



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO Y DE LOS
ASPECTOS HIDROAMBIENTALES DE LOS
ACUIFEROS RELACIONADOS CON LAS
COMARCAS DE LA SELVA, GARROTXA,
PLA L'ESTANY, AMPURDAN Y GARRAF
(PIRINEO ORIENTAL)
VOLCANICO DE OLOT
Clave 285/91
TOMO I.- MEMORIA**



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

34616

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO Y DE LOS
ASPECTOS HIDROAMBIENTALES DE LOS ACUIFEROS
RELACIONADOS CON LAS COMARCAS DE
LA SELVA, GARROTXA, PLA DE L'ESTANY,
AMPURDAN Y GARRAF (PIRINEO ORIENTAL)**

Clave 285/91

B. VOLCANICO DE OLOT (GERONA)

SUPER PROYECTO	INVESTIGACION, ANALISIS Y VALORACION DE RIESGOS DE CONTAMINACION		Nº	9005
PROYECTO AGREGADO	TECNOLOGIAS PARA EL CONTROL Y ELIMINACION DE PROCESOS CONTAMINANTES		Nº	320
TITULO PROYECTO ESTUDIO HIDROGEOLOGICO Y DE LOS ASPECTOS HIDROAMBIENTALES DE LOS ACUIFEROS RELACIONADOS CON LAS COMARCAS DE LA SELVA, GARROTXA, PLA DE L'ESTANY, AMPURDAN Y GARRAF.				
Nº PLANIFICACION	285/91	Nº DIVISION AGUAS, G.A.		
FECHA EJECUCION	INICIO	31-10-91	FINALIZACION	30-11-93

INFORME (Titulo): ESTUDIO HIDROGEOLOGICO E HIDROGEOQUIMICO DE LOS ACUIFEROS DEL PARQUE NATURAL DE LA ZONA VOLCANICA DE LA GARROTXA. OLOT. (GIRONA)	
CUENCA (S) HIDROGRAFICA (S)	PIRINEO ORIENTAL
COMUNIDAD(ES) AUTONOMAS	CATALUÑA
PROVINCIAS	GERONA
EMPRESA CONSULTORA	E.P.T.I.S.A

INDICE

1. **INTRODUCCION. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**
2. **CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA SUPERFICIAL**
 - 2.1. **Marco Geográfico**
 - 2.2. **Climatología**
 - 2.2.1. **Temperaturas**
 - 2.2.2. **Pluviometría**
 - 2.2.3. **Evapotranspiración**
 - 2.3. **Hidrología Superficial**
 - 2.3.1. **Hidrografía**
 - 2.3.2. **Aportaciones**
3. **GEOLOGIA**
 - 3.1. **Disposición Estructural**
 - 3.2. **Materiales Aflorantes**
 - 3.2.1. **Los materiales eocenos**
 - 3.2.2. **Los materiales cuaternarios volcánicos**
 - 3.2.3. **Los materiales cuaternarios sedimentarios**
4. **HIDROGEOLOGIA**
 - 4.1. **Geometría**
 - 4.1.1. **Inventario de puntos acuíferos**
 - 4.1.2. **Extensión y profundidad**
 - 4.2. **Funcionamiento hidrogeológico**
 - 4.2.1. **Piezometría**
 - 4.2.2. **Relaciones acuífero-río**
 - 4.2.3. **Estudio de los manantiales**
5. **HIDROGEOQUIMICA**
 - 5.1. **Introducción**
 - 5.2. **Conductividad eléctrica**
 - 5.3. **Calidad química del agua**

- 5.3.1. Iones mayoritarios
- 5.3.2. Características de los principales iones
- 5.3.3. Contenidos en ión nitrato
- 5.3.4. Evolución hidroquímica
- 5.4. Calidad de los puntos controlados de aguas superficiales
- 5.5. Problemática detectada y recomendaciones
- 6. ESTUDIO DE EXTRACCIONES, USOS Y DEMANDAS
 - 6.1. Estudio de extracciones (1992) según encuesta
 - 6.2. Estimación de extracciones reales
- 7. ESTUDIO DE RECURSOS
- 8. RESUMEN Y CONCLUSIONES
- 9. PROGRAMA DE ACTUACION

PLANOS

- 1. MAPA HIDROGEOLOGICO
- 2. MAPA HIDROLOGICO
- 3. MAPA DE REDES PIEZOMETRICA E HIDROMETRICA
- 4. CORTE ESQUEMATICO
- 5. MAPA DE CONDUCTIVIDADES
- 6. MAPA DE DIAGRAMAS DE STIFF
- 7. MAPA DE CONTENIDOS EN NITRATOS
- 8. MAPA DE PUNTOS CON CONCENTRACIONES SUPERIORES A LA MAXIMA ADMISIBLE

ANEJOS

- 1. PLUVIOMETRIA MENSUAL
- 2. TABLAS DE ANALISIS QUIMICOS EN mg/l
- 3. CONCENTRACIONES EN MILIEQUIVALENTES Y RELACIONES IONICAS
- 4. DIAGRAMAS DE STIFF
- 5. EXTRACCION POR TERMINOS MUNICIPALES

DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

- ANALISIS QUIMICOS
- CALCULO DE LOS AFOROS

INDICE DE FIGURAS

- Fig.1.1 Situación geográfica
- Fig.2.1 Precipitación en Castellfollit
- Fig.2.2 Precipitaciones en la Cuenca del Río Fluvià
- Fig.2.3 Comparación entre la precipitación de 1991-92 y las medias históricas en Castellfollit (Fluvià)
- Fig.2.4 Precipitación en Les Planes
- Fig.2.5 Precipitación de la Cuenca del Brugent (Ter)
- Fig.2.6 Comparación entre la precipitación de 1991-92 y las medias históricas en Les Planes (Brugent)
- Fig.4.1 Situación de las estaciones de aforo controladas
- Fig.4.2 Valores de caudales obtenidos en las estaciones de aforo
- Fig.4.3 Situación de los manantiales descritos
- Fig.4.4 Mapa de situación de las fuentes de La Moixina
- Fig.4.5 Esquema geológico de la Fuente de Les Tries
- Fig.4.6 Corte geológica de la Juent de Noc d'en Cols
- Fig.4.7 Esquema geológico de la situación de los manantiales en la zona de La Canya- San Joan les Fonts
- Fig.4.8 Corte geológico de la zona de la fuente de Cau Gridó
- Fig.5.1 Mapa de Diagramas de Stiff
- Fig.5.2 Diagrama de Piper. Surgencias naturales
- Fig.5.3 Diagrama de Piper. Pozos Aluvial volcánico
- Fig.5.4 Diagrama de Piper. Pozos Aluvial volcánico
- Fig.5.5 Diagrama de Piper. Pozos. Aluvial
- Fig.5.6 Mapa de Nitratos
- Fig.5.7 Contenidos en Nitratos de los manantiales principales
- Fig.5.8 Valores de la Conductividad en los manantiales principales
- Fig.5.9 Conductividades en la red de aforos superficiales

1. INTRODUCCION, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La Garrotxa constituye una comarca de montaña media de transición entre los Pirineos y las comarcas llanas del centro de las provincias de Gerona (Pla de l'Estany, Gironés, La Selva) y Barcelona (Osona).

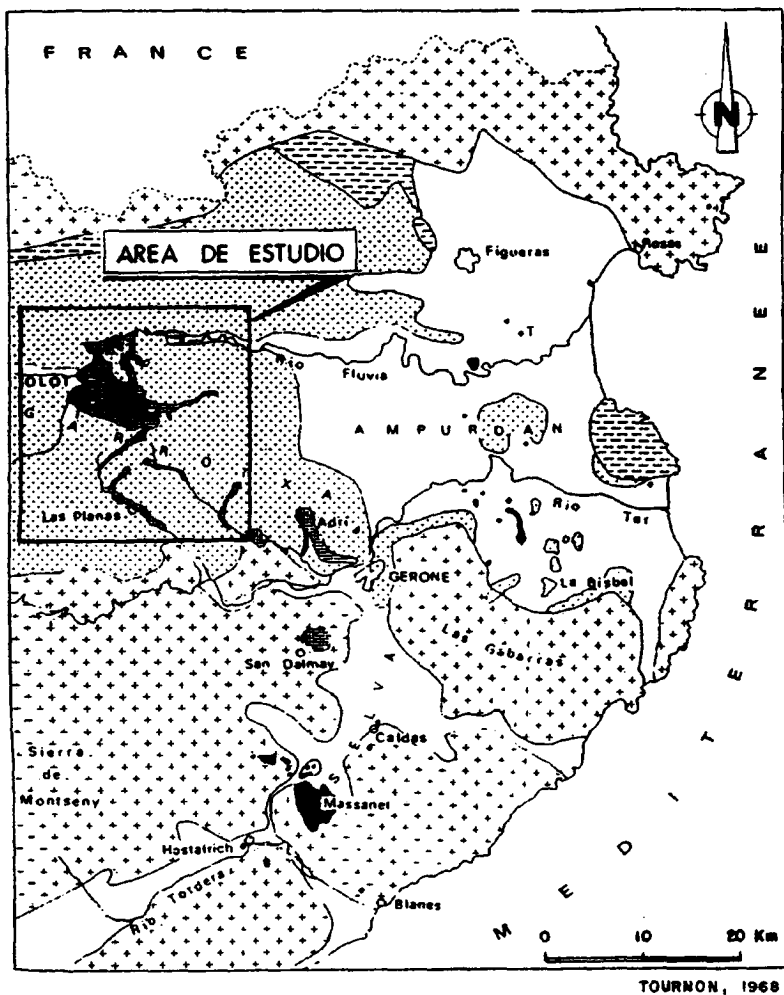
La comarca alberga zonas de gran riqueza agrícola, ganadera, forestal e incluso industrial en la capital: Olot. Esta ciudad se sitúa en un llano que es el centro de una subcomarca muy peculiar por el carácter volcánico de los terrenos. El paisaje, que incluye varios conos volcánicos muy bien conservados, constituye el mejor exponente en la Península Ibérica y uno de los más interesantes de Europa por lo que ha sido declarado Parque Natural y por tanto de protección especial.

Los materiales aluviales del río Fluvià, desarrollados en estrecha relación con el volcanismo del que son coetáneos, unas veces interstratificados y otras colmatando antiguas cubetas cerradas por las propias coladas, presentan un gran interés hidrogeológico desde el punto de vista de su funcionamiento, único en España, y de la explotación creciente de las aguas subterráneas de esta zona.

El conjunto de acuíferos relacionados con la zona volcánica constituyen el Sistema Acuífero nº 70 y, en la actualidad, la Unidad Hidrogeológica 10.06 Olot.

Aparte de los estudios generales del ITGE y el MOPU esta unidad ha sido estudiada parcialmente, primero por el SGOP y posteriormente por la JAC, para satisfacer el abastecimiento de la ciudad de Olot, íntegramente con aguas subterráneas. También fue objeto de un informe específico dentro de los estudios previos del Plan Hidrológico del Pirineo Oriental (DGOH, 1985), que se basó fundamentalmente en un buen inventario de puntos acuíferos, y por el ITGE, 1973, desde el punto de vista de la investigación geotérmica, por lo que incluye varias campañas de prospección geofísica y geoquímica.

El resultado es un conjunto de datos dispersos que no profundizan excesivamente en el conocimiento hidrogeológico de la zona y mucho menos en sus implicaciones



TOURNON, 1968

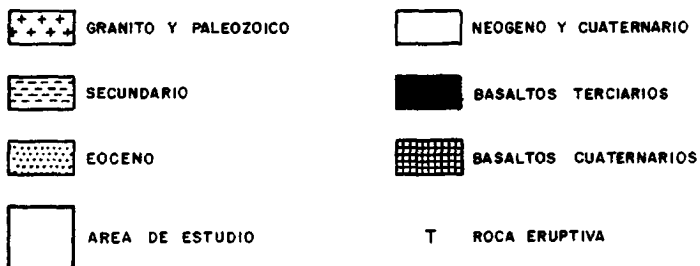


FIGURA.- 1. SITUACION GEOGRAFICA - GEOLOGICA DE LA ZONA ESTUDIADA. (MODIFICADA DE Tournon, 1968.)

hidroambientales. Por ello el ITGE ha estimado conveniente la realización de un estudio concreto y actualizado en vistas a mejorar el conocimiento físico de los acuíferos y poner al día las cifras que caracterizan el balance hídrico con el objetivo de compatibilizar la explotación del agua subterránea con el mantenimiento de los niveles de caudales ecológicos y calidad de las aguas subterráneas y superficiales exigibles en un entorno natural tan característico.

El estudio ha sido realizado por el Instituto Tecnológico Geominero y dirigido por D. José Manuel Murillo Díaz, Ingeniero de Minas, con la colaboración de D. Marc Martínez Parra, Geólogo.

Se ha contado con la empresa consultora EPTISA que ha puesto a disposición del estudio un equipo dirigido por los hidrogeólogos D. Alberto Batlle Gargallo y D. Joan Bach i Plaza, este último de la Universidad Autónoma de Barcelona.

2. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA SUPERFICIAL

2.1. MARCO GEOGRAFICO

La comarca de Olot constituye un sector geográfico muy característico tanto por sus características climáticas como geológicas. Constituye una cuña adelantada de los Pirineos hacia el Mediterráneo, lo que hace que a tan solo a 40 Km. del mar y a menos de 500 m. de altitud se tenga una región de gran pluviosidad.

La zona coincide fundamentalmente con las cabeceras del R. Fluvià y de su afluente el Ser, si bien algunos afloramientos volcánicos, descienden por la cuenca del Brugent, afluente del Río Ter.

Los límites considerados han sido los relieves eócenos que constituyen la divisoria con la Cuenca del Ter en toda la mitad Oeste con una cima principal constituida por el Puig Sa Calm (1515 m.). El límite Sur lo constituyen los relieves de la Cordillera Transversal Catalana, mientras al Norte y al Este la Unidad viene limitada por relieves correspondientes a las Sierras de Finestres y Corb y otras de menor entidad, formada también por margas eócnas.

La capital Olot se desarrolla en una zona llana alargada en dirección N-S que se prolonga hacia el Sur por el Valle d'en Bas. Este corredor constituye una zona de interés agrícola de importancia creciente a lo largo de los últimos años.

2.2. CLIMATOLOGIA

Olot se encuentra en el interior de un sistema montañoso que constituye una verdadera dorsal pluviométrica en que son abundantes las lluvias de tipo convectivo, muy frecuentes en verano desde la elevada humedad atmosférica de la fosa. También la temperatura es inferior a la de las comarcas vecinas con lo que la evapotranspiración potencial y real es menor, contribuyendo a la alta humedad de la zona.

Todo ello hace que el clima sea muy particular con influencias tanto mediterráneas como atlánticas. Sus temperaturas, tanto mínimas como máximas, son inferiores a las que presentan las estaciones situadas a una altura similar y a la misma distancia del Mediterráneo y lo mismo ocurre con la pluviosidad.

El clima de la zona volcánica propiamente dicha, en la cuenca del Fluvià, podría definirse como de fondo de valle con tendencia continental. La pluviometría es alta y crece en dirección sur (Valle d'en Bas) y Puig Sa Calm. En cambio hacia el NE, Llano de Santa Pau, decrece. La alta humedad permite los bosques de hayedos a alturas no superiores a los 600 m. (Fageda d'en Jordà). Los días de nieve son de 3 a 5 al año, destacando siempre la cantidad medida en Olot frente a cantidades menores tanto en Santa Pau como en el Llano d'en Bas.

Algunos edificios volcánicos presentan climas locales característicos, con inversión térmica en el fondo de los cráteres, que provoca heladas y, disminuye la productividad agraria para la fertilidad de los suelos.

2.2.1. Temperaturas

Las temperaturas medias mensuales presentan a lo largo del año una curva regular con un máximo y un mínimo bien acusados.

El mes de Enero es el que presenta temperaturas más bajas a lo largo de los años, lo mismo medias que absolutas. La media anual es de 12.4° en el Observatorio de Olot. Las medias de las máximas y mínimas medias anuales son de 7° y 17° C aproximadamente con una amplitud térmica, por tanto, de 10°C. Las temperaturas extremas dan idea de la gran amplitud interanual: entre -14°C y 47°C.

A continuación se indica un cuadro con los valores característicos de temperaturas mensuales correspondientes a la estación de Olot.

Meses	Media máximas	Media mínimas	Media	Máxima absoluta	Mínima absoluta
Octubre	17,0	8,5	11,8	28,0	-1,0
Noviembre	15,5	3,8	6,8	19,0	-8,0
Diciembre	8,9	1,3	4,3	18,0	-10,0
Enero	8,7	0,09	4,2	17,0	-13,0
Febrero	13,2	1,3	6,2	23,0	-10,0
Marzo	14,8	3,2	8,7	31,0	-6,0
Abril	17,1	5,8	10,2	28,0	-5,0
Mayo	20,0	8,5	13,2	33,0	0,0
Junio	23,7	12,1	16,2	35,0	5,0
Julio	26,4	15,1	19,2	34,0	7,0
Agosto	27,7	15,3	19,3	34,0	5,0
Septiembre	22,8	12,6	15,8	32,0	4,0

Los días con riesgo de heladas es uno de los factores clave para el desarrollo de la Agricultura y en Olot es abundante superando los 59 días entre Noviembre y Abril.

2.2.2. Pluviometría

La comarca de Olot por la cantidad de lluvias que recibe queda incluida dentro de la dorsal pluviométrica que enlaza los Pirineos y el Puig Sa Calm.

La información disponible sobre precipitaciones procede de los registros históricos, con datos mensuales, de las estaciones siguientes del sector estudiado:

ESTACION**PERIODO DE REGISTRO****CUENCA DEL FLUVIA**

Beget	1987-1990
Castellfollit de la Roca	1916-1921, 1954-1962, 1968-1992
Maià de Montcal	1985-1992
Olot (Estación depuradora)	1979-1992
Sant Esteve d'en Bas	1978-1987
Vall d'en Bas	1982-1992

CUENCA DEL BRUGENT (TER)

Amer	1961-1966, 1974-1992
Les Planes d'Hostoles	1960-1992
Sant Martí de Llemena	1969-1992

En el Anejo N° 1 se presentan las fichas con los datos pluviométricos mensuales, los totales anuales y las medias mensuales y anual para cada una de las estaciones mencionadas.

La estación meteorológica con datos más completos es la de Castellfollit de la Roca. De ellos se deduce que la pluviometría es alta, con una media de algo más de 1.000 mm., y unos valores extremos entre 516 mm. y 1.727 mm. El valor máximo corresponde precisamente al último año de medidas 1.991-92, lo que invalida un poco la representatividad de los datos obtenidos en este año hidrológico.

El Régimen normal responde al mediterráneo con influencia pirenaica, es decir dos máximos en otoño y primavera, y dos mínimos en verano e invierno, siendo el de invierno el más seco, ya que en verano son frecuentes las tormentas con precipitaciones intensas.

ESTACION DE CASTELLFOLLIT DE LA ROCA

Año	1916-17	1917-18	1918-19	1919-20	1955-56	1956-57	1957-58	1958-59	1959-60	1960-61	1968-69	1969-70	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74	1974-75	1975-76
Pluviometría anual	980,8	1236,1	1446,6	1630,9	848,1	796,3	662,3	1627,1	1262,5	772,6	1107,3	611,5	1338,6	1417,2	516,4	1047,3	895,8	1127,9

Año	1976-77	1977-78	1978-79	1979-80	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	MEDIA
Pluviometría anual	940,5	996,7	707,7	912,3	939,8	1242,6	852,9	1183,3	900,5	849,4	946,2	1606,9	969,7	1058,0	1110,4	1727,0	1066,7

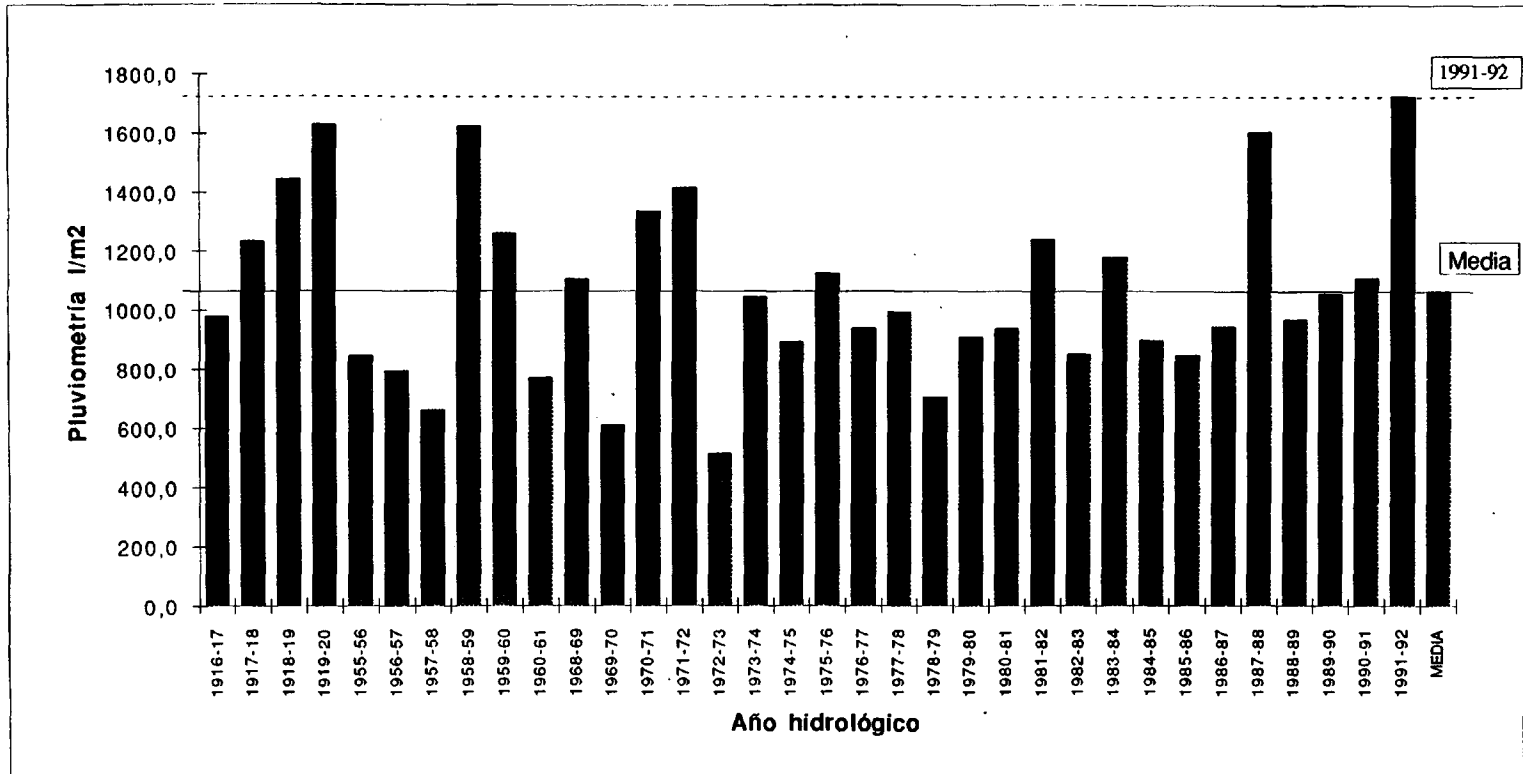


Fig. 2.1

En la zona Sur, Cuencas del Brugent y del Ser, se ha considerado la estación de Las Planes d'Hostoles alcanzándose valores similares: media de 1.026 mm. y valores extremos de 539 mm. y 1.723 mm.

A continuación se describen separadamente los regímenes pluviométricos en las Cuencas del Fluvià y del Ter.

CUENCA DEL FLUVIA

En la cuenca alta del río Fluvià la estación con un registro más completo es la de Castellfollit de la Roca con un período de 24 años hidrológicos ininterrumpidos de observación, desde el año 1968-69 hasta el 1991-92, además de otras series de datos anteriores, concretamente una serie de 6 años, del 1955-56 al 1960-61; y otra de 4 años, del 1916-17 al 1919-20.

La pluviometría anual disponible de esta estación se ha representado en la figura 1, donde puede observarse la variación de los totales anuales respecto a la media de estos valores y respecto a la pluviometría del año 1991-92. Destaca en primer lugar el valor de este último año 1991-92, 1.727,0 l/m², como el valor más alto de todos los registrados en esta estación y, solamente es igualado por el correspondiente a la estación de Les Planes D'Hostoles, cuenca del río Brugent en el año 1962-63 (1.723,4 l/m²).

El módulo pluviométrico anual obtenido a partir de todos los años de registro corresponde a 1.066,7 l/m². Situándose los valores extremos entre los 516,4 l/m² del año 1972-73 como el más seco y los 1.727,0 l/m² del último año 1991-92 ya comentado, como el más humedo de todo el registro. En la fig. 2.1 puede observarse de manera gráfica la distribución de la pluviometría anual respecto a la media o módulo pluviométrico anual.

Para comparar las precipitaciones en las distintas estaciones de esta cuenca se ha elegido el período correspondiente a la última década, ya que en ella se concentran la mayoría de los datos disponibles. Así, para este período de 1982-83 al 1991-92 en la

Cuenca río Fluvià

ESTACION / AÑO	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	MEDIA
Maià	-	-	-	751,5	681,5	961,2	671,7	892,6	756,6	1458,4	881,9
Castellfollit	852,9	1183,3	900,5	849,4	946,2	1606,9	969,7	1058,0	1110,4	1727,0	1120,4
Olot	687,0	1145,9	806,8	756,3	873,6	1178,8	822,1	957,5	862,7	1564,8	965,6
Vall d'en Bas	640,9	-	922,1	805,7	1013,8	1137,2	-	-	982,1	-	917,0

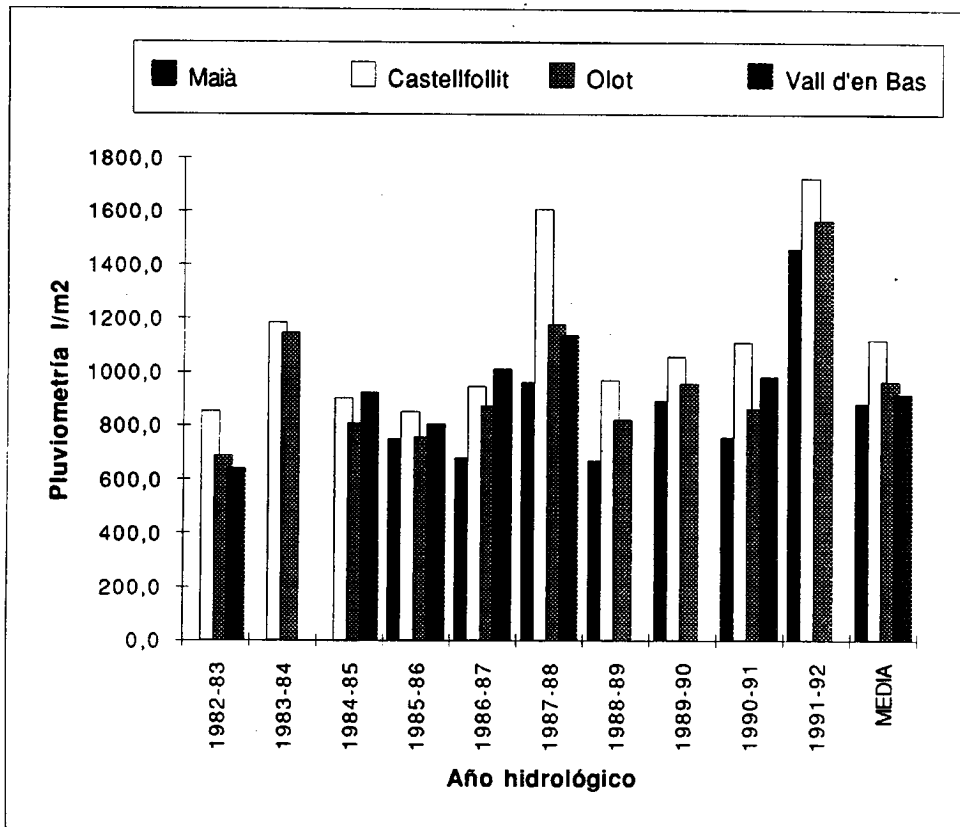


Fig. 2.2

fig. 2.2 se representan los totales anuales de las cuatro estaciones actualmente en funcionamiento en la parte alta de la cuenca del río Fluvià:

Maià de Montcal	215 m de altitud
Castellfollit de la Roca	280 m de altitud
Olot	380 m de altitud
Vall d'en Bas	475 m de altitud

En general se observa (fig. 2.2), para este período y para estas estaciones consideradas, que la repartición de la pluviometría no esta en función de la altitud de la estación, sinó, que en la mayoría de los años representados la máxima pluviometría la presenta la estación de Castellfollit de la Roca. Si se suprimiera esta estación, las demás, en algunos años si se adaptan al patrón de mayor pluviometría con el incremento de altitud de la estación.

Estas observaciones al referirse solamente a una década no son concluyentes para indicar una irregularidad, pero sí pueden alertar de algún efecto meteorológico local que pueda producir este incremento de la precipitación o de alertar respecto al tipo de medidas que esta o las demás estaciones realizan.

Los modulos pluviométricos de esta última década, para estas estaciones, oscilan (fig. 2.2) entre los 881,9 l/m² de Maià, a los 1.120,4 l/m² de Castellfollit de la Roca y, en general, son superiores a los que consideran períodos más largos.

Para observar la repartición a escala mensual de la precipitación en la cuenca del río Fluvià se ha elegido la estación de Castellfollit de la Roca por su mayor serie de registros. En la fig. 2.3 se ha representado la pluviometría mensual para el año hidrológico 1991-92 y el módulo pluviométrico mensual. A partir de estos últimos se puede caracterizar el ciclo pluviométrico, que consta de dos periodos húmedos (otoño y primavera) y dos períodos con precipitaciones menos abundantes (verano e invierno), sobre todo son menores en invierno. Cabe por tanto destacar, a partir de las medias mensuales, que las precipitaciones veraniegas suelen ser relativamente abundantes.

Estación de Castellfolit de la Roca

Año/Mes	Octbre	Novbre	Dicbre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Seppure	Total
1991-92	142,0	128,2	272,8	148,3	23,2	116,4	40,5	138,0	247,1	97,6	67,9	305,0	1.727,0
Media	115,2	98,8	68,4	56,2	79,9	85,3	81,9	124,4	111,9	79,5	95,1	94,2	1066,7

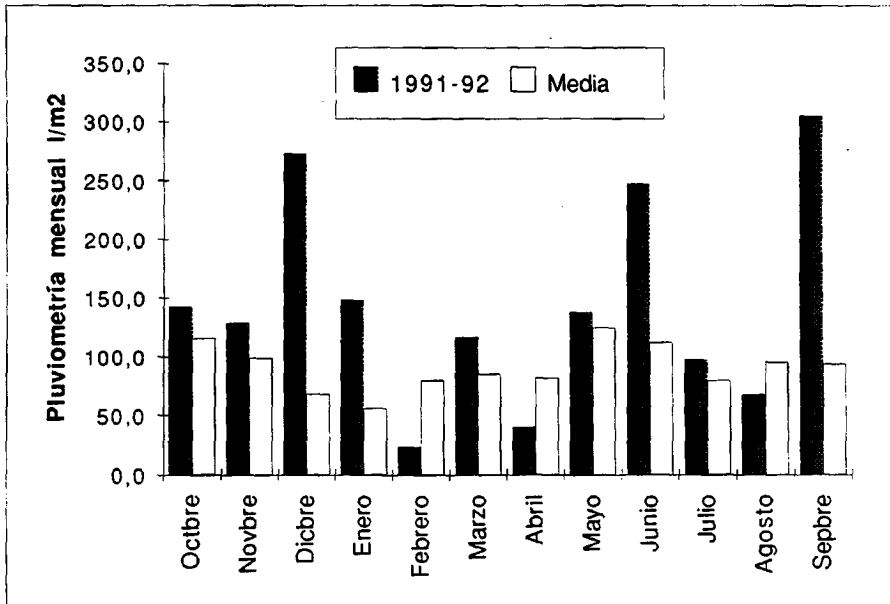


Figura 2.3

Al comparar (fig. 2.3) el ciclo anual considerado con los módulos mensuales, con el correspondiente a la pluviometría mensual del año hidrológico 1991-92, permite considerar a este último como un año anómalo, ya que la distribución de la precipitación ha sido muy dispar. Resaltan los valores extremadamente altos de los meses invernales (diciembre-272,8 l/m², enero-148,3 l/m²), así como los de junio-247,1 l/m² y por encima de ellos el de septiembre-305,0 l/m².

