientación longitudinal y otras transversales que se prolongan en el Paleozoico.

Subpirineo. Zona de mantos intermedios

Los materiales de esta zona se depositaron en una franja de subsidencia eocena, donde solo pueden observarse los efectos de la tectónica alpina.

Es una zona con pliegues apretados, fenómenos tectónicos de gravedad y grandes cabalgamientos debidos a despegues de grandes paquetes calcáreos y resbalamiento sobre ciertos niveles plásticos con lo que se ponen en contacto materiales de plataforma con depósitos distales.

Las principales estructuras existentes son el sinclinal de Ripoll (en la cuenca del Ter) y ya en la Garrotxa (Cuenca del Fluvià), los corrimientos subparalelos a la estratificación que afectan incluso al basamento paleozoico y granítico. el límite sur de estas unidades lo constituye el cabalgamiento de Valfogona.

Depresión Central Catalana

Al sur del cabalgamiento de Valfogona la estructura geológica se caracteriza por la presencia de pliegues concéntricos de dirección E-W vergentes hacia el Sur. El pliegue más meridional es el anticlinal de Bellmunt, cuyo flanco sur está ya claramente en continuidad con las formaciones detríticas de la Depresión del Ebro. Más hacia el Sur, los materiales van adquiriendo una disposición subhorizontal adosada al paleozoico del Sistema Transversal.

Sistema Transversal Catalán

Está constituido por un grupo de bloques fallados que constituyen un horst completo entre las depresiones del Ebro y del Empordà. Las fallas tienen una dirección predominante clara NE-SE.

En función del espesor de los sedimentos eocenos que descansan directamente sobre el Paleozoico, las roturas del Zócalo rígido (Les Guilleries-Les Gavarres), al producirse las presiones alpinas, atraviesan también la cobertera detrítica.

Depresión del Empordà

Es una importante fosa tectónica entre el Pirineo y las Cordilleras Costeras Catalanas. En ella, sobre el zócalo paleozoico, existe una cobertera eocena y neógena suavemente plegada e intensamente fallada.

Mantos superiores

En la zona más oriental existe una última generación de mantos de corrimiento que corresponden a la serie mesozoica (Jurásico y Cretácico calcáreos) tomando al Keuper como nivel de deslizamiento.

Los afloramientos más importantes son las unidades alóctonas del Castell de Bac Grillera, Figueres y Montgrí.

Cordilleras Costeras Catalanas

En la zona Sur de la hoja llegan a aflorar las estribaciones septentrionales de las Cadenas Costeras en dos pequeñas áreas: la occidental, correspondiente a la terminación de la Cordillera Prelitoral, sobre la que reposa discordante y muy suavemente inclinado al Eoceno, y la oriental, que limita con las formaciones terciarias de la Depresión del Empordà.

4. LOS NIVELES ACUIFEROS

Cambrico-Ordovícico

Unicamente en el sector del Pirineo Axial se presentan niveles carbonatados dentro de la serie predominantemente pelítica del Cámbrico-Ordovícico.

El afloramiento más extenso corresponde a la zona de Queralbs pero existen otras bandas en la zona del Puigmal (el punto más alto de la cuenca), Nuria, Setcases, Costabona, Molló, etc.

La potencia del nivel carbonatado puede alcanzar los 300 m dentro de una serie que supera ampliamente los 1000 m. No se trata de calizas claras sino de relieves calizos intercalados entre otros pizarrosos o arcillosos. Por ello, aunque en algunas zonas la karstificación es muy alta, dando lugar a fuentes importantes (Cuenca del Freser), debido a la altitud de los afloramientos su importancia hidrogeológica es nula.

Devónico

Existen dos afloramientos principales. El situado más al Oeste es la prolongación de la Unidad de Castellar de N' Hug que origina el río Llobregat. Sobre él se sitúa la divisoria hidrográfica superficial Llobregat-Ter (Pla d' Anyella-Toses). Si bien el drenaje subterráneo de esta unidad es hacia el Llobregat, en el sector más oriental (Montgrony) se sitúan algunos manantiales de menor importancia.

Dentro de la Cuenca del Ter los niveles devónicos calcáreos conforman el macizo del Taga. Se trata de una potente serie en la que se han diferenciado cuatro niveles:

- D₁.- 50-80 m de calizas lutíticas gris oscuro y marrones.
- D₂.- Nivel guía de 25 m de calizas de aspecto masivo color gris claro y muy fosilíferas.
- D₃.- 50-100 m de calizas, calizas lutíticas y lutitas de aspecto noduloso y coloraciones variadas, incluso rojo y verde.
- D₄.- Calizas micríticas, calizas **griotte** y calizas nodulosas. En la parte superior calizas masivas en bancos métricos. Potencia total entre 100 y 200 m.

Dentro del macizo del Taga en el Carbonífero también se presentan algunos niveles calcáreos, muy poco potentes y de importancia despreciable.

Jurásico

Solo aflora en las unidades alóctonas más orientales, en especial en la del Castell de Bac Grillera. Corresponde a unas dolomías basales (60 m) y calizas masivas muy recrystalizadas que pueden tener una potencia de hasta 200 m.

Garumnense

Dentro de la serie continental roja de Garumnense existen en las unidades intermedias algunos niveles métricos de calizas y calizas lutíticas de poca importancia. Sin embargo en

las unidades superiores se intercala una potente barra de calizas masivas (de 10 a 100 m en Ogassa). La potencia es variable pues hay repeticiones litológicas propiciadas por la tectónica. Hacia el Este, los niveles calcáreos se van haciendo menos potentes hasta desaparecer. La potencia máxima del acuífero es de 100 m dentro de una serie global continental que puede sobrepasar los 350 m.

Formación Cadí

Ya dentro del Eoceno marino se sitúa la formación Cadí. Se trata de una serie de calizas compactas de color gris claro con abundancia de Nummulites y Alveolinas. Se encuentra en todas las unidades alóctonas de la Garrotxa alcanzando su máxima potencia hacia el W en la Sierra del Cadí (Divisoria Segre-Llobregat, ya fuera de la Hoja).

Está formada por una serie de ciclos carbonatados del orden de 40 m y una potencia global variable. En la base hay margas con finos niveles de areniscas. A techo, aparecen pequeños ciclos granodecrecientes de unos 2 m de potencia que terminan en una capa de arenisca gruesa que da paso a las calizas lagunares de la formación Coronas.

Formación Coronas

Las barras calcáreas de esta formación, si bien tienen poca potencia, representan el nivel más permeable de toda la serie. En general hay dos niveles calcáreos lacustres muy karstificados separados por un tramo detrítico muy desarrollado. La potencia total es del orden de 200 m, pero los tramos calcáreos posiblemente no representan más del 20%.

La Formación Coronas se encuentra tanto sobre la F. Sagnari (margas) como sobre la Formación Cadí (calizas).

Formación Penya

Se encuentra únicamente en el sector oriental (cuencas de Fluvià y Muga) y desaparece en la cuenca del Ter, como paso lateral a la F. Armancies (margosa).

Se trata de una serie carbonatada con pasadas más o menos detríticas que alcanza su máxima potencia (350 m) en el sector central (Mare de Deu del Mont).

Formación Tavertet

Esta y las formaciones siguientes corresponde a los bordes de la Plana de Vic.

La Formación Tavertet constituye la más importante desde el punto de vista hidrogeológico. Se trata de una sucesión de calizas bioclásticas que constituyen formas acantiladas de color grisáceo (Cingles de Tavertet, El Far, St. Roc, Montjuic, etc.). Litológicamente engloba 3 tramos fundamentales: uno inferior terrígeno, un tramo intermedio de calizas nummulíticas y otro superior con aumento de terrígenos e intercalaciones margosas que dan paso a las margas azules (F. Coll de Malla y F. Banyoles). La potencia total es constante entre 50 y 60 m.

Por debajo de esta formación, se ha cartografiado en la zona de Vic los conglomerados rojos de la F. Romagats y de la F. Vilanova de Sau, que considerados impermeables en conjunto por la presencia mayoritaria de lutitas, pueden ser susceptibles de algún aprovechamiento en los tramos más groseros.

Formación Folgueroles

Se trata de un conjunto arenoso que se sitúa por debajo de las **margas de Vic**. Su potencia es del orden de 100 m. El tramo superior arenoso, de aspecto masivo y abundancia de glauconita, al parecer suministra caudales aceptables al Este de la ciudad de Vic.

Hacia el NE alcanza una gran potencia (F. Puigsacalam) a la vez que adquiere un carácter impermeable.

Por el contrario hacia el Sur, desaparece a la altura de Seva dando paso a la F. Collbas.

Formación Tossa (Calizas con corales)

Aflora únicamente en el sector occidental de la Plana de Vic. Se trata de bancos de calizas con corales asociados con episodios terrígenos. La potencia máxima 45 m corresponde al arrecife de S. Bartomeu del Grau.

Su interés hidrogeológico es muy reducido por la elevada cota de los afloramientos y la baja permeabilidad del conjunto.

Rocas volcánicas

Hay dos episodios volcánicos. Uno se localiza en el borde Sur de la Zona Axial asociado al Permotrias de muy poco interés desde el punto de vista hidrogeológico.

El segundo episodio, por el contrario, define por sí sólo el sistema Acuífero N° 70 (Zona Volcánica de Olot) asociado a los depósitos cuaternarios del río Fluvià y afluentes.

Se trata de un vulcanismo finiterciario y Cuaternario asociado a la tectónica distensiva de los Catalánides, en general de carácter permeable. La superficie ocupada supera los 50 km² y el espesor de este irregular recubrimiento va desde unos pocos metros hasta un máximo reconocido de 150 m.

Existen un buen número de conos volcánicos muy bien conservados. La morfología de las coladas se adapta a la topografía subactual y así en las llanuras se extienden ampliamente mientras que en los valles fluviales se adapta a las exigencias impuestas por la topografía de los márgenes.

Las coladas varían entre fluidas y viscosas a partir de basaltos y basanitas, mientras que los depósitos piroclásticos se constituyen como acumulaciones de escorias, cenizas y lapilli.

Dada la edad reciente de las erupciones las coladas han interferido los cursos de los ríos y se hallan interestratificadas entre las distintas terrazas fluviales. Ello confiere al conjunto volcanico-aluvial el de carácter de un acuífero muy interesante.

Cuaternario

Presenta un amplio desarrollo superficial en algunas zonas pero en general la potencia y la permeabilidad son pequeñas excepto en el área de Banyoles, donde adquieren gran importancia los travertinos, y en los cursos bajos de los ríos Ter, Fluvià y Muga.

En la Plana de Vic se presenta la mayor extensión de depósitos de origen eluvial-coluvial, mientras las terrazas alcanzan su mayor desarrollo en el río Ter y en el Fluvià.

Las terrazas son de bolos, gravas, arenas y, localmente, limos. La potencia es muy variable aunque en general no es grande. El aluvial del Ter tiene menos de 1 m al N de la Farga de Bevié, 7 m. en St. Quirze de Besora y 10 m en Borgonyà, Vilaseca y Torrelló. En otras zonas el río discurre por encima del Terciario del valle del Ter, todavía en fase erosiva, sin haber alcanzado su perfil de equilibrio.

Los cantos son predominantemente calcáreos mesozoicos y en menor proporción de materiales más antiguos: cuarcitas, pizarras, granitos, etc.

En el interior los aluviones contienen cantos de areniscas procedentes de las Sierras adyacentes y el conjunto es menos permeable al haber mayor cantidad de limos y arenas finas.

El Cuaternario, en cambio, alcanza toda su importancia en los cursos bajos de los ríos Ter, Fluvià y Muga donde los depósitos fluvio-deltaicos alcanzan gran espesor, alta permeabilidad y por tanto el mayor interés hidrogeológico.

Las **cubetas aluviales** más importantes son en el río Ter las de Bescanó-Girona y Celrà-Flassà. Su terraza más reciente tiene de 2 a 3 m. sobre el nivel del río. La más importante es la de 7 a 10 m. sobre el nivel del río. Consta de una formación inferior de gravas bastante cementadas con una potencia de hasta 8 m. Sobre ella se asientan los materiales finos propios de las decrecidas. La potencia conjunta de la terraza, unos 10-12 m. hace que en ocasiones la conexión con el río no se establezca, dificultando la explotación.