CUENCA DEL BRUGENT

En la cuenca del río Brugent la estación con un registro más completo es la de Les Planes D'Hostoles con un período de 32 años hidrológicos ininterrumpidos de observación, desde el año 1960-61 hasta el 1991-92, aunque faltan datos de algunos meses en tres años.

La pluviometría anual disponible de esta estación se ha representado en la figura 2.4, donde puede observarse la variación de los totales anuales respecto a la media de estos valores y respecto a la pluviometría del año 1991-92. Destaca en primer lugar el valor de este último año 1991-92, 1.594,5 l/m², como el segundo valor más alto de todos los registrados en esta estación y, solamente es superado por el correspondiente al año 1962-63 (1.723,4 l/m²).

El módulo pluviométrico anual obtenido a partir de todos los años de registro corresponde a 1.025,9 l/m². Situándose los valores extremos entre los 539,0 l/m² del año 1972-73 como el más seco y los 1.723,4 l/m² del año 1963-63 ya comentado, como el más húmedo de todo el registro. En la fig. 2.4 puede observarse de manera gráfica la distribución de la pluviometría anual respecto a la media o módulo pluviométrico anual.

Para comparar las precipitaciones en las distintas estaciones de esta cuenca se ha elegido, como en la cuenca del río Fluvià, la última década, ya que en ella se concentran la mayoría de los datos disponibles. Así para este período de 1982-83 al 1991-92 en la fig. 2.5 se representan los totales anuales de las tres estaciones actualmente en funcionamiento en la parte alta de la cuenca del río Brugent:

ESTACION DE LES PLANES D'HOSTOLES

Año	1961-62	1962-63	1963-64	1964-65	1966-67	1968-69	1969-70	1970-71	1971-72	1972-73	1973-74	1974-75	1975-76	1976-77	1977-78
Pluviometría anual	1199,1	1723,4	897,6	921,5	728,8	1412,0	702,0	1247,8	1489,5	539,0	1018,0	994,0	932,5	1217,0	1055,5

Año	1978-79	1979-80	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	MEDIA
Pluviometría anual	743,0	1105,0	852,5	1239,0	647,5	1068,0	942,5	945,0	704,5	1044,7	993	873	921	1594,5	1025,89

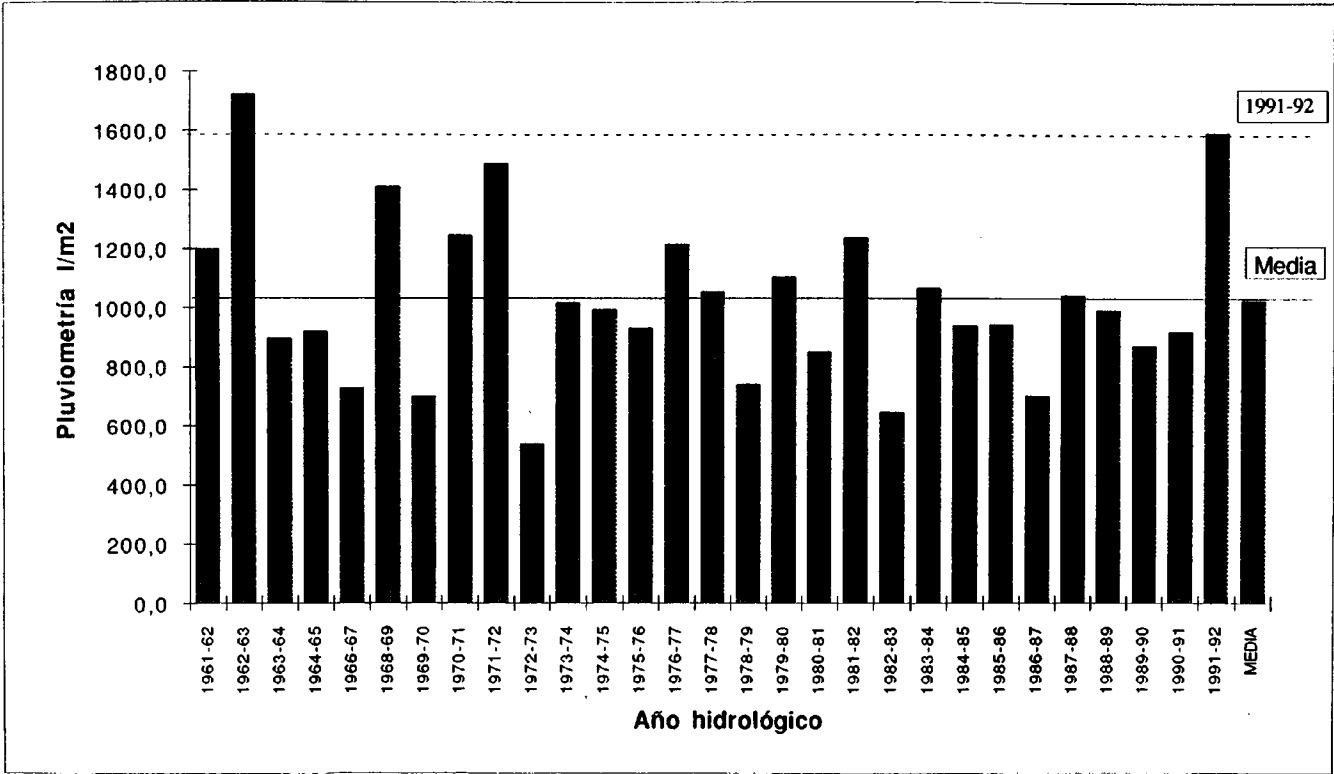


Fig. 2.4

Amer	190 m de altitud
Sant Martí de Llémna	200 m de altitud
Les Planes D'Hostoles	370 m de altitud

En general se observa (fig. 2.5), para este período y para estas estaciones consideradas, una cierta igualdad en las cuantías de las precipitaciones, debiendo resaltar la poca diferencia de cota entre ellas; y, cuando no es así, una disparidad en la distribución de las precipitaciones para estas estaciones que no permite dar ninguna pauta de comportamiento, en función de la altitud u otras características del terreno.

Los módulos pluviométricos de esta última década, para estas estaciones, oscilan (fig. 2.5) entre los 973,4 l/m² de Les Planes, a los 1.011,7 l/m² de Sant Martí de Llémna y, en general, son ligeramente inferiores a los que consideran períodos más largos.

Para observar la repartición a escala mensual de la precipitación en la cuenca del río Fluvià se ha elegido la estación de Les Planes D'Hostoles por su mayor serie de registros. En la fig. 2.6 se ha representado la pluviometría mensual para el año hidrológico 1991-92 y el módulo pluviométrico mensual. A partir de estos últimos se puede caracterizar el ciclo pluviométrico, que consta, igual que en la cuenca del Fluvià, de dos periodos húmedos (otoño y primavera) y dos períodos con precipitaciones menos abundantes (verano e invierno), sobre todo son menores en invierno. Cabe por tanto destacar, a partir de las medias mensuales, que las precipitaciones veraniegas suelen ser relativamente abundantes.

Al comparar (fig. 2.6) el ciclo anual considerado con los módulos mensuales, con el correspondiente a la pluviometría mensual del año hidrológico 1991-92, permite considerar a este último como un año anómalo, ya que la distribución de la precipitación ha sido muy dispar. Resaltan los valores extremadamente altos, igual que en la estación de Castellfollit (cuenca del Fluvià), de los meses invernales (diciembre-279,0 l/m², enero-167,0 l/m²), así como los de junio-252,0 l/m² y los de julio, agosto y septiembre entre

Cuenca río Brugent

ESTACION / AÑO	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	MEDIA
Amer	791,2	1079,1	694,4	799,9	720,8	1236,8	815,6	1004,1	878,7	1751,6	977,2
St. Martí	737,0	1237,5	976,5	861,0	801,5	1406,0	801,5	656,0	948,5	1691,0	1011,7
Les Planes	647,5	1068,0	942,5	945,0	704,5	1044,7	993,0	873,0	921,0	1594,5	973,4

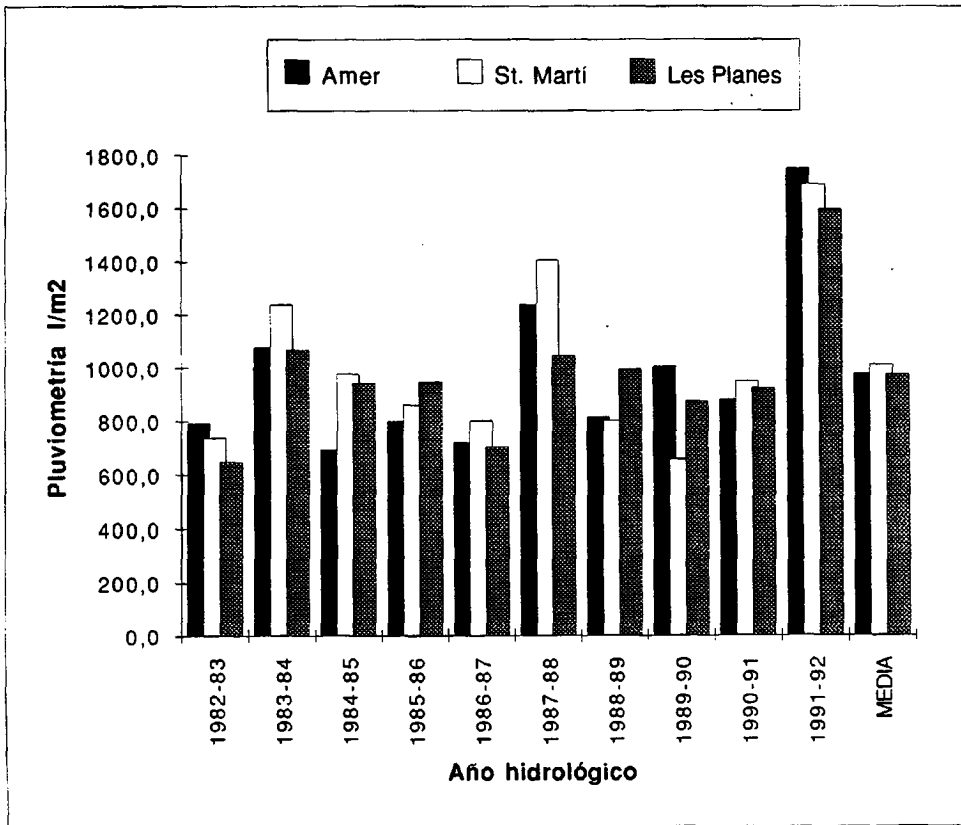


Fig. 2.5

Estación de Les Planes d'Hostoles

Año/Mes	Octbre	Novbre	Dicbre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Seppure	Total
1991-92	107,5	112,0	279,0	167,0	33,0	69,5	35,5	91,0	252,0	152,0	137,5	158,5	1.594,5
MEDIA	108,2	100,9	91,7	60,6	58,4	68,5	88,2	109,3	92,8	68,4	86,3	86,7	1025,9

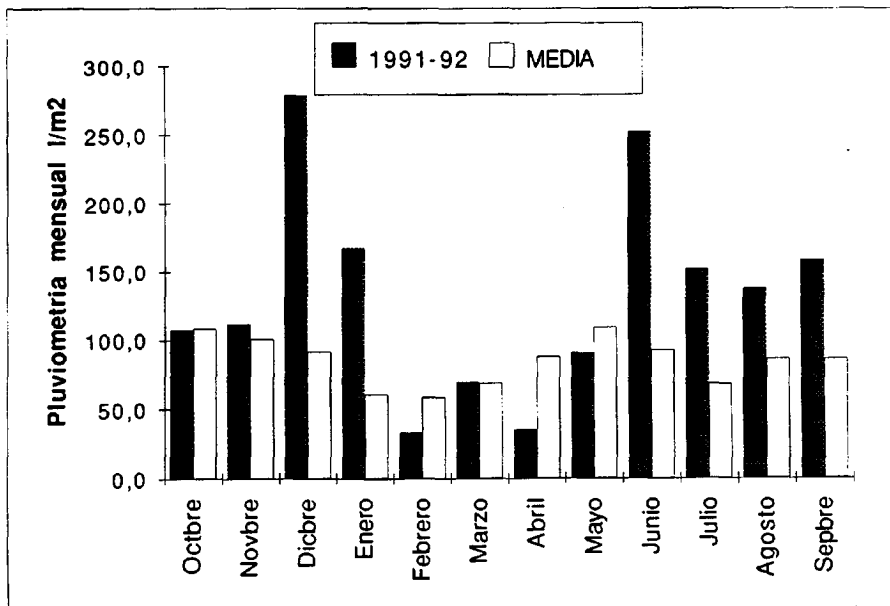


Fig. 2.6

los 135 y 160 l/m². Por contra, los meses de abril y mayo presentan precipitaciones inferiores a las medias.

A modo de resumen los datos pluviométricos disponibles reflejan, para esta zona de estudio de la Garrotxa, una precipitación media situada alrededor de los 1.000 l/m², que se reparte a lo largo del año en dos períodos húmedos que corresponden a la primavera y el otoño y dos períodos de precipitaciones menos abundantes, invierno y verano, este último con precipitaciones no despreciables.

Respecto al año hidrológico 1991-92, durante el cual se han realizado otras observaciones hidrogeológicas, cabe resaltar que se trata de uno de los años más húmedos de entre los que se tiene constancia, más de 1.500 l/m² en todas las estaciones de dentro de la zona estudiada. La repartición mensual de este año 1991-92 es claramente anómala respecto a la tendencia que reflejan los módulos mensuales, con unos máximos mensuales en los meses de invierno (diciembre-enero) y en los meses de junio y septiembre.

El promedio anual de días de precipitación contabilizable es de 95 con extremos que oscilan entre 133 días y 67 días.

La intensidad media de las precipitaciones es de 12 mm. por 24 h. aunque lógicamente se alcanzan intensidades mucho mayores, varias veces superiores a los 100 mm.

Las sequias no son muy frecuentes pero aún así se puede constatar que cada 3 años se produce una sequia de más de 30 días.

Las nevadas no son abundantes ni copiosas y se registran en invierno lógicamente, pero coincidiendo con la estación más seca del año. En la estación de Olot la media de días de nieve es de 5.7 al año y se registran menos días en todas las estaciones de alrededor.

Son muy abundantes los días de rocío y escarcha lo que contribuye a definir el clima húmedo de la comarca. Ello repercute en una mayor infiltración por precipitaciones "ocultas" y a una menor evapotranspiración.

2.2.3. Evapotranspiración

Los valores de Evapotranspiración potencial media mensual según Thornthwaite se han tomado de Elias Castillo y Gimenez Ortiz, 1965 y se indican a continuación:

Octubre	54.5
Noviembre	27.1
Diciembre	16.7
Enero	14.7
Febrero	17.2
Marzo	34.0
Abril	46.7
Mayo	79.0
Junio	102.2
Julio	125.4
Agosto	114.2
Septiembre	84.2
TOTAL	716.0

Dado que existe una distribución bastante regular de lluvias a lo largo del año, el resultado es que prácticamente solo los meses de Julio y Agosto, y no todos los años, existe déficit de agua, con lo que los valores de evapotranspiración real y potencial son similares para reservas de agua en el suelo superiores a 100 mm. cifra que está más que garantizada en una zona tan húmeda como la Comarca de Olot.

2.3. HIDROLOGIA SUPERFICIAL

2.3.1. Hidrografía

El sector estudiado corresponde a las cuencas altas del Fluvià y de su afluente el Ser y a los cabeceros de los afluentes del Ter, Brugent y Llémana. La divisoria entre ambas cuencas discurre por la línea de crestas de las Sierras del Corb, Finestres y Rocacorba.

Dada la pluviosidad el número de torrentes y rieras es muy abundante. Debido a la permeabilidad de los terrenos volcánicos y cuaternarios, en las zonas ocupadas por los mismos no aparecen cauces secundarios. En Sa Cot existe una pequeña cuenca endorreica en la que el agua no se embalsa por la permeabilidad del terreno, pero es origen del actual sector pantanoso en la parte suroriental del Llano de Olot.

El río Fluvià constituye el único colector importante de la Comarca. Nace en la unión de varios torrentes en la Sierra de La Salut y el Grau. El río atraviesa el Llano de Olot de Sur a Norte. Antes de cambiar de dirección recibe a la Riera de Bianya engrosada a su vez por la de Riudaura. Aguas abajo de Olot el río sigue dirección Oeste-Este y recibe las aportaciones del Torrente Turonell por la margen derecha.

El Ser es el segundo río de la comarca por su longitud y caudal. Nace en la Sierra de Finestres (Font Pobre) y recibe las aportaciones de las fosas volcánicas más occidentales (Santa Pau, Els Arcs). Confluye con el Fluvià bastantes kilómetros aguas abajo de la zona volcánica.

2.3.2. Aportaciones

Sólo se dispone de datos históricos de la estación de aforos E-13 río Fluvià en Olot que tiene una cuenca de 128 Km². Sin embargo se piensa que son los más significativos de la zona y sus valores medios son extrapolables al conjunto del área.

Las precipitaciones para un año medio son de 141 hm³/año variando entre 115 hm³/año para años secos y 160 hm³/año para años húmedos. Las aportaciones medidas en la estación son, respectivamente, de 45 hm³/año, 23 hm³/año y 56 hm³/año. Ello representa porcentajes de aportación del 32% en años medios, que bajan al 20% en años secos y ascienden al 35% en años húmedos.

El caudal más bajo se experimenta en verano e invierno de acuerdo con la pluviometría, pero el mínimo absoluto que se registra en la estación invernal queda completamente alterado por la influencia del factor pirenaico y de montaña media que en la estación fría proporciona a la cuenca una cierta abundancia de agua.

Con cierta frecuencia el Fluvià experimenta fuertes crecidas en otoño reflejo del clima mediterráneo.

A continuación se incluyen los datos históricos de la estación correspondientes a un período de 63 años (1912-13 a 1986-87) según publicación de la Junta d'Aigües, 1991.

CAUDALES Y APORTACIONES MEDIAS MENSUALES

	<u>OCT.</u>	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>	<u>ENERO</u>	<u>FEBR.</u>	<u>MAR.</u>	<u>ABR.</u>	<u>MAYO</u>	<u>JUNIO</u>	<u>JULIO</u>	<u>AGO.</u>	<u>SEP.</u>
Caudal medio m ³ /seg.	1.25	1.26	1.44	1.03	1.26	1.73	1.86	2.14	1.72	1.03	0.79	0.81
Aportación media hm ³ /mes	3.34	3.26	3.85	2.75	3.04	4.63	4.82	5.73	4.45	2.75	2.11	2.09
Caudal medio	1.35 m ³ /seg											
Aportación media	42.97 hm ³ /año											
Caudal máximo diario	141 m ³ /seg 2 de Octubre de 1919											
Caudal máximo instantáneo	270 m ³ /seg 19 de Octubre de 1977											

3. GEOLOGIA

3.1. DISPOSICION ESTRUCTURAL

El vulcanismo cuaternario de Olot se asienta sobre un relieve que recorta el Paleógeno plegado y fracturado. Estos relieves corresponden geográficamente al denominado Sistema Transversal Catalán que, con elevaciones de hasta 1.500 m de altitud y disposición alargada de noroeste a sudeste, enlaza el macizo pirenaico propiamente dicho con la Cordilleras Pre-litoral y Litoral Catalana.

Geológicamente, dicho Sistema Transversal consiste en un conjunto de bloques levantados ("horst") y otros hundidos que se intercala entre la Depresión del Ebro y la depresión del Empordà. Esta tectónica de la zona volcánica de Olot corresponde a dos estructuras esencialmente distintas, por un lado, plegamientos de dirección E-W, de edad pirenaica, por otro, fracturas verticales de dirección NW-SE, afectando al zócalo y de edad posterior, neógenas.

Esta estructura es la que ha permitido la aparición de manifestaciones volcánicas. Estas se extienden desde la depresión del Empordà a la depresión de la Selva en afloramientos de reducidas dimensiones y de edad neógena. En la comarca de la Garrotxa y en la del Gironés con afloramientos de mayores dimensiones, sobre todo, en los alrededores de la población de Olot donde se concentran numerosos puntos de emisión, tanto de productos piroclásticos como de coladas de lava. La edad de estas manifestaciones volcánicas de la Garrotxa y el Gironés es claramente cuaternaria, tal como ponen de manifiesto las relaciones de sus materiales con las formaciones aluviales de los cursos fluviales.

3.2. MATERIALES AFLORANTES

Desde un punto de vista cartográfico se han distinguido tres grandes unidades de materiales: los de origen sedimentario de edad eocena, los también sedimentarios de edad cuaternaria y los de origen volcánico de edad cuaternaria.

3.2.1. Los materiales eócenos

En base a la litología de los materiales de edad eocena que afloran alrededor de los materiales volcánicos se han considerado cuatro unidades de materiales. Estas unidades no tienen valor estratigráfico sino que solamente agrupan litologías parecidas para valorar su posible interés hidrogeológico. En su descripción se hace referencia a las unidades estratigráficas equivalentes. A continuación se describe la litología de cada unidad:

- Alternancia de conglomerados, areniscas y arcillas margosas rojas. Corresponde a las denominadas Formación Bellmunt y Formación Artés. La primera (definida por Gich, 1969) es anterior en el tiempo a la segunda (definida por Ferrer, 1971). La Fm. Bellmunt aflora en la zona norte, valle de la riera de Bianya y en todo el sector central de la zona estudiada, en las sierras de Sant Julià, Costa del Puig, del Corb y de Finestres. Por su parte la Fm. Artés tan sólo aflora en el sector meridional entre el coll de Miranda y el coll d'Uria. Ambas formaciones están constituidas por parecidas litologías que se interpretan como típicas series continentales de llanura aluvial, presentando abundantes canales fluviales.

- Areniscas calcáreas grises con alternancia de niveles de margas y a veces con niveles de microfauna. Corresponde a los Miembros Barcons y Puigsacalm (definidos por Gich, 1969) de la Formación Rocacorba. Esta formación engloba los sedimentos interpretados como de canales situados en la parte frontal de un delta que pasan a sedimentos marinos (Fm. Igualada) y a sedimentos fluviales (Fm. Bellmunt). Afloran en todos los sectores de la zona estudiada, siendo destacables en la sierra del Corb y de Finestres donde conforman el nivel de escarpe de estas sierras. En el sector norte en la sierra de Sant Valentí, d'Aiguanegra, la de Molera y la de Mont-ras.

- Margas azules con niveles de areniscas y calizas bioclásticas que corresponden a la Formación Igualada (definida por Ferrer, 1971) y alternancia rítmica de margas ocreas con niveles de areniscas calcáreas grises o niveles de yesos que corresponde a la Formación Vallfogona (definida por Gich, 1969). La Fm Igualada aflora en el sector sur de la zona estudiada y se interpreta como una sedimentación en un área de plataforma

continental, sedimentos de bahía con algun nivel de playa intercalado. Por su lado la Fm. Vallfogona aflora en el sector norte interpretandose como depositos proximales que representan el paso entre las turbiditas de la Fm. Campdevanol y los depositos fluviales de la Fm. Bellmunt.

- Calizas nodulosas algo detríticas con abundante fauna que corresponden a la Formación Tossa, Miembro Coll d'Uria (definido por Ferrer, 1971). Aflora en el sector sur de la zona estudiada en los alrededores del Coll d'Uria.

La correspondencia en sentido estratigráfico de las Formaciones y Miembros descritos, para el sector sur, se esquematiza en el cuadro adjunto:

Sector sur

	Fm. Artés
	Fm. Tossa: Mb. Coll d'Uria
	Fm. Igualada
Fm. Rocacorba:	Mb Puigsacalm
	Fm Bellmunt
	Mb. Barcons

Para el sector norte la relación estratigráfica de las Formaciones y Miembros es la que refleja el cuadro adjunto:

Sector norte

Fm. Bellmunt
Fm Vallfogona
Mb. Barcons

Estos materiales eocénicos aflorantes en la zona estudiada descritos constituyen, en general, muy pobres acuíferos. Las unidades descritas suelen presentar permeabilidades bajas, únicamente la unidad formada por calizas (Mb. Coll d'Uria) puede constituir

localmente un acuífero con permeabilidades muy variables. Por otro lado los tramos de areniscas calcáreas (Mb. Piugsacalm y Mb. Barcons) pueden también, localmente, presentar porosidades por fisuración y constituir acuíferos de permeabilidad muy variable.

3.2.2. Los materiales cuaternarios volcánicos

El vulcanismo de Olot proviene de magmas básicos que dan lugar, generalmente a una actividad stromboliana: emisiones de gases, ritmadas con gran proyección de piroclastos, básicamente bombas y lapilli (localmente denominado greda) y efusiones importantes de coladas de lava. Localmente hay indicios de erupciones más violentas debidas a la presencia de agua (freatico-magmáticas) en el volcán Cairat que da lugar a brechas con material arrancado de la chimenea del volcán.

En la cartografía se han distinguido las siguientes unidades:

- Materiales piroclásticos heterométricos que forman acumulaciones con morfología de conos volcánicos, en general, bien conservados, sobre todo los más recientes. La mala conservación puede ser debida a emplazarse en zonas muy expuestas a la erosión, cumbres o vertientes de las montañas. Las características de estos conos volcánicos varían en función de la topografía del lugar de emplazamiento, la tipología de la erupción para dar lugar a un cráter centrado o un cráter abierto, al tipo de material expulsado y a las condiciones meteorológicas reinantes capaces de transportar a los piroclastos hacia direcciones determinadas.
- Mantos piroclásticos y brechas piroclásticas corresponden a las acumulaciones de piroclastos que revisten la topografía formando verdaderos campos. Normalmente estos mantos se ubican alrededor de los conos volcánicos y están formados por piroclastos de granulometría bastante seleccionada, de tamaño lapilli que en el momento de la erupción fué transportado hacia una zona más alejada que la del propio cono volcánico.
- Coladas de lava de naturaleza basáltica o basanítica, es decir, emisiones básicas, fluidas y relativamente a temperaturas altas. Estas coladas circularon por un

paisaje montañoso siguiendo el curso de ríos y torrentes. En sección, una colada de lava volcánica presenta una parte superior de aspecto masivo a veces escoriáceo, una banda intermedia con hábito prismático o lenticular bien desarrollado y una parte inferior masiva y escoriácea. La morfología superficial de estas coladas varía en función de la viscosidad de la lava. Así, las emisiones de lava fluida tienen una superficie lisa, formando llanos recortados por los cursos fluviales que dan lugar a los típicos acantilados basálticos con columnas prismáticas. Cuando las emisiones son de lava viscosa presentan arrugas o crestas y depresiones cerradas que reflejan la forma del paleorelieve y el flujo de escorrentía; también se observan protuberancias que corresponden a hornitos, tomando en conjunto una morfología denominada "mal país".

La invasión del cauce fluvial por una colada lávica conlleva, por una parte, que las gravas y arenas depositadas por el río queden recubiertas por dicha colada y, por otra parte, que se forme una verdadera presa que cierra el valle y crea un embalse de aguas arriba de la misma. Estos embalses se colmatan por los aportes del río, a veces de niveles de piroclastos de otras erupciones y por el régimen pantanoso, que puede llegar a establecerse, que origina la presencia de limos negros o grises.

La separación en el tiempo de las erupciones volcánicas que han acaecido en esta zona, desde el Cuaternario medio hasta el postwürm, ha dado lugar a la superposición de materiales volcánicos, sobre todo de las coladas de lava y de los depósitos fluvio-lacustres relacionados. De esta manera, el espesor de material volcánico con intercalaciones fluvio-lacustres puede ser muy considerable, de más de 150 metros. En el punto del inventario nº 381210046 (zona cercana a la fageda de Jordà), se han atravesado 181 metros

Desde un punto de vista hidrogeológico los materiales volcánicos se agrupan en dos unidades:

- Las acumulaciones de productos piroclásticos, tanto las que forman los conos volcánicos como las que originan los recubrimientos en forma de manto, presentan porosidades intergranulares pudiendo dar lugar a permeabilidades altas

- Las coladas de lavas presentan una porosidad por fisuración dependiendo de los hábitos de enfriamiento y diaclasado, lo que generalmente da lugar a permeabilidades medias a bajas.

3.2.3. Los materiales cuaternarios sedimentarios

Desde un punto de vista cartográfico se han diferenciado dos unidades: una que corresponde a los materiales detríticos de origen aluvial, coluvial o lacustre y, la otra, que corresponde a rocas carbonáticas de tipo travertínico.

- La primera unidad puede estar formada, o bien, por gravas, arenas, limos y arcillas de origen aluvial, o bien, por cantos heterométricos con matriz limosa o arcillosa de origen coluvial. Como resultado del emplazamiento de las coladas de lava y de su acción de presa natural, pueden originarse ambientes pantanosos que generan la sedimentación de limos grises turbosos.

Estos materiales se encuentran en el fondo de los valles y torrentes y, tal como se comentaba en el apartado anterior pueden encontrarse recubiertos de coladas volcánicas, proceso que ha ocurrido en diversas ocasiones. Este hecho singular tiene mucho interés hidrogeológico ya que origina la presencia de niveles aluviales en profundidad, que constituyen buenos acuíferos.

Así, dentro de los materiales descritos como detríticos se pueden destacar los niveles de gravas y arenas de origen aluvial que corresponden a paleocauces que constituyen muy buenos acuíferos con permeabilidades altas. En los sondeos realizados en la zona del "Parc Nou" de Olot se cortan dos niveles de paleocauces, en el punto del inventario nº 381150013, el primero entre 58 y 61,5 m, y el segundo entre 83 y 105 m, en el punto del inventario nº 381150038, el primero entre 55 y 61,5 m, y el segundo entre 82 y 115 m. El segundo nivel se explota para el abastecimiento de la ciudad de Olot. Parece probable la existencia de otro nivel por debajo del último descrito, pero no se tiene aún constancia de que se haya atravesado en algún sondeo. Por otro lado, la falta de columnas litológicas en el inventario dificulta el seguimiento de estos niveles.

4. HIDROGEOLOGIA

4.1. GEOMETRIA

4.1.1. Inventario de puntos acuíferos

La comarca de Olot se caracteriza por una alta humedad, que es fuente y consecuencia a la vez de la aparición de innumerables manantiales conocidos desde antiguo y muy apreciados por la población.

Los manantiales son bastante continuos a lo largo del año y han suministrado históricamente el abastecimiento de las poblaciones con caudales muy variables pero con unos pocos puntos de caudal muy considerable, superiores a los 30 l/seg.