En los ríos Fluvià y Muga las terrazas alcanzan un desarrollo muy irregular y no se conforman grandes cubetas aluviales hasta alcanzar sectores de la cuenca más baja.

Los **depósitos deltaicos** alcanzan una extensión muy considerable en superficie desde Roses a la Playa de Pals, llegando por el interior hasta Figueres y Colomés. Sin embargo se trata de depósitos finos, fangos, limos y arenas sobre los que se desarrolla un suelo agrícola muy productivo.

Por el contrario, los depósitos más groseros, de mayor interés hidrogeológico, cubren áreas mucho más reducidas correspondientes a los antiguos deltas de los ríos Muga, Fluvià y Ter.

En estos casos el espesor de la formación alcanza los 40-50 m. y sólo los últimos metros corresponden a gravas. Así en conjunto, y sólo en estas zonas, puede hablarse de un acuífero superficial de arenas finas (4-10 m) y uno profundo de gravas limpias separadas por una cuña de 20-30 m. de fangos y limos arenosos de permeabilidad baja.

Más hacia la costa las gravas inferiores se acuñan dando paso a únicamente sedimentos finos, como es propio de la zona distal de la sedimentación fluvial.

En la zona próxima a Banyoles hay que destacar la presencia de importantes acumulaciones de **travertinos** que rodean al lago actual. Los afloramientos más importantes son los reconocidos como travertino de Banyoles, de unos 21 km² al sur del mismo, y el travertino de Esponellà, de 12 km² y basculante hacia la cuenca del río Fluvià.

Los espesores registrados alcanzan hasta 80 y 120 m, respectivamente.

5. SISTEMAS ACUIFEROS Y UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Dentro de la Hoja aparecen una serie de sistemas, subsistemas y unidades hidrogeológicas de distinto rango más o menos relacionadas entre sí. En función de los ríos que acaparan la mayor proporción del agua drenada, se pueden separar los subsistemas siguientes:

- SISTEMA 69: ZONAS KARSTICAS DEL PIRINEO ORIENTAL

- Subsistema 69.2. Alto Ter**

- Subsistema 69.3. Ter Medio**

- Subsistema 69.4. Fluvià-Banyoles**

- Subsistema 69.5. Alto Muga**

- SISTEMA 90: ZONA VOLCANICA DE OLOT

- SISTEMA 71: ALUVIALES DE LLOBREGAT AL MUGA

- Subsistema 71.1. Baix Fluvià-Muga**

- Subsistema 71.2. Baix Ter**

5.1. SISTEMA 69: ZONAS KARSTICAS DEL PIRINEO ORIENTAL

5.1.1. Subsistema 69.2: Alto Ter

Este subsistema está compuesto de una serie de unidades hidrogeológicas que a continuación se describen:

Unidad 69.2.1: Taga

Se sitúa entre los ríos Ter y Freser y corresponde al macizo del Taga (2032 m) y Sierra Cavallera. El acuífero fundamental corresponde a las calizas del Devónico.

La superficie permeable abarca 18 km² sobre los que la precipitación media es importante (1100 mm) y son abundantes y duraderas las nieves.

El drenaje se realiza hacia el río Freser a través de los torrentes Segadell, Vilaró, Massanas y La Corba, y hacia el río Ter fundamentalmente a través de las fuentes de Ogassa (Font Gran y La Mina).

Los aforos realizados en la Font Gran dan idea del descenso de caudal entre Mayo (123.6 l/sg) y Julio (23 l/sg) de 1986. Aún suponiendo que el caudal sea muy superior en invierno el caudal medio seguramente es inferior a los 100 l/sg. En torrent Matatosca, que se origina en Ogassa se aforaron 158 l/sg. en Marzo.

El drenaje hacia el Freser es más difícil de cuantificar. Los torrentes Massanas y la Corba son de poco caudal: 13.6 y 11.9 l/sg respectivamente en Marzo. El drenaje principal puede corresponder al T. Vilaró está canalizado para producción de energía hidroeléctrica lo que indica también que la precipitación del año fué muy inferior a la media (607 mm frente a 1100 mm) por lo que los caudales son poco representativos.

En cualquier caso, si con esta pluviometría el drenaje es del orden de los 200 l/sg se pueden suponer unos recursos medios superiores por lo menos en un 50%, es decir de 10 hm³/año. Si consideramos la extensión de los afloramientos permeables (18 km²) y la precipitación media (1100 mm) ello representaría un coeficiente de infiltración del 50% lo que no parece exagerado si tenemos en cuenta la precipitación de origen nival en estos macizos.

Como orden de magnitud puede considerarse que el drenaje se establece aproximadamente en un 50% para cada una de las cuencas Ter y Freser, es decir 5 hm³ a cada río.

No existe explotación significativa en esta unidad, excepto los manantiales (Ogassa, etc.) que se utilizan para abastecimiento rural.

Unidad 69.2.2 Pal-Camprodon

Constituye la prolongación oriental de la Unidad del Taga y está formada por el mismo acuífero de calizas devónicas. Su importancia es menor pues se va estrechando progresivamente en sentido Este.

La recarga se establece exclusivamente a partir de la lluvia aunque en este caso el componente nival sea menor.

El drenaje corresponde al río Ter, bien directamente, bien a través del Torrent del Pas del Coll. Este último torrente tiene un caudal relativamente constante: En 1986 se contabilizaron 97 l/sg en Marzo, 58 en Junio y 47 en Julio, en este caso tras un día de lluvia.

No se dispone de otros datos para calcular los recursos de esta unidad que el asignar un coeficiente de infiltración sobre la precipitación caída. Extrapolando el 50% asignado a la unidad del Taga resultan unos recursos de 6 hm³/año.

El drenaje, como ya se ha dicho, tiene lugar hacia el río Ter, siendo una de las zonas más favorables para la explotación los alrededores de Camprodon donde, sin duda, se relaciona esta unidad con el aluvial del valle del Ter.

No existe explotación salvo en el aprovechamiento de los manantiales para el abastecimiento urbano y rural.

Unidad 69.2.3 Mogrony-St. Amanç-Puntill

Se trata de una unidad más compleja en la que el acuífero principal corresponde a una banda de calizas lacustres del Garumnense. Esta unidad se prolonga en la Cuenca del Fluvià con la Unidad de Rocabruna. La separación entre ambas se ha hecho coincidir con la divisoria hidrográfica entre las dos cuencas.

La extensión de los afloramientos permeables es de 15 km². La recarga es exclusivamente por lluvia y la descarga contabilizada en el inventario, menos de 2 hm³/año, no parece suficientemente representativa

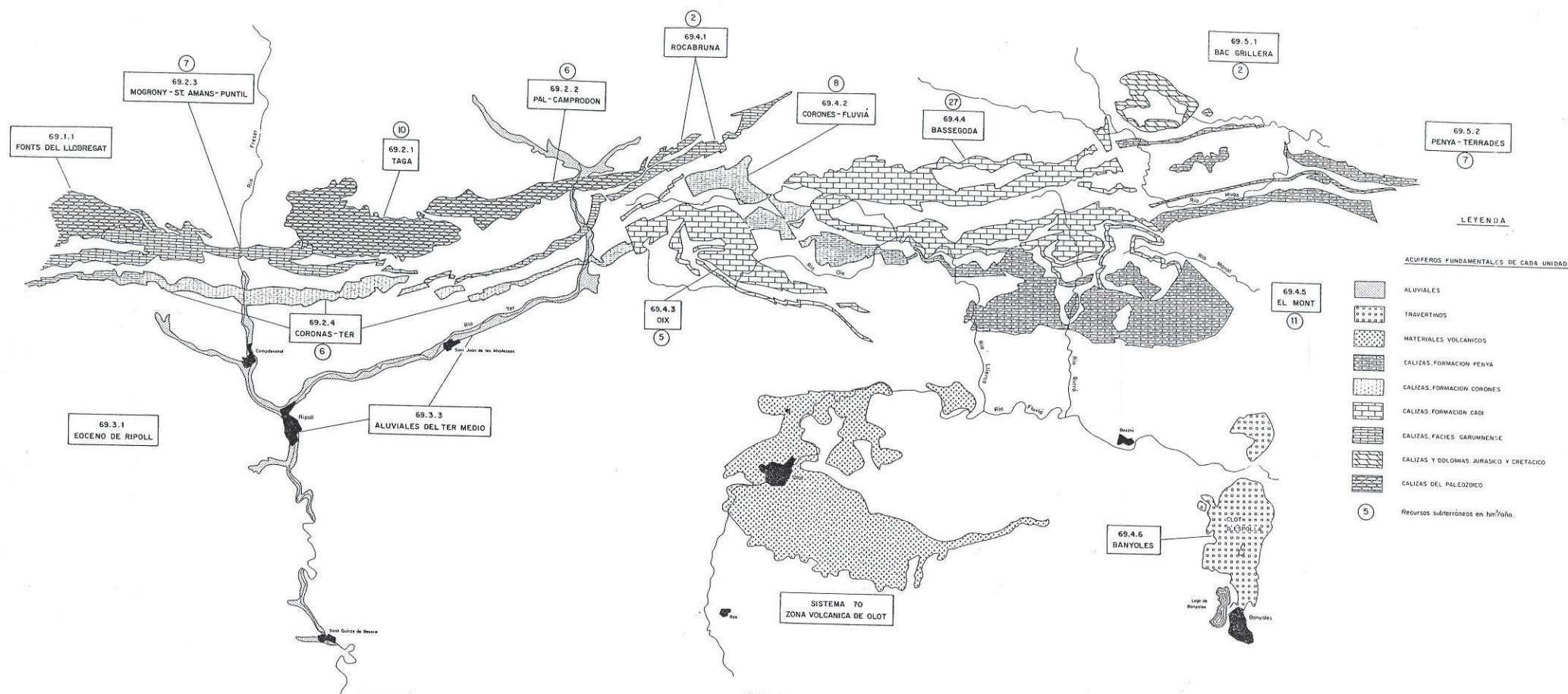


Fig. 3.- Esquema de unidades hidrogeológicas del Alto Ter-Fluvià-Muga.

Los recursos aproximados se establecen asignando un coeficiente de infiltración a la precipitación caída sobre los afloramientos permeables. en este caso, un 40% puesto que ya no tiene incidencia la precipitación nival. Según ello los recursos medios serán del orden de 7 hm³/año que, en su mayor parte, son drenados hacia el río Ter (5 hm³/año) y en menor proporción hacia el Freser (2 hm³/año).

Al igual que en las unidades anteriores no existe explotación con sondeos y únicamente se aprovechan los manantiales para abastecimiento rural.

Unidad 69.2.4. Corones-Ter

La Unidad de Corones es similar a la anterior. Corresponde a una banda alargada en sentido Este-Oeste conformada por la alineación calcárea de la F. Corones. Al igual que el Garumnense, se prolonga hacia la Cuenca del Fluvia donde alcanza su máxima potencia.

En la cuenca del Ter su potencia es pequeña, inferior a 20 m. pero debe destacarse por su buena permeabilidad.

La recarga se realiza por la lluvia y la descarga hacia el río Ter y el río Freser. En este caso soporta una explotación incipiente en la zona de Ripoll-Campdevàdol con sondeos que en total deben explotar 1 hm³/año.

Considerando un coeficiente de infiltración del 40% como en la Unidad anterior, los recursos serían del orden de 6 hm³/año. Descontando la explotación de 1 hm³/año el drenaje se verificaría hacia el río Ter (3 hm³/año) y hacia el Freser (2 hm³/año).

Unidad 69.2.5 Queralbs

Con esta denominación se agrupa una serie de afloramientos discontinuos de calizas cámbricas drenadas por multiples manantiales. Debido a su elevada cota no han sido motivo de un estudio detallado pero el inventario ha permitido constatar que el caudal drenado por los manantiales es de 4,9 hm³/año lo que da idea de su potencialidad.

Este dato, unido al de la pluviometría (1200 mm) y la de la superficie permeable (9 km²), hacen pensar en una infiltración elevada, del orden del 50%, que se ha considerado por otra parte en las unidades del Taga y Pal-Camprodón.

Según ello se pueden considerar para esta unidad unos recursos de 5 hm³ drenados directamente al río Freser.

La explotación es la propia de los manantiales pues no se han localizado ni sondeos ni pozos significativos.