A partir de los años 50 se iniciaron las perforaciones para la prospección y explotación de aguas subterráneas con obras de incluso 200 m. Si bien varios sondeos se han perforado en las margas y areniscas eócnas la mayor parte de los sondeos productivos explotan bien el acuífero volcánico, bien el aluvial interconectado.

En el cuadro adjunto se han tratado de resumir los resultados más característicos del inventario, agrupando los datos geográficamente por términos municipales e hidrogeologicamente por acuíferos.

RESUMEN DEL INVENTARIO

TERMINO MUNICIPAL	MANANTIALES			POZOS Y SONDEOS	TOTAL
	VOLCANICO	CUATERNARIO	EOCENO		
Olot	9	---	2	18	29
S. Feliu de Pallarols	5	1	2	---	8
S. Joan les Fonts-La Canya	12	---	---	---	12
Santa Pau	8	---	2	6	16
Castellfollit de la Roca	1	---	1	---	2
S. Jaume de Llierca	1	---	---	3	4
Les Preses	---	1	3	4	8
La Vall d'en Bas	---	---	---	5	5
Les Planes	---	---	3	---	3
Riudaura	---	---	1	---	1
Argelaguer	---	---	2	---	2
S. Aniol de Finestres	2	---	1	---	3
S. Martí de Llémana	4	---	---	2	6
Carret d'Adri	2	---	3	1	6
TOTAL	44	2	20	39	105

Hay que hacer notar que no se trata de un inventario exhaustivo ya que existe un inventario reciente en el marco del Plan Hidrológico del Pirineo Oriental. Unicamente se han tratado de completar alguna de las zonas marginales e incorporar los sondeos de más reciente construcción, todo ello en vistas a definir mejor la geometría del acuífero.

Los aspectos cualitativos y cuantitativos que se pueden extraer del inventario se resumen a continuación.

Los manantiales del acuífero volcánico casi siempre están relacionados con los afloramientos de basaltos y suelen emerger en las bases de las coladas en contacto con los materiales eócenos poco permeables. Este tipo de manantiales son los más caudalosos llegando a superar según las épocas del año, los 100 l/seg. También existen manantiales de menor caudal relacionados con las aglomeraciones de lapilli y cenizas volcánicas (Canet d'Adri).

No todo el material volcánico se comporta de la misma manera. La mayoría de manantiales importantes se concentra en las fosas de Olot y Santa Pau, mientras en otras zonas más altas como Batet o en coladas más alejadas como St. Iscle, Pla de Sant Joan y Sant Feliu de Pallarols, es difícil encontrar manantiales.

Los sondeos más productivos son los que explotan conjuntamente las coladas volcánicas con algunos tramos de gravas aluviales interstratificados que aportan el mayor porcentaje de la tanto por su potencia, como, sobre todo por su mayor permeabilidad, así aparecen las cuñas aluviales en los pozos municipales de Olot (a 58 y 83 m) y de San Joan les Fonts (a 74 m) y en sondeos particulares de Batet (a 160 m) y de les Planes (a 40 m). Los caudales extraídos pueden llegar a los 50 l/seg.

Los manantiales inventariados en terrenos eócenos son de caudales mucho menores. Las fuentes se concentran en la vertiente Norte de la Sierra del Corb y del Bac de las Toies, llegando incluso a abastecer poblaciones como Sant Feliu de Pallarols y siendo más abundantes y caudalosos en las sierras que rodean los ríos Brugent y Llémana sobre todo en las zonas de Cogolls (Les Planes) y de Llorá (Sant Martí de Llémana).

Existe otro "acuífero", que correspondería a los limos que se encuentran sobre las antiguas coladas, como en el Pla de LLacs (en Olot), provenientes, parece ser, de antiguos aiguamolls, o en el Bosc de Tosca (Les Preses), de poco espesor (no llegan a los 15 m.). En épocas de lluvias fuertes se han producido en las inmediaciones inundaciones de los sótanos. También se hallan en las faldas de las montañas eócenos, entre estas y los materiales volcánicos, depósitos limosos, bien de origen fluvio-torrencial o como en el caso anterior, en los que se sitúan los pozos de poca profundidad (Veinat de Pocafarina) y que producen poco caudal (para abastecimientos de casas).

En el apartado 4.2.3 se describen los manantiales más importantes de la zona y se explica su funcionamiento hidrogeológico en función de los aforos realizados.

A continuación simplemente se relacionan los manantiales más significativos, incluidos en el inventario, correspondientes al acuífero volcánico.

MANANTIALES QUE DRENAN ACUIFEROS VOLCANICOS

Término municipal de St. Feliu de Pallarols:

Fuente de la Fontana	Fuente del Gorg
Fuente de la Caudalosa	Fuente d'en Cinto
Fuente de Volei	

Término municipal de Olot:

Font Moixina	Font Faja
Font de la déu grossa	Fuente de la Gruta
Fuentes de St. Roc	Fuentes de Can Noc
Fuente de les Feixes	Fuente de Cuni
Fuente de les Tries	

Término municipal de St. Joan Les Fonts-La Canya:

Fuente de Can Pairic	Fontcalenta
Fontbona	Font Fonoses
Fontblanca	Fuente de la Font
Font de les Mulleres	Fuente del Barrano
Font de Can Xerbanda	Font Canova
Fuente del Serrat	Font Blanca

Término municipal de Sta. Pau:

Fuente de la Sal	Fuente de Can Clavell
Fuente del Pet	Fuente d'en Pere
Fontfresca	Fuente de Buc
Fuente de Can Falguera	Font Pobre

Término municipal de Castellfollit de la Roca:

Fuente de la Central

Término municipal de St. Jaume de Llierca:

Fuente d'en Quel

Término municipal de St. Aniol de Finestres:

Font Sucal

Fuente de Can Plana

Término municipal de St. Martí de Llémmana:

Fuente de Moli Gloria

Fuente d'en llong

Fuente del puente

Fuente de La Coromina

Término municipal de Canet d'Adrí:

Fuente de les Hortes

Fuente del Serrador

4.1.2. Extensión y profundidad de los acuíferos

Desde el punto de vista hidrogeológico, aunque hay explotaciones pequeñas en cualquier terreno, hay un único acuífero que corresponde al conjunto volcánico-aluvial, interconectado en función de una coetánea deposición durante el cuaternario, tal como ponen de manifiesto las sucesivas indentaciones entre las coladas volcánicas y las terrazas fluviales.

En la cartografía se han distinguido las siguientes unidades significativas desde el punto de vista hidrogeológico.

- **Materiales piroclásticos en forma de conos.**
- **Mantos y brechas piroclásticos que revisten la topografía anterior formando verdaderos mantos alrededor de los conos volcánicos.**
- **Coladas de lava de naturaleza basáltica o basanítica en forma de lengua, ya que circularon siguiendo el curso de los ríos.**
- **Terrazas fluviales formadas por arenas, gravas, limos y arcillas con niveles de alta permeabilidad. También se han cartografiado terrenos coluviales de baja permeabilidad y sedimentos finos (limos grises) formados en los ambientes pantanosos generados por la acción de presa natural que han constituido en ocasiones las coladas de lava.**

La separación en el tiempo de las diversas coladas ha dado lugar a la superposición de materiales volcánicos y de los depósitos fluvio-lacustres relacionados.

De esta forma el espesor conjunto del acuífero puede ser considerable, llegando a más de 150 m (máx. 181 m en La Fageda d'en Jordà), con acuíferos muy productivos correspondientes a gravas de paleocauces, a profundidades muy competitivas desde el punto de vista de la extracción de aguas subterráneas (55 a 61 m y 82 a 115 m en el Parc Nou), pero que a la vez no presentan demasiado riesgo de contaminación por su relativa profundidad.

Con los datos de una serie de sondeos se ha podido realizar un corte geológico esquemático y longitudinal según el curso del río Fluvià (Plano nº 4) en el que se ve el espesor conjunto y la disposición estructural por encima de los terrenos eócenos.

4.2. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

El funcionamiento hidrogeológico es el propio de un acuífero libre, con capas de mayor o menor permeabilidad que tienen importancia sobre todo para la explotación. La

recarga es por infiltración de la precipitación y la descarga tienen lugar de forma natural, bien por manantiales puntuales, bien por salidas difusas cuando la superficie piezométrica corta los valles o zonas bajas que canalizan el drenaje, formando incluso áreas pantanosas, más evidentes en períodos de mayores precipitaciones.

4.2.1. Piezometría

El control de la variación de la superficie piezométrica de los sistemas acuíferos se ha llevado a cabo mediante la realización de dos campañas de campo, una en la primavera de 1993 (meses de febrero, abril y mayo) y otra en el otoño de 1993 (mes de noviembre de 1993), en la tabla nº 4.1 se reflejan los datos obtenidos para cada punto de control.

La piezometría que se representa en el Mapa Hidrogeológico es representativa del sistema acuífero conjunto aluvial-volcánico que se comporta de acuerdo con una buena conexión hidráulica, sin discontinuidades significativas. Por su parte, los acuíferos de las formaciones eóceñas, al no constituir el objetivo de este trabajo y aunque actúan de zócalo y borde de los rellenos cuaternarios (aluvial y basalto), no se disponen de datos para poder establecer relaciones con las formaciones cuaternarias.

El mapa piezométrico realizado se ha basado en los datos piezométricos medidos en la primera campaña de campo, realizada en su mayor parte en el mes de abril de 1992. Este mapa se toma como representativo de la superficie piezométrica de este sistema acuífero en su conjunto a lo largo de las dos campañas, ya que en general, las variaciones medidas son inferiores a la precisión del propio mapa. En un 50% de los puntos de los que se dispone de medida, la variación obtenida es inferior a 1 metro.

Las isopiezas representadas se han podido trazar para la cuenca del río Fluvia y para la del río Ser; en la cuenca del río Brugent no se disponen de suficientes datos. En la cuenca del río Fluvià se observa una disposición de las isopiezas acorde con la morfología del valle principal, desde la zona de la Vall de Bas hasta Sant Jaume de

Tabla 4.1 -Niveles piezométricos del acuífero aluvial-volcánico, en las dos campañas realizadas.

Nº invent.	Nombre pozo	Cota	Prof.	1ª Campaña			2ª Campaña		
				Fecha-1	Nivel-1	Co-NP1	Fecha-2	Nivel-2	Co-NP2
371180019	Canaderes	458	17,0	13/2/92	12,09	445,91	9/11/92	12,92	445,08
371180021	Puig	448		19/2/92	14,28	433,72	11/11/92	16,29	431,71
371180022	Rebeixinc	466	35,0	19/2/92	32,53	433,47			
371180023	Canal	448	9,0	11/4/92	5,63	442,37	10/11/92	5,71	442,29
371180024	La Corda	460	133,0	*/*/84	2,50	457,50			
371180025	La Pinya	475	36,0	*/*/84	3,00	472,00			
381150015	Cornas	420	70,0	13/4/92	15,23	404,77	13/11/92	15,19	404,81
381150020	Fluinsa	360	40,0	13/4/92	6,88	353,12	12/11/92	3,25	356,75
381150021	Báscula	330	70,0	13/4/92	26,50	303,50	11/11/92	25,11	304,89
381150022	Cerca Canova	315		18/2/92	36,66	278,34			
381150027	Piscina	390		?	7,03	382,97	6/11/92	5,10	384,90
381150030	Renart	470	100,0	15/2/92	42,40	427,60	6/11/92	41,67	428,33
381150033	Jamones	410	35,0	29/4/92	12,90	397,10	6/11/92	12,75	397,25
381150036	Noel II	400	101,0	30/4/92	19,85	380,15	12/11/92	14,39	385,61
381150044	Saur	420	105,0	13/4/92		420,00	6/11/92	surgente	
381150048	La Canya	378	11,3	15/2/92	9,54	368,46			
381150053	Manou	401		16/2/92	5,58	395,42	12/11/92	4,79	396,21
381150057	Fangola	397	13,0	17/2/92	3,77	393,23	9/11/92	3,28	393,72
381150058	Coromines	415		17/2/92	28,00	387,00			
381150060	Ermita	455	12,4	18/2/92	7,10	447,90	5/11/92	4,56	450,44
381150068	Tarut	441	5,0	7/4/92	3,75	437,25	13/11/92	3,65	437,35
381150070	Roureda	368	60,0	11/4/92	16,79	351,21	11/11/92	15,89	352,11
381150072	Emili	429	15,0	9/4/92	7,89	421,11	11/11/92	7,90	421,10
381150073	Caña	382	70,0	11/4/92	9,66	372,34	13/11/92	5,29	376,71
381150074	Gleies	496	130,0	11/4/92	62,03	433,97	11/11/92	62,25	433,75
381150076	Noel I	395	126,0	30/4/92	22,74	372,26	12/11/92	15,80	379,20
381150077	Puigdedalt	658	8,0	2/5/92	6,85	651,15	6/11/92	6,91	651,09
381150078	Puigdedalt	659	10,0	2/5/92	7,24	651,76	6/11/92	7,05	651,95
381150081	Sala	330	90,0	7/4/92	11,09	318,91	11/11/92	9,84	320,16
381160012	Can Jalai	245	65,0	11/4/92	22,18	222,82			
381160013	Llongarriu	257	150,0	8/4/92	37,80	218,70			
381160014	Gasolinera	257		8/4/92	34,00	223,00	7/11/92	31,70	225,30
381160015	Domenech	232	40,0	8/4/92	10,09	221,91	9/11/92	8,83	223,17
381160016	Pont	198	8,0	8/4/92	4,11	193,89	9/11/92	4,51	193,49
381160021	Francesc	204	32,0	4/5/92	10,08	193,92	9/11/92	8,64	195,36
371240017	Capisa	458	51,0	13/4/92	1,15	456,85	5/11/92	3,42	454,58
371240032	Viñas	462	25,0	9/4/92	7,35	454,65	13/11/92	7,89	454,11
371240033	Tosca	459	9,0	10/4/92	-0,35	458,85	5/11/92	2,14	456,36
371240034	Masota	458				458,00	13/11/92	1,16	456,84
371240036	Cros-59	460	78,0	*/*/84	4,00	456,00			
371240037	Cros-37	474	30,0	*/*/84	10,00	464,00			
371240038	Cros-62	476	74,0	*/*/84	10,00	466,00			
371240039	Cros-64	477	52,5	*/*/84	10,00	467,00			
381210004	Corominas	540	97,4	10/4/92	85,11	454,89	3/11/92	83,05	456,95
381210006	Can Xel	600	265,0	2/12/82	67,00	533,00			
381210007	Fageda	570	50,0	10/4/92	-0,35	570,35	3/11/92	0,00	570,00
381210013	piezo S-04	439	23,8	Surgente	-0,10	439,10	3/11/92	Surgente	
381210015	Piezo verteder	610	126,0	28/4/92	84,84	525,16	3/11/92	75,41	534,59
381210020	La Déu	439		12/2/92	1,41	437,59	4/11/92	1,55	437,45
381210025	Can Xel	615	95,0	*/*/84	76,00	539,00			
381210026	Jordà	550	13,8	20/2/92	3,86	546,14	5/11/92	3,71	546,29
381210029	Só	505	13,0	9/4/92	0,51	504,49	5/11/92	0,63	504,37
381210030	Roure	524	9,2	9/4/92	2,36	521,64	13/11/92	2,02	521,98
381210032	Les Olletes	545	100,0	9/4/92	76,53	468,47			
381210037	Cros	569	100,0	10/4/92	4,61	564,39	4/11/92	7,11	561,89
381210038	Camping Lava	608	256,0	2/11/91	180,00	428,00			
381210039	Can Planissars	523	140,0	2/2/89	37,00	486,00			
381220027	Pozo	489		10/4/92	18,43	470,57	13/11/92	21,41	467,59
381220028	Quintana	452	27,0	11/4/92	20,73	431,27	4/11/92	20,91	431,09
381250004	Pozo-1	373		6/5/92	17,61	355,39	13/11/92	28,89	344,11
381260005	Sorna	301	18,8	30/4/92	13,67	287,33	10/11/92	14,77	286,23

Llierca, así como de la de los principales afluentes: riera de Bianya, riera de Riudaura y torrente Turonell.

La morfología del valle del río Fluvià está alterada por efecto del vulcanismo cuaternario, de manera que las emisiones de lava han dado lugar, directa o indirectamente, a zonas llanas en el eje del valle como la Vall de Bas, Fageda de Jordà, Pla d'Olot, Pla de la Canya en los que se encaja el curso actual del río, aprovechando, generalmente, el contacto entre los materiales volcánicos y los sedimentarios eocénicos y dando lugar a taludes verticales de hasta 50 metros de altura donde se ubican las surgencias del sistema acuífero.

En este peculiar relieve de valles de fondo llano disectados por los cursos fluviales actuales en los contactos con los materiales de borde (eocenos), que descienden suavemente siguiendo la pendiente del valle, se sitúan las isopiezas que dibujan una topografía marcada por las emisiones volcánicas, desde los puntos de máxima altitud, por un lado el altiplano de Batet y por otro la zona de los volcanes Santa Margarida, Croscat y Puig de la Costa, descendiendo primero con pendientes más o menos fuertes y pudiéndose situar a más de 40 metros por debajo de la superficie topográfica. Posteriormente la superficie piezométrica adquiere una pendiente suave situándose a menos de 20 metros por debajo de la superficie topográfica.

En la zona del Pla d'Olot y en la Vall de Bas se aprecia una disposición de las isopiezas marcando una superficie de pendiente muy baja que refleja la topografía llana de estas zonas y quizás una extracción considerable. El agua se sitúa a tan solo 0.5-2 m por debajo de la superficie.

Por su parte en la zona de la cuenca del río Ser la superficie piezométrica deducida responde a las mismas características que las expuestas para la cuenca del río Fluvià. Se adapta a la morfología debida a la actividad volcánica, desde la zona de los volcanes Santa Margarida, Croscat y Puig Safont-Martinya, descendiendo progresivamente por el valle.

La existencia de algunos valores de nivel piezométrico que no encajan con la superficie piezométrica dibujada se explica por la presencia de pequeños niveles acuíferos independientes dentro del sistema aluvial-basalto definido, o bien, por corresponder a niveles de los acuíferos eocenos, es decir, a pozos que atraviesan los materiales cuaternarios donde estos tienen poco espesor de zona saturada y penetran en los materiales eocenos.

Dada la gran pluviometría, ya comentada del año 1991-92, las variaciones interanuales son poco significativas y no muestran una tendencia estacional clara.

En un total de 42 puntos se ha efectuado la medida del nivel piezométrico en las dos campañas realizadas (tabla nº 4.1). Los resultados obtenidos no permiten definir unas tendencias claras entre las dos campañas realizadas. Por un lado en 23 puntos se registra un ascenso del nivel piezométrico, siendo en 7 de ellos muy significativo, con valores superiores a 2 metros. Mientrás, en los 19 puntos restantes se observa un descenso del nivel piezométrico, siendo en seis de ellos superior a 2 metros.

En general la oscilación registrada entre las dos campañas realizadas es en la mitad de los puntos de control inferior a 1 metro.

Así pues, los datos obtenidos hasta el momento en el presente estudio no permiten establecer una tendencia de evolución de la superficie piezométrica, ni opinar sobre el efecto de la extracción continuada de agua de este sistema acuífero en los niveles piezométricos ya en el bombeo corresponde a una curva de demanda (abastecimiento e industria) practicamente uniforme a lo largo de todo el año.

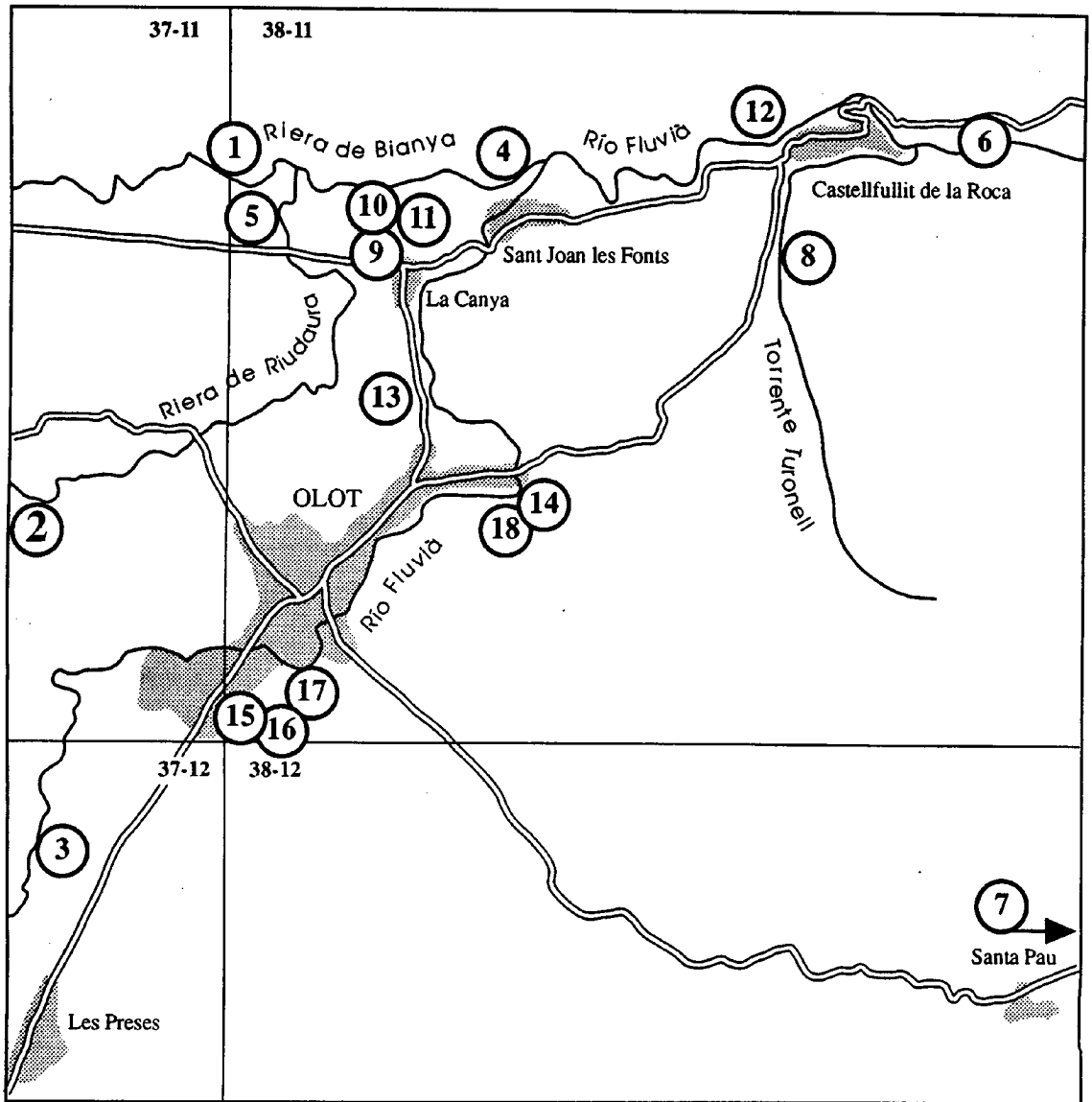
4.2.1. Relaciones río-acuífero

Para la evaluación de las aportaciones del sistema acuífero que forman los materiales volcánicos con los aluviales asociados, se diseñó una red de puntos para el control de caudales, tanto en los cursos fluviales como en las surgencias principales.

Debido a que el núcleo más importante de materiales volcánicos se sitúa en las proximidades de Olot, con direcciones de flujo dirigidas hacia el norte, dentro de la cuenca del río Fluvià, se ha controlado especialmente esta cuenca. El flujo de la zona volcánica del término de Santa Pau hacia el este, dentro de la cuenca del río Ser también se ha controlado. Por su parte, la circulación en las áreas volcánicas de la cuenca del río Brugent no se han evaluado, debido a la dispersión que presentan.

La distribución de puntos de la red de control (fig. 4.1) ha obedecido a un intento de valorar la circulación hídrica de este sistema acuífero. En el Mapa Hidrológico se refleja la situación de los puntos de esta red de control de aforos en relación a las cuencas de los ríos implicados (Fluvià, Brugent y Ser) y, también, en relación a la presencia de los materiales volcánicos en el substrato. Así, se han situado:

- 3 estaciones en los principales cursos fluviales antes de su entrada en la zona volcánica (puntos nº 1-Riera de Bianya, 2-Riera de Riudaura y 3-Río Fluvià).
- 3 estaciones antes de la desembocadura de los cursos superficiales a otros (puntos nº 4-Riera de Bianya, 5-Riera de Riudaura y 8-Torrente Turonell).
- 9 estaciones en los puntos de surgencia del sistema o en las acequias que agrupan las aguas de estos manantiales. Quedan agrupadas alrededor de cinco puntos de surgencia principales: manantiales de la zona de la Moixina, fuente de les Tries, fuente Noc d'en Cols, manantiales de la zona de La Canya-Sant Joan les Fonts y fuente de Can Gridó.
- Una estación en el río Fluvià (6) a la salida de prácticamente todo el sistema volcánico, en la población de Castellfullit de la Roca.
- Una estación en el río Ser (7) al final de los afloramientos volcánicos en esta cuenca, en el pueblo de El Torn.



- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--|
| ① Riera de Bianya-1 | ⑦ Río Ser | ⑬ Fuente Noc d'en Cols |
| ② Riera de Riudaura-2 | ⑧ Torrente Turonell | ⑭ Fuente de les Tries |
| ③ Río Fluvià-2 | ⑨ Fuente Mulleres-1 | ⑮ Fuente de la Moixina |
| ④ Riera de Bianya-2 | ⑩ Fuente Mulleres-2 | ⑯ Fuente de la Deu |
| ⑤ Riera de Riudaura-1 | ⑪ Acequia de Verlets | ⑰ Acequia de Ravell |
| ⑥ Río Fluvià-1 | ⑫ Fuente de can Grido | ⑱ Estación de aforos nº13
Comisaria de aguas P.O. |

Fig. 4.1. Situación de las estaciones de aforo controladas.

CAMPAÑA DE AFOROS

CAUDALES l/s

Nº Est. Estación	Termino munic.	Subestaciones	(14/5/92)	(22,23/7/92)	(5,6/10/92)	
			Mayo'92	Julio'92	Octubre'92	
1	Riera de Bianya-1	Bianya	-	385,1	895,8	608,9
2	Riera de Ridaura-2	Olot	R. de Ridaura-2 R. de Ridaura-2 R	62,8 42,3	312,8	54,5
3	Río Fluvià-2	Les Preses	-	nd	975,6	349,5
4	Riera de Bianya-2	Sant Joan les Fonts	R. de Bianya-2A R. de Bianya-2B R. de Bianya-2C R. de Bianya-2 total	158,1 357,8 76,9 592,8	850,5 184,5 823,5 1858,5	- - - 830,5
5	Riera de Ridaura-1	Bianya	-	295,0	586,6	359,4
6	Río Fluvià-1	Montagut	Río Fluvià-1A Río Fluvià-1B Río Fluvià-1C Río Fluvià-1D Río Fluvià-1 total	369,6 746,0 781,5 260,9 2158,0	581,6 1520,6 1040,3 435,4 3577,9	- - 1038,9 625,3 1664,2
7	Río Ser	El Torn	-	nd	610,7	242,2
8	Torrente Turonell	Sant Joan les Fonts	-	51,1	120,1	78,1
9	Fuente de les Mulleres-1 (381150051)	Sant Joan les Fonts	-	12,6	nd	nd
10	Fuente de les Mulleres-2	Sant Joan les Fonts	-	69,6	nd	nd
11	Acequia de Verlets (Mulleres+Fontfreda+...)	Sant Joan les Fonts	-	72,5	69,2	72,4
12	Fuente Can Grido (381150042)	Castellfullit	Fuente Abastecimiento Total	21,5 3,1 24,6	19,4 3,1 22,5	20,3 3,1 23,4
13	Fuente Noc d'en Cols (381150047)	Olot	Noc d'en Cols-A-1 Noc d'en Cols-A-2 Noc d'en Cols-B Noc d'en Cols total	69,2 5,3 82,0 156,5	62,8 - 80,3 143,1	44,2 7,2 82,0 133,4
14	Fuente de les Tries (381150045)	Olot	-	32,1	32,4	32,7
15	Fuente de la Moixina (381210021)	Olot	-	nd	nd	13,4
16	Fuente de la Deu (381210022)	Olot	-	nd	nd	116,0
17	Acequia de Ravell (Moixina + Deu + ...)	Olot	-	nd	278,9	147,2
18	Estación de Aforos nº13	Olot-Comisaria de Aguas Pirineo Oriental				

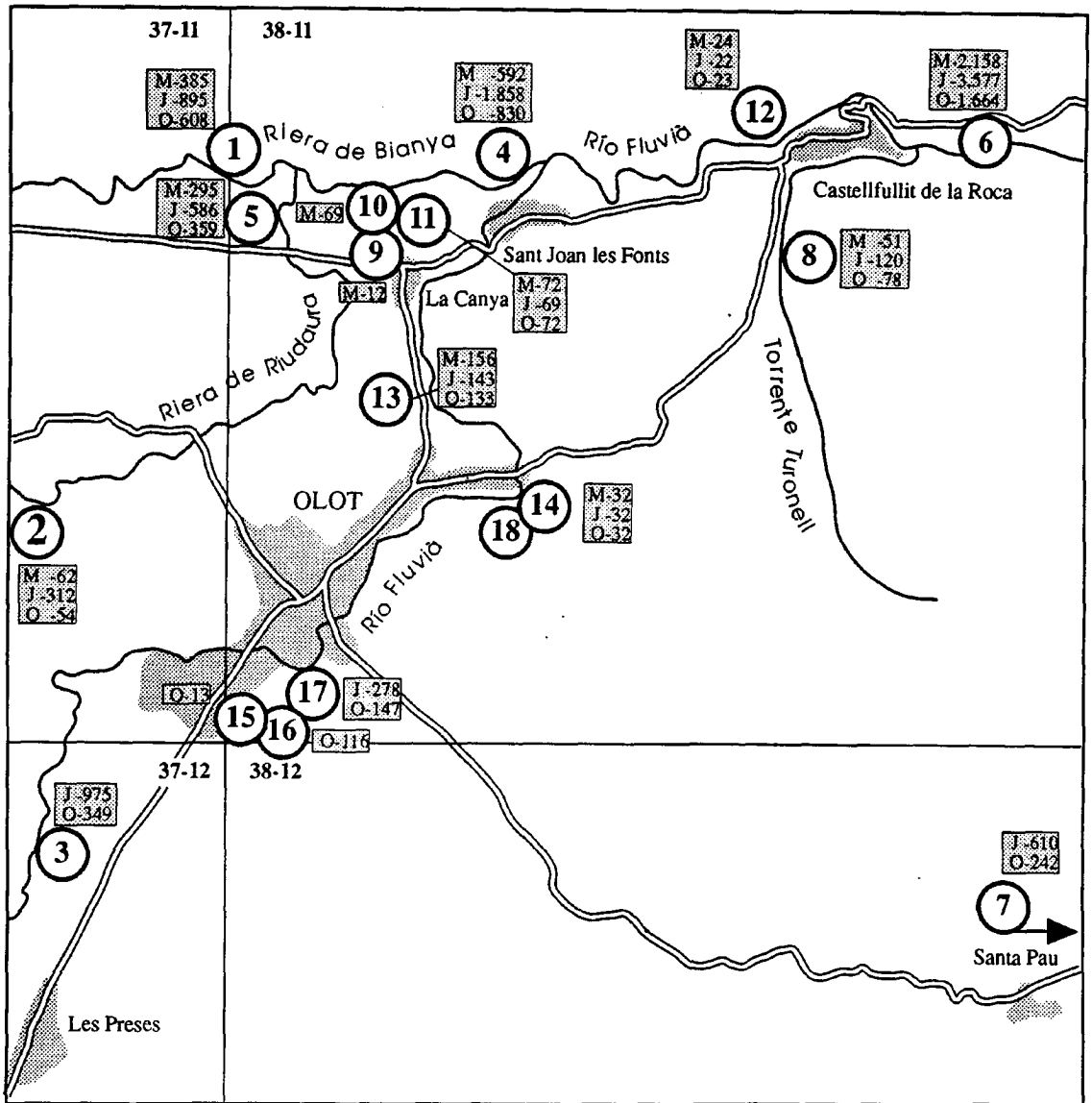
Tabla 4.2.- Relación de los caudales medidos en cada estación y subestación, en las campañas de aforos realizadas.

CAMPAÑA DE AFOROS

CAUDALES l/s

Nº Est.	Estación	Termino munic.	(14/5/92)	(22,23/7/92)	(5,6/10/92)
			Mayo'92	Julio'92	Octubre'92
1	Riera de Bianya	Bianya	385,1	895,8	608,9
2	Riera de Ridaura	Olot	62,8	312,8	54,5
3	Río Fluvià	Les Preses	nd	975,6	349,5
4	Riera de Bianya	Sant Joan les Fonts	592,8	1858,5	830,5
5	Riera de Ridaura	Bianya	295,0	586,6	359,4
6	Río Fluvià-1	Montagut	2158,0	3577,9	1664,2
7	Río Ser	El Torn	nd	610,7	242,2
8	Torrente Turonell	Sant Joan les Fonts	51,1	120,1	78,1
9	Fuente de les Mulleres-1 (381150051)	Sant Joan les Fonts	12,6	nd	nd
10	Fuente de les Mulleres-2	Sant Joan les Fonts	69,6	nd	nd
11	Acequia de Verlets (Mulleres+Fontfreda)	Sant Joan les Fonts	72,5	69,2	72,4
12	Fuente Can Grido (381150042)	Castellfullit	24,6	22,5	23,4
13	Fuente Noc d'en Cols (381150047)	Olot	156,5	143,1	133,4
14	Fuente de les Tries (381150045)	Olot	32,1	32,4	32,7
15	Fuente de la Moixina (381210021)	Olot	nd	nd	13,4
16	Fuente de la Deu (381210022)	Olot	nd	nd	116,0
17	Acequia de Ravell (Moixina + Deu + ...)	Olot	nd	278,9	147,2
18	Estación de Aforos nº13	Olot-Comisaría de Aguas Pirineo Oriental			

Tabla 4.3.- Relación de los caudales medidos en cada estación, en las campañas de aforos realizadas.



- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--|
| ① Riera de Bianya-1 | ⑦ Río Ser | ⑬ Fuente Noc d'en Cols |
| ② Riera de Riudaura-2 | ⑧ Torrente Turonell | ⑭ Fuente de les Tries |
| ③ Río Fluvià-2 | ⑨ Fuente Mulleres-1 | ⑮ Fuente de la Moixina |
| ④ Riera de Bianya-2 | ⑩ Fuente Mulleres-2 | ⑯ Fuente de la Deu |
| ⑤ Riera de Riudaura-1 | ⑪ Acequia de Verlets | ⑰ Acequia de Ravell |
| ⑥ Río Fluvià-1 | ⑫ Fuente de can Grido | ⑱ Estación de aforos nº13
Comisaria de aguas P.O. |

Mayo'92
 Julio'92
 Octubre'92

M-62	J-312	O-54
------	-------	------

Caudales en l/s

Fig. 4.2. Valores de caudales obtenidos en la red de estaciones de aforo controladas a lo largo de las tres campañas realizadas.

- Además existe una estación de aforo permanente situada en el río Fluvià, en la salida noreste de la ciudad de Olot. Es la nº 13 de la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental (MOPU).

Se han realizado un total de tres campañas procurando valorar caudales máximos y mínimos dentro de un período anual. La irregularidad de las precipitaciones a lo largo del intervalo de estudio ha dificultado la planificación de estas campañas, que se han realizado en los meses de mayo (día 14), julio (días 22 y 23) y octubre (días 5 y 6) de 1992. En la efectuada en el mes de julio se midieron caudales altos, mientras en las otras dos los caudales son relativamente bajos. En realidad ninguna de las medidas puede considerarse en estiaje al tratarse de un año particularmente húmedo. Sólo en el año siguiente, 1993, han podido constatarse caudales sensiblemente menores tanto en los manantiales como en los ríos principales: Ridaura, Turonell, etc.

Los resultados obtenidos en las medidas realizadas se presentan, en la tabla nº 4.2, desglosados según las subestaciones efectuadas en cada punto de control. En la tabla nº 4.3 y en la fig. 4.2, se pueden observar los resultados finales para cada estación y en cada período de control.

De los resultados obtenidos se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- Las entradas de aguas procedentes de los cursos fluviales a la zona volcánica son de consideración tal como lo refleja la tabla nº 3 adjunta, con valores que superan los 2000 l/s en la estación alta y con valores de unos 1000 l/s en la baja.

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
1.-R. Bianya	312	895	608
2.-R. Riudaura	62	312	54
3.-R. Fluvià	nd	975	349
Totales	incompletos	2182	1011

Tabla nº 4.4.-Caudales en l/s de los cursos fluviales antes de su entrada a la zona volcánica de la Garrotxa (nd-no determinado).

- Las salidas del sistema se han medido para el río Fluvià y para el río Ser, siendo aproximadamente el doble de las entradas antes evaluadas (tabla nº 4.5 adjunta).

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
6.-R. Fluvià	2158	3577	1664
7.-R. Ser	nd	610	242
Totales	2158	4187	1906

Tabla nº 4.5.-Caudales en l/s de los cursos fluviales a la salida de la zona volcánica de la Garrotxa (nd-no determinado).

- Ciñéndose a la cuenca del río Fluvià la diferencia entre las entradas y la salida del sistema da una primera idea de la aportación del sistema acuífero volcánico. Así, las aportaciones medidas, que refleja la tabla nº 4.6 adjunta, van desde unos 653 l/s hasta 1395 l/s.

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
Entradas	incompletas	2182	1011
Salida	2158	3577	1664
Totales	incompletos	1395	653

Tabla nº 4.6.-Diferencia de caudales en l/s, entre las entradas y salidas de los cursos fluviales de la zona volcánica de la Garrotxa, en la cuenca del río Fluvià.

- Si a las aportaciones de la cuenca del río Fluvià se le suman las de la cuenca del río Ser obtenemos una aportación del núcleo más importante de este sistema acuífero (tabla nº 4.7 adjunta) que oscila entre 895 l/s y 2005 l/s.

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
Río Fluvià	incompletas	1395	653
Río Ser	nd	610	242
Totales	-	2005	895

Tabla nº 4.7.-Aportaciones en l/s, de la zona volcánica de la Garrotxa a las cuencas del río Fluvià y del río Ser.

- En la cuenca del río Fluvià el control de las aportaciones de sus afluentes y de los manantiales existentes en este acuífero volcánico permiten hacer una valoración más detallada de estas aportaciones. Los controles realizados permiten separar: en primer lugar, las aportaciones de los principales manantiales que vierten sus aguas, directamente o a través de una acequia, al río Fluvià; en segundo lugar, las aportaciones que se realizan a lo largo del recorrido por el sistema volcánico de la

riera de Riudaura y de la riera de Bianya; y, en tercer lugar, la aportación del torrente Turonell.

Para la valoración de la aportación de los manantiales se han establecido cinco puntos de control en las principales surgencias:

a.- Manantiales de la zona de la Moixina, engloba a un conjunto de surgencias situadas en los parajes de la Moixina, entre las que destacan las fuentes de la Deu y la fuente de la Moixina. El control de caudal se realiza en la acequia de Ravell que canaliza el agua de los distintos puntos de surgencia hasta el río Fluvià.

b.- Fuente de les Tries, situada en el margen derecho del río Fluvià, al noreste de la población de Olot. El control de caudal se realiza en la canalización existente antes de su confluencia al río Fluvià.

c.- Fuente Noc d'en Cols, situada en el margen izquierdo del río Fluvià. al norte de la población de Olot. El caudal se mide, por un lado, en el canal existente para el aprovechamiento hidroeléctrico y, por otro lado, en el torrente que se forma a partir de los otros puntos de surgencia.

d.- Manantiales de la zona de La Canya-Sant Joan les Fonts, engloba a un conjunto de surgencias situadas entre las poblaciones de La Canya y Sant Joan les Fonts, que vierten sus aguas a la acequia de Verlets afluente del río Fluvià. Las principales surgencias son la fuente de les Mulleres y la de Fontfreda. El caudal se mide en la acequia de Verlets.

e.- Fuente de Can Gridó, situada en el margen derecho del río Fluvià, al este de la población de Sant Joan les Fonts, antes de llegar a Castellfullit de la Roca. Sus aguas se vierten directamente al río Fluvià, midiéndose su caudal en el punto de surgencia. Este manantial se aprovecha para el abastecimiento de la población de Castellfullit de la Roca, de unos 1.100 a 1.200 habitantes.

Solamente queda fuera de este control, dentro de las surgencias importantes, la fuente de Sant Roc y la dels Bullidors (situadas en la ciudad de Olot), la primera utilizada en parte para el abastecimiento de la ciudad de Olot. El caudal de estas dos surgencias se valora en unos 29 l/s (21 y 8 respectivamente).

Los valores de los puntos controlados, reflejados en la tabla nº 4.8 adjunta, dan una aportación que oscila entre 409 l/s y 546 l/s. Cabe destacar la gran constancia de los valores medidos en las surgencias para las distintas campañas, a excepción de la acequia de Ravell.

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
11.-Acequia de Verlets	72,5	69,2	72,4
12.-Fuente de Can Grido	24,6	22,5	23,4
13.-Fuente Noc d'en Cols	156,5	143,1	133,4
14.-Fuente de les Tries	32,1	32,4	32,7
17.-Acequia de Ravell	nd	278,9	147,2
Totales	285,7*	546,1	409,1

Tabla nº 4.8.-Caudales en l/s de los principales manantiales de la zona volcánica de la Garrotxa (nd-no determinado, *-incompleto).

Por su parte las aportaciones que se realizan a lo largo del recorrido por el sistema volcánico de la riera de Riudaura y de la riera de Bianya se evalúan por diferencia entre el caudal de la riera de Bianya en la confluencia con el río Fluvià (estación 4) y las entradas de ambas rieras a la zona volcánica (estaciones 1 y 2). Los valores que refleja la tabla nº 4.9 adjunta, dan una variación entre 145 l/s y 641 l/s. Estos valores corresponden siempre a valores máximos de aportación del sistema volcánico ya que estas rieras drenan zonas de materiales eocénicos.

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
Tramo R. Riudaura + R.Bianya : 4 - (1 + 2)	145	641	168

Tabla n° 4.9.-Caudales en l/s del tramo de las rieras de Riudaura y Bianya que circulan en la zona volcánica de la Garrotxa.

Por su parte, los caudales medidos en el torrente Turonell (que drena en parte a materiales volcánicos) antes de llegar a la confluencia con el río Fluvia, oscilan entre los 51 l/s y los 120 l/s (tabla n° 4.10, adjunta).

	MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
8.-Torrente Turonell	51	120	78

Tabla n° 4.10.-Caudales en l/s del torrente Turonell, antes de su confluencia con el río Fluvià.

El conjunto de estas aportaciones permite tener un orden de magnitud de la circulación hídrica para este sistema acuífero que se confrontará al obtenido anteriormente. Los valores obtenidos se presentan en la tabla n° 4.11 adjunta, reflejando una aportación de entre 655 l/s a 1307 l/s que es del mismo orden que la calculada a partir de la evaluación rápida de salida menos entradas al sistema acuífero (tabla n° 5).

MAYO'92 JULIO'92 OCTUBRE'92 MEDIA

Manantiales controlados	285,7*	546,1	409,1	413,6
Tramo R. Riudaura + Bianya	145	641	168	318
8.-Torrente Turonell	51	120	78	83
Totales	481,7*	1307,1	655,1	814,6

Tabla nº 4.11.- Aportaciones en l/s, de la zona volcánica de la Garrotxa a la cuenca del río Fluvià (*-incompleto).

Así pues, a partir de los dos sistemas de cálculo efectuados se llega a unos resultados del mismo orden de magnitud. En la tabla nº 4.12 adjunta, se reflejan estos resultados a nivel anual. Cabe destacar que la aportación de los manantiales medidos, es bastante constante y supone unos valores de entre 12,9 Hm³/año y 17,2 Hm³/año. En conjunto las aportaciones se cifran, para la cuenca del río Fluvià entre 20,6 Hm³/año y 41.1 Hm³/año.

Octubre-mínimo Julio-máximo Media

Manantiales controlados	12,9	17,2	15,0
Tramo R. Riudaura + Bianya	5,3	20,2	12,7
8.-Torrente Turonell	2,4	3,7	3,1
Totales	20,6	41,1	30,8

Salida-Entradas	20,6	41,1	30,8
------------------------	-------------	-------------	-------------

Tabla nº 4.12.-Aportaciones, en Hm³/año, mínimas y máximas medidas para el año 1992, de la zona volcánica de la Garrotxa a la cuenca del río Fluvià.

- Si se tienen en cuenta las aportaciones a la cuenca del río Ser, además de las del río Fluvià, se puede tener una cifra aproximativa de las aportaciones del núcleo más importante del sistema acuífero de los materiales volcánicos. Así, tal como refleja la tabla nº 4.13 adjunta, las aportaciones oscilarían de los 28 Hm³/año a los 63 Hm³/año.

	Octubre-mínimo	Julio-máximo	Media
Río Fluvià	20,6	41,1	30,8
Riò Ser	7,6	19,2	13,4
Totales	28,2	63,2	39,0

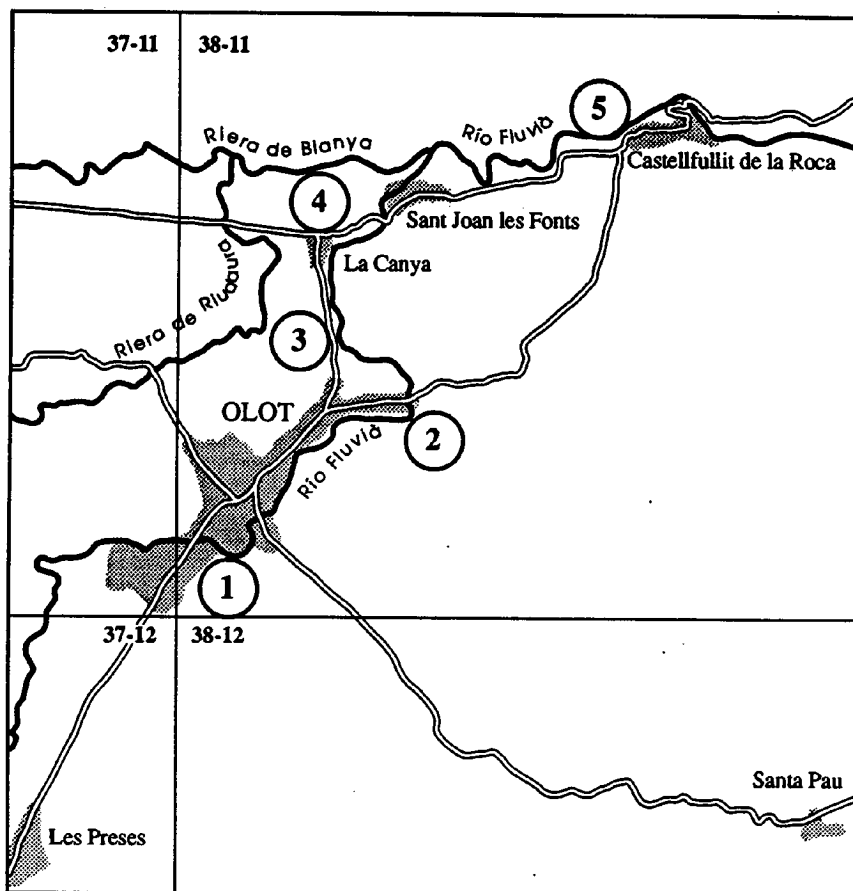
Tabla nº 4.13.-Aportaciones, en Hm³/año, mínimas y máximas medidas para el año 1992, de la zona volcánica de la Garrotxa a las cuencas del río Fluvià y del río Ser.

4.2.3. Estudio de los manantiales

El drenaje principal de los sistemas acuíferos que se emplazan en los materiales volcánicos o en los sedimentarios cuaternarios relacionados con ellos, de la zona de la Garrotxa, tiene lugar a través de manantiales y ríos. A continuación se describen las surgencias que presentan un mayor interés para la evaluación de las características hidro-lógicas de esta unidad hidrogeológica.

Los manantiales descritos, de mayor a menor cota topográfica de surgencia, son los siguientes (fig. 4.3):

- Manantiales de la zona de la Moixina: 150/280 l/seg
- Fuente de les Tries: 32 l/seg
- Fuente Noc d'en Cols: 130 - 160 l/seg
- Manantiales de la zona de La Canya-Sant Joan les Fonts: 70 l/seg
- Fuente de can Grido: 22/25 l/seg



- ① Manantiales de la zona de la Moixina
- ② Fuente de les Tries
- ③ Fuente Noc d'en Cols
- ④ Manantiales de la zona de La Canya-Sant Joan les Fonts
- ⑤ Fuente de can Grido

Fig. 4.3'.- Situación de los manantiales descritos

4.2.3.1. Manantiales de la zona de la Moixina (Olot)

En los parajes denominados de la Moixina se encuentran un conjunto de surgencias (fig. 4.4) de entre las que destacan:

- Fuente de la Moixina, nº del inventario: 381210021.
- Fuentes de la Deu, nº del inventario: 381210022.

Además de estas existen muchos otros puntos de surgencia de menor magnitud (fig. 4.4):

- Fuente de cal Soc
- Fuentes de Bufaganya o de Rebeixinc
- Fuente de Rebeig
- Fuente de Can Maià o dels Capellans
- Fuente de can Tià
- Fuente del Fondal
- Fuente de Cabrero
- Fuente Xatona

Las características de todas ellas son comunes, por lo que se describen en conjunto.

Situación: Los parajes conocidos con el término de la Moixina se ubican en la periferia de la ciudad de Olot, en su extremo suroriental. Su acceso en coche se realiza, o bien, a partir de un cruce señalizado, a la izquierda de la carretera que sale de Olot hacía les Preses. O bien, por el reciente vial este de la población de Olot, abandonandolo cerca del parque del río Fluvià y tomando un cruce señalizado a la izquierda en dirección sur.

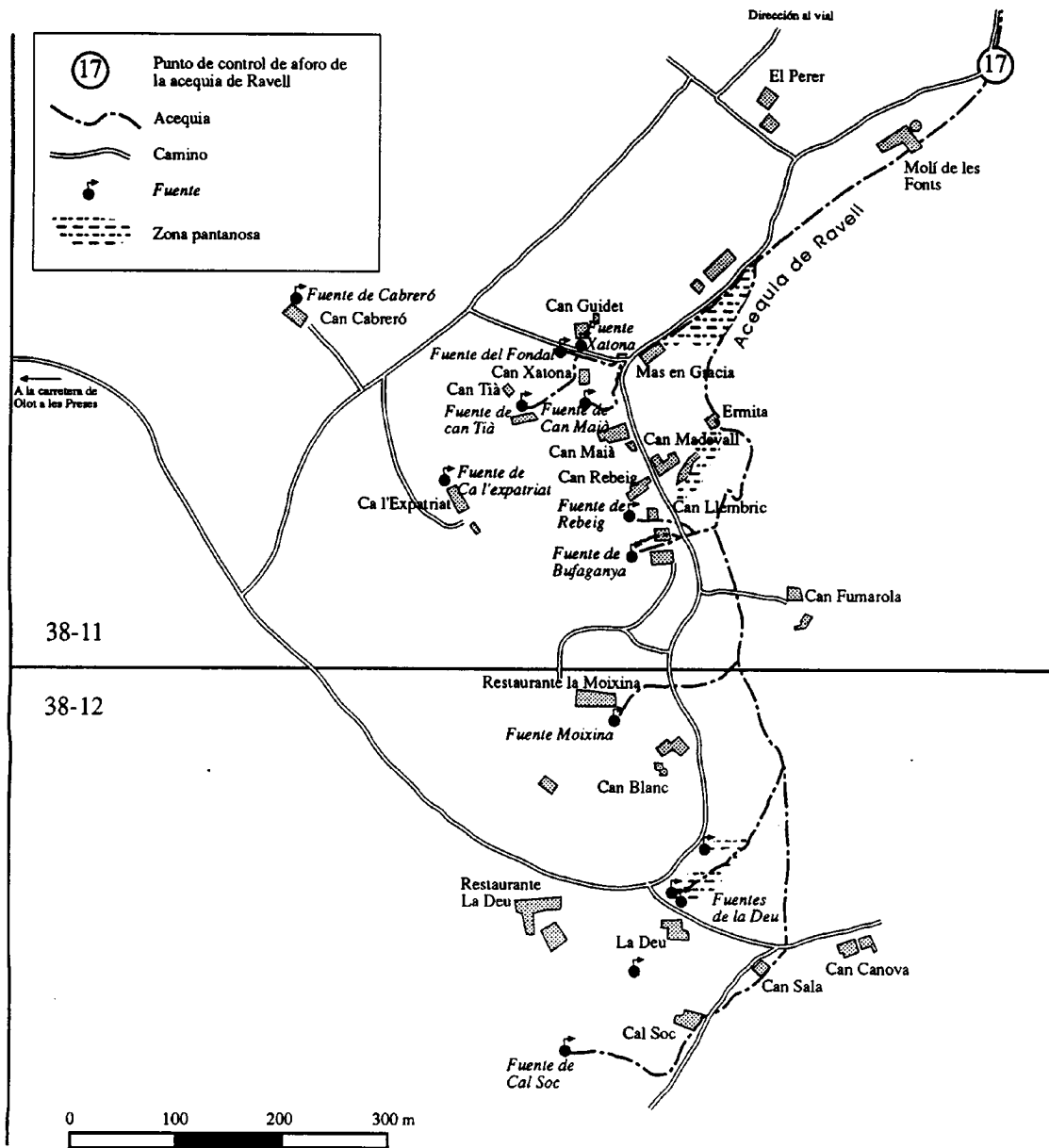


Fig. 4.4- Mapa de situación de las fuentes de los parajes de la Moixina

En el primer caso, después del cruce se sigue la pista asfaltada que, tras un km aproximadamente deja en el inicio de estos parajes. En el segundo caso, se sigue la pista y a unos 250 m se puede encontrar las primeras zonas de surgencia.

Características geológicas: La colada de lava procedente del volcán Croscat en su descenso hacía el llano de Olot se separó en dos brazos, uno a cada lado del relieve de materiales eocénicos (Costa de Pujol) que se situaba delante de su trayectoria. El brazo que lo rodeó por el sur llegó hasta los relieves, también eocénicos, de la serra de la Pinya y la serra del Puig, obstruyendo el valle del río Fluvià y situándose en algunos puntos sobre terrenos pantanosos, como los que afloran en la zona del Pla dels LLacs.

En la zona norte de este brazo, el límite de esta colada basanítica del Croscat con los sedimentos finos, limosos se presenta muy difuminado, seguramente por la poca competencia de estos sedimentos lacustres respecto de la colada. De esta manera, afloran un conjunto de pequeños relieves volcánicos entre los sedimentos que marcan el límite entre ellos.

Características hidrológicas: Las fuentes de esta zona aparecen formando un verdadero rosario de surgencias, de entre los relieves volcánicos o los materiales limosos, en el límite norte del brazo sur de la colada del Croscat. Constituyen el drenaje del agua procedente de los materiales volcánicos de esta colada basanítica en el contacto con los materiales limosos muy poco permeables. La colada tiene su origen a una cota de unos 600 m. y presenta una superficie muy rugosa.

Los manantiales se orientan en una dirección aproximada N-S y presentan cotas de surgencia entre los 445 m. y los 435 m. En épocas de grandes lluvias son muchos más los puntos de esta línea por los que brota el agua, surgiendo fuentes intermitentes por encima del nivel de las permanentes.

Parece ser que antiguamente esta zona era totalmente pantanosa, surgiendo de las aguas solamente algunos relieves. A finales del siglo pasado se iniciaron las obras de

drenaje y acondicionamiento del terreno y canalización de las acéquias que le dan su configuración actual. Así, solamente quedan actualmente unas pequeñas zonas pantanosas (fig. 4.4) alrededor de algunas surgencias (fuentes de la Deu) o en las inmediaciones de la acequia de Ravell.

Las aguas de estas surgencias se canalizan a través del rec de Ravell afluente del torrente del Salt del Gegant que a su vez lo es del río Fluvià.

- **Caudal:** Los numerosos puntos de surgencia comentados hacían difícil el control del caudal puntual en cada uno de ellos. De esta manera, se planteó el situar una estación de control en el rec de Ravell (fig. 4.4), después del Molí de les Fontès y antes de la confluencia con el torrente del Salt del Gegant. Esta acequia, como se ha comentado, reúne las aguas de los distintos manantiales de estos parajes.

El caudal medido en el mes de Julio de 1992 es de 278,9 l/s, mientras que, a principios del mes de octubre era menor de 147,2 l/s. Estos caudales dan una idea de la importancia de este cordón de surgencias. En el mes de octubre se midieron los caudales parciales de la fuente de la Moixina, 13,4 l/s y de las fuentes de la Deu de unos 116 l/s, esta última la más importante del sistema.

- **Calidad:** El control de la conductividad eléctrica realizado al medir el caudal indica una mineralización media, con valores de la conductividad, de 700 $\mu\text{mhos/cm}$. Estos valores deben tomarse como indicativos del curso superficial donde se tomó la muestra y no como indicador de las surgencias. Así, en el punto de surgencia la conductividad medida es menor y de 550 $\mu\text{mhos/cm}$, para la fuente de la Moixina y para las fuentes de la Deu.

Observaciones: En la zona del Parc Nou cercana a estos parajes de la Moixina se sitúan las captaciones municipales, iniciadas en 1972, que abastecen el consumo de agua potable de la población de Olot. Antiguamente la ciudad utilizaba las fuentes de Sant Roc. Los puntos de abastecimiento actual y los sondeos de reconocimiento realizados, están inventariados con los números: 381150013, 381150037, 381150038 y 381150041.

La fuente de Sant Roc (nº inventario: 371180020) se situa en el borde norte de la misma colada del volcán Croscat, cuando el lecho del río Fluvià la erosiona. El significado hidrológico es el mismo que para las fuentes comentadas del paraje de la Moixina.

4.2.3.2. Fuente de Les Tries

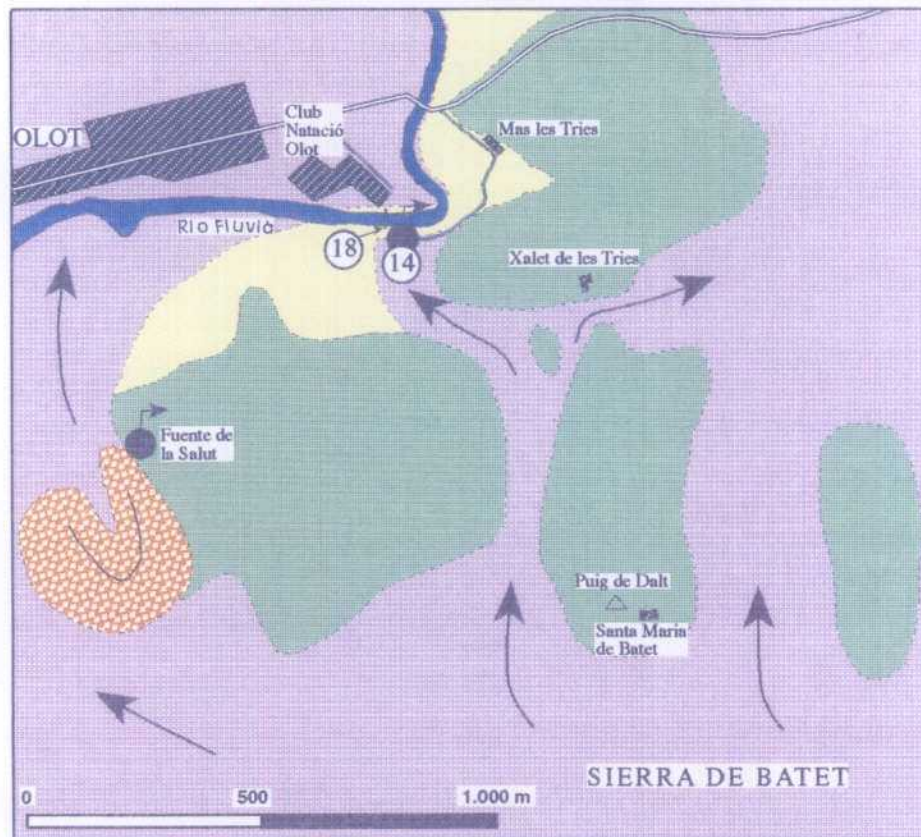
Nº inventario: 381150045

Situación: Se encuentra en el extremo NE de la ciudad de Olot, en el margen derecho del río Fluvià, al final de la vertiente NW de la sierra de Batet (fig. 4.5). Se accede a través de un cruce situado después del puente de Sant Cosme, en la carretera que se dirige a Castellfullit de la Roca justo a la salida de la población de Olot. El camino pasa por el Mas les Tries y después de unos 350 m llega a la fuente. También se puede llegar a través de la calle que conduce a las instalaciones del Club Natación Olot, donde siguiendo un sendero que cruza el río Fluvià por el puente de la estación de aforos, se llega rápidamente a la fuente.

Características geológicas: La fuente surge de entre los materiales volcánicos basálticos. Se trata de un estrecho brazo de lava procedente (fig. 4.5) de las erupciones de la zona del altiplano de Batet situado por encima de la cota de los 700 m. Estos materiales lávicos al descender por la vertiente norte se adaptaron a los relieves preexistentes que formaban las rocas de edad eocénica, en esta caso concreto los niveles de areniscas, arcillas y conglomerados rojos (Fm. Bellmunt). Así, uno de estos ramales descendió hasta el río Fluvià, donde a una cota de unos 405 m surge esta fuente. La circulación preferencial de las aguas se realiza por debajo de la estrecha colada de lava.

Características hidrológicas: El agua surge por diversos caños que posteriormente dan lugar a un canal de 1,5 m de ancho que vierte al río Fluvià.

- **Caudal:** Los caudales medidos, en el canal, en mayo, julio y octubre del año 1992, indican un régimen constante de unos 32 l/s.











- | | | | |
|---|-------------------------|---|--|
|  | Relieves eocénicos |  | Fuente de les Tries |
|  | Sedimentos cuaternarios |  | Estación de aforo
Comisaría de Aguas P.O. |
|  | Cono volcánico |  | Dirección de flujo de las coladas |
|  | Coladas de lava |  | Fuente |

Fig. 4.5.-Esquema geológico del emplazamiento de la Fuente de les Tries

- **Calidad:** El control de la conductividad eléctrica realizado al medir el caudal indica también una constancia en su mineralización, con valores bajos de la conductividad, de 550 $\mu\text{mhos/cm}$.

Observaciones: Es una de las fuentes con más prestigio de la comarca, siendo numerosos sus visitantes que, atraídos por su fama respecto a sus propiedades terapéuticas, van a buscar agua.