Subsistema 69.2 Resumen

La aportación subterránea tanto del río Ter como del Freser es de unos 19 hm³/año lo que totaliza 38 hm³/año. Este dato está muy alejado de los 65 hm³/año deducidos de la

descomposición de hidrogramas para el conjunto de la aportación subterránea. Ello indica en primer lugar que los coeficientes de infiltración asignados no son excesivos sino más bien lo contrario.

Para completar los 27 hm³/año hay que tener en cuenta que no se ha contabilizado el acuífero aluvial que se extiende a todo lo largo del Ter hasta Camprodrón, y tampoco la escorrentía hipodérmica que debe ser importante en una cuenca de las dimensiones de la señalada: 740 km².

En toda la zona no existe apenas pozos ni sondeos excepto en la zona de Campdevàrol en que se explota mediante sondeos 1 hm³ de la unidad del Ter-Corones.

El aprovechamiento/ descarga de los manantiales es máximo en la Unidad de Queralbs 4,9 hm³/año y el único manantial significativo es la Font Gran de Ogassa con un caudal medio de menos de 100 l/s.

En general se trata de aguas de buena calidad propias de la alta montaña. Las facies son bicarbonatadas cálcicas y la conductividad está siempre por debajo de los 300 μ S/cm salvo casos anómalos.

5.1.2. Subsistema 69.3: Ter Medio

En este subsistema más que unidades hidrogeológicas se han separado conjuntos de acuíferos discontinuos, en un caso longitudinales (aluvial), y en otros heterogeneos de baja permeabilidad (Eoceno de Ripoll y Plana de Vic).

Unidad 69.3.1. Eoceno de Ripoll

Se trata de zonas inexploradas desde el punto de vista hidrogeológico puesto que corresponden a acuíferos muy pobres intercalados en conjuntos claramente impermeables.

Es significativo que entre Ripoll y Sau los hidrogramas indiquen una aportación subterránea nula.

El interés de esta unidad es, pues, puramente local y los aprovechamientos muy pocos significativos desde un punto de vista global.

Los acuíferos se reducen a bandas poco potentes de areniscas o calizas arenosas cuya fisuración puede dar lugar a una cierta permeabilidad muy localizada.

La recarga es exclusivamente por lluvia y el drenaje se produce por múltiples manantiales cuya gran oscilación a lo largo del año da idea de una escasa capacidad de embalse. El 50% de los manantiales tiene caudal inferior a 0,5 l/s y sólo un 10% supera 1 l/s. El caudal máximo suele ser inferior a 3 l/s.

Los sondeos generalmente son de menos de 100 m de profundidad y más del 50% resultan nulos. El resto con caudales que rara vez sobrepasan l/s.

En estas circunstancias no puede señalarse ninguna cifra de recursos específicamente subterráneos pues vienen claramente incluidos en las aportaciones superficiales.

Unidad 69.3.2. Plana de Vic

Se trata de una unidad heterogénea que prácticamente no figura en la presente Hoja. El aluvial del río Gurri es muy poco permeable al igual que los terrenos eocenos circundantes. Sin embargo la creciente realización de sondeos ha puesto de manifiesto la existencia de ciertos acuíferos en profundidad, correspondientes bien a areniscas, bien a calizas arenosas.

Las formaciones acuíferas delimitan a modo de subunidades. La F. Tossa se encuentra prácticamente colgada al NW de la capital (SW de la Hoja). Sus recursos se han estimado en un máximo de 2 hm³/año aunque su drenaje principal, el Arroyo Sorreitg, indique que es el acuífero de mejor permeabilidad. La formación Tavertet aparece también en la hoja generalmente en afloramientos colgados drenados por fuentes.

La explotación actual es del orden de 6 hm³/año y corresponde a un buen número de sondeos, todos ellos situados en la Plana de Vic, ya fuera de la Hoja. Hay que decir que, al tratarse de acuíferos muy pobres en general, la explotación está muy diversificada impidiendo acciones puntuales espectaculares.

En esta unidad existían grandes indefiniciones en profundidad que han tratado de paliarse con la investigación geofísica. El resultado es la localización de una serie de niveles resistivos a muy poca profundidad pero que de momento es difícil asimilar enteramente a niveles acuíferos.

Unidad 69.3.3. Aluvial del Ter

Esta unidad engloba una serie de aluviales discontinuos a todo lo largo del río. No han sido objeto de investigación especial y sus recursos se estima están íntimamente relacionados con la posibilidad de influir en los cursos superficiales.

Las zonas con mayor extensión del acuífero son las de Camprodrón y el Sur de Ripoll.

El inventario realizado es poco significativo pero da idea de las características del acuífero. Los pozos son casi siempre inferiores a 10 m y los caudales están comprendidos entre 2 y 7 l/s generalmente si bien hay pozos que superan los 50 l/s.

La extracción total correspondiente al inventario es de 3,6 hm³/año, si bien es posible considerar cantidades algo mayores.

Dada su ubicación próxima al río en zonas surcadas por múltiples canales y con importantes caudales circulantes, el interés de su explotación es muy relativo y en cualquier caso ligado a las concesiones de aguas superficiales.

La calidad en este subsistema es muy variable y condicionada a los vertidos industriales al río Ter. La conductividad sobrepasa en muchos casos los 1000 μ S/cm.

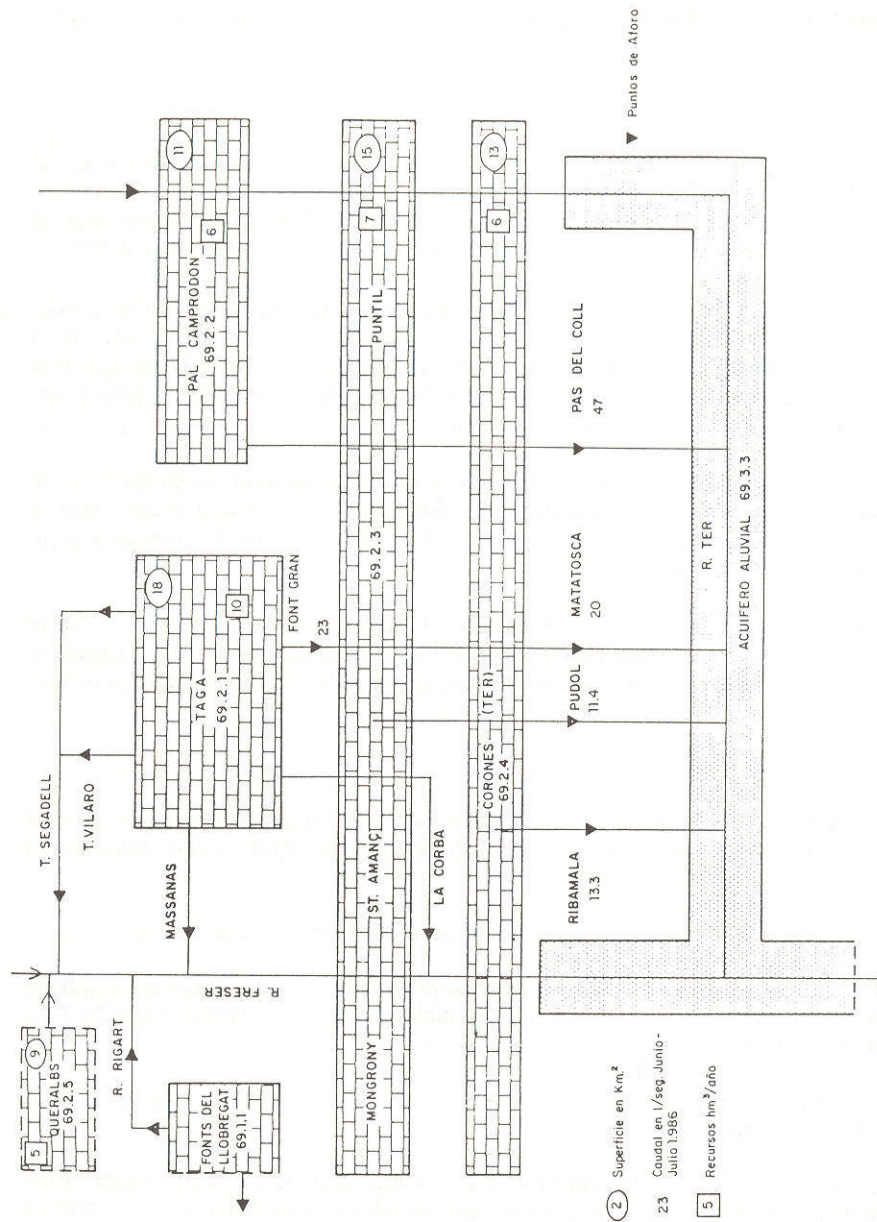


Fig. 4.- Unidades del Alto Ter. Esquema de funcionamiento.

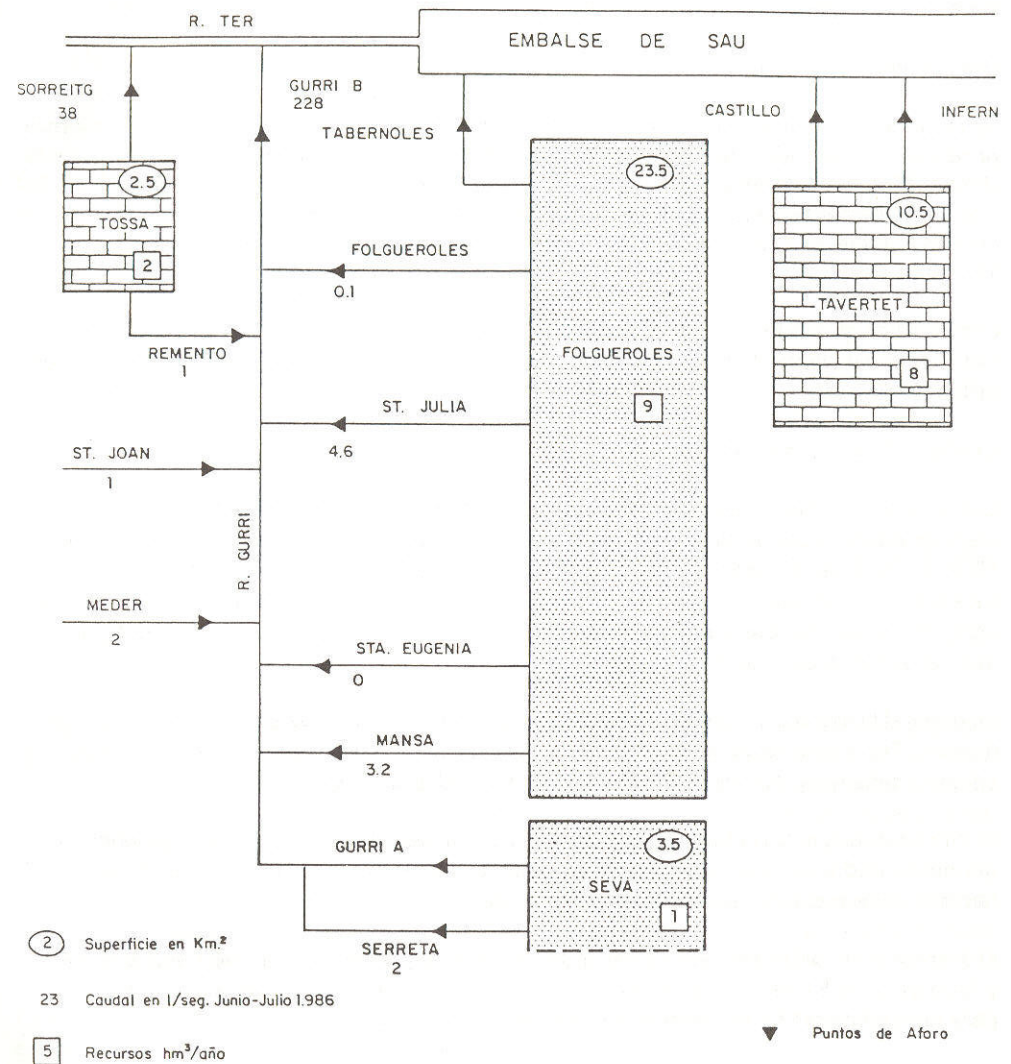


Fig. 5.- Unidad 69.3.3 Acuíferos de la Plana de Vic. Esquemas de funcionamiento.

5.1.3. Subsistema 69.4: Alto Fluvià-Banyoles

Unidad 69.4.1. Rocabruna

Se trata de una unidad menor, de tan solo 7 km² de afloramiento permeables. El acuífero principal corresponde a la banda de calizas lacustres del Garumnense, prolongación de la Unidad Mogrony-St. Amanç-Puntal. Se trata de una serie invertida con buzamiento Norte, lo que limita bastante las posibilidades de explotación de esta Unidad, ya de por sí mermadas debido a su elevada cota. Sobre ella se encuentra la divisoria Ter-Fluvià y Pirineo Oriental-Tec (ya en Francia).

El drenaje origina al río Llerca, aguas arriba de Baget. Los recursos se han asignado considerando un coeficiente de infiltración del 20% en 2 hm³/año. (Caudal medio de drenaje del orden de 60 l/seg.).

Unidad 69.4.2. Corones-Fluvià

Con esta denominación se designa una serie de estructuras en que el soporte fundamental corresponde a la banda de calizas de la F. Corones. Se trata de un acuífero poco potente 10-40 m. Pero de una gran permeabilidad por karstificación. Sobre estas calizas muy puras se suceden los fenómenos de admisión y emisión y a priori constituyen el principal objetivo ante una futura explotación. Su disposición estructural es asimismo favorable puesto que en muchas zonas deben constituirse cuencas artesianas.

En general la estructura corresponde a un sinclinal que se extiende en sentido W-E desde la divisoria Ter-Fluvià hasta las proximidades del río Llerca. Por la parte Sur este sinclinal está en parte cabalgado por las calizas de la F. Cadí (Unidad de Oix).

Es difícil establecer la recarga de esta unidad, pues si bien el afloramiento es pequeño su alta permeabilidad y las relaciones con los ríos que la cruzan (Oix y Salarsa fundamentalmente) hacen que los recursos reales sean mucho mayores.

El drenaje principal se establece a partir del río Salarsa que tiene un caudal medio entre Abril y Julio de unos 5 l/seg., muy inferior a los 8 hm³ estimados como recursos de esta Unidad, para un coeficiente de infiltración de un 40%.

Unidad 69.4.3. Oix

En este caso el acuífero principal corresponde a la formación Cadí, si bien se ha asimilado también a esta unidad una banda de calizas de F. Corones que se dispone al Sur del acuífero principal. La conexión entre ambas solo es posible en algunas zonas pues en otras están separadas por un tramo margoso.

En esta unidad se refleja claramente la incongruencia entre la infiltración potencial y los caudales drenados.

Dado que la superficie permeable es del orden de 19 km² y la pluviometría de 1100 mm. aún considerando un coeficiente de infiltración conservador (20%) los recursos ascenderían a 5 hm³/a, o lo que es lo mismo a un caudal medio de más de 180 l/seg. Sin embargo, los caudales aforados en la riera de Oix son anormalmente bajos (Abril 27,7 l/seg., Mayo 2,0, Junio 0,6 y Julio 0,7 l/seg) con una media de 7,5 l/seg.

El resultado no puede ser otro que, o bien toda la aportación subterránea se produce en invierno, o bien el drenaje se hace de forma subterránea hasta puntos más alejados.

Se ha controlado también el río Carreres que discurre al Sur de esta Unidad. Los caudales son algo superiores, con una media Abril-Julio de unos 25 l/seg. también insuficiente y que debe corresponder principalmente a escorrentía hipodérmica, precisamente por la baja permeabilidad de la mayor parte de la cuenca. En esta zona, sin embargo, se encuentran algunos de los puntos más favorables para la ubicación de captaciones de explotación pues la banda permeable de la F. Corones se sumerge con buzamiento SW por debajo de las margas ilerdenses.

Unidad 69.4.4. Bassegoda

Es la de mayor extensión, 39 km², y sobre la que se producen los fenómenos kársticos más interesantes.

El acuífero principal corresponde a la F. Cadí que conforman los relieves principales (Bassegoda), si bien engloba también otros acuíferos (F. Corones).

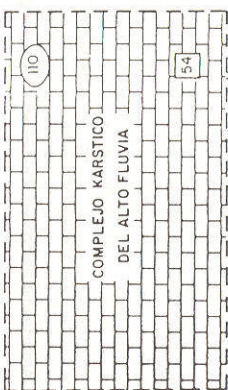
Se trata de unas estructuras cabalgantes en sentido Sur entre las que destaca la aparición del granito a modo de ventana tectónica. La F. Corones ocupa el eje de un sinclinal E-W truncado por uno de los cabalgamientos. La sucesión de formaciones permeables (Cadí, Corones) con otras impermeables (granitos, margas) hace que se sucedan los fenómenos de infiltración y surgencia de los ríos que cruzan la unidad: Llerca, Aniol y Burró.

Según los aforos efectuados entre Abril y Julio se infiltran en la Unidad un mínimo de 800 l/seg. El hecho de que los ríos Llerca y Aniol aparezcan secos la mayor parte del año hace presumible que en esta cuenca se infiltre la totalidad de la aportación.

Lo mismo puede decirse respecto al río Burró, que a la salida de la Unidad aparece seco o con caudal inapreciable a lo largo de los mismos meses.

Según esta interpretación, por lo menos en esta Unidad, los recursos no se circunscriben a la infiltración sobre los afloramientos permeables sino a la aportación de toda la cuenca. Dado que ésta es de 90 km² y la precipitación media de 1000 mm. Si se considera un coeficiente de escorrentía del 30% resultan unos recursos estimados de 27 hm³/año.

El drenaje de esta unidad solo puede hacerse de forma subterránea a una zona mucho más alejada y que en principio se considera el lago de Banyoles y sus emergencias asociadas, que drenan hacia el río Fluvià.



2 Superficie en Km²
 23 Caudal en l/seg. Mayo 1986
 5 Recursos hm³/año

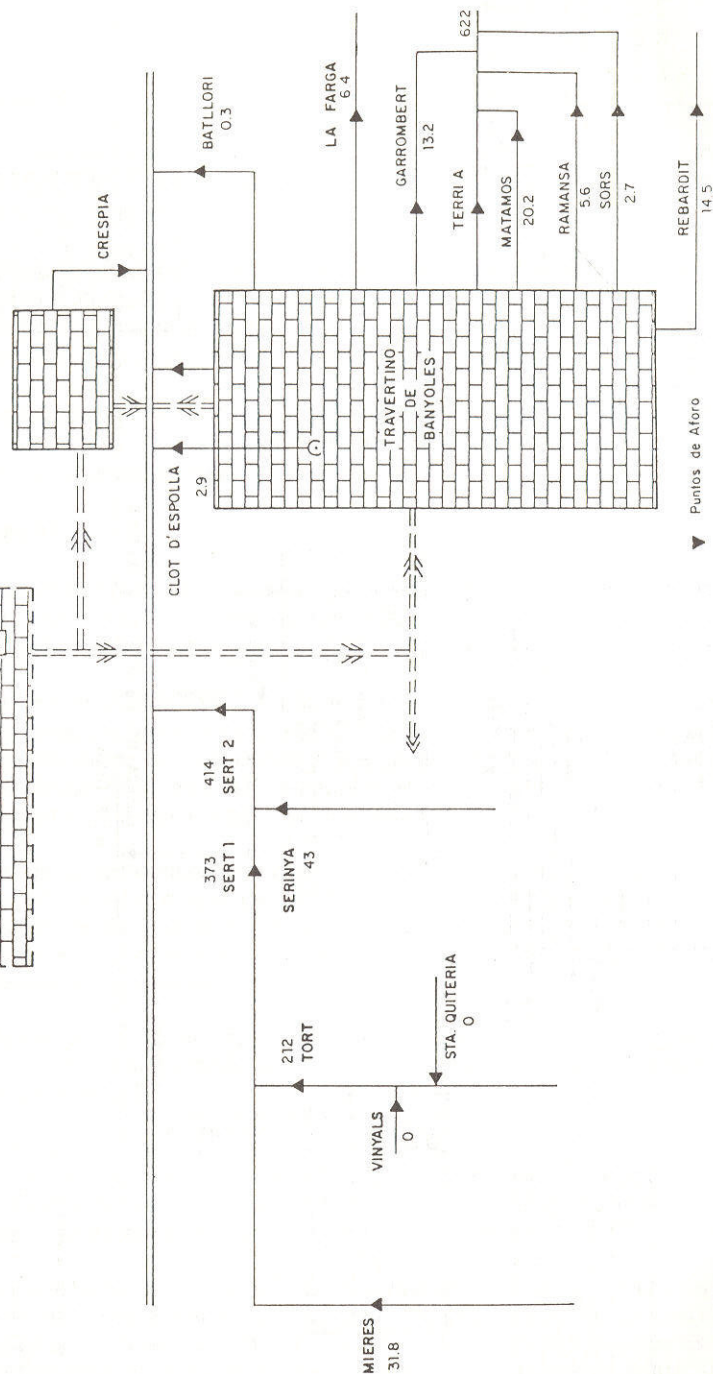


Fig. 7.- Unidad 69.4.6 Banyoles. Esquema de funcionamiento.

Algunos aforos complementarios indican que en verano el drenaje de los travertinos es poco importante. Mientras los arroyos que los drenan no representan ni el 10% del caudal del río Terri.

Por el contrario el travertino superior de Espolla tienen unas salidas difusas difíciles de contabilizar. Los arroyos que se originan en el travertino tienen un caudal que en conjunto es pequeño. Mención aparte merece el Clot d' Espolla, surgencia que sólo aparece después de abundantes lluvias. Pudo ser aforada en Marzo y en Abril de 1986 dando un caudal máximo de más de 1 m³/seg y un tiempo medio de emergencia de unos 15 días en cada ocasión. En total el caudal de la emergencia no ha superado 1 hm³/año pero su elevada cota, 40 m. sobre el nivel del lago, indica que el acuífero debe tener un caudal de drenaje continuo a lo largo del año a partir del río Fluvia. De hecho, por aforos diferenciales se ha constatado que el río originado en el Clot d' Espolla va perdiendo caudal al discurrir por el travertino. El caudal medio perdido es bastante uniforme: 307 l/seg. lo que representa el 44% del caudal medido en la propia surgencia.

Las surgencias del valle de San Miquel corresponden fundamentalmente al drenaje del río Tort con un caudal importante en invierno y muy bajo en verano. Máximo de 800 l/seg en Abril y mínimo de 4,2 l/seg en verano. Si bien es paralelo a la distribución de precipitaciones, es lógico pensar en una aportación subterránea con un mecanismo similar al producido en el Clot d' Espolla.

La aportación subterránea en Esponellà a partir de la descomposición de los hidrogramas es del orden de 83 hm³/a, de los que 10 hm³/a se drenarían hacia el Lago de Banyoles.

Esta cifra es superior a los recursos contabilizados para la totalidad de los acuíferos del Alto Fluvia que ascienden, de forma conservadora, a 53 hm³/a, por lo que no es deseable que esta cantidad sea bastante superior. Lo que sí parece es que no es probable un trasvase de estas unidades a la cuenca del Muga.

De hecho los aforos del río Manol, que es el que de alguna forma debería capitalizar este drenaje, indican un caudal insignificante en verano.

La calidad del agua es buena salvo en la zona de Banyoles donde son frecuentes las fuentes sulfurosas y las facies sulfatadas cálcicas.

5.1.4. Subsistema 69.5: Alto Muga

Unidad 69.5.1. Bac Grillera

Se trata de una Unidad menor que coincide con el cabalgamiento de terrenos mesozoicos sobre el Eoceno. Son calizas y dolomías jurásicas y cretácicas cabalgadas sobre un Eoceno predominantemente margoso.

El drenaje viene impuesto por el río Muga y su afluente el Riual. Solo se dispone de un dato de aforo en la cabecera del Muga que es indicativo de un cierto estiaje: 217 l/seg. a finales del mes de Junio tras un mes de lluvias escasas.

Los recursos se han establecido en base a estimar un coeficiente de infiltración: 30%, sobre los afloramientos permeables (5 km²). Dado que la pluviometría media es del orden de 900 mm los recursos estimados ascienden a menos de 2 hm³/año.

Unidad 69.5.2. La Peña-Terrades

Se trata de una Unidad compleja que engloba diversos acuíferos situados al Este de la falla de Albanyà.

El acuífero principal corresponde a la Formación Peña que dibuja un sinclinal truncado al W por las fallas que hunden estas estructuras por debajo de la sedimentación neógena de la llanura de l'Empordà.