4.2.3.3. Fuente Noc d'en Cols

Nº inventario: 381150047

Situación: Se encuentra en el extremo norte de la ciudad de Olot, en el margen izquierdo del río Fluvià. Se accede a través de un cruce a la derecha de la carretera que se dirige a La Canya, situado después de la Masia de Les Cols y al lado de una pequeña industria metalurgia. El acceso a las surgencias mayores se efectúa por detrás de industria, a través de unas rejas metálicas cerradas por ser propiedad de la Masia antes mencionada. Una surgencia menor y los canales de desguace de las surgencias son visibles desde las cercanías del río Fluvià, al que se accede siguiendo la pista que llega a un vado que permite cruzar el río.

Características geológicas: El lecho del río Fluvià en este lugar se ha excavado entre las coladas de lava y se encuentra encajado en ellas. En el margen izquierdo, donde se sitúan las surgencias, la distribución de materiales que se puede observar en el talud vertical, a pesar de la espesa vegetación es la siguiente (fig. 4.6):

- En la parte superior una colada de lavas que muestra un hábito masivo con disyunción esferoidal y algo lenticular arriba y uno de masivo a ligeramente prismático abajo. Se trata de lavas de composición basanítica con leucita. Contienen pequeños enclaves de

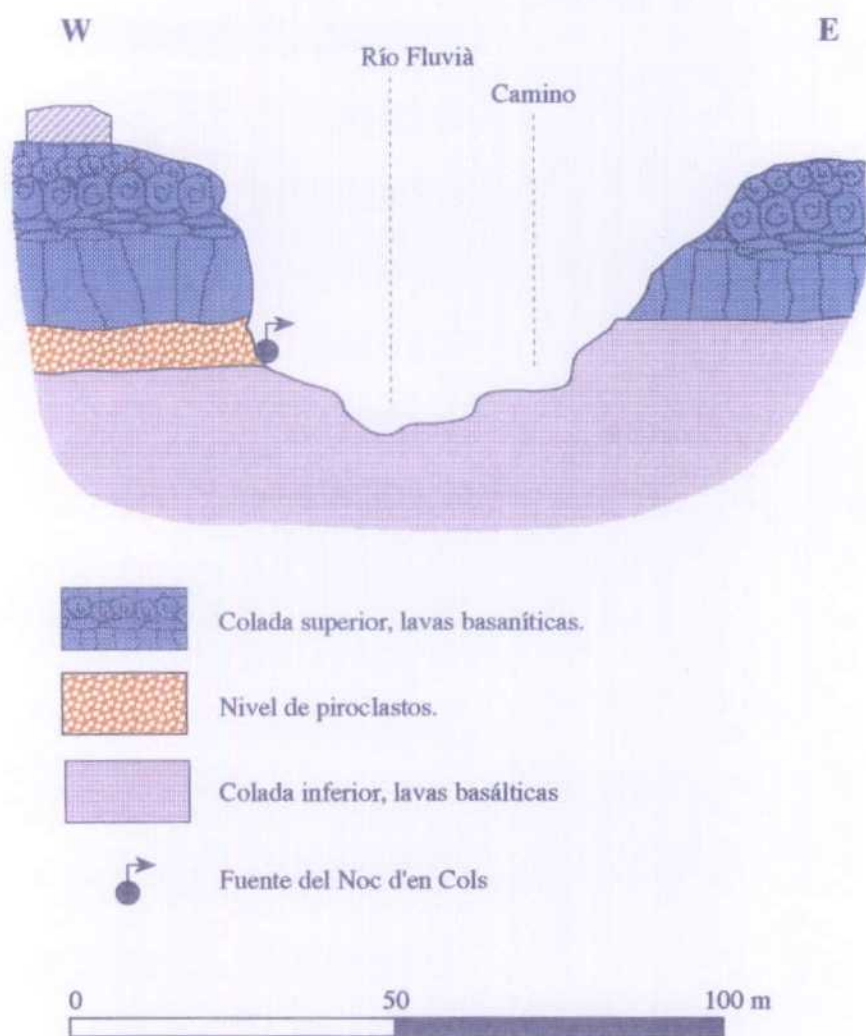


Fig. 4.6.-Corte geológico de la zona de la fuente del Noc d'en Cols

rocas peridotíticas, donde se distingue el olivino de color verde amarillento y los piroxenos de color grisáceo.

- Por debajo de la colada descrita se observa un nivel de materiales piroclásticos, de espesor irregular y superficialmente enrojecidos. Se trata de niveles de escorias y lapilli con bloques basálticos. Este nivel se presenta siempre humedecido y por diversos puntos surge el agua.

- En la parte inferior, por debajo del nivel piroclástico, aflora otro nivel de colada. Se trata en este caso de lavas basálticas.

Los dos niveles de coladas de lava que afloran en este lugar corresponden a las emisiones que se extendieron por todo el llano de Olot, desde las fuentes de Sant Roc hasta los alrededores de Sant Joan les Fonts.

En el margen derecho del río Fluvià se observa también la superposición de las dos coladas, pero no se aprecia el nivel de piroclastos intermedio. En este margen la amplitud superficial de las coladas queda reducida a unos 100 m, después de los cuales afloran niveles de areniscas que se alternan con niveles margosos (Fm. Barcons) del eoceno.

Características hidrológicas: Las surgencias se sitúan, tal como se ha mencionado en la descripción geológica, en el nivel de piroclastos (fig. 4.6), a una cota de unos 380 m. Este nivel de mayor permeabilidad que los niveles de lavas actúa de capa drenante y favorece la aparición de las surgencias. El acuífero lo constituirían el conjunto de las dos coladas de lava y el nivel de piroclastos intermedio, con la extensión areal descrita, del llano de Olot. Este sistema acuífero podría estar constituido además por algún nivel de materiales aluviales intercalado o situado en la base de la última colada.

La surgencia de mayor caudal de entre las que agrupa el término de Noc d'en Cols, corresponde a una galería excavada, que antiguamente era utilizada por una fábrica como fuente de energía. Las inundaciones del río Fluvià del año 1940, destruyeron

estas instalaciones así como las de la propia fuente. En la actualidad solamente se aprovecha una parte del caudal.

- **Caudal:** la medida del caudal total, debido al conjunto de surgencias existentes es problemática. Se ha medido, por un lado, el agua que va canalizada y es aprovechada y, por otro lado, las demás surgencias que se agrupan formando un pequeño torrente que desemboca en el río Fluvià. Los caudales controlados en los meses de mayo, julio y octubre de 1992, se sitúan entre los 130 y 160 l/s.

- **Calidad:** El control de la conductividad eléctrica realizado al medir el caudal indica una constancia en su mineralización, con valores bajos de la conductividad, de 600 μ mhos/cm.

Observaciones: El término Noc es sinónimo en la comarca de manantial.

4.2.3.4. Manantiales de la zona de La Canya - Sant Joan les Fonts

En la zona situada al norte de la población de La Canya, dentro del termino municipal de Sant Joan les Fonts, y comprendida entre la confluencia de la riera de Riudaura con la riera de Bianya y de esta con el río Fluvià se sitúan diversas surgencias (fig. 4.7):

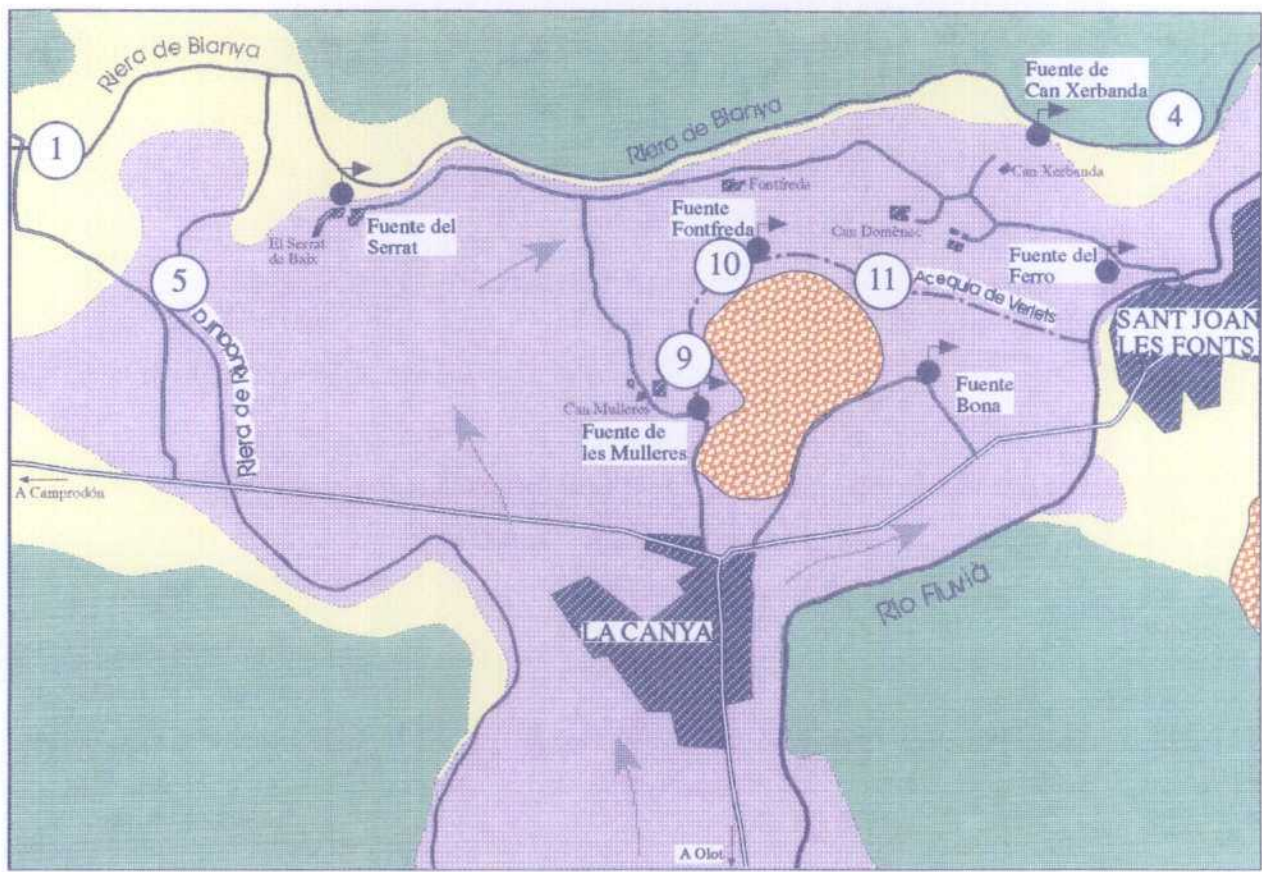
- Fuente del Serrat, nº inventario: 381150071
- Fuente de les Mulleres, nº inventario: 381150051
- Fuente de Fontfreda
- Fuente Bona, nº inventario: 381150049
- Fuente del Ferro
- Fuente de Can Xerbanda, nº inventario: 381150050

De estas las más caudalosas, superando 1 l/s, son la fuente de les Mulleres y la Fontfreda, por ello la descripción completa se realizará solamente de ellas.

FUENTES DE LES MULLERES Y FONTFREDA

Situación: La primera se encuentra en las cercanías del mas de can Mulleres, al que se accede a través de un cruce, situado a unos 25 m, en dirección a Camprodón, del cruce general de carreteras de la población de La Canya. El camino avanza en dirección norte y a unos 250 m se localiza la zona de surgencias.

La Fontfreda se encuentra en las cercanías del mas del mismo nombre, al que se accede continuando por el camino de la fuente de les Mulleres y dirigiendose hacia el este al llegar a la riera de Bianya. Una vez en la masia de Fontfreda se toma un sendero, detrás de la casa, que desciende hasta encontrar la acequia de Verlets, procedente de la font de les Mulleres. Si se sigue la acequia se verá en su mismo nivel diversas surgencias de entre las rocas, que suman sus aguas a las de la acequia y que corresponden a la Fontfreda.



0 500 1000 m

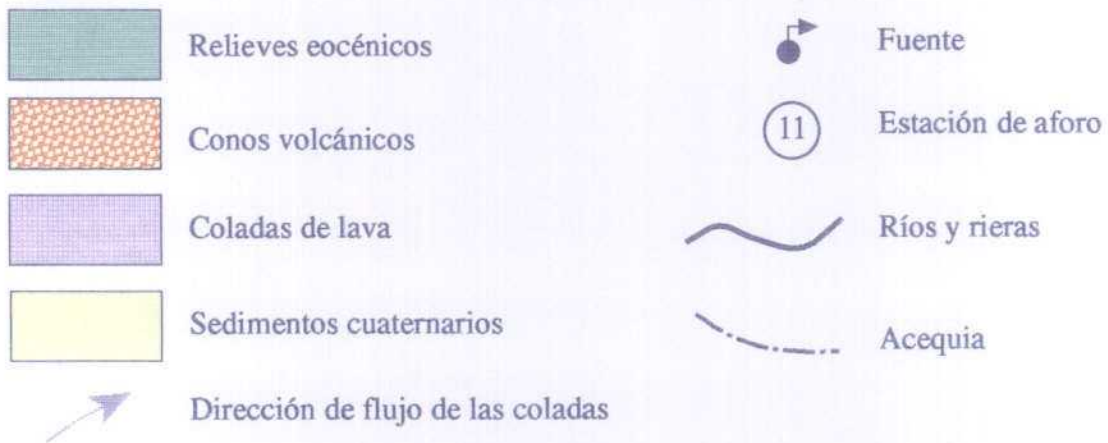


Fig. 4.7.- Esquema geológico del emplazamiento de los manantiales de la zona de La Canya - Sant Joan les Fonts.

Características geológicas: Estas dos surgencias y las demás mencionadas en el inicio se sitúan sobre la colada de lava superior, de tipo basáltico, que proviene del llano de Olot (fig. 4.7) -situado a cotas superiores a los 400 m- y desciende siguiendo las trayectorias de los valles del río Fluvià y de la riera de Riudaura. Por debajo de esta colada se encuentra, probablemente (pozo nº 381150041), un nivel de materiales piroclásticos seguido de otro nivel de colada de lava y, por debajo, un posible nivel aluvial antes de pasar a los materiales eocénicos. Localmente el antiguo volcán de La Canya comporta la presencia de un núcleo de materiales piroclásticos de mayor espesor.

Características hidrológicas: El conjunto de materiales volcánicos y aluviales se encuentra saturado de agua presentando un nivel piezométrico (pozo nº 381150041) inferior a los 10 m de profundidad respecto al nivel del suelo. Así, las irregularidades del terreno pueden cortar la superficie piezométrica y a favor de una mayor fisuración del nivel de colada superior se sitúan las surgencias. La mayoría de ellas aparecen difusas en multitud de puntos por entre los materiales lávicos, este es el caso de la fuente de les Mulleres (a una cota de 355 m), la Fontfreda (a una cota de 338 m) y la fuente Bona (a una cota de 339 m). En otros casos las surgencias aparecen en los taludes originados por la erosión fluvial de este conjunto de materiales volcánicos, como en la font del Serrat (a una cota de 335 m), la de can Xervanda (a una cota de 310 m) y la font del Ferro (a una cota de 330 m), en estos casos las surgencias suelen situarse en el contacto inferior de la colada de lava.

Una de las zonas con mayor cantidad de surgencias corresponde a la fuente de les Mulleres, cercana al antiguo volcán de La Canya. Su origen es difuso y enseguida una acequia va recogiendo toda el agua que surge por los diversos puntos. Esta acequia recibe el nombre de Verlets y circula rodeando al volcán de La Canya, pasando por la Fontfreda, hasta desembocar al río Fluvià en la zona del barrio de Castanyer.

- **Caudal:** El control de los caudales en estas surgencias difusas es problemático, por ello se ha establecido un punto de control único para este conjunto de fuentes en la acequia de Verlets. De esta manera, se cuantifican los caudales de la font de les Mulleres, de la Fontfreda y de otros puntos de surgencia situados entre las dos o después de la

Fontfreda y antes del punto de medida. Este punto de medida se sitúa a la altura de can Domènec, en un antiguo lavadero de esta acequia. Los caudales medidos en los meses de mayo, julio y octubre de 1992 se sitúan entre 69 l/s y 73 l/s.

Parcialmente se han medido caudales en otros puntos, así en la surgencia principal de la font de les Mulleres se midió en mayo 1992 un caudal de 12,6 l/s y, en la misma fecha, en la riera de Verlets, antes de su paso por la Fontfreda el caudal era de 69,6 l/s, mientras que, después de la Fontfreda el caudal medido subió a 72,5 l/s. Estos resultados reflejan que en la zona comprendida entre la font de les Mulleres y la Fontfreda deben existir surgencias notables con caudales de más de 50 l/s.

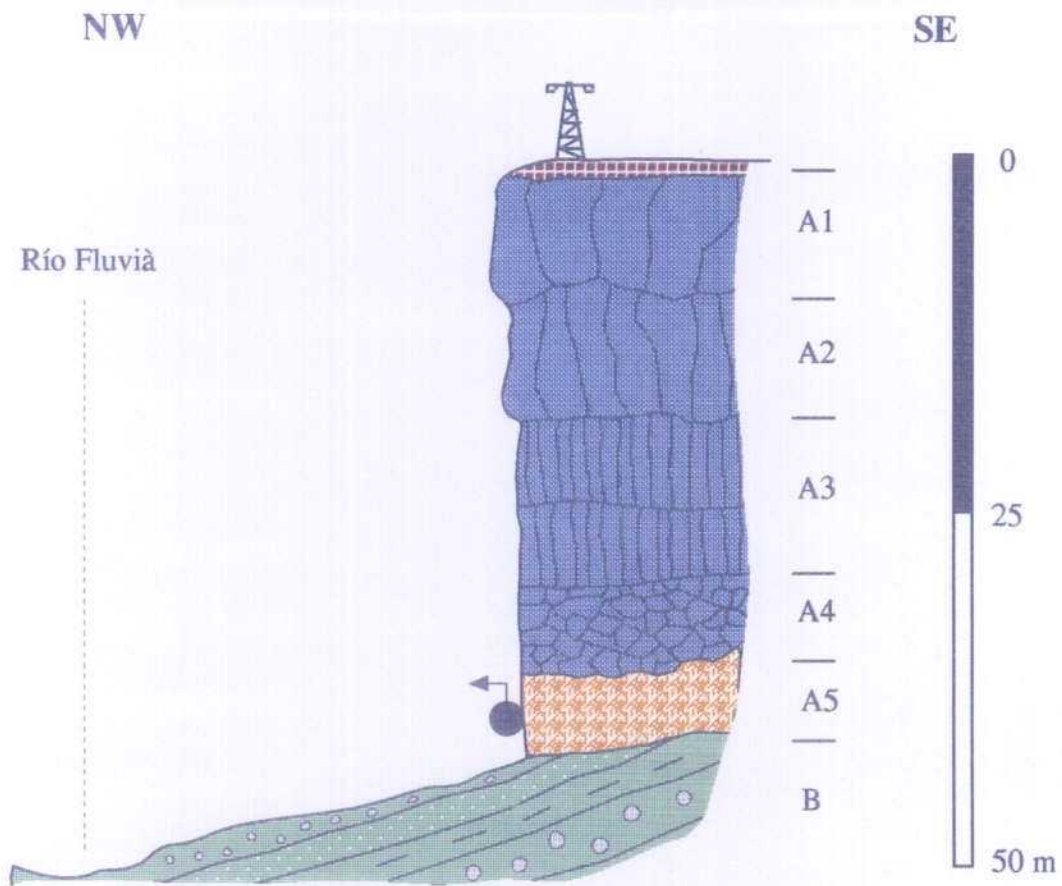
Los caudales de las otras surgencias mencionadas no superan 1 l/s por lo que no se han sometido a un control de caudal.

Calidad: El control de la conductividad eléctrica realizado en las muestras de agua de la acequia de Verlets, tomadas al medir el caudal, indican una constancia en su mineralización, con valores medios de la conductividad, de 850 $\mu\text{mhos/cm}$ y 900 $\mu\text{mhos/cm}$.

4.2.3.5. Fuente de Can Grido

Situación: Se encuentra en el margen derecho del río Fluvià, en las cercanías de la masia del mismo nombre. A través de un cruce situado en el km 0,5 de la carretera de Castellfullit de la Roca a Sant Joan les Fonts se accede a una pista que se dirige a la masia, para dejarla a la izquierda y bajar serpenteando hasta cerca del río Fluvià. Al final de la pista se toma un sendero que baja al río y conduce a la surgencia.

Características geológicas: El río Fluvià en este punto ha erosionado el contacto entre las rocas volcánicas y las rocas eocenas, de manera que en el margen izquierdo afloran los niveles de areniscas, arcillas y conglomerados rojos (Fm. Bellmunt), mientras en el margen derecho por encima de estos materiales aflora una potente colada de lava de más de 30 m de espesor (fig. 4.8). Se trata de una colada procedente de la zona de Beguda, del conjunto de volcanes de "l'Estany", de naturaleza basáltica.



A - Colada de lava basáltica.

A1 - Hábito masivo con diaclasas

A2 - Hábito prismático irregular

A3 - Hábito prismático regular

A4 - Hábito lenticular irregular

A5 - Base escoriácea

B - Materiales eocénicos (Fm. Bellmunt).



 Fuente de Can Gridó,

Fig. 4.8.- Corte geológico de la zona de la fuente de Can Gridó.

Esta colada basáltica presenta una parte superior con hábito masivo con diaclasas, seguido por unas franjas de hábitos prismáticos, con algún pequeño nivel de hábito lenticular, en la zona central y, en la parte inferior una zona de hábito lenticular irregular, seguida por una franja escoriácea (fig. 4.8).

Características hidrológicas: La vegetación exuberante de esta zona y las obras de acondicionamiento de este manantial impiden localizar su zona de surgencia natural, pero no hay duda de que se sitúa en la base de la colada basáltica descrita en el apartado anterior. Seguramente aprovechando una mayor permeabilidad de la franja escoriácea inferior. La cota aproximada de surgencia se sitúa a unos 270 m.

- **Caudal:** Se controla el caudal de agua que surge y se dirige al río Fluvià, pero esta fuente se aprovecha para el abastecimiento público de la población de Castellfullit. Así el excedente de agua medido en los meses de mayo, julio y octubre de 1992 corresponde a unos caudales situados entre 19 l/s y 22 l/s. A ellos se debe añadir la extracción mencionada que, a partir de los datos de consumos, se estima en unos 3,1 l/s.

- **Calidad:** El control de la conductividad eléctrica realizado en las muestras de agua de esta fuente, tomadas al medir el caudal, indican una relativa constancia en su mineralización, con valores medios de la conductividad, de entre 850 μ mhos/cm y 950 μ mhos/cm.

Observaciones: En esta zona de la font de can Grido se encuentra una pequeña central eléctrica que funciona a partir de un canal derivado del río Fluvià en las inmediaciones de cal Sordet y que llega justo hasta la zona de la fuente descrita.

Siguiendo el acantilado basáltico, en dirección a Sant Joan les Fonts, se encuentran otras surgencias menores de origen similar a la de can Grido. Se trata de la fuente de la Canova (nº de inventario: 381150062) a una cota de surgencia de unos 290 m y de la fuente de Coromines a una cota de unos 295 m. Otras surgencias de la zona, como la fuente del Barranc (nº de inventario: 381150061) se sitúa a cotas superiores (unos 335

m), relacionandose su origen con las brechas piroclásticas del volcán Cairat, que descienden por la vertiente norte de la serra de la Molera.

En resumen el funcionamiento de todas las surgencias importantes es parecido, pero se pueden diferenciar dos grandes grupos. En unos simplemente el agua emerge al cortar el terreno la superficie piezométrica, y, en otros, la emergencia se produce en el contacto entre el acuífero volcánico y el zócalo eógeno mucho menos permeable.

5. HIDROQUIMICA

5.1. INTRODUCCION

Una primera aproximación a la calidad química de las aguas de los acuíferos que integran esta zona estudiada se ha llevado a cabo mediante la realización de dos campañas de campo de recogida de muestras, una en los meses de febrero a mayo de 1992 y la otra durante el mes de noviembre de 1992.

En la primera campaña se recogieron un total de 120 muestras distribuidas, en función del acuífero al que pertenecen y de la naturaleza del punto del agua, tal como indica el siguiente cuadro:

	Manantiales	Pozos	Total
Ac. Aluvial	3	11	14
Ac. Aluvial-Volcánico	40	43	83
Ac. Eoceno	19	4	23
Total	62	58	120

En la segunda campaña se recogieron un total de 98 muestras distribuidas, de igual manera que en la primera campaña, tal como indica el siguiente cuadro:

	Manantiales	Pozos	Total
Ac. Aluvial	5	12	17
Ac. Aluvial-Volcánico	38	27	65
Ac. Eoceno	14	2	16
Total	57	41	98

Cada una de las muestras se sometió a un control analítico de los siguientes parámetros: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} ,

SiO₂, Fe, Mn, Cu, Zn, conductividad eléctrica, pH y DQO. Los resultados de este control analítico se presentan en la tabla H1 del anejo.

Para la descripción de las características hidroquímicas se evalúa en primer lugar los valores obtenidos de Conductividad eléctrica como indicadores del contenido total de iones en disolución, posteriormente se estudia la calidad del agua en base a las concentraciones de los iones mayoritarios y finalmente se controlan los demás parámetros para detectar las distintas problemáticas que puedan existir.

5.2. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Los valores de conductividad (a 20°C) medidos a lo largo de las dos campañas oscilan entre los valores extremos siguientes: 128 $\mu\text{mhos/cm}$ y 2.600 $\mu\text{mhos/cm}$. Los valores más frecuentes se sitúan entre 400 $\mu\text{mhos/cm}$ y los 600 $\mu\text{mhos/cm}$.

En el plano 5 se presentan los valores de conductividad obtenidos en las dos campañas para cada punto de control. Para visualizar mejor las variaciones de este parámetro se ha utilizado una adaptación de la clasificación de Wilcox-Thorne para las aguas de riego, que establece cuatro categorías según los valores de conductividad.

	CE a 20°C <	225 $\mu\text{mhos/cm}$	-salinidad baja
225 <	CE a 20°C >	700 $\mu\text{mhos/cm}$	-salinidad media
700 <	CE a 20°C >	2000 $\mu\text{mhos/cm}$	-salinidad alta
	CE a 20°C >	2000 $\mu\text{mhos/cm}$	-salinidad muy alta

Tal como puede observarse en el mapa n° 5, la mayoría de puntos presentan conductividades entre 225 $\mu\text{mhos/cm}$ y 700 $\mu\text{mhos/cm}$ con lo que se pueden catalogar estas aguas como de salinidad mediana.

Con valores inferiores a los 225 $\mu\text{mhos/cm}$ tan sólo se han medido 3 puntos (381-210032, 381210033 y 381210044) correspondientes al acuífero aluvial-volcánico. Se trata de puntos que deben presentar circuitos superficiales en rocas volcánicas y por ello una muy baja mineralización de las aguas.

Respecto a los valores superiores a 700 $\mu\text{mhos/cm}$, se han medido en 33 puntos del muestreo realizado, lo que representa aproximadamente en un 25% de ellos. Estos puntos se reparten en el espacio en distintas zonas, tal como puede observarse en el mapa nº 5. Se trata sobre todo del área situada en el término municipal de Sant Jaume de Llierca y en menor cantidad de puntos en zonas del término de Sant Joan les Fonts, del de Les Preses, del de Santa Pau y en algún punto del valle del río Brugent.

En general son ligeramente más abundantes en los puntos correspondientes a pozos que a los manantiales y proporcionalmente abundantes en todos los acuíferos definidos.

Este aumento de mineralización de las aguas deberá pues atribuirse a diferentes factores, por un lado, a la existencia de circuitos hídricos de largo recorrido, a lo largo de los cuales se produce el incremento de concentración, por otro lado, a mezclas con aguas procedentes de valles laterales al principal que pueden aportar incrementos notables de sales y, también, a procesos de contaminación local de índole agrícola o industrial. Estos distintos mecanismos que intervienen en la mineralización de las aguas de esta zona se irán poniendo en evidencia a medida que se conozca con más detalle las concentraciones de los iones analizados.

De los puntos anteriores en dos de ellos el valor de la conductividad supera los 2.000 $\mu\text{mhos/cm}$ (381160015 y 381160018), se sitúan en el extremo NE de la zona volcánica, en el término de Sant Jaume de Llierca. Esta alta salinidad, tal como se verá con detalle posteriormente, esta ligada a la presencia de concentraciones muy elevadas de sulfatos.

En resumen, desde el punto de vista de la conductividad, las aguas de esta zona presentan en general una salinidad media (menor a los 700 $\mu\text{mhos/cm}$) que localmente puede verse incrementada para dar lugar a una salinidad alta.

5.3. CALIDAD QUIMICA DEL AGUA

El análisis del quimismo de las aguas de esta zona se ha realizado para los acuíferos definidos como aluvial-volcánico y aluvial, dejando sólo como referencia el quimismo de las aguas de los acuíferos de las formaciones eocenas que forman el sustrato de los otros acuíferos.

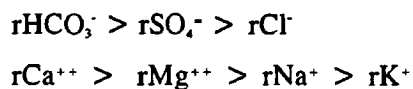
5.3.1. Iones mayoritarios

Para visualizar la composición de las aguas por lo que respecta a los iones mayoritarios (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) se han confeccionado unos diagramas, en base a los de Stiff, que representan gráficamente la composición de estos iones (anexo 4), Dada la similitud de valores obtenidos en los resultados analíticos de las dos campañas realizadas, los diagramas confeccionados corresponden solamente a la primera campaña de muestreo.

La distribución en el espacio de estos diagramas se presenta en el mapa n° 6.1 y en la Fig. 5.1 para los pozos correspondientes a los acuíferos mencionados y en el mapa 6.2 para los manantiales. También se han confeccionado diagramas tipo Piper de cada uno de los acuíferos y tipo de punto de agua. En el anexo 2 se presentan los resultados de los análisis realizados y en el Anexo 3 las tablas confeccionadas de concentraciones en miliequivalentes por litro y de las distintas relaciones iónicas calculadas.

- Diagramas tipo Stiff

Se puede observar como en la mayoría de los puntos muestreados los diagramas muestran un predominio de los iones bicarbonato y calcio, pudiéndose catalogar a estas aguas como bicarbonatadas cálcicas. En ellas se mantiene la siguiente relación entre los iones:



Debe resaltarse que las relaciones cuantitativas entre los iones pueden ser muy diversas, por ejemplo la relación $r\text{HCO}_3^- / r\text{SO}_4^{2-}$ para estas aguas bicarbonatadas puede oscilar desde 1 hasta casi 100.

Las aguas que presentan una baja mineralización ($< 225 \mu\text{mhos/cm}$) como en los puntos 381210032, 381210033 y 381210044, tienen la relación iónica anterior muy marcada por lo que se refiere al predominio del bicarbonato, pero no del ión calcio, que puede ser superado por el sodio.

Las aguas de mineralización media (entre 225 y 700 $\mu\text{mhos/cm}$) cumplen casi por completo la relación iónica comentada (mapas 6-1 y 6-2), aunque con variaciones cuantitativas que pueden ser importantes. Estas variaciones se traducen en cambios en el tamaño de los diagramas de Stiff, pero no de su forma.

Esta variación de las concentraciones de los iones, aunque conserven unas relaciones entre ellos, refleja la existencia de una variedad de circuitos hídricos y de posibles mezclas de agua desde los distintos sistemas. Desde los acuíferos en formaciones sedimentarias eocenas y los acuíferos en formaciones básicamente aluviales cuaternarias hacia el sistema acuífero aluvial-volcánico.