En el núcleo del sinclinal afloran las margas y la banda de calizas de la F. Coronas.

La recarga de la Unidad se debe exclusivamente a las precipitaciones y la descarga por el río Muga y la Font de la Caula.

Sobre esta Unidad se produce una pérdida de caudal del río Muga, contabilizada por los menos en 54 l/seg en junio de 1986.

La Font de la Caula tiene un caudal medio a lo largo de 3 años de 55 l/seg. El río Muga por su parte tiene un caudal comprendido entre 163 y 888 l/seg. a la salida del sistema.

Considerando únicamente el caudal de base del Muga y la Font de La Caula, el drenaje de 217 l/seg. representa unos recursos medios del orden de 7 hm³/año.

La calidad del agua es buena, con facies bicarbonatadas cálcicas y magnésicas propias de los acuíferos carbonatados.

5.2. SISTEMA 70: ZONA VOLCANICA DE OLOT

El sistema 70 es muy reducido en su extensión pero se ha diferenciado por sus peculiares características. Engloba dos acuíferos principales: el material volcánico (basaltos y detríticos en general) de la zona de Olot y las terrazas aluviales asociadas al curso medio del río Fluvià.

El hecho de que existan materiales fluviales intercalados entre las sucesivas coladas de lavas o piroclastos, y que todos a su vez se hallan en conexión con el río, confiere al conjunto un carácter muy interesante. El cierre de los valles por las coladas basálticas provoca, asimismo, deposiciones detríticas anormalmente potentes, más o menos interdigitadas por cambios de facies entre sedimentos lacustres.

El Eoceno, sobre el que se depositan los sedimentos anteriores, es predominantemente impermeable pero engloba areniscas, conglomerados y calizas de baja permeabilidad.

La productividad media de los pozos es de 0,5 l/seg.m en los terrenos permeables, aunque

puede llegar a 5 l/seg. m en algunos aluviales. Por el contrario en el Eoceno no calcáreo es difícil alcanzar 0,1 l/seg.m.

La extracción actual de agua subterránea se cifra en 7 hm³/año de los que la mayor parte procede del aluvial del Fluvià en la zona de Olot.

Los abastecimientos a núcleos urbanos e industriales acaparan la casi totalidad de las extracciones. El riego es testimonial.

La piezometría está condicionada por el relieve y se refleja en los manantiales y los valles que marcan los niveles de base. El flujo subterráneo desciende en las mismas direcciones que las aguas superficiales, circulando por la Vall d' en Bas, La Vall de Bianya, la cubeta de Olot, el Pla de la Canya y el Valle del Fluvià hasta Castellfollit de la Roca.

Salvo problemas muy localizados la zona es excedentaria en aguas subterráneas y la capacidad de regulación de los acuíferos parece suficiente para asegurar el suministro en épocas secas.

Las aguas de los materiales evolucionan desde cálcico-magnésicas hacia una mayor proporción de sodio. El resto son bicarbonatadas cálcicas de mineralización moderada. Los contenidos en cloruros son bajos salvo en los aluviales, sobre todo en las áreas de bombeos importantes.

5.3. SISTEMA 71: ALUVIALES DEL LLOBREGAT AL MUGA

5.3.1. Subsistema 71.1: Baix Fluvia-Muga

Por su importancia hidrogeológica los depósitos cuaternarios de este subsistema y el siguiente, Baix-Ter, se han destacado en la Hoja II representados a escala mayor (1:100.000). Se trata de acuíferos cuaternarios en general, y fluvio-Deltaicos los más permeables, sobre un zócalo neógeno normalmente impermeable.

En los dos sistemas la evolución de la línea de costa condiciona los depósitos deltaicos. En general los depósitos de gravas a la entrada de las llanuras se identifican con áreas deltaicas proximales, mientras que la actual línea de costa correspondería ya a una zona distal con escasos depósitos gruesos y un gran porcentaje de materiales finos con salinidad congénita. El frente de esta salinidad representaría, a efectos de intrusión, una hipotética línea de costa situada tierra adentro algunos centenares de metros.

El subsistema 71.1 corresponde a un acuífero único constituido por los niveles detríticos gruesos de los depósitos aluviales y fluvio-deltaicos. Ello es particularmente cierto en las áreas interiores (aluvial del Fluvià aguas arriba de Sant Miquel y llanura del Muga aguas arriba de Fortià), pero hacia la costa el desdoblamiento del nivel de gravas origina un acuífero superficial libre y un acuífero semiconfinado profundo, constituido por uno o varios niveles permeables intercalados entre los depósitos detríticos finos del área deltaica.

El aluvial del Fluvià aguas arriba de St. Miquel es prácticamente desconocido y, en cualquier caso, de extensión reducida. Presenta su máximo desarrollo al entrar en la llanura costera, aguas abajo de la mencionada localidad, y está constituido por 20-30 m de gravas arenosas prácticamente saturadas.

En el Muga-Llobregat, los depósitos gruesos solo afloran en el borde noroccidental de la llanura de Figueres, para sumergirse rápidamente debajo de los limos que constituyen el llano, dando lugar a un acuífero que solo es relativamente conocido en el sector de Perelada, con un espesor de 10 a 20 m y en el que las gravas pueden llegar a predominar.

Con una litología variable y frecuentes cambios laterales, este acuífero superficial se extiende por toda la llanura costera, con una potencia máxima de 20 m.

El acuífero profundo, por su parte, está mal definido. En el valle del Muga empieza a diferenciarse a partir de la transversal de Vilasacra-Vilanova y en el Fluvià aguas abajo de Torroella. Su espesor varía entre 5 y 10 m y está separado del acuífero superficial por unos 10-20 m de limos arenosos. Esta estructura parece más o menos correcta para las áreas central y marginal de la llanura costera, donde el basamento plioceno se corta a profundidades generalmente inferiores a 40 m. Hacia la costa se complica por la diferenciación de varios niveles de gravas intercalados en una potente serie de limos deltaicos que supera los 100 m de espesor, hecho ya comentado anteriormente.

La permeabilidad en ambos acuíferos varía de 0,5 a $6,5 \times 10^{-3}$ m/d. Las transmisividades lo hacen entre 200-1200 m²/d en el acuífero libre y entre 500-1500 m²/d en el semiconfinado. Los coeficientes de almacenamiento oscilan entre 0,05-0,2 y $1,5 \times 10^{-3}$ y 4×10^{-4} respectivamente. De forma puntual, en un pozo experimental del REPO en Vilarrobau (vértice deltaico del Fluvià) se determinó una transmisividad de 30.000 m²/d, correspondiente a una permeabilidad de 900 m/d.

El rendimiento de los pozos hincados varía entre 40 y 90 m³/h, con caudales puntuales de hasta 250 m³/h. En el acuífero profundo son frecuentes caudales de 100 l/s con escasos descensos. Un rendimiento medio puede establecerse en 10 l/s/m.

De forma general puede considerarse que el Subsistema se alimenta principalmente por infiltración de las precipitaciones, de los excedentes de riego y de la escorrentía procedente de sus bordes. La descarga se produce directamente al mar. No está claro el papel que en ello juegan los ríos, aunque la buena permeabilidad del acuífero, la longitud de costa y la relativamente escasa penetración de la intrusión marina en condiciones naturales, hacen pensar en un importante flujo subterráneo al mar, difícil de compensar si no se consideran aportaciones de los ríos al acuífero.

Solo el Fluvià parece reflejar de forma clara su acción influyente, por la diferente calidad del agua del acuífero en sus proximidades (sulfatada como la del río) hecho que no se observa en el área del Muga debido a la identidad de facies hidroquímicas (bicarbonatadas cálcicas) entre el acuífero y el río. Sin embargo y por analogía es posible que la acción influyente también se produzca. También es posible que muchas explotaciones próximas a los ríos fuerzan la recarga de los mismos.

La alimentación de los niveles semiconfinados es común con el acuífero libre en las áreas interiores donde confluyen, hecho que justifica la analogía entre sus aguas.

Un mapa piezométrico aproximado del acuífero superficial, correspondiente al año 1984, sitúa la isopieza +1 m a más de 2 km de la costa en toda la llanura deltaica, penetrando hacia el interior más de 6 km a la altura del estrecho de Castelló d'Empúries. La isopieza 0 debe penetrar también profundamente, como lo prueban las numerosas marismas costeras y la frecuencia de zonas vadosas que precisan de drenaje artificial. La cota +10 a la altura de Vilasacra-Vilanova, mientras que en el Fluvià se rebasa en el límite del área deltaica, a la altura de St. Miquel. Del resto de la zona no se dispone información.

Del acuífero profundo se carece de datos que permitan tan siquiera un trazado aproximado. Según el REPO, la recarga del acuífero aguas arriba del inicio de los niveles semiconfinados se traducía en una fuerte elevación piezométrica en la llanura costera (de 2 a 3 m sobre el nivel del acuífero superior) que tomaba una disposición oval centrada en los valles del Muga y del Fluvià.

La profundidad del nivel estático es de 2 a 6 m en el valle de Muga y del 3 a 4 m en el área del Fluvià. Las oscilaciones piezométricas interanuales son siempre inferiores a 2 m y en la mayor parte de la zona generalmente no superan los 0,5 m. Las variaciones interestacionales son prácticamente imperceptibles, reflejándose solo los períodos muy húmedos (inviernos 78-79 y 81-82) y los estiajes prolongados (82-83).

Hasta el momento actual no se han realizado cuantificaciones hídricas exhaustivas en el Subsistema, de manera que no es posible establecer un balance representativo del mismo. Las cifras hasta ahora manejadas o son parciales (en el REPO solo se estudió la unidad costera) o demasiado globales (a nivel de cuenca), siendo difícil realizar un extracto de las mismas; dada la disparidad y poca precisión de los valores manejados en las distintas fuentes de información disponible (REPO, Plan Hidrológico, MPAC, etc).

Como cifras orientativas pueden considerarse las cifras del REPO para la unidad costera: unos recursos de 83 hm³/a, de los cuales 65 hm³/a proceden a la infiltración de los ríos, 12 hm³/a de la infiltración de las lluvias y 6 hm³/a de los excedentes de riego. Estos recursos para el conjunto del Subsistema se cifran en un mínimo de 46 hm³/a, según los últimos datos del ITGE siendo probables cifras muy superiores.

Tampoco se dispone de cálculos precisos de las extracciones de aguas subterráneas. Los únicos datos disponibles corresponden al MPAC, que cifra la explotación actual de aguas subterráneas en 25 hm³/a, 22 de los cuales se consumen. La extracción puntual más importante está representada quizás por las captaciones de abastecimiento a Roses, con unos 2 hm³/a. Situadas en la vertical de Castelló d'Empúries y cerca del Rec del Molí, son las principales responsables de la intrusión marina en la zona.

Calidad de agua

En el Subsistema Fluvià-Muga hay un claro predominio de las aguas bicarbonatadas cálcicas

que pasan a facies cloruradas sódicas en las proximidades de la costa, por efecto de la intrusión marina, o puntualmente en áreas contaminadas por abonos. De forma local, en las márgenes del Fluvià se dan facies sulfatadas posiblemente asociadas a la recarga del río. Las distintas facies se presentan en un amplio abanico sin solución de continuidad, en consonancia con la variabilidad litológica del acuífero (interacción de materiales carbonatados y evaporíticos) y la incidencia de fenómenos modificadores (intrusión, abonos, etc).

La mineralización total es generalmente aceptable, con una conductividad próxima a los $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ y un contenido en Cl^- inferior a los 100 ppm. Las durezas son altas, entre 200 y 500 ppm de Co_3Ca . Estos valores aumentan en las zonas contaminadas por intrusión y abonado, con determinaciones puntuales de hasta $16.500 \mu\text{S}/\text{cm}$ y 5.300 ppm de Cl^- en el delta del Muga. Las durezas normalmente no exceden los 2.000 ppm de Co_3Ca .

Las áreas de mejor calidad química corresponden a amplios sectores definidos a nivel de los propios acuíferos que, generalmente, coinciden con las grandes cubetas sedimentarias de los ríos de la zona, como las márgenes del Fluvià y la cubeta del Muga antes del estrecho Fortià-Castelló d'Empuries. En ellas la alimentación por las precipitaciones directas sobre el acuífero juega un papel importante y a ellas corresponde las aguas poco mineralizadas (sobre $500 \mu\text{S}/\text{cm}$) de tipo bicarbonatado cálcico (sulfatadas en el Fluvià), facies que empeoran rápidamente hacia los bordes pliocenos o hacia las áreas litorales.

Un fenómeno que no ha podido constatar de forma clara a través de los datos disponibles, es el efecto salinizador de los limos y fangos intercalados en los acuíferos fluvio-deltaicos, a pesar de que las referencias bibliográficas parecen demostrar su existencia. De todas formas no parece un fenómeno general sino más bien de carácter puntual, capaz de justificar anomalías locales de salinidad. En cualquier caso, y a través de métodos hidroquímicos convencionales, no parece posible diferenciar sus efectos de los debidos a la intrusión de aguas de mar.

En cambio, sí parecen directamente relacionadas con estas intercalaciones las concentraciones relativamente altas en F_e^{++} y M_n^{++} que presentan con frecuencia las aguas de este sector. Aunque no plantean problemas muy graves de calidad, producen molestias por las incrustaciones que originan en las rejillas y en las redes de distribución. La abundante materia orgánica contenida en los limos propicia la formación de ambientes reductores, capaces por sí solos de justificar el fenómeno.

5.3.2. Subsistema 71.2: Baix-Ter

Los materiales aluviales del Ter a lo largo de las sucesivas cubetas que lo jalonan forman generalmente un acuífero único, directamente conectado con el río a lo largo de todo su recorrido. Solo en algunos casos las terrazas más antiguas pueden dar lugar a acuíferos colgados más o menos desconectados del resto aluvial. Al mismo tiempo, y especialmente en el área deltaica, la irregularidad de las intercalaciones detríticas gruesas en la masa de limos y fangos predominantes da mayor complejidad al conjunto, interpretado generalmente como un sistema acuífero doble. Sin embargo, el carácter de paleocauce de los horizontes permeables provoca frecuentes irregularidades tanto en el acuífero superficial como en el profundo.

Por su naturaleza y características peculiares se pueden diferenciar tres áreas distintas:

- El área deltaica.
- Las cubetas de Celrà y Girona.
- El aluvial del Daro.

Mención aparte merece la **escama calcárea de Montgrí** (Cretácico alóctono) en la actualidad totalmente salinizada con contenidos en ión cloruro entre 1 y 3 gr/l, que frecuentemente llegan a sobrepasar los 7 gr/l, por lo que carece de explotación.

El drenaje del acuífero se establece fundamentalmente por el mar y, en menor medida, por la surgencia kárstica de Cinclaus caracterizada por su elevada salinidad y temperatura (20°C), **Els Bullidors**, lo que sugiere un origen profundo de la falla a la que está asociada, así como un prolongado tiempo de circulación.

La escama de Montgrí estaría lógicamente relacionada con las formaciones cuaternarias permeables que la circundan por el sector septentrional.

El área deltaica

El acuífero superficial es de naturaleza arenosa y se dispone de forma muy irregular sobre el paquete limoso. Tanto por su geometría como por su transmisividad es poco interesante y solo mejora cuando está constituido por los meandros abandonados del río, o bien, en el caso particular del área de Jafre, donde corresponde a la terraza directamente conectada con el río. En las áreas ocupadas por antiguas lagunas (Ullastret, Belcaire, Cinc Claus, etc) el relleno suele ser de barro limosos y muy poco permeables.

El acuífero profundo está constituido por gravas limpias a arcillosas que suelen constituir un acuífero excelente. Su distribución también es irregular, adaptando con frecuencia formas lenticulares superpuestas. Su presencia no se ha verificado en la cubeta costera, aguas abajo de la vertical de Torroella de Montgrí, donde el predominio de materiales finos hace pensar en una estructura deltaica distal junto a la costa actual, como en el caso del Fluvià-Muga. Su profundidad varía entre unos 10 m en Colomers hasta cerca de 40 m en el área costera del corredor de Albons, con un espesor también variable: 1-2 m en Colomers, unos 5 m en la cubeta de Verges, hasta 10 m en Albons y más de 20 m a la altura de Torroella.

Las cubetas de Girona y Celrà

La Cubeta de Girona está desarrollada entre Bescanó y la capital, prácticamente fuera de la Hoja en su totalidad. Está formada por el aluvial actual y la tercera y cuarta terrazas. La terraza más desarrollada es la tercera perfectamente conectada con el aluvial actual y el río en todo su recorrido. Solo la cuarta terraza carece en algunos casos de espesor suficiente para detraer caudales del río.

La geometría de la cubeta se ha establecido por geofísica eléctrica, dentro de la misma campaña desarrollada por el ITGE en el área del Fluvià-Muga en 1984. El espesor total del aluvial varía entre 5 y 15 m, dispuesto sobre un basamento conductor formado por las margas

eocenas a las arcillas plio-cuaternarias. Las coladas volcánicas de la margen izquierda se intercalan en el aluvial y las calizas eocenas que afloran en su margen derecha pueden dar lugar al resistivo de espesor no precisado que se ha detectado entre los 60 y 100 m de profundidad.

En la cubeta de Celrà los materiales aluviales presentan unas características similares, aunque el zócalo es mucho más heterogéneo y desaparecen las coladas volcánicas. Sigue, sin embargo, detectándose la presencia de un resistivo a profundidades comprendidas entre 150 y 250 m. De todas formas, la presencia de niveles detríticos eócenos productivos en todo el borde de les Gavarres (desde el área del Daró hasta Girona) dificulta su interpretación, precisando de investigaciones más detalladas.

Entre Girona y Sarrià de Ter se han construido pozos con profundidades de 130 a 240 m, que proporcionan aguas termalmente anómalas (entre 19 y 31°C), surgentes y salinas en algunos casos, ninguno de los cuales parece haber alcanzado las calizas eócenas.

El área del Daró

La cuenca del río Daró ha dado lugar a un relleno aluvial muy irregular entre los niveles paleógenos del borde meridional del Empordà, representado principalmente por los valles del Daró-Rissec, la riera de Peratallada y la riera Grossa de Pals. Los materiales aluviales pasan lateralmente a los deltaicos de la llanura del Ter.

El aluvial presenta un espesor medio de unos 10 m, superándose los 20 m al pasar a los depósitos deltaicos. Su naturaleza es fundamentalmente arcillosa, con intercalaciones más groseras que constituyen los horizontes productivos. En sus zonas más bajas se diferencian dos acuíferos que, al parecer, enlazan con los del conjunto deltaico.

Todo el sector se caracteriza por la presencia de un acuífero profundo constituido por los materiales calizos y/o detríticos del Eoceno.

Los distintos datos disponibles permiten establecer los siguientes valores para los acuíferos del Bajo Ter, valores análogos a los del Fluvià-Muga:

- Acuífero aluvial libre

Transmisividad: 200-1200 m²/d

Coefficiente de almacenamiento: 0,05 a 0,2

Rendimiento de los pozos hincados: 40 a 90 m³/h (hasta 250 m³/h de forma puntual)

- Acuífero confinado

Transmisividad: 500 a 1500 m²/d

Coefficiente de almacenamiento: 1,5 X 10⁻³ a 10⁻⁴

Permeabilidad: 0,12 a 6,5 X 10⁻³ m/d

Rendimiento de los pozos: 10 l/s/m (hasta 100 l/s)

El funcionamiento hidrogeológico debe venir condicionado por la acción de recarga del Ter en su aluvial, pues la caída de los rendimientos de los pozos en aquellos sectores del acuífero con una conexión deficiente con el río hace pensar que esta es importante, por lo menos a nivel del acuífero superficial.

En la recarga del acuífero profundo se barajan dos posibilidades y las dos pueden resultar ciertas: bien, se produce en las áreas interiores en que los dos acuíferos confluyen, o bien por recarga a través del acuífero semiconfinante. Esta última posibilidad estaba más o menos avalada por criterios hidroquímicos basados en las diferencias de salinidad observadas en pozos próximos, criterios que a pesar de todo presentan ciertas contradicciones.

Al igual que en área de Fluvià-Muga, no se disponen de cuantificaciones hídricas actualizadas del Bajo Ter. Los datos más desglosados corresponden a la evaluación de recursos del REPO y se refieren solo al sector deltaico: 95 hm³/a, de los cuales 75 proceden de la infiltración, 10 de las precipitaciones y los 10 restantes de los excedentes de riego. En los últimos estudios de ITGE se han establecido unos recursos subterráneos mínimos de 66 hm³/a para el conjunto aluvial del Bajo Ter.

No se conocen tampoco las extracciones de aguas subterráneas en la zona. Según el MPAC ascienden a unos 30 hm³/a, 20 de los cuales se consumen. Las extracciones más concentradas corresponden a abastecimientos urbanos y se realizan en el acuífero profundo del delta. En las proximidades de L' Escala las extracciones de esta población son superiores a 1 hm³/a y entre Gualta y Torroella de Montgrí se superan los 4 hm³/a en los abastecimientos a ambas localidades y a la mancomunidad de Pals-Palafrugell-Begur-Regencós. Esta última, por sí sola, supera el 50% del total extraído y representa una exportación de aguas fuera del Subsistema.

Calidad de agua

Los datos de calidad química del agua de que se disponen son escasos y hacen referencia mayoritariamente al delta del Ter (ITGE, 1981-85). Para esta zona son válidos los mismos criterios generales establecidos en el área del Fluvià-Muga: Aguas bicarbonatadas cálcicas, de mineralización media (unos 100 μS/cm), con bajo contenido en Cl⁻ (menos de 100 ppm) y dureza elevada (200 a 500 ppm de CO₃Ca), calidad que se deteriora hacia los bordes del aluvial (materiales pliocenos y eocenos) y hacia las áreas costeras afectadas por intrusión marina, con valores que alcanzan los 12000 μS/cm en las proximidades de L' Escala. Estas mismas calidades parecen mantenerse en las cubetas aluviales de Celrà y Girona, aunque quizás con menor grado de mineralización.

En la zona, el carácter salinizador de los sedimentos se plantea en algunos puntos con salinidades anómalas que no pueden explicarse por intrusión marina. Sigue también produciéndose problemas por presencia de Fe⁺⁺ y Mn⁺⁺ en el agua, al igual que en la zona del Fluvià-Muga y en general de la Costa Brava.

5.4. OTROS ACUIFEROS

Los acuíferos costeros tienen un interés pequeño, debido a sus reducidas dimensiones. Como

han sido sometidos a extracciones desmesuradas, se encuentran a menudo salinizados.

Se trata de pequeños aluviales con espesores entre 6 y 12 m., con arenas y gravas en la zona inferior. Así ocurre en Cala Riells, Cala Montgó y en las rieras del macizo de Begur.

También existen algunos pozos abiertos en el macizo granítico de Begur. En función de la zona alterada se alcanzan rendimientos de hasta 25 m³/h., con unos pocos metros de descenso.

Por último resaltar el hecho de que el tramo calcáreo del Eoceno inferior ha sido cortado en diversos sondeos de investigación con potencias entre 40 y 80 m. (sondeos de investigación petrolera de La Bisbal, Gerona 1 y 2).

Los pozos abiertos en el Eoceno de los foros de La Bisbal y de Regencós alcanzan hasta 60 m³/h, con descensos de 2 m.