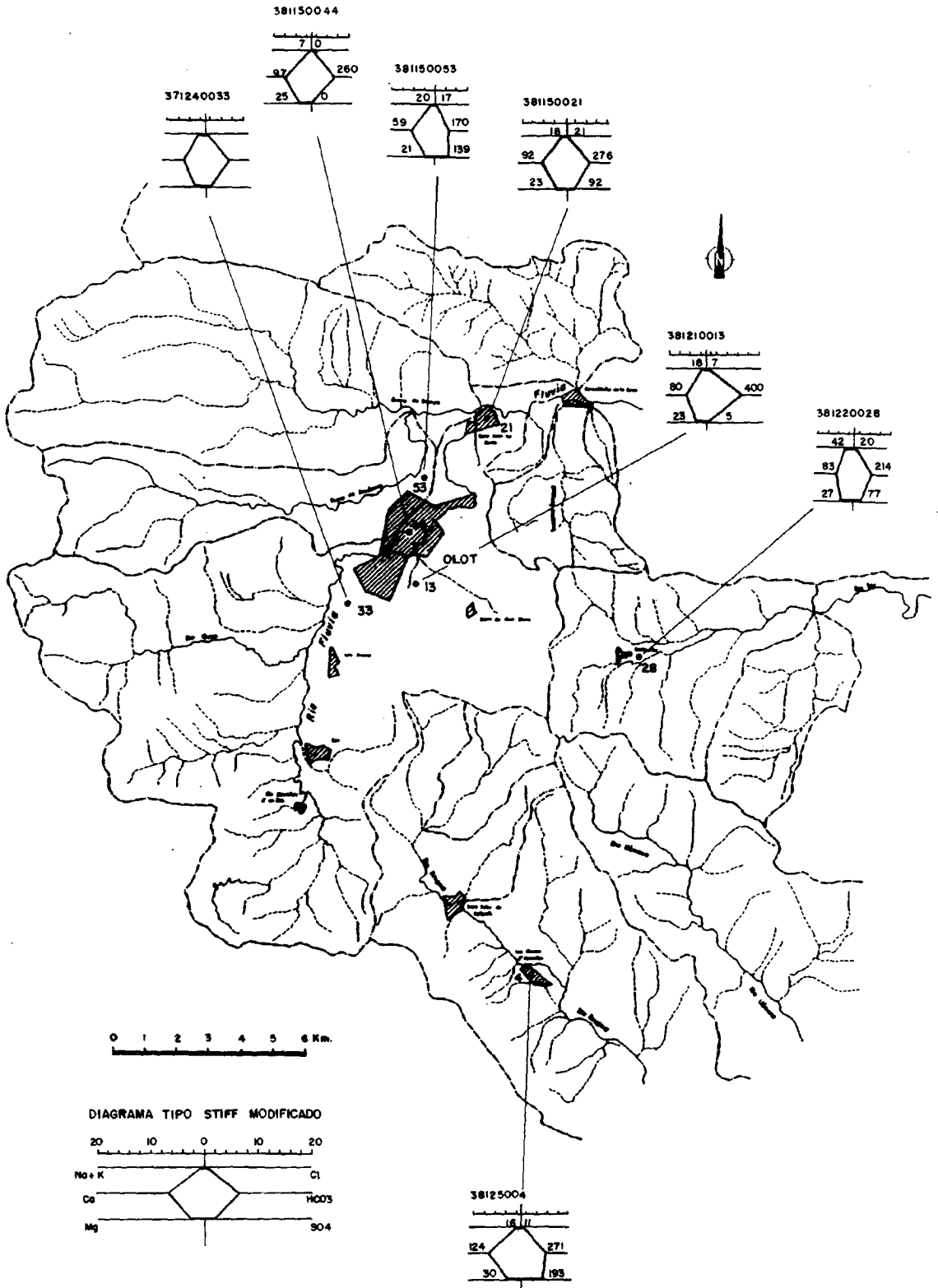
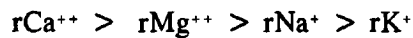


Fig. 5.1 . DIAGRAMAS DE STIFF DE LOS POZOS CORRESPONDIENTES AL SISTEMA ACUIFERO ALUVIAL-VOLCANICO Y ALUVIAL

En 7 puntos de muestreo se detecta un mayor contenido del ión sulfato, pudiéndose catalogar a estas aguas de sulfatadas. Presentan conductividades superiores a los 660 $\mu\text{mhos/cm}$ llegando a ser superiores a los 2000 $\mu\text{mhos/cm}$. Se sitúan geográficamente en las zonas ya comentadas al hablar de los valores de conductividad eléctrica altas, sobre todo en el término de Sant Jaume de Llierca. La relación aniónica en ellas es la siguiente :



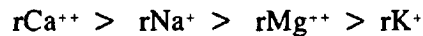
Mientras que la catiónica más frecuente es:



Aunque en menor grado, también se dan las siguientes (punto 381160018):



y en el punto 381160015, la siguiente:



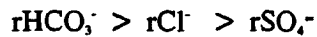
El notable incremento de sulfatos de las aguas de esta zona del término de Sant Jaume de Llierca se debe buscar en la presencia de yesos en las formaciones eocenas y en las formaciones aluviales y coluviales que comunican en esta zona con el sistema acuífero aluvial-volcánico.

Incrementos notables del ión cloruro, que superen la concentración en miliequivalentes del ión bicarbonato, se han detectado en pocos puntos, solamente en el nº 381210029 y en el 381280017. En ellos la relación aniónica es la siguiente:

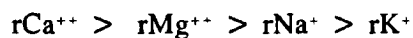


Se trata en ambos casos de pozos de poca profundidad, 13 y 16 m respectivamente, por lo que estos aumentos locales del ión cloruro pueden indicar efectos de contaminación local.

Si son más frecuentes las concentraciones de ión cloruro superiores a las del ión sulfato, detectadas en 13 puntos de muestreo, pero siempre inferiores a las del ión bicarbonato. Se establece así la siguiente relación:



Se trata, a excepción de un punto (371240034), de aguas de conductividades inferiores a 775 $\mu\text{mhos/cm}$, es decir de salinidad media en que predomina el ión bicarbonato de manera que las relaciones $r\text{HCO}_3^-/r\text{Cl}^-$ y $r\text{HCO}_3^-/r\text{SO}_4^{2-}$ suelen ser superiores a 2 pudiendo llegar a valores de hasta 33 para la primera y de 91 para la segunda. Desde esta perspectiva esta relativa mayor concentración de cloruros respecto a los sulfatos no parece tener ninguna importancia como para sugerir una facies hidroquímica con entidad propia. Además en estos puntos la relación catiónica no se altera de la general, dominada por el ión calcio:



El punto n° 371240034 presenta un conductividad relativamente alta, superior a 1000 $\mu\text{mhos/cm}$, con la relación aniónica comentada y una relación catiónica que refleja un aumento considerable del ión sodio, por encima del ión calcio y del magnesio:



La situación de este punto en el término de Les Preses dentro de la llanura aluvial reciente, rodeado de puntos de agua con conductividades menores y relaciones aniónicas distintas, parece reflejar un origen local de este incremento de la salinidad y sobre todo del sodio. Este efecto de contaminación local viene refrendado por la poca profundidad del pozo 3,65 m y el poco uso que de él se realiza.

- Diagramas tipo Piper

Se han confeccionado varios diagramas agrupando las muestras según el acuífero al que se les ha asignado: sistema aluvial-volcánico y sistema aluvial; y en base a la naturaleza del punto de muestreo, es decir, si se trata de un pozo o bien de una surgencia natural (manantial o fuente). Dada la similitud de valores obtenidos en los resultados analíticos de las dos campañas realizadas, los diagramas confeccionados corresponden solamente a la primera campaña de muestreo.

En la fig. 5.2 se presenta la distribución de los puntos correspondientes a las surgencias naturales del sistema aluvial-volcánico y del sistema aluvial, en base al diagrama tipo Piper. Se observa que la práctica totalidad de los puntos se agrupan en los vértices correspondientes al ión bicarbonato y al ión calcio. Se visualiza así, gráficamente, la clasificación realizada anteriormente de estas aguas como bicarbonatadas cálcicas. Debe destacarse la gran uniformidad que presentan las aguas de estas surgencias naturales. Los puntos que se hallan más dispersos y alejados de los vértices comentados corresponden, en general, a aguas de baja mineralización, en los que la diferencia de concentración entre los iones es pequeña .

Por lo que respecta a las aguas muestreadas de los pozos, en la fig. 5.3 y 5.4 se presentan los puntos correspondientes al sistema acuífero aluvial-volcánico. La distribución de los puntos es, por un lado la misma que en las surgencias, es decir la correspondiente a unas aguas bicarbonatadas cálcicas, pero respecto a los aniones se diferencian perfectamente unos puntos con concentraciones superiores de sulfatos que de bicarbonatos (aguas sulfatadas), correspondientes a los comentados anteriormente del término municipal de Sant Jaume de Llierca. Respecto a los cationes, resalta el punto nº 371240034 por su elevada concentración en sodio, ya comentado anteriormente.

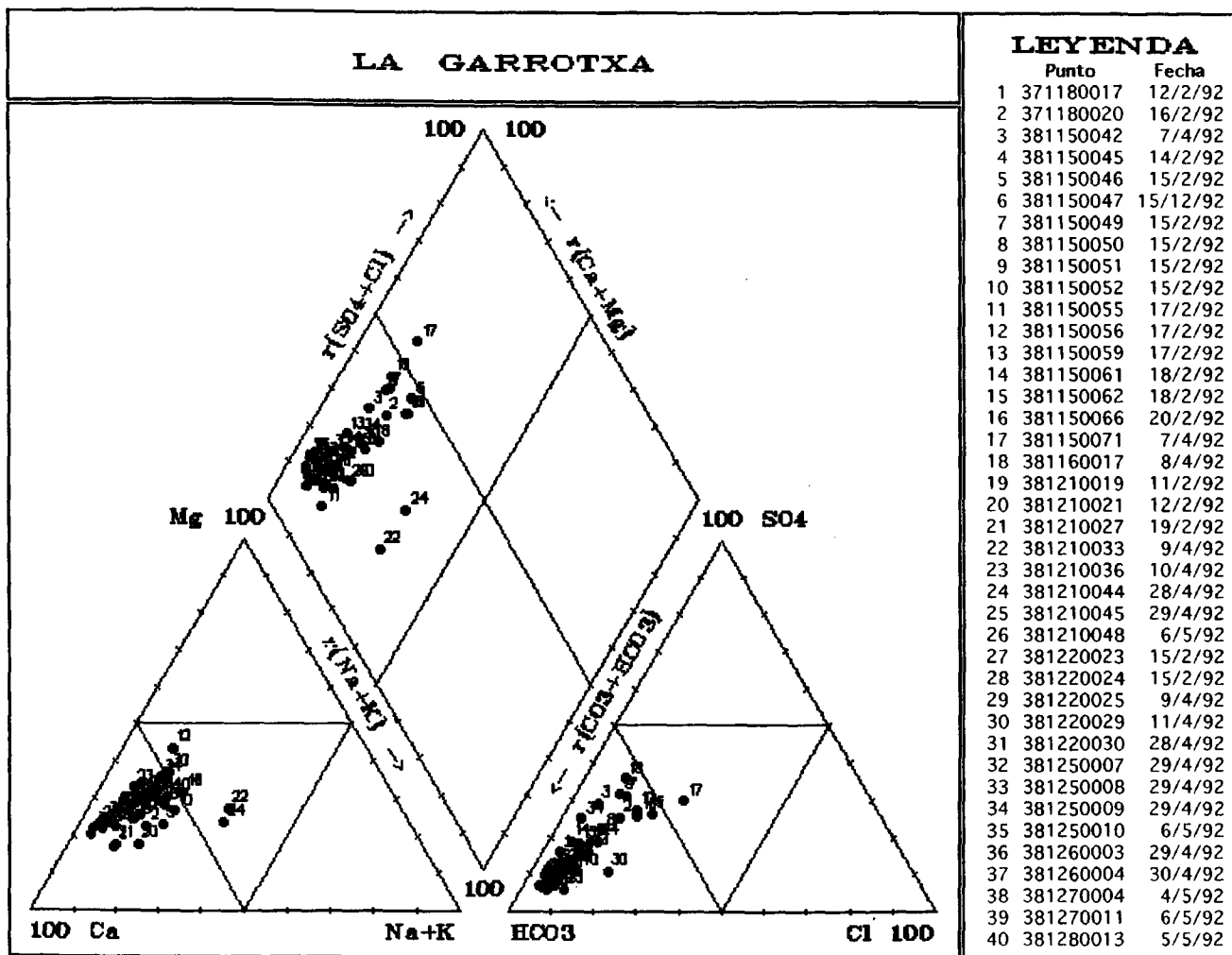


Fig. 5.2

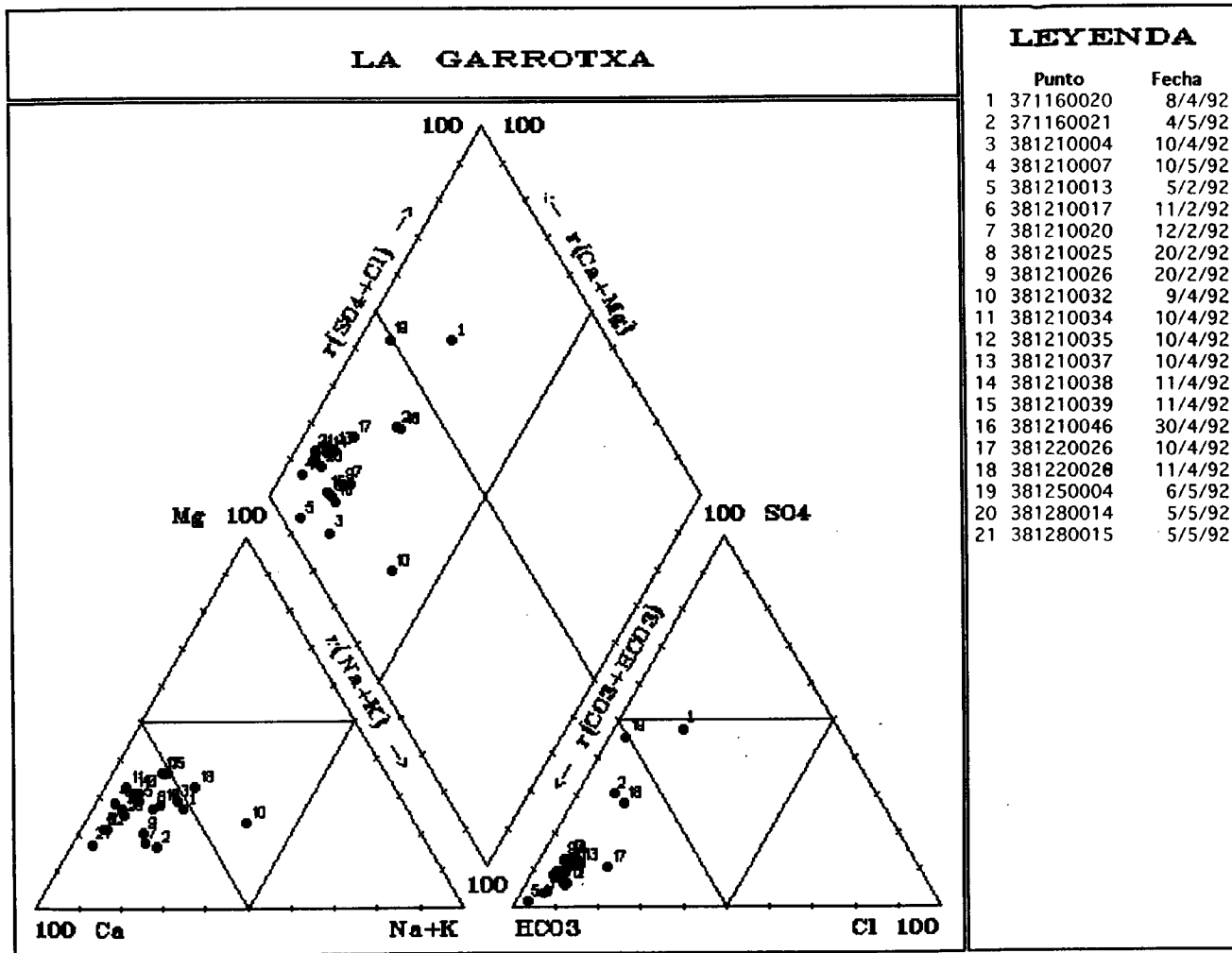


Fig. 5.3

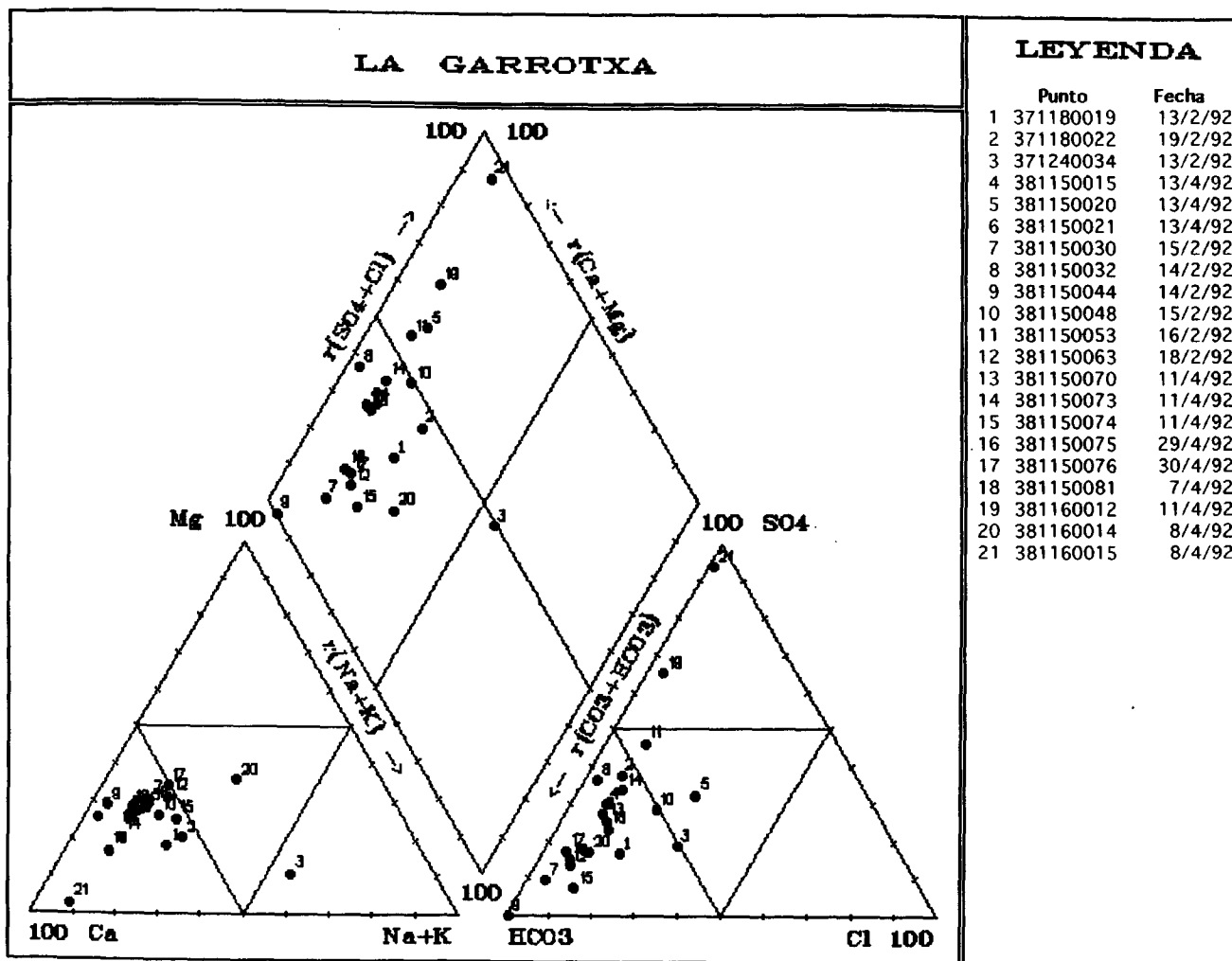


Fig. 5.4

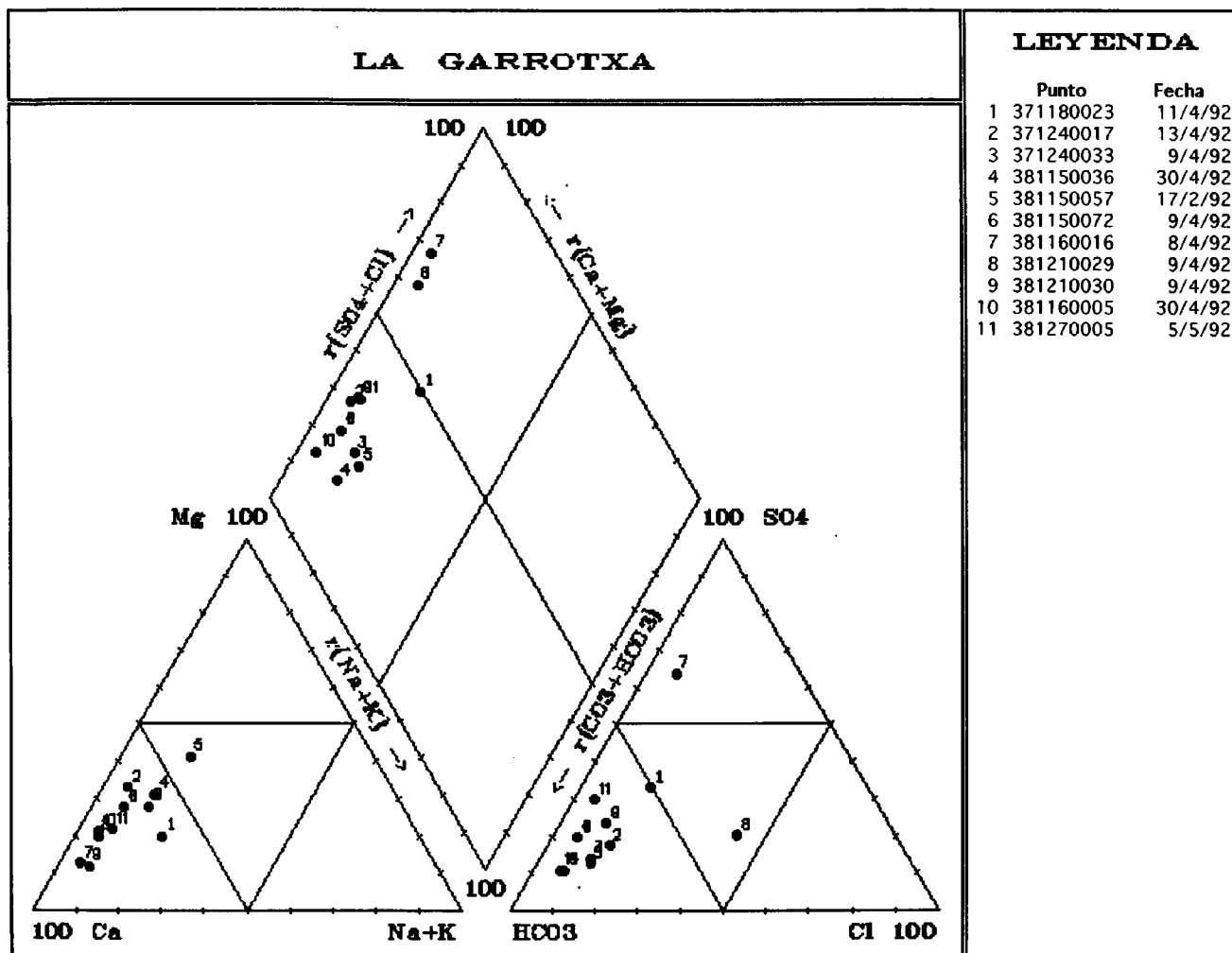


Fig. 5.5

Los pozos pertenecientes al sistema aluvial se presentan en la fig. 5.5. Su distribución en este diagrama tipo Piper coincide con la comentada para los pozos del sistema aluvial-volcánico, es decir, una mayoría de los puntos corresponden a aguas bicarbonatadas cálcicas y unos pocos a aguas sulfatadas cálcicas.

5.3.2 CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES IONES

Para tener una visión de conjunto de las variaciones en las concentraciones de los iones presentes en estas aguas en la tabla 5.1 se presentan los valores extremos de contenidos de los principales iones analizados, así como, un valor medio de ellas. En la primera campaña se han procesado un total de 120 muestras, mientras en la segunda han sido un total de 98. Se adjunta en esta tabla los valores máximos admisibles de cada ión, cuando existe este límite, según las indicaciones de la Reglamentación Técnico-Sanitaria (R.T-S) para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (Real Decreto 1138/1990).

De esta tabla adjunta destacan, a modo orientativo, respecto de los iones mayoritarios:

- Las concentraciones medias de bicarbonatos cercanas a los 250 mg/l, que constituyen las más altas de todos los iones analizados.
- Los altos contenidos máximos del ión sulfato, muy por encima de los máximos admisibles, mientras los valores medios son relativamente bajos.
- El ión cloruro presenta unas concentraciones bajas y tan sólo dos valores superan el máximo admisible.

Tabla 5.1.- Variación de las concentraciones de los principales iones analizados, en mg/l, en las dos campañas realizadas, en relación a las concentraciones máximas admisibles según el Real Decreto 1138/1990 - Reglamentación Técnico Sanitaria de las aguas potables de consumo público.

	1ª CAMPAÑA			2ª CAMPAÑA			R.T-S
	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Max.ad
HCO ₃ ⁻	57	610	243	27	553	253	-
CO ₃ ⁻	0	15	0,49	0	0	0	-
SO ₄ ⁻	5	1.180	67	3	788	65	250
Cl ⁻	3	258	21	3	124	16	200
NO ₃ ⁻	0	191	29	0	132	27	50
Ca ⁺⁺	12	450	80	6	218	81	200 [#]
Mg ⁺⁺	2	55	19	6	55	18	50
Na ⁺	2	249	16	3	239	16	150
K ⁺	0	45	5	0	30	4	12
SiO ₂	2	53	26	0	68	30	40 [#]
P ₂ O ₅	0	0,96	0,17	0	0,93	0,15	5 ⁺
NH ₄ ⁺	0	0,87	0,01	0	0,76	0,01	0,5
DQO	0,2	16	0,83	0,2	8	0,86	5
NO ₂	0	0,76	0,01	0	1,3	0,02	0,1
Fe	0	0,42	0,01	0	6	0,08	0,2
Mn	0	1	0,018	0	0	0	0,05
Cu	0	0,15	0	0	0,15	0	1,5 [*]
Zn	0	0,83	0,02	0	1,33	0,06	1,5 [*]
pH	6,1	8,4	7,56	7	8,1	7,62	9,5

[#]-Valores no incluidos en la reglamentación, pero aconsejables de no superar.

⁺-Reglamentación de la CEE de 1980.

^{*}-Valor tolerable del Código Alimentario Español.

- De entre los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio, las concentraciones medias más altas corresponden al calcio, mientras que los restantes presentan contenidos bajos y tan solo en algún punto de manera local superan las concentraciones máximas admisibles.

Respecto de los restantes parámetros analizados destacan:

- Las concentraciones medias relativamente elevadas del ión nitrato superiores a 25 mg/l y las máximas superiores a los valores máximos admisibles según la reglamentación vigente. Los contenidos elevados del ión nitrato indican una posible contaminación, por este motivo posteriormente se tratará con detalle la distribución de estos elevados contenidos.

- Los contenidos en nitritos son superiores a 0,1 mg/l en un 5% de las muestras analizadas. Este valor es considerado el máximo admisible para las aguas de consumo. La presencia de nitritos en las aguas subterráneas puede proceder como consecuencia de la existencia de un medio reductor, aunque en la mayoría de los casos es indicativo de una polución con aguas negras o residuos orgánicos. Los puntos en los que se han detectado valores superiores a 0,1 mg/l se distribuyen en distintas áreas, generalmente coincidentes con zonas de elevados nitratos y en algunos casos cercanas a núcleos de población o de actividad ganadera-agrícola.

- Respecto al amoníaco tan sólo en un punto (nº: 381160018 fuente de la Puda) se supera el máximo admisible de los 0,5 mg/l. Se trata del punto con la mineralización más alta de los analizados. El resto de puntos presentan contenidos inapreciables,

- La DQO (demanda química de oxígeno) u oxidabilidad al MnO_4 , da valores promedio inferiores a 1 mg/l de O_2 . Solamente en dos puntos se superan los 5 mg/l de O_2 , valor correspondiente al máximo admisible por la reglamentación vigente. En el primero de ellos, nº 371240034 se trata de un pozo de poca profundidad (3,65 m) del que ya se ha comentado su elevada mineralización seguramen-

te debida a una contaminación local. En el segundo, nº 381210043, podría tratarse de un error computable a cualquiera de las etapas que se suceden desde la toma de la muestra hasta la propia realización del análisis.

- Las concentraciones del ión fosfato son de media inferiores a 0,2 mg/l, llegando como máximo a 0,96 mg/l. En general, los valores altos superiores a 0,5 mg/l coinciden con concentraciones elevadas del ión nitrato. Este hecho reafirmaría la contaminación de estas zonas por efluentes urbanos y de explotaciones ganaderas.

- Los contenidos de sílice corresponden a valores relativamente altos, de acuerdo con la roca silícica que forma el sistema acuífero. Los valores máximos reflejan concentraciones superiores a los 40 mg/l (aproximadamente en un 15% de los puntos analizados), concentración a partir de la cual puede acarrear problemas a determinados procesos industriales (calderas a presión), debido a la formación de precipitados muy duros.

- Respecto a las concentraciones de los cationes metálicos hierro, manganeso, cobre y zinc, tan sólo en algunos puntos presentan valores medibles y en muy pocos puntos valores que puedan ser significativos. Destacan los 6 mg/l de contenido en hierro en el punto nº 371240032, los 1,33 mg/l de zinc en el nº 381150057 o el 1 mg/l de manganeso en el nº 381210007.

- Finalmente respecto al pH los valores medidos se sitúan prácticamente dentro de los valores guía que determina la legislación vigente, entre 6,5 y 8,5. Tan sólo en un punto se ha medido un valor de 6,1 inferior al intervalo guía, sin que ello tenga ningún significado especial.

5.3.3. Los contenidos en ión nitrato

Las concentraciones del ión nitrato analizadas son en 62 puntos, casi en un 50% de los muestreados, superiores a 25 mg/l y de ellos en 20 puntos superiores a 50 mg/l. La distribución de estos puntos puede visualizarse en el mapa 7 y Fig. 5.6, donde se han representado aquellas zonas con valores superiores a los 25 mg/l y dentro de ellas las de valores superiores a 50 mg/l. Se pueden observar unas zonas de agrupamiento de los puntos con valores altos, coincidiendo con las zonas llanas: Plana d'en Bas, Pla de la Olot-La Canya-St. Joan les Fonts, Santa Pau, Sant Jaume de Llierca. Aunque también se localizan en puntos dispersos, tal como puede observarse en el mapa.

Estos altos contenidos en nitratos afectan tanto a pozos como a surgencias naturales, aunque la proporción de pozos afectados es algo superior a la de los manantiales.

Debe destacarse que la reglamentación vigente situa como concentración máxima admisible en nitratos al valor de 50 mg/l, lo que pone en evidencia una problemática importante respecto a la potabilidad de estas aguas para el consumo.

Los contenidos elevados de nitratos se asocian generalmente a la oxidación bacteriana de las materias orgánicas, principalmente de las eliminadas por los animales, asociado a problemas de contaminación urbana, industrial y ganadera (vertido de residuos, lixiviación de vertederos, etc). También a actividades agrícolas, debida al exceso de abonos nitrogenados que se utilizan.