En las captaciones de Torrent, que explotan el Eoceno calcáreo por debajo del detrítico de la Riera Grossa de Pals, el nivel piezométrico alcanzaba la cota + 3 m, y caracter artesiano.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	Sup. Km ²	LITOLOGIA	POTENCIA (m)	EDAD	RECURSOS MINIMOS hm ³ /año	EXPLOTAC. BOMBEO hm ³ /año	RENDIMEN. 1/seg.m.	CALIDAD	OBSERVACIONES
Sistema 69 zonas kársticas del Pirineo Oriental	69.2 Alto Ter	69.2.1 Taga	18	Calizas	100-300	Devónico	10	0	-	Excelente	-
		69.2.2 Par-Camprodon	11	Calizas	100-300	Devónico	6	0	-	Excelente	-
		69.2.3 Mongrony-St									
		69.2.4 Amanc-Puntill	15	Calizas	20-50	Garumense	7	0	-	Excelente	-
		69.2.5 Coronas-Ter	13	Calizas	10-60	Eoceno	6	1	0.5-2	Excelente	-
	69.3 Ter medio	69.3.1 Querals	9	Calizas	5-50	Cámbrico	5	0	-	Excelente	-
		69.3.2 Eoceno de Ripoll	-	Areniscas	-	Eoceno	-	1	0.01-1	Buena	Contaminación
		69.3.3 Plana de Vic	40	Arenis. y Cal.	-	Eoceno	20	6	0.1-10	Mediocre	-
		69.3.4 Aluvial del Ter	20	Arenas y Grav.	5-10	Cuaternario	-	3.5	10-50	Mediocre	-
		69.4.1 Rocabrúna	7	Calizas	50-150	Garum. Eoceno	2	0	-	Excelente	-
		69.4.2 Coronas-Fluvia	15	Calizas	10-60	Eoceno	8	0	-	Excelente	-
		69.4.3 Oix	19	Calizas	100-300	Eoceno	5	0	-	Excelente	-
Sistema 70 Zona Volcánica de Olot	69.4 Alto Fluvia Banyoles	69.4.4 Basegoda	39	Calizas	200-400	Eoceno	27	0	-	Excelente	-
		69.4.5 El Mont	30	Calizas	100-300	Eoceno	11	0	-	Excelente	-
		69.4.6 Banyoles	-	Cal. y Travertino	200-20	Eoceno + Q	-	0	0.1-5	Mediocre	Sulfatos
		69.5.1 Bac Grillera	-	Calizas	40-80	Mesozoico	2	0	-	Excelente	-
		69.5.2 La Penya-Terrades	-	Calizas	50-150	Eoceno	7	0	-	Excelente	-
	70.1 Alto Muga	70.1.1 Aluvial y volcánico de Olot	60	Basaltos, Grava.	10-60	Cuaternario	-	6	0.5-5	Buena	Contaminación
		70.1.2 Eoceno de la Garroba	-	Cal. y Areniscas	-	Eoceno	-	0.5	0.02-0.4	Buena	-
		71.1.1 Aluvial del Fluvia	70	Arenas, Gravas	5-40	Cuaternario	19	2	1-10	Buena	-
		71.1.2 Fluvio-Deltaica del Muga	105	Arena, Gravas	25-50	Cuaternario	20	6	1-10	Buena	Intrusión
		71.1.3 Deltaica costera	40	Aren. Grav. Lim	30-60	Cuaternario	7	2	0.5-5	Mediocre	-
		71.2.1 Fluvio-Deltaica	130	Aren. Grav. Lim.	5-40	Cuaternario	66	20	0.5-10	Buena	Intrusión
		71.2.2 Aluvial del Daro	45	Arenas, Gravas	5-20	Cuaternario	-	5	0.5-2	Buena	-
Sistema 71 Aluviales del Llobregat al Muga	71.2 Baix Ter	71.2.3 Cubeta de Ceirà	30	Arenas, Gravas	5-20	Cuaternario	-	2	0.5-2	Buena	-
		71.2.4 Cubeta de Girona	40	Arenas, Gravas	5-15	Cuaternario	-	3	0.5-2	Buena	-

6. APORTACIÓN SUBTERRANEA

Una estimación sobre la entidad de las aportaciones subterráneas en el sector Norte de la cuenca del Pirineo Oriental se ha obtenido en base a descomponer los hidrogramas de años hidráulicos secos, ya que éstos ponen mejor de manifiesto las curvas de agotamiento, para extrapolar los datos porcentuales a años de aportaciones medias en la seguridad de que los datos obtenidos serán conservadores.

La desigual distribución de las precipitaciones, con factores de lluvias en verano y deshielo en primavera, que enmascaran el agotamiento, hace que se hayan considerado dos tipo de curvas en algunos hidrogramas. Ambas presentan valores máximos o mínimos, según se tengan o no en cuenta estas circunstancias.

ESCORRENTIA SUBTERRANEA

CUENCA DE AFOROS	Precipitac. (hm ³)	Esc. Subterránea (hm ³)		Esc. Subterránea (hm ³)	
		Curva de agotamiento único	Curva de agotamiento múltiple	Curva de agotamiento único	Curva de agotamiento múltiple
Fluvià en Olot (E-13)	115	13	—	11	—
Fluvià en Esponellà (E-16) ..	683	73	—	11	—
Ter en Sau (E-19)	1.216	45	122	4	10
Ter en Ripoll (E-33)	720	59	126	8	18
Sert en Serinyà (E-40)	88	1,9	3,5	2	4
Fluvià en Garrigàs (E-53) ...	750	92	—	12	—
Muga en Boadella (E-12) ...	161	15	26	12	21
Terri en Banyoles (E-61)	16	11	—	69	—

En función de valores porcentuales de la escorrentía frente a la lluvia, así como de las precipitaciones en un año hidráulico medio, se deducen los volúmenes anuales medios correspondientes a la escorrentía subterránea.

De las cifras expuestas en el anterior cuadro se deduce asimismo que los recursos subterráneos se presentan fundamentalmente en la cabecera del Ter y en la zona norte de la cuenca hidrográfica del río Fluvià.

Estas cifras se han contrastado con coeficientes de infiltración razonables según la litología y cartografía de los afloramientos permeables, obteniéndose las conclusiones siguientes:

- En la cuenca de cabecera del río Ter hasta Ripoll (E-33) los resultados obtenidos a nivel de acuíferos y de cuenca de aforo coinciden sensiblemente.
- Entre Ripoll y Sau la aportación subterránea es despreciable.

Cuencas de aforos	Escorrentia subterránea anual media (hm ³)	
	Máxima	Minima
Cuenca del Ter		
Ter en Ripoll (E-33)	146	65
Ter en Sau (E-19)	143	65
Terri en Banyoles (E-61)	—	14
Cuenca del Fluvià		
Fluvià en Olot (E-13)	—	16
Fluvià en Serinyà (E-40)	4	2
Fluvià en Esponellà (E-16)	—	91
Fluvià en Garrigàs (E-53)	—	108
Cuenca del Muga		
Muga en Boadella (E-12)	34	19

– En las cuencas del río Fluvià en Olot (E-13) y en Esponellà (E-16) los recursos subterráneos son inferiores a los previstos, lo que induce a considerar que existe drenaje subterráneo hacia cuencas próximas. En el caso de la primera este drenaje puede cifrarse en 5 hm³/año y en el de la segunda en 10 hm³/año.

– Por el contrario, en el caso de la cuenca parcial del río Fluvià en Garrigàs (E-53) la aportación subterránea deducida en función del trazado de hidrogramas es netamente superior a la deducida en función de los datos hidrogeológicos disponibles: 17 frente a tan sólo 8 hm³/año.

Por otra parte considerando la precipitación anual media sobre esta cuenca parcial (85 hm³/año), se deduce que la escorrentía media representaría un 64 por 100 de la precipitación, valor excesivamente elevado dadas las características hidrogeológicas de la cuenca. Por consiguiente, cabe pensar bien en un error de medida en la estación de aforos, bien en aportes subterráneos ajenos a la cuenca. En este último caso ascenderían a la cantidad de 9 hm³/año (17-8). La única procedencia previsible de esta agua es que sea de la propia cuenca del Fluvià en cabecera y no contabilizada en la estación anterior (Esponellà). En este caso el coeficiente de escorrentía para toda la cuenca del Fluvià hasta Garrigàs (E-53) sería de $275:909 = 0,30$, perfectamente acorde al correspondiente de la cuenca alta hasta Olot. Por el contrario, en la cuenca hasta Esponellà el coeficiente aumenta hasta cerca del 40 por 100.

En la cuenca del Terri (E-61) también la aportación subterránea deducida de hidrogramas

(14 hm³/año) es muy superior a la propia de la cuenca. En este caso la explicación es mas sencilla, pues se miden las salidas del lago de Banyoles, cuya cuenca de recepción pertenece a la cuenca del Fluvià.

En la cuenca del Sert también los recursos medido son superiores a los previstos, lo que se debe al aporte subterráneo del río Tort (valle de Sant Miguel de Campmajor), relacionado con el fenómeno kárstico del lago de Banyoles. Como resumen, parece deducirse que las cuencas E-13 y E-16 drenan hacia la cuenca del Terri (E-61) unos 15 hm³/año. en el caso de la cuenca E-13 el drenaje se produce a través de la cuenca del río Sert en Serinyà (E-40), la cual debido a esto puede incrementar su componente subterráneo en un pequeña cantidad (1 hm³/año).

En la cuenca de Muga ambos métodos de cálculo arrojan resultados concordantes.

Resumiendo lo expuesto en este apartado, los recursos subterráneos globales se reflejan en el siguiente cuadro:

Cuenca parcial	Recursos subterráneos (hm ³ /año)		
	Generados en la cuenca	Aportes ajenos	Exportados
Ter			
Ter en Ripoll (E-33)	65		
Ter en Sau (E-19)	—		
Terri en Banyoles E-61)	2	15	
Fluvià			
Fluvià en Olot (E-13)	21		5
Sert en Serinyà (E-40)	1	1	
Fluvià en Esponellà (E-16)	83		10
Fluvià en Garrigàs (E-53)	8	9	
Muga			
Muga en Boadella (E-12)	18		

Balance Hidrico

En función de todos los datos anteriores puede establecerse a nivel de cada cuenca y cuenca parcial el balance de un año medio, tal como se indica en el cuadro resumen siguiente.

CUADRO RESUMEN. BALANCE HIDRICO
Resumen de valores obtenidos en el balance hídrico (cifras en hm³/año)

Cuenca	Precipitación	Aportaciones	Escurrentia subterránea	Cuenca parcial	Precipitación	Aportaciones	Escurrentia subterránea
Ter				Ter			
Ter en Sau (E-19)	1.425	562	65	Ter en Ripoll (E-33)	812	304	65
				Ter en Sau (E-19)	613	258	—
Terri en Banyoles (E-61)	20	30	17 (1)				
Fluvià				Fluvià			
Fluvià en Garrigàs (E-53)	909	275	123	Fluvià en Olot (E-13)	141	45	21 (2)
				Sert en Serinyà (E-40)	105	44	2 (3)
				Fluvià en Esponellà (E-16)	578	216	83 (4)
				Fluvià en Garrigàs (E-53)	85	59	17
Muga							
Muga en Boadella (E-12)	161	78	18				

Observaciones:

(1) Los recursos generados en la zona son 2 hm³, de las cuencas 13, 40 y 16 recibe otros 15 hm³.

(2) De éstos, 5 hm³ drenan hacia la cuenca E-61.

(3) De éstos, 1 hm³ proviene de la cuenca E-13.

(4) De éstos, 10 hm³ drenan hacia la cuenca E-61.

(5) De éstos, 9 hm³ provienen de cuencas limítrofes.

De la observación de este cuadro se deduce que para el conjunto de todas las cuencas se puede establecer el siguiente balance:

- Precipitación: 2.515 hm³/año.
- Aportación: 945 hm³/año.
- Coeficiente de escurrentía: 0,37.
- Recursos superficiales: 712 hm³/año, 28 por 100 de P y 76 por 100 de Ap.
- Recursos subterráneos: 223 hm³/año, 9 por 100 de P y 24 por 100 de Ap.

Estas cifras deben ser completadas con las referentes a los cursos bajos y no contabilizadas en las estaciones de aforo.