Para aquellos puntos aislados con valores localmente altos de nitratos, el origen podría buscarse en causas locales como los efluentes de carácter orgánico originados por las explotaciones ganaderas y en la eliminación de residuos domés-

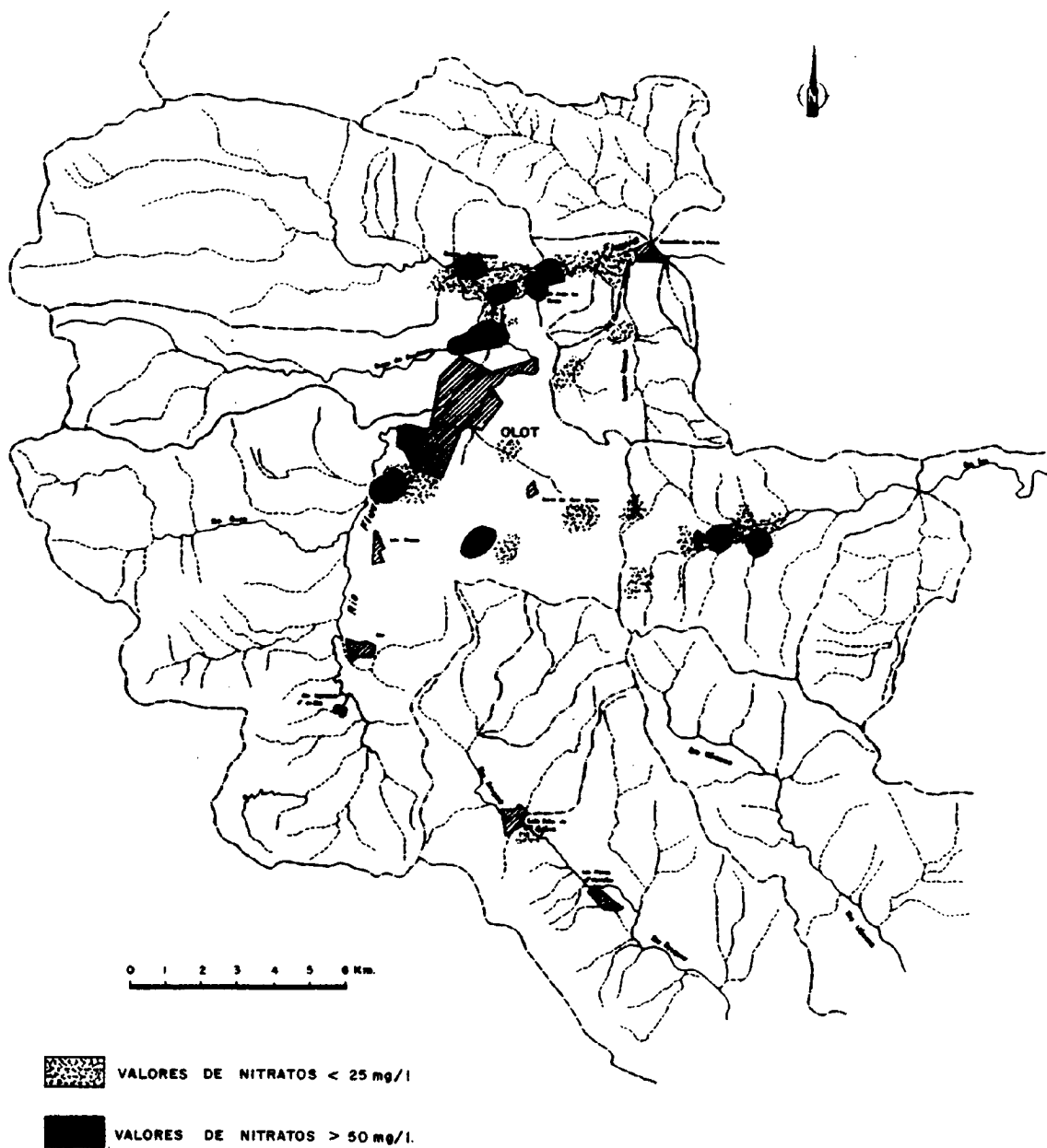


FIG 5.6 . MAPA DE NITRATOS. VALORES EXPRESADOS EN mg/l

ticos (por ejemplo en los pozos de gran diámetro nº 381210029, Can Po y nº 381220029, Can Quintana).

Más difícil parece evaluar el origen de los elevados contenidos en nitratos de las zonas donde se agrupan un conjunto de puntos que afectan tanto a pozos como a manantiales, como por ejemplo en la zona llana comprendida entre Olot, La Canya y Sant Joan les Fonts. Estas zonas coinciden, en general, con las de más intensa actividad urbana, ganadera, agrícola e industrial. Este hecho llevaría a interpretar como causas de las elevadas concentraciones en nitratos, a la confluencia de los distintos factores antes mencionados (efluentes procedentes de las diferentes actividades y prácticas de abonado y riego) y por tanto a un deterioro progresivo de la calidad del agua del acuífero.

Esta problemática relativa a los elevados contenidos en nitratos no se había detectado hasta la fecha, por lo menos en la extensión de la afección puesta de manifiesto. Así, los estudios hidrogeológicos anteriores al presente: SGOP-1975, Plan Hidrológico del Pirineo Oriental-1983, no citan esta problemática. En el último de ellos, se aportan 26 análisis de pozos sin que en ninguno se detecten concentraciones elevadas de nitratos, que sólo son superiores a 10 mg/l en uno de ellos (14 mg/l).

Más recientemente se detectaron elevados contenidos en nitratos en controles realizados en los manantiales principales de esta zona volcánica. Así, según datos facilitados por el "Laboratorio Polivalente de la Garrotxa", correspondientes a cuatro períodos de toma entre los meses de agosto y octubre de 1989, en la fuente de Sant Roc y en la de la Moixina se encontraron valores cercanos y superiores respectivamente a los 50 mg/l (fig. 5.7, tabla 5.2)

Tabla 5.2 .-Valores de algunos parámetros correspondientes a manantiales, facilitados por el "Laboratori Polivalent de la Garrotxa"

NO3 - Nitratos en mg/l	Oxi - Oxidabilidad (MnO4) en mg/O2	O2 D - Oxígeno disuelto mg/l O2
NO2 - Nitritos en mg/l	CE - Conductividad eléctrica μ mhos/cm	%O2 D - % Oxígeno disuelto total
NH4 - Amoníaco en mg/l	RS - Residuo seco a 110° C mg/l	CM - Calificación microbiológica

Nombre	Lugar toma	Fecha	NO3	NO2	NH4	Oxi	pH	CE	RS	O2 D	%O2 D	CM
Font de la Salud	Salida fuente	8/8/89	9,58	0,012	0,15	4,04	6,9	747				No potable
Font de les Tries	Salida fuente	8/8/89	11,36	0	0	2,76	7,4	385				No potable
Font del Parc Nou	Salida fuente	8/8/89	2,66	0	0,05	2,66	7,1	537				No potable - muy contaminada
Font Moixina	Salida fuente	8/8/89	23,44	0,005	0,15	3,15	7,2	516				Aptas Baño
Font Sant Roc	Salida fuente	8/8/89	19,1	0	0	2,95	7,2	620				Potable
Font de les Tries	Salida fuente	18/9/89	17,19	0	0	1,86	6,7	447				No potable
Font del Parc Nou	Salida fuente	18/9/89	12,97	0	0	2,8	6,7	633				No potable - muy contaminada
Font Moixina	Salida fuente	18/9/89	42,34	0	0	3,48	6,7	611				Aptas Baño
Font Sant Roc	Salida fuente	18/9/89	38,96	0	0	2,6	6,6	610				No potable
Font de la Salud	Salida fuente	4/10/89	-	-	-	-	-	-				No potable - muy contaminada
Font de les Tries	Salida fuente	4/10/89	25,89	0	0	1,68	6,9	438				No potable
Font del Parc Nou	Salida fuente	4/10/89	14,22	0	0	1,85	6,8	538				No potable
Font Moixina	Salida fuente	4/10/89	51,93	0	0	2,1	6,9	528				Aptas Baño
Font Sant Roc	Salida fuente	4/10/89	46,04	0	0	1,65	6,9	632				Potable
Font de les Tries	Salida fuente	25/10/89	17,92	0	0	3,53	6,8	371				No potable
Font del Parc Nou	Salida fuente	25/10/89	17,66	0	0	2,66	7,1	517				No potable
Font Moixina	Salida fuente	25/10/89	54,22	0	0	2,93	6,9	505				No potable
Font Sant Roc	Salida fuente	25/10/89	38,7	0	0	2,66	6,9	562				Permisible

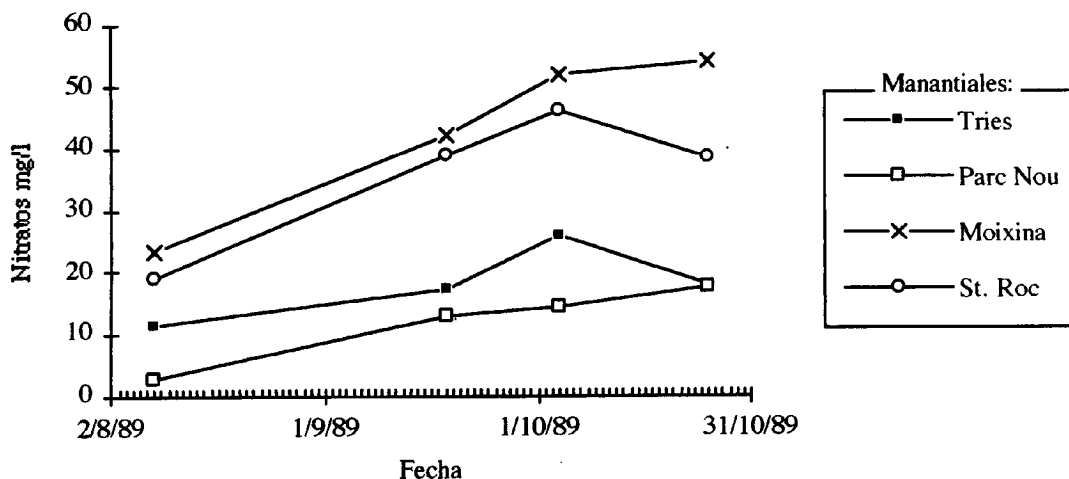


Fig. 5.7.-Contenidos en nitratos de algunos de los principales manantiales de la zona volcánica de la Garrotxa, en el año 1989. Datos facilitados por el "Laboratori Polivalent de la Garrotxa".

5.3.4. Evolución hidroquímica

En las dos campañas realizadas, una en primavera y la otra en el otoño de 1992, en aquellos puntos donde se han podido tomar las dos muestras, no se aprecian grandes variaciones en las concentraciones analizadas.

Así parece que con tan sólo la información correspondiente a estas dos campañas no se puede opinar sobre un posible incremento de algún ión. Para poder interpretar determinados sentidos de evolución en la composición debería estable-

cerse una red de control hidroquímico con toma de muestras a intervalos mensuales o bimensuales.

Comparando los datos con los presentados en el informe del Plan Hidrológico del año 1983, en los que se realizaron 26 análisis de pozos, tan sólo se aprecia un incremento del ión nitrato, tal como se ha comentado en el apartado anterior. Los iones mayoritarios no parecen mostrar más que variaciones dentro de un mismo orden de magnitud, pero sin presentar tendencias claras a un aumento generalizado de alguno de ellos.

De algunos manantiales se disponen de datos cedidos por el "Laboratori Polivalent de la Garrotxa" de finales del año 1989 (tabla 5.2). A partir de los valores de conductividad eléctrica de ellos se ha confeccionado la figura 5.8, donde se puede observar la variación de este parámetro en cuatro manantiales de la zona volcánica.

No se observan grandes cambios en la CE de estos puntos, manteniendose cada uno en un nivel de conductividad. Estos niveles de conductividad de estos manantiales se pueden considerar que coinciden en líneas generales con los que presentan actualmente estas surgencias. Entre 350 y 400 $\mu\text{mhos/cm}$ para la fuente de les Tries, entre 400 y 425 $\mu\text{mhos/cm}$ para la fuente de la Moixina y entre 475 y 490 $\mu\text{mhos/cm}$ para la fuente de St. Roc.

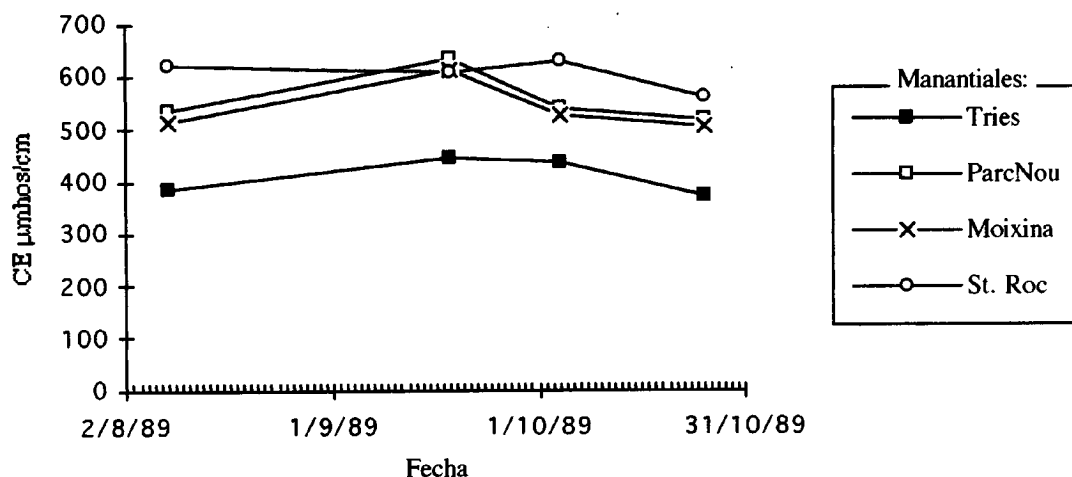


Fig. 5.8.-Valores de conductividad eléctrica de algunos de los principales manantiales de la zona volcánica de la Garrotxa, en el año 1989. Datos facilitados por el "Laboratori Polivalent de la Garrotxa".

5.4. CALIDAD DE LOS PUNTOS DE LA RED DE CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES

En los puntos de control de caudal se ha efectuado un control de la conductividad eléctrica para valorar el grado de mineralización global del agua. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla nº 5.3 y en la fig. 5.9.

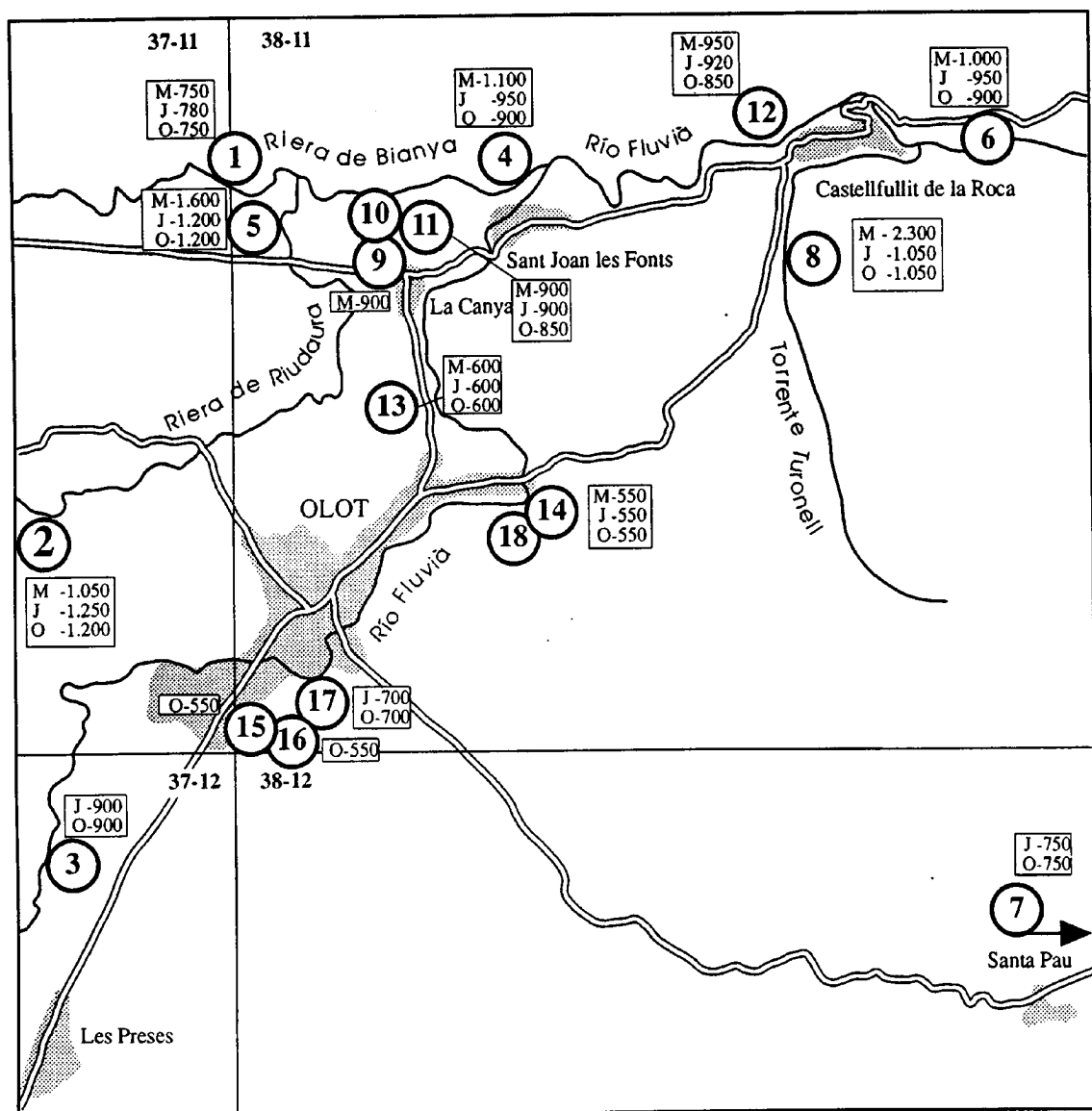
Los valores de conductividad medidos son inferiores a 900 $\mu\text{mhos/cm}$ para los manantiales y generalmente superiores a 900 $\mu\text{mhos/cm}$ para los cursos superficiales que presentan, además, una gran irregularidad en los valores de las distintas campañas efectuadas.

Los manantiales presentan valores menores en las surgencias situadas a cotas topográficas superiores, zona de la Moixina y fuente de les Tries, de unos 550 $\mu\text{mhos/cm}$. Para aumentar la conductividad al disminuir la cota de surgencia: 600 $\mu\text{mhos/cm}$ en la fuente Noc d'en Cols, entre 850 $\mu\text{mhos/cm}$ y 900 $\mu\text{mhos/cm}$

CAMPAÑA DE AFOROS**CONDUCTIVIDADES**

Nº Est.	Estación	Termino munic.	CE μ mos/cm		
			MAYO'92	JULIO'92	OCTUBRE'92
1	Riera de Bianya	Bianya	750	780	750
2	Riera de Ridaura	Olot	1050	1250	1200
3	Río Fluvià	Les Preses	-	900	900
4	Riera de Bianya	Sant Joan les Fonts	1100	950	900
5	Riera de Ridaura	Bianya	1600	1200	1200
6	Río Fluvià	Montagut	1000	950	900
7	Río Ser	El Torn	-	750	750
8	Torrent Turonell	Sant Joan les Fonts	2300	1050	1050
9	Font de les Mulleres-1	Sant Joan les Fonts	900	-	-
10	Font de les Mulleres-2	Sant Joan les Fonts	-	-	-
11	Rec de Verlets (Mulleres+Fontfreda)	Sant Joan les Fonts	900	900	850
12	Font Can Grido	Castellfullit	950	920	850
13	Font Noc d'en Cols	Olot	600	600	600
14	Font de les Tries	Olot	550	550	550
15	Font de la Moixina	Olot	-	-	550
16	Font de la Deu	Olot	-	-	550
17	Rec de Ravell (Moixina + Deu + ...)	Olot	-	700	700
18	Estación de Aforos nº13	Olot-Comisaria de Aguas Pirineo Oriental			

Tabla 5.3.- Valores de la conductividad eléctrica en μ mos/cm, de las estaciones de aforo, en las campañas efectuadas.



- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--|
| ① Riera de Bianya-1 | ⑦ Río Ser | ⑬ Fuente Noc d'en Cols |
| ② Riera de Riudaura-2 | ⑧ Torrente Turonell | ⑭ Fuente de les Tries |
| ③ Río Fluvià-2 | ⑨ Fuente Mulleres-1 | ⑮ Fuente de la Moixina |
| ④ Riera de Bianya-2 | ⑩ Fuente Mulleres-2 | ⑯ Fuente de la Deu |
| ⑤ Riera de Riudaura-1 | ⑪ Acequia de Verlets | ⑰ Acequia de Ravell |
| ⑥ Río Fluvià-1 | ⑫ Fuente de can Grido | ⑱ Estación de aforos nº13
Comisaría de aguas P.O. |

Mayo'92
 Julio'92
 Octubre'92

M -62
J -312
O -54

Conductividades en $\mu\text{mhos/cm}$

Fig. 5.9.-Valores de las conductividades medidas en la red de estaciones de aforo, a lo largo de las tres campañas realizadas.

en la fuente de las Mulleres y entre 850 $\mu\text{mhos/cm}$ y 950 $\mu\text{mhos/cm}$ en la fuente de Can Gridó. En general, los valores medidos en los manantiales, en las tres campañas realizadas, presentan una gran constancia.

Los cursos superficiales presentan valores muy dispares que tienen relación con los núcleos de población o áreas industriales que atraviesan. Así, destacan los valores altos del torrente Turonell (entre 1.050 $\mu\text{mhos/cm}$ y 2.300 $\mu\text{mhos/cm}$) al que llegan los vertidos de pequeñas industrias. También, los valores relativamente altos de la riera de Riudaura (entre 1.050 $\mu\text{mhos/cm}$ y 1.200 $\mu\text{mhos/cm}$ en la cabecera y, entre 1.200 $\mu\text{mhos/cm}$ y 1.600 $\mu\text{mhos/cm}$ cerca de su desembocadura a la riera de Bianya). El resto de valores se sitúan, en general, por debajo de los 1.000 $\mu\text{mhos/cm}$.

5.5. PROBLEMATICAS DETECTADAS Y RECOMENDACIONES

En el mapa nº 8 y en la Fig. 5.10 se presentan a modo de síntesis gráfica aquellos puntos cuyas concentraciones superan las máximas admisibles según el Decreto 1139/1990 (Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables).

En orden al número de muestras que superan un determinado parámetro y de la importancia de éste como indicador de posible contaminación de las aguas, se destacan las problemáticas siguientes, en función de los análisis obtenidos en las dos campañas:

- Un total de 18 puntos representados en el mapa nº 8 superan la concentración máxima admisible en nitratos de 50 mg/l. En el apartado correspondiente a los nitratos se ha tratado con detalle esta problemática que por su magnitud actual requeriría la confección de un estudio específico, que permitiera detectar

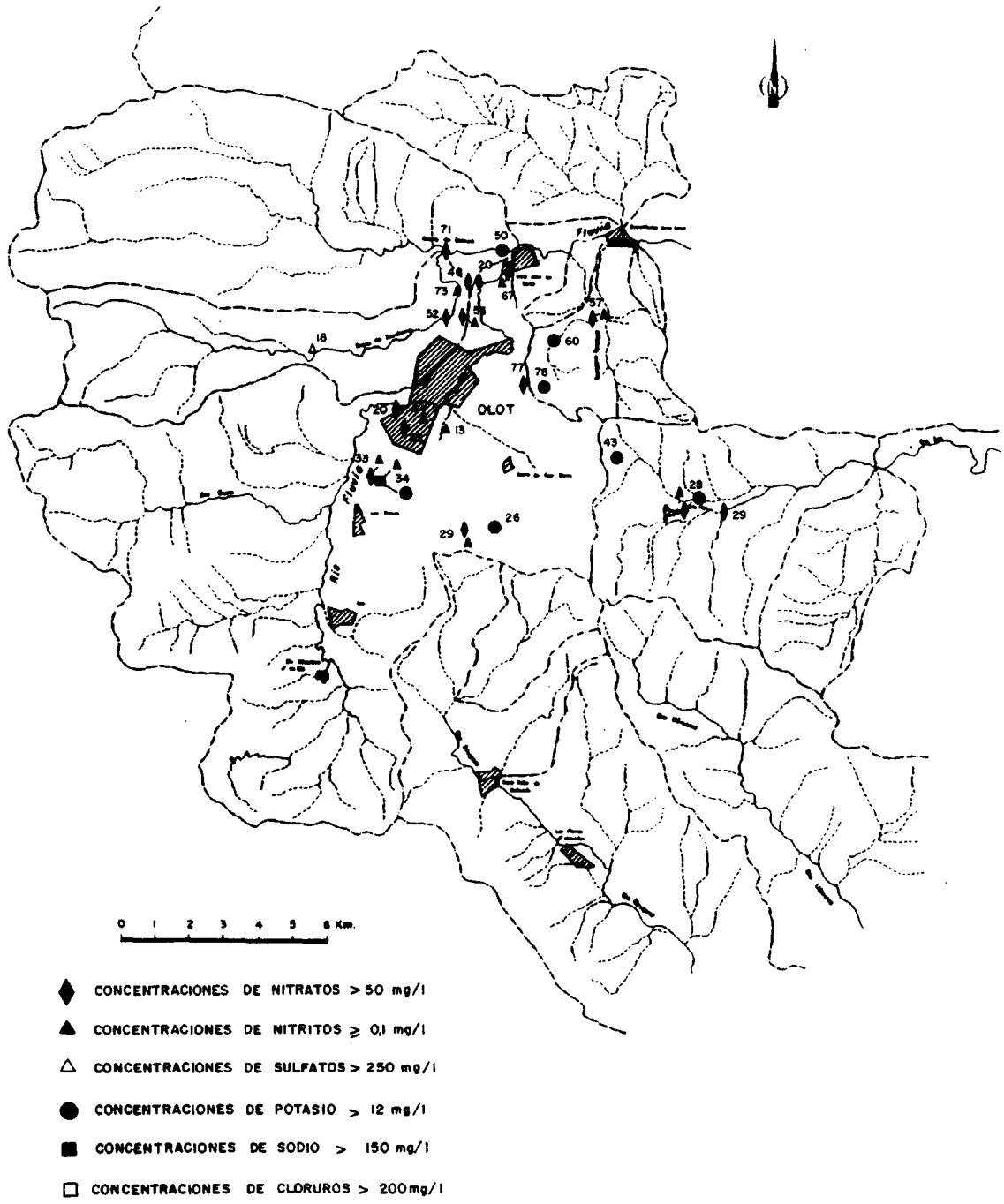


Fig. 5.10 MAPA DE PUNTOS CON PROBLEMAS HIDROQUIMICOS. CONCENTRACIONES SUPERIORES A LA MAXIMA ADMISIBLE.

con más precisión las causas que generan estos contenidos elevados y seguidamente planificar las actuaciones necesarias para controlar las fuentes de contaminación.

- Respecto del ión nitrito, se han detectado 12 puntos que igualan o superan la concentración de 0,1 mg/l máxima admisible. Esta problemática se superpone en parte a la anterior del ión nitrato, por lo que se refiere a poner en evidencia una polución de las aguas. Se recomienda como en el caso anterior un estudio específico.

- Las concentraciones en sulfatos superan en seis puntos los 250 mg/l de concentración máxima admisible. En este caso estos contenidos elevados tienen su origen en la presencia de yesos que suministran el ión sulfato al agua. Por tanto, no se trata de una contaminación antrópica sino de una mezcla de aguas del sistema acuífero aluvial-volcánico con aguas procedentes de acuíferos eócenos o aluviales que tienen elevados contenidos del ión sulfato. Debería evitarse el utilizar estas aguas para consumo público, recomendación especial para el municipio de Sant Jaume de Llierca.

- Se debe también prestar atención a los contenidos de potasio superiores a la concentración máxima admisible (12 mg/l) presentes en 7 puntos, ya que pueden ser síntoma de contaminación. Por ello, deberá incluirse este ión en los análisis que se efectuen en un futuro estudio para acotar posibles contaminaciones.

- De menor importancia pueden catalogarse los contenidos elevados de sodio, en dos puntos, superiores a 150 mg/l y el elevado contenido en cloruros, en un punto, superior a 200 mg/l. Estos contenidos aislados, de todos modos, son también un reflejo de una posible contaminación del agua.

Los resultados analíticos presentados en este apartado de hidroquímica además de permitir valorar las características hidroquímicas de los acuíferos que conforman la zona volcánica de la Garrotxa, han alertado de un deterioro de las aguas de estos acuíferos por contaminación debida a las actividades urbanas, agrícolas, ganaderas e industriales, que se pone de manifiesto principalmente por el incremento del ión nitrato.

Por ello se recomienda la realización de un estudio específico que analice en detalle esta problemática, así como, el seguimiento del control de calidad de las aguas a través de una red hidroquímica.

Si se consideran las extracciones en los distintos términos municipales de la zona de estudio, se observa (tabla nº 6.3) que para el sistema acuífero aluvial-basalto el consumo del término municipal de Olot representa más del 63 % de todo el volumen extraído. Este consumo queda justificado a partir del volumen de agua destinado a abastecimiento, prácticamente el 50 % del total, debido a la concentración de población en la ciudad de Olot, de aproximadamente unos 26.000 habitantes. Le sigue en importancia el volumen de extracción del término de Sant Joan les Fonts, de más del 18% del total. En este caso el consumo se debe en su mayor parte al uso industrial y concretamente a una sola empresa (Torras Hostench) que consume más de 1 Hm³.

El resto de municipios se reparten las extracciones en proporciones que oscilan entre el 2% y el 3%, dependiendo del número de habitantes o de la existencia de alguna industria, excepto el de la Vall d'en Bas que corresponde a una agrupación de municipios correspondiéndole una proporción de casi un 9%.

Respecto a la extracción en el sistema acuífero eoceno, en primer lugar recordar que representa solamente un 3,9% del total de extracciones, tratándose en general de puntos aislados que corresponden a consumos bajos, o bien, a aquellas zonas alejadas de las formaciones del sistema aluvial-basalto, generalmente poco pobladas.

6. ESTUDIO DE EXTRACCIONES, USOS Y DEMANDAS

6.1. ESTUDIO DE EXTRACCIONES (1992) SEGUN ENCUESTAS

La evaluación de las extracciones actuales (horizonte de 1992) se ha realizado a partir de varias fuentes de datos a las que se ha buscado la mayor convergencia:

- Inventario de puntos acuíferos
- Censo Agrario de 1989
- Encuestas a entidades agrarias
- Encuesta expresa en los puntos de mayor extracción (abastecimientos municipales, industrias y empresas de abastecimiento).

Los datos se han agrupado por términos municipales separando a la vez los distintos usos y los acuíferos de procedencia.

Para ello, de cada **término municipal** de la zona principal de estudio se ha elaborado una ficha, que figura en el anexo, donde se contabilizan las extracciones, primero en base al sistema acuífero explotado, considerándose por un lado el sistema acuífero **aluvial-basáltico** y, por otro, el sistema acuífero **eoceno**. En segundo lugar, atendiendo al uso al que se destina el agua: **industrial, abastecimiento o riego**.

Posteriormente las cifras se han variado ligeramente a partir de considerar que no en todos los casos las encuestas o el inventario cubren el 100% de las extracciones que realmente se producen ya que se considera que algunos puntos de extracción pequeña han podido escapar al control efectuado.