Bajo Ter	244 hm ³ /año
Bajo Fluvià	10 hm ³ /año
Bajo Muga	241 hm ³ /año

Por consiguiente, los recursos totales en toda la cuenca norte suponen 1.620 hm³/año, repartidos en la forma siguiente:

Recursos (hm ³ /Año)	Ter		Muga		Fluvià	
	Curso alto	Curso bajo	Curso alto	Curso bajo	Curso alto	Curso bajo
TOTALES	732	244	78	241	275	50

7. BIBLIOGRAFIA

- ANADON, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P.; SOLE SUGRAÑES, LL. (1979).- "Evolución Tectoestratigráfica de los Catalánides". Acta Geol. Hisp. t. XIV pp. 229-236.
- ALBERT, J. F.; COROMINAS, J.; PARIS, C. (1979).- "Estudio Hidrogeológico de los Manantiales y su aplicación Geológica: Caso de las aguas termales, carbónicas y sulfhídricas de Catalunya". Act. Geol. Hisp. t. XIV pp. 391-394.
- ASHAUER, H. (1943).- Die Ostliche Endigung der Pyrenäen in Abhandl. Ges. Wiss. Gottingen, Math-Phys Kl. III F. H 10 Berlin 1934. Trad. española de J.M. Rios. Publ. Por el C.S.I.C. pp 203-336, 23 figs. 4 lámns. Madrid.
- ASHAUER, H. y TEICHMULLER, R. (1946).- Origen y desarrollo de las Cordilleras Variscas y Alpínicas de Cataluña. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. t-III, pp 5-102.
- AUTRAN, GUITARD Y RAGUIN (1963).- Carte géologique de la partie orientale des Pyrénées hercyniennes au 1:200.000 BRGM.
- BILOTTE, M.; PEYBERNES, B. et SOUQUET, P. (1979).- Les Pyrénées Catalanes dans la region de L' Empordà. Relations entre zones isopiques crétacees et unites structurales. Toulouse.
- BUSQUETS, P. (1981).- "Estratigrafía y Sedimentología del Terciario Prepirenaico entre los ríos Llobregat y Freser-Ter". Tesis Doctoral. Fac. Ciencias. Universidad Barcelona. (Inédita).
- CIEPSA-SEPE (G. Defalque. 1968).- "Etude des permis de Montagut, d' Olot et de la region située a l' est et au sud de ces permis". (Inédito).
- CLAVELL, E.; MARTINEZ, A.; VERGES, J. (1986).- "Tall sísmic MO-7 del Mantell del Cadí y Avantpaís meridional: Disposició del sócol de l' autócton del Pirineu Oriental". Acta. Geol. Hisp.
- COLOMBO, F. (1980).- "Estratigrafía y Sedimentología del Terciario inferior continental de los Catalánides". Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. (Inédita).
- CGS (1977).- "Estudio Geológico, Litológico, Estructural y de posibilidades Uraníferas de la zona de Solsona-Olot". Junta de Energía Nuclear. (Inédito).
- CGS (1977).- "Estudio Geológico del área de Camprodon". Junta de Energía Nuclear. (Inédito).
- CHOUKROUNE, P. MATTAUER, M. y RIOS, L.M. (1980).- Estructura de los Pirineos
- ESTEVEZ, A. (1973).- "La vertiente meridional del Pirineo catalán al N. del curso medio del río Fluvià". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- FAYAS, F.A. y DOMENECH, J. (1984).- Problemática de la Explotación de las formaciones cuaternarias litorales. Bajo Ter. Boletín del Servicio Geológico del MOPU.
- FERRER, J. (1967).- "Bioestratigrafía y Micropaleontología del Paleoceno y Eoceno del borde suroriental de la Depresión del Ebro". Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. (Inédita).
- FONTBOTE, J.M. (1949). "Nuevos datos geológicos sobre la cuenca alta del Ter". Anales del Inst. de Est. Gerundenses. C.S.I.C. Gerona.
- FONTBOTE, J.M. y GARCIA RODRIGO, B. (1958).- Le versant sud des Alberes. Bull de la Soc. Geol. De France, 6ª s.t-VIII, 1958.

FONTBOTE, J.M: VILLALTA, J.F. y VIRGILI, C. (1958).- De Perthus a Darnius, Figueres et Gerone. Bull. de la Soc. Geol. de France, 6^o s.t-VIII.

GENERALITAT DE CATALUNYA (1981).- "Marc per al Pla d' aigües de Catalunya". Barcelona.

GICH, M.J. (1969).- Las unidades litoestratigráficas del Eoceno prepirenaico del Ripollès oriental (prov. de Gerona y Barcelona). Acta Geol. Hist. t. IV pp. 5-8.

GICH, M.J. (1972).- "Estudio Geológico del Eoceno Prepirenaico del Ripollès Oriental". Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. (Inédita).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1970).- Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja n° 24 (Berga).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1976).- Mapa Geológico de España. E. 1:50.000 Hoja n° 364 (La Garriga).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1980).- Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja n° 25 (Figueres).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1984).- Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Hoja n° 35 (Barcelona).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.- Mapa Metalogénico de España. E. 1:200.000. Hoja n° 25 (Figueres).

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1983).- Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja n° 332 (Vic).

IGME (1978).- "Fase Preliminar de Investigación geotérmica de Olot (Gerona)".

IGME (1979).- "Estudio Infraestructural de Pizarras Bituminosas: Eoceno de Catalunya". Plan Nacional de la Minería. (Inédito).

IGME (1980).- "Estudio vulcanológico de la provincia de Girona de cara a sus implicaciones geotérmicas".

IGME (1981).- "Investigación y Control Geológico de los Sondeos en el Eoceno de Catalunya". (Inédito).

IGME (1982).- "Revisión del Mapa Metalogénico de Figueres (Hoja 25). Mitad Oriental". (Inédito.).

IGME (1982).- "Estudio geotérmico preliminar de la Depresión del Ampurdán (Gerona)".

IGME (1983).- "Nuevas técnicas geofísicas y geoquímicas aplicadas a la prospección geotérmica. Aplicación a las Depresiones de Olt y la Selva. Gerona".

IGME (1984).- Trabajos geofísicos aplicados a investigaciones de bases hidrogeológicas y mineras. Area de Gerona".

IGME (1984).- "Integración de los recursos de aguas subterráneas en la planificación hidrográfica en la región norte del Pirineo Oriental. Cuencas bajas de los ríos Muga, Fluvià y Ter. Prov. de Gerona".

IGME (1984).- "Proyecto de investigación geotérmica preliminar del Pirineo Oriental Catalán a Islas Baleares".

IGME (1985).- "Estudio de los recursos subterráneos del Alto Llobregat. Barcelona".

IGME (1985).- "Proyecto metodológico para el estudio del origen de la salinidad de los acuíferos del Baix Empordà. Gerona".

IGME (1985).- "Proyecto de investigación hidrogeológica para el abastecimiento a la población de Roses. Gerona".

IGME (1985).- "Investigación geológica básica en la cuenca del Pirineo Oriental e inventario de focos de contaminación en las provincias de Tarragona y Gerona".

IGME (1986).- "Estudio hidrogeológico de las cuencas altas de los ríos Ter, Fluvià y Muga. Gerona".

IGME (1986).- "Modelo matemático de simulación del acuífero aluvial del Baix Fluvià-Muga. Gerona".

IGME (1986).- "Modelo de Gestión integral de las cuencas de los ríos Fluvià y Muga. Gerona".

IGME (1986).- "Estudio geofísico de apoyo a la exploración hidrogeológica del Pirineo Oriental. 2ª Fase. Gerona".

IGME (1978-1986).- Diversos Proyectos del Plan de Gestión, conservación y vigilancia de acuíferos en la Cuenca del Pirineo Oriental. Controles Piezométricos, hidrométricos y de calidad en los acuíferos de la provincia de Gerona.

KROMM, F. (1968).- Stratigraphie comparée des formations éocènes du revers sud des Pyrénées et de la cordillère pré littorale catalane (Province de Gerone et Barcelone). Act. Soc. L. Bordeaux. t. 105, serie B, n° 2.

KROMM, F. (1968).- Stratigraphie résumée de l' Eocene du versant Sud des Pyrénées orientales. C.R. somm, Soc, geol. Fr, p. 224-225.

MARTINEZ GIL (1972).- Estudio hidrogeológico del bajo Ampurdán. (Gerona). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

MARTINEZ; A.; VERGES, J.; MUÑOZ, J.A. (1986).- "Extremo Oriental del Manto del Pedraforca Inferior y sus relaciones con los depósitos sinorogénicos: Secuencias de cabalgamientos". Acta. Geol. Hisp.

MATTAUER, M.; SEGURET, M. (1966).- Sur le style des déformations tertiaires dans la zone axiales hercynienne des Pyrénées. C.R. somm. Soc. geol. Fr. fasc 1, p. 10-11.

M.O.P.U. (1970).- "Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental". Varios informes.

MOULLADE, M. et PEYBERNES (1973).- Etude microbiostratigraphique de l' Albien du massif de Montgri (Prov. de Gerona) et description de Hensonina nov. gen. (generotype.: Trocholima lenticularis. Henson 1947). Archives Sc. Genève, vol. 26, fac. 2, pp. 173-181.

MUÑOZ, J.A. (1985).- "Estructura Alpina i Herciniana a la vora sud de la Zona Axial del Pirineu Oriental". Universidad de Barcelona. (Inédita).

PALLI, L. (1972).- "Estratigrafía del Pelógeno de L' Empordà y zonas limítrofes". Publ. de Geología. Universidad Autónoma de Barcelona. n° 1.

PALLI, L.; TRILLA, J. (1979).- "Morfogénesis del Valle de Sant Miquel de Campmajor". Acta Geol. Hisp. t. XIV pp. 451-456.

PEYBERNES, B. (1976).- Le Jurassique et le Crétacé inferieur des Pyrénées franco-espagnoles entre la Garonne et la Méditerranée. Thèse Doct. Sc.Nat: Toulouse, 459 p. Imp. C.R.D.P. Toulouse.

- PEYBERNES, B. et BILOTTE, M. (1971).- Données stratigraphiques et tectoniques nouvelles sur le massif de Moantgri (province de Gerone, Espagne). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. t. 107, pp. 475-482.
- PEYBERNES, B. et SOUQUET, P. (1975).- La chaîne des Pyrénées ne résulte pas d'un coulisage le long d'une "Faïte nord-Pyrénéenne". Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. III, p. 204-210.
- REGUANT, S. (1967).- "El Eoceno marino de vic (Barcelona)". Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Universidad de Oviedo. Mem. del IGME. t. 68. Madrid.
- RIBA, O. (1974).- Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. Divers aspects de la Tectonique Assoc. Geol. Sud Ouest. Toulouse. p. 85.103.
- SANTANACH PRAT, P.F. (1972).- Estudio tectónico del Paleozoico inferior del Pirineo entre Cerdaña y el río Ter (resumen). Act. Geol. Hisp. VII (2), p. 44-49.
- SEGURET, M.; VERGELY, P. (1969).- Sur le style en tête plongeante des structures pyrénéennes entre le Llobregat et le Ter (versant sud des Pyrénées orientales). C.R. Acad. Sc. Paris. t. 268, p. 1702-1705.
- SERVEI GEOLOGIC DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA.- Mapa Geològic de Catalunya. E. 1:250.000. (en prensa).
- S.G.O.P. (1978).- Estudio Hidrogeológico. Area deltáica Fluviá-Muga. Servicio Geológico de Obras Públicas. 1978.
- S.G.O.P. (1981).- Estudio Hidrogeológico. Area del Bajo Ter. Servicio Geológico de Obras Públicas.
- SOCIETE NATIONALES DEL PETROLES D' AQUITAINE (1973).- Carte Geologique des Pyrénées a escala 1:250.000
- SOLE, L. (1962).- Edad del volcanismo gerundense. M.R. Acad. Ciencias Barcelona. Vol. XXXIV, n° 12.
- SOUQUET, P. (1967).- Le Cretace superieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre. Thèse Doct. Sc. Nat. Toulouse, 529 p. Imp. Privat.
- SOUQUET, P.; BILOTTE, M.; CANEROT, J.; DEBROAS, E.J.; PEYBERNES, B. et REY, J. (1975).- Nouvelle interpretation de la structure des Pyrénées. C.R. Acad. Sc. Paris t. 281, p. 609-612.
- SOUQUET, P.; PEYBERNES, B.; BILOTTE, M. et DEBROAS, E.J. (1977).- La chaîne alpine des Pyrénées. Geologie alpine, t. 53, fasc 2, p. 193-216.
- TOURNON, J. (1968).- Le volcanisme de la Province de Gerone (Espagne). Etudes de basaltes quaternaires et de leurs enclaves. Laboratoire de Petrographie de la Faculté des Sciences de Paris.
- VERGELY, P. (1970).- Etude tectonique des structures Pyrénées du versant sud des Pyrénées orientales entre el río Llobregat et le río Ter. (Prov. De Barcelone et de Gerone, Espagne). Thèse Doc. 3 ème cycle. Fac. Sc. Montpellier, 60 o.
- VERGES, J.; MARTINEZ, A. (1986).- "Corte compensado de la vertiente surpirenaica al Oeste del río Llobregat". Acta. Geol. Hisp. (en prensa).

VIRGILI, C. (1958).- Estratigrafía del Triásico del Pirineo Oriental. Act. III, Congreso Intern. Est. Pirenaicos, 1958

ZWART, H.T. (1972).- Geological map of the Pyrénées au 1:200.000. Leiden University.