SISTEMA ACUIFERO: ALUVIAL-BASALTO

Termino municipal	Volumen extracción - m3/año 1992				%
	Industrial	Abastecimiento	Riego	Total	
OLOT	1.151.640	3.687.094	5.000	4.843.734	63,35%
SANT JOAN LES FONTS	1.242.340	149.800	2.000	1.394.140	18,23%
VALL D'EN BAS	344.080	328.641	10.780	683.501	8,94%
VALL DE BIANYA	209.110	13.793	-	222.903	2,92%
SANTA PAU	110.000	68.235	6.600	184.835	2,42%
LES PRESES	113.190	98.000	10.000	221.190	2,89%
CASTELLFOLLIT	-	96.133	-	96.133	1,26%
RIUDAURA	-	-	-	-	-
TOTALES	3.170.360	4.441.696	34.380	7.646.436	
% Respecto al total	41,46%	58,09%	0,45%		

SISTEMA ACUIFERO: EOCENO

Termino municipal	Volumen extracción - m3/año 1992				%
	Industrial	Abastecimiento	Riego	Total	
OLOT	1.924	-	10.000	11.924	3,88%
SANT JOAN LES FONTS	17.820	1.100	-	18.920	6,15%
VALL D'EN BAS	36.058	13.310	15.730	65.098	21,17%
VALL DE BIANYA	16.324	-	15.400	31.724	10,32%
SANTA PAU	77.000	53.185	-	130.185	42,33%
LES PRESES	45.540	-	-	45.540	14,81%
CASTELLFOLLIT	-	-	-	0	0,00%
RIUDAURA	253	3.885	-	4.138	1,35%
TOTALES	194.919	71.480	41.130	307.529	
% Respecto al total	63,38%	23,24%	13,37%		

Tabla nº 6.3.-Extracciones totales durante el año 1992, para cada termino municipal y en función del uso del agua, en los sistemas acuíferos considerados.

A partir unicamente de los datos de encuestas se obtiene una extracción total (Tabla 6.1), cercana a los 8 Hm³/año, de los que más del 96% (7,65 Hm³) se extraen del sistema acuífero aluvial-basalto, mientras solamente cerca de un 4% (0,31 Hm³) pertenecerían al sistema acuífero eoceno.

Sistema acuífero	Extracción 1992 Hm ³ /año	%
Aluvial-basalto	7,65	96,13
Eoceno	0,31	3,87
Total	7,96	100,00

Tabla n°6.1.- Extracciones totales durante el año 1992, en los sistemas acuíferos considerados.

Si se consideran los usos a los que se destina el agua, en la tabla n° 6.2 se reflejan las extracciones para cada uno de estos usos. Globalmente se observa como el uso para abastecimiento urbano representa el mayor volumen de extracción, con 4,51 Hm³, lo que corresponde a casi un 57 % del total. Le sigue en importancia la extracción para uso industrial con un total de 3,37 Hm³, que representa un 42,31 % del total. Por último, el agua de uso para riego representa en esta zona, con pluviometrías altas y, además, de topografía accidentada, apenas un 1 % del total (0,075 Hm³).

Uso del agua	Extracciones - 1992 - Hm ³ /año			%
	Aluvial-basalto	Eoceno	Total	
Industrias	3,17	0,195	3,37	42,31
Abastecimiento	4,44	0,071	4,51	56,74
Riego	0,035	0,041	0,075	0,95
Totales	7,65	0,307	7,96	100,00

Tabla n° 6.2.-Extracciones totales durante el año 1992, en función del uso del agua, en los sistemas acuíferos considerados.

6.2. ESTIMACION DE EXTRACCIONES ACTUALES REALES

Para la estimación de las extracciones reales se han considerado también los datos del Censo Agrario de 1989 y una cierta extrapolación de los datos básicos al considerar que algunas extracciones pequeñas no estarían contabilizadas. Posteriormente se han evaluado con mayor precisión las extracciones correspondientes al abastecimiento de la Ciudad de Olot y a la Comarca del Valle d'en Bas.

Ayuntamiento de Olot: En la actualidad y pese a que sólo se facturan alrededor de 8000 m³/día se bombean entre 10.000 y 12.000 m³/día según la época del año. La diferencia se debe no tanto a pérdidas en la red sino, fundamentalmente, al riego de parques y jardines.

Según ello la explotación actual sería del orden de 3.6-4.3 hm³/año frente a los 3.5 hm³/año que figuran en el resumen de encuestas.

Regadíos: Las cifras correspondientes a regadío se han basado en los datos del Censo Agrario cuyo resumen se expone en la tabla 6.4. Según ellos, el total de has. regadas con aguas subterráneas sería de tan solo 164 en los municipios afectados.

Sin embargo se ha podido constatar que las cifras no son muy exactas en algunos municipios y, fundamentalmente, en el Valle d'en Bas. En esta zona y durante los últimos años se han abierto nuevos pozos para el riego de maíz que hace que la extensión regada con aguas subterráneas sea de alrededor de 200 ha.

Se trata de riegos de apoyo durante sólo 15 ó 20 días al año con caudales del orden de 3000 a 6000 l/h.

La dotación es por tanto pequeña y se ha estimado en poco más de 1000 m³/año pero representaría un consumo adicional de 200.000 m³/año.

TABLA.- 6.4

NUMERO DE HECTAREAS REGADAS CON AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS

LA GARROTXA

LA GARROTXA MUNICIPIOS	TOTAL HECTAREAS REGADAS	PROCEDENCIA DE LAS AGUAS	
		Subterráneas	Superficiales
Castellfugit de la Roca	0.00	0.00	0.00
La Vall de Bianyá	146.03	85.53	60.50
La Vall d'en Bas	71.62	38.14	33.48
Les Preses	0.16	0.16	0.00
Olot	80.63	70.65	9.98
Ridaura	0.47	0.00	0.47
Sta. Pau	50.48	33.25	17.23
St. Joan Les Fonts	28.33	22.01	6.32
TOTAL	231.69	164.21	67.48

LA GARROTXA

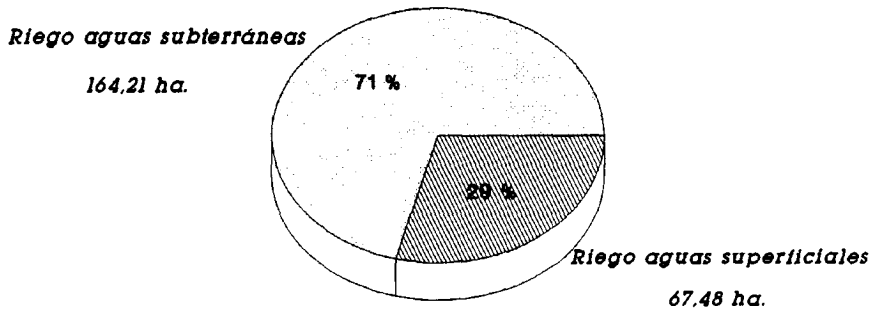
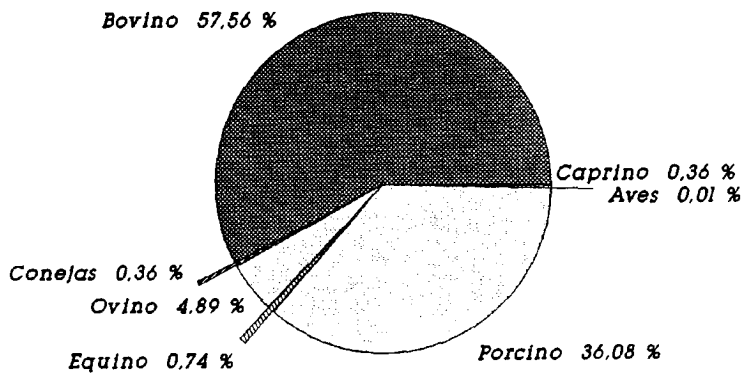


TABLA.- 6.5

GANADERIA EN UNIDADES GANADERAS (UG). 1989

LA GARROTXA

MUNICIPIOS	BOVINO	OVINO	CAPRINO	PORCINO	EQUINO	AVES	CONEJAS	TOTAL
Castellfugit de la Roca	26						0	26
La Vall de Bianyá	3248	209	28	655	46	0	26	4212
La Vall d'en Bas	4584	362	27	4267	63	1	24	9327
Les Preses	504	54	3	437	3	0	3	1005
Olot	2168	210	5	648	46	1	10	3087
Ridaura	440	132	11	330	7		5	924
Sta. Pau	2589	158	8	2339	14	0	19	5127
St. Joan Les Fonts	1314	138	12	648	11	0	7	2130
TOTAL	14873	1263	94	9323	190	3	93	25839



Ganadería: Los datos de ganadería puesto que representan un porcentaje pequeño y no se tienen otros mejores se han recogido del Censo Agrario exclusivamente y se resumen en el cuadro y gráfico adjuntos (Tabla 6.5). Todas las cabezas se han pasado a Unidades Ganaderas (U.G.) equivalentes y para cada una se ha considerado una dotación de 30 l/día.

El consumo total representaría alrededor de 0.28 hm³/año.

Todos los datos anteriores se han agrupado en la tabla n° 6.6 según la cual la extracción total de aguas subterráneas (1992) alcanzará unos 10 hm³/año correspondiendo, lógicamente, el 97% al acuífero aluvial-volcánico. Por usos, el 90% corresponde a partes iguales a abastecimientos urbanos e industriales, mientras el regadío, al contrario que en tantas otras zonas representa aquí solo el 5%. El porcentaje es posible que aumente ligeramente en años no tan húmedos como el de 1.992 pero en ningún caso alcanzaría el 10% dado el régimen pluviométrico de la zona y la estructura de la demanda.

La principal extracción de agua corresponde al abastecimiento de Olot con cerca de 4 hm³/año de los que una buena parte, 3.2 hm³/año, se extraen de los pozos del Parc Nou.

Con respecto a la evolución de la extracción anual, puede establecerse una comparación con los datos evaluados por anteriores estudios: el del SGOP en 1970 y el correspondiente al Plan Hidrológico del Pirineo Oriental de 1983. La tabla n° 6.7 refleja los volúmenes evaluados en los distintos estudios según el uso al que se destina el agua.

Uso del agua	Extracción 1970 Hm ³ /año	Extracción 1983 Hm ³ /año	Extracción 1992 Hm ³ /año
Industrias	1,5 - 2,0	3,60	4,54
Abastecimiento	1,0 - 1,5	3,50	4,75
Riego y Ganadería	0,5 - 1,0	0,05	0,71
Total	3,0 - 5,0	7,15	10,0

Tabla n° 6.7.- Comparación de las extracciones anuales actuales con estudios anteriores.

TABLA 6.6

EXTRACCION DE AGUAS SUBTERRANEAS (10³ m³/año)

TERMINO MUNICIPAL	AC. ALUVIAL - BASALTO						AC.EOCENO	TOTAL	
	A	I	R		G				
			ha	10 ³ m ³	U.G.	10 ³ m ³			
OLOT	3.687	1.830	71	76	3.087	34	5.627	12	5.639
S. JOAN LES FONTS	150	1.932	22	24	2.130	23	2.129	19	2.148
VALL D'EN BAS	329	344	200	211	9.327	102	986	65	1.051
VALL DE BIANYA	14	209	86	92	4.212	46	361	32	393
SANTA PAU	68	110	33	40	5.127	56	274	130	404
LES PRESES	98	113	10	10	1.005	11	232	45	277
CASTELLFOLLIT	96	0	0	0	26	--	96	0	96
RIUDAURA	0	0	0	0	924	10	10	4	14
TOTAL	4.442	4.538	422*	453	25.839**	282	9.715	307	10.022

* En el Censo Agrario de 1.989 aparecen sólo 164 ha.

** Según Censo Agrario 1.989

A: Abastecimiento

I: Industria

R: Regadío

G: Ganadería

Tabla 7.1

**SUPERFICIE DE LOS AFLORAMIENTOS PERMEABLES
EN CADA SUBCUENCA**

1.- R. Fluvia (Alto)	Cuenca	99,20 Km ²
	Acuífero	0
2.- Fluvia (Olot)	Cuenca	46,75 Km ²
	Acuífero	29,00 Km ²
3.- R. Riudaura	Cuenca	32,75 Km ²
	Acuífero	4,37 Km ²
4.- R. Bianya	Cuenca	70,37 Km ²
	Acuífero	1,32 Km ²
5.- Turonell	Cuenca	14,37 Km ²
	Acuífero	4,10 Km ²
6.- S. Jaume	Acuífero	1,40 Km ²
7.- R. Ser	Cuenca	36,50 Km ²
	Acuífero	9,37 Km ²
8.- R. Llémana	Cuenca	16,12 Km ²
	Acuífero	1,17 Km ²
9.- R. Brugent	Cuenca	66,15 Km ²
	Acuífero	6,50 Km ²

SUP. TOTAL: 382 Km²

SUP. PERMEABLE AFLORANTE: 57 Km²

Según los datos la extensión de la cuenca vertiente es de 382 Km² mientras los afloramientos más permeables ocuparían alrededor de un 15% de la superficie total, es decir 57 Km².

Una estimación de la recarga puede hacerse considerando una infiltración del 20/30% de la precipitación sobre las áreas permeables y de tan solo un 5/10% sobre el resto de la cuenca.

Según ello la recarga media sería:

$$57 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ l/m}^2 \times 0.2 = 11.4$$

$$57 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ l/m}^2 \times 0.3 = 17.1 \text{ Hm}^3$$

$$325 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ l/m}^2 \times 0.05 = 16.2$$

$$325 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ l/m}^2 \times 0.1 = 32.4$$

Ello representa una horquilla entre 27.6 y 36.9 hm³/año variable según la pluviometría del año en \pm un 25%.

Estas cifras se piensa que son perfectamente coherentes con las cantidades aforadas en las salidas a ríos y manantiales y que se habían cifrado para el año 1991-92 entre 29 y 63 hm³/año. (Apartado 4.2.1).

De todo ello se deduce una cifra garantizada de recursos de aguas subterráneas de alrededor de 30 hm³/año. Si pensamos que la cifra de demanda servida actual es de unos 10 hm³/año es fácil deducir que se podría duplicar fácilmente la extracción actual mediante programas sucesivos y coordinados que salvaguardasen el medio natural. Ello necesariamente debe hacerse así porque no está suficientemente comprobada la repercusión de las extracciones en la evolución de la superficie piezométrica, y el mantenimiento de ésta en próximos a la superficie es una necesidad ineludible para el mantenimiento del régimen hídrico en posiciones similares a las actuales. Solo así quedaría garantizado el funcionamiento de los manantiales y el mantenimiento de las zonas húmedas actuales.

En una primera aproximación cabe decir que, si suponemos una extensión del acuífero volcánico de 57 Km², la misma que la superficie aflorante, y una porosidad del 15%, con cada metro de descenso en la piezometría se movilizarían 8.5 hm³ suponiendo que no hubiese infiltración complementaria durante toda la extracción (período de sequía absoluta).

Por el contrario la zona es lluviosa produciéndose recarga practicamente a lo largo de todo el año por lo que la repercusión en los niveles piezométricos es muy pequeña tal como ha podido comprobarse, por lo menos, durante el año 1.992 (apartado 4.2.1).

8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las manifestaciones volcánicas de la comarca de La Garrotxa, en el NE de la Península Ibérica, se asientan sobre un relieve que recorta los materiales terciarios plegados y fracturados. Su edad es claramente cuaternaria tal como ponen de manifiesto las relaciones de sus materiales con las formaciones aluviales de los actuales ríos. Estas relaciones y la extensión considerable de los materiales volcánicos originan el interés hidrogeológico de esta comarca.

La declaración de esta zona volcánica como "Parc Natural de la zona volcánica de La Garrotxa" en el año 1.982 y su dependencia actual del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya ha venido a crear un marco en el que se deben compaginar las actividades económicas con la preservación de los valores naturales de tan interesante ecosistema.

Desde el punto de vista hidrogeológico, y aunque hay explotaciones pequeñas en cualquier terreno, hay un único acuífero que corresponde al conjunto volcánico-aluvial.

En la cartografía se han distinguido las siguientes unidades significativas desde el punto de vista hidrogeológico.

- Materiales piroclásticos en forma de conos.
- Mantos y brechas piroclásticos que revisten la topografía anterior formando verdaderos mantos alrededor de los conos volcánicos.
- Coladas de lava de naturaleza basáltica o basanítica en forma de lengua ya que circularon siguiendo el curso de los ríos.
- Terrazas fluviales formadas por arenas, gravas, limos y arcillas con niveles de alta permeabilidad. También se han cartografiado terrenos coluviales de baja permeabilidad y sedimentos finos (limos grises) formados en los ambientes pantanosos

generados por la acción de presa natural que han constituido en ocasiones las coladas de lava.

La separación en el tiempo de las diversas coladas ha dado lugar a la superposición de materiales volcánicos y de los depósitos fluvio-lacustres relacionados.

De esta forma el espesor conjunto del acuífero puede ser considerable, llegando a más de 150 m (máx. 181 m en La Fageda d'en Jordà), con acuíferos muy productivos correspondientes a gravas de paleocauces, a profundidades muy competitivas desde el punto de vista de la extracción de aguas subterráneas (55 a 61 m y 82 a 115 m en el Parc Nou), pero que a la vez no presentan demasiado riesgo de contaminación por su relativa profundidad.

El funcionamiento hidrogeológico es el propio de un acuífero libre, con capas de mayor o menor permeabilidad que tienen importancia sobre todo para la explotación. La recarga es por infiltración de la precipitación y la descarga tiene lugar de forma natural, bien por manantiales puntuales, bien por salidas difusas cuando la superficie piezométrica corta los valles o zonas bajas que canalizan el drenaje, formando incluso áreas pantanosas, más evidentes en períodos de mayores precipitaciones.

El régimen pluviométrico responde al mediterráneo con influencia pirenaica, es decir dos máximos en primavera y otoño, y dos mínimos en verano e invierno, siendo este último el más seco ya que en verano son frecuentes las tormentas con precipitaciones intensas.

La pluviometría media es bastante alta superándose incluso los 1.000 mm. Los valores extremos oscilan entre algo más de 500 mm. hasta más de 1.700 mm. Los valores máximos corresponden precisamente al último año de medidas 1.991-92 lo que invalida un poco la representatividad de los datos obtenidos en este año hidrológico también para las restantes variables que integran el balance hídrico.

El drenaje principal tiene lugar a través de los manantiales y los ríos. Entre los primeros destacan los siguientes:

- La Moixina	150-280 l/seg.
- Les Tries	32 l/seg.
- Noc d'en Cols	130-160 l/seg.
- San Joan les Fonts	70 l/seg.
- Can Gridó	22-25 l/seg.
- Sant Roc	10-20 l/seg.

El funcionamiento de todos los manantiales del acuífero aluvial-volcánico responde a dos grandes grupos. En unos simplemente el agua emerge al cortar el terreno la superficie piezométrica y en otros la emergencia se produce en el contacto entre el acuífero volcánico y el zócalo eoceno menos permeable.

Dado que los manantiales vierten en las proximidades de los ríos, y aunque sus caudales son importantes, son más significativos los datos de aforos diferenciales en los cursos de agua para la evaluación del drenaje del conjunto del acuífero.

En esta línea se realizaron 3 campañas de aforos diferenciales con el fin de cubrir períodos de caudales máximos y mínimos, pero dada la gran pluviosidad del año en realidad ninguna de las medidas puede considerarse de estiaje.

La diferencia entre entradas y salidas del sistema volcánico arroja unos resultados similares a la evaluación de las salidas por emergencias puntuales o difusas. Los valores obtenidos para las cuencas del Fluvià y del Ser serían los siguientes:

R. Fluvià	21-44 hm ³ /año
R. Ser	<u>8-19</u> hm ³ /año
TOTAL	29-63 hm ³ /año

de los que 13-17 corresponden a manantiales controlados.

La superficie piezométrica dibuja un mapa acorde con la morfología de los valles principales. Así la piezometría descende con pendientes relativamente pronunciadas desde el altiplano de Batet y los volcanes de Santa Margarita, Croscat y Puig de la Costa, donde se sitúa a 40 m por debajo de la superficie topográfica, hasta la zona del Pla de Olot y Vall d'en Bas con una piezometría muy llana prácticamente paralela al terreno y a muy escasa profundidad (0.5-2 m.).

La evaluación de las extracciones actuales (año 1.992) se ha realizado a partir de varias fuentes de datos convergentes incluyendo encuestas expresas en los puntos de mayor extracción. Los datos, que se han agrupado por términos municipales separando los distintos usos y acuíferos de procedencia, arrojan una extracción total de unos 10 hm³/año, algo superior a las cifras que se venían utilizando en informes anteriores (7 hm³/año).

El 97% de la extracción corresponde al acuífero volcánico. Por usos, el 90% corresponde a partes iguales a abastecimientos urbanos y a demandas industriales, mientras el regadío, al contrario que en tantas zonas, representa aquí sólo el 5%.

La principal extracción de agua corresponde al Ayuntamiento de Olot con 3,6 hm³/año, la mayoría 3,2 hm³/año en los pozos del Parc Nou.

Dada la gran pluviometría ya comentada del año 1.991-92 en que se han realizado las medidas, las variaciones interanuales de la piezometría son poco significativas y no muestran una tendencia estacional clara. Las extracciones no se reflejan tampoco puesto que corresponden a una curva de demanda prácticamente uniforme a lo largo del año.

Los recursos subterráneos mínimos garantizados alcanzarían los 30 hm³/año, lo que representa tres veces la explotación actual.

Las facies hidroquímicas más generales son las bicarbonatadas cálcicas y los valores más frecuentes de la conductividad oscilan entre 400 y 600 μ mhos/cm. Sólo en áreas muy localizadas se alcanzan valores superiores que pueden llegar hasta los

7. ESTUDIO DE RECURSOS

Dado que los manantiales vierten a los ríos, y aunque sus caudales son importantes, son más significativos, por totalizadores, los datos de los aforos diferenciales reseñados en el apartado 4.2.2. con los que se puede obtener una evaluación del drenaje total del conjunto del acuífero.

Como ya se dijo entonces a pesar de haber realizado 3 campañas con el fin de cubrir períodos de caudales máximos, medios y mínimos, ninguna de las campañas puede considerarse de estiaje, dada la gran pluviometría del año 1991-92.

La diferencia entre entradas y salidas del sistema volcánico arroja unos resultados similares a la evaluación de las salidas por emergencias puntuales o difusas. Los valores obtenidos para las cuencas del Fluvia y del Ser serían los siguientes:

R. Fluvia	21 - 44 hm ³ /año
R. Ser	<u>8 - 19</u> hm ³ /año
TOTAL	29 - 63 hm ³ /año

de los que 13-17 corresponden a manantiales controlados.

Esta cifra redondeada 30-60 hm³/año es la que se puede considerar como indicativa de los recursos actuales. Dada la pluviometría del año es lógico decantarse por la cifra más conservadora (30 hm³/año), que, como se ha visto, es muy superior a las extracciones actuales.

A fin de comparar estos datos con los de la recarga se ha procedido a superficiar las áreas permeables donde se produce la infiltración. Así se ha dividido el territorio en 9 subcuencas y sobre cada una se ha superficiado la extensión permeable aflorante tal como se indica en la tabla nº 7.1.

2.600 $\mu\text{mhos/cm}$. Los valores más altos corresponden a la zona de St. Jaume de Llierca y se deben a un aumento considerable de los sulfatos debido a la circulación por la formación de yesos eocenos.

La conductividad es ligeramente mayor en los pozos que en los manantiales y en éstos la uniformidad es muy acusada.

En las dos campañas realizadas (primavera y otoño de 1.992) no se aprecian variaciones significativas en las concentraciones analizadas. Tampoco si se comparan con muestreos anteriores y en particular uno realizado en 1.983 en el estudio del Plan Hidrológico del Pirineo Oriental, excepto en el incremento notable de los contenidos en nitratos.

Precisamente el hecho más destacable de las campañas realizadas es la localización de bastantes puntos, con contenidos en algunos elementos cuyas concentraciones superan las máximas admisibles según el Decreto 1139/90, y que, sin duda reflejan una contaminación de origen antrópico.

Un total de 18 puntos superan los 50 mg/l de ion nitrato, mientras en 12 se superan los 0.1 mg/l de nitritos.

En 7 puntos se superan la concentración máxima admisible en potasio.

De menor importancia pueden catalogarse los contenidos superiores a 150 mg/l de sodio y de 200 mg/l de cloruro).

Así los resultados analíticos obtenidos, además de permitir valorar las características químicas de los acuíferos, han alertado de un deterioro de las aguas debido a las actividades agrícolas, urbanas, ganaderas e industriales, que se pone de manifiesto principalmente por el incremento de los nitratos.

Este hecho no se había detectado en estudios anteriores y es particularmente preocupante en una región que es conocida y apreciada por sus manantiales, muchos de los cuales, se ha comprobado que suministran una agua claramente contaminada.

No se ha evaluado actualmente, porque ya se hizo en un informe anterior del ITGE, 1985 la importancia de los focos potenciales de contaminación, pero no cabe duda de que el proceso contaminante ya se ha iniciado y, lógicamente, es creciente por lo que se hace indispensable el iniciar las medidas de control y los estudios específicos necesarios para solventar esta problemática.

9. PROGRAMA DE ACTUACION

Los recursos subterráneos mínimos garantizados ascenderían a los 30 hm³/año. Esta cifra se ha calculado en base a aplicar coeficientes de infiltración sobre los afloramientos permeables situados en la cuenca de los acuíferos principales, y posteriormente se ha contrastado con los aforos realmente medidos en las principales zonas de drenaje (ríos y manantiales).

Todos los datos parecen indicar que la explotación de aguas subterráneas puede incrementarse significativamente todavía en el acuífero aluvial-volcánico. Con la explotación actual (10 hm³/año) los descensos piezométricos son imperceptibles. Dado que los recursos mínimos son tres veces superiores a la extracción actual, no parece aventurado asegurar que, en principio, se podrían doblar las actuales demandas industriales, sirviendo sin ningún riesgo el aumento de demanda urbana que el crecimiento vegetativo llevaría consigo.

Dado que la demanda tanto cubierta como previsible en la zona es de abastecimiento (humano e industrial) se cuenta con dos ventajas añadidas: es uniforme en el tiempo y tiene un alto grado de retorno al sistema hídrico, por lo que el consumo real es muy pequeño.

En cuanto al regadío, se podrían organizar programas de asentamiento rural, promoviendo la mejora de los cultivos en base a riegos de apoyo, en todas aquellas zonas en que ya actualmente la agricultura tiene un cierto desarrollo: Vall d'en Bas,...

Todo ello con la garantía de la salvaguarda del Parque Natural y muy en particular de su mantenimiento hídrico y la debida protección frente a la contaminación.

En esta línea deben intensificarse las labores preventivas y de control que permitan un mejor conocimiento del acuífero, y, por tanto, de sus posibilidades y problemas por zonas, lo que en el caso de las aguas subterráneas, de ciclo hiperanual, sólo se consigue

tras varios años de medidas que permitan generar series similares a las obtenidas en los observatorios que miden otras variables (Temperatura, Pluviometría, Caudales).

Para el mantenimiento hídrico serían necesarias medidas de control en dos frentes: caudales circulantes y superficies piezométricas.

Para el mantenimiento y mejora de la calidad, el trabajo fundamental se centra en una política correcta de vertidos. La principal contaminación, ya detectada y ampliamente extendida, se refiere a los vertidos urbanos que hacen que el agua no sea potable en la mayoría de las surgencias más populares (Moixina, Les Tries,...).

La contaminación industrial parece por el momento circunscrita a algunos cursos superficiales que soportan vertidos no depurados ya conocidos, por lo que la actuación debe ser administrativa. Y la contaminación agraria, que se refleja fundamentalmente en la presencia de NO_3 en las aguas subterráneas, no parece grave por el momento aunque hay ya varios puntos por encima de los 50 mg/l contemplados como límite en la reglamentación vigente.

Según todo ello se recomienda la realización de 3 programas de actuación que pueden acometerse simultáneamente o no, en función de los intereses del Parque Natural, de la demanda de agua y de las prioridades presupuestarias.

- A. Programa de control y vigilancia.
- B. Programa de mejora de la calidad.
- C. Programa de fomento de las extracciones.

A. **Programa de control y vigilancia**

El objetivo es el mantenimiento hídrico y de la calidad del agua en el marco de un mayor desarrollo económico. A tal fin serían necesarias labores de control y vigilancia en tres frentes:

- Superficie piezométrica

- Caudales circulantes (ríos y manantiales)
- Calidad de las aguas

Red de piezometría

Se ha previsto en total una red de 41 puntos que cubren todas las zonas significativas. En principio la cadencia de medidas sería mensual sobre la mayoría de los puntos, siendo asimismo recomendable que sobre los más significativos, dos o tres puntos, se instalasen mecanismos de registro continuo, bien con sensores automáticos, bien con limnógrafos convencionales.

Los puntos seleccionados se relacionan en la tabla nº 9.1 y su ubicación se ha plasmado en el Plano nº 3.

El objetivo es medir las variaciones de la superficie piezométrica en función de la pluviometría y de las extracciones a fin de conseguir series correlacionables que permitan detectar las bajadas de nivel anómalas y las previsiones hechas en función de las restantes variables.

Red de Aforos

Su objetivo es la evaluación lo más exacta posible de los caudales de drenaje con el fin de acotar la cifra de recursos compatible con un desarrollo sostenido.

Se recomienda la instalación de escalas limnimétricas en puntos previamente acondicionados para la más exacta medida de los caudales. Las medidas de escalas deben ser diarias y se deben prever también del orden de por lo menos 5 aforos a lo largo de cada año para la oportuna construcción y diseño y revisión de las curvas de gastos que permitan correlacionar alturas y caudales.

La red que se propone estaría compuesta por los puntos que se relacionan en la Tabla 9.2 y cuya situación puede verse en el Plano nº 3.

Tabla 9.1 - Puntos de agua del inventario propuestos para la red de control de piezometría

Acuífero: B-aluvial-basalto; A-Aluvial; E-Eoceno

	Nº invent.	Nombre punto agua	Acuífero	Cota m.	Prof. m.
1	371180019	Canaderes	B	458	17,0
2	371180023	Av. Sta Coloma	A	448	9,0
3	371180025	La Pinya	A	475	36,0
4	381150015	Comas	B	417	70,0
5	381150020	Fluinsa	B	360	40,0
6	381150021	Báscula	B	325	70,0
7	381150030	Renart	B	476	100,0
8	381150033	España	B	412	35,0
9	381150036	Noel II	B	390	101,0
10	381150044	P-3 Saur-Parc Nou	B	438	105,0
11	381150053	Manou	B	401	
12	381150057	Farigola	B	397	13,0
13	381150060	Ermita	B	455	12,4
14	381150070	Roureda Abas. St. Joan	B	362	60,0
15	381150072	Olot-Serrat	B	431	15,0
16	381150073	Caña	B	378	70,0
17	381150074	Gleies	B	496	130,0
18	381150081	Sala	B	330	90,0
19	381160014	Gasolinera	B	254	
20	381160015	Domenech	B	232	40,0
21	381160020	Jepet	B	246	7,0
22	381160021	Francesc Ajunt. St. Jaume	B	212	32,0
23	371240017	Capisa	A	458	51,0
24	371240032	Viñas	B	462	25,0
25	371240033	Bosc de Tosca	A	458,5	9,0
26	371240036	Les Preses	A	460	78,0
27	371240037	Can Trona	A	469	30,0
28	371240038	St. Esteve Bas	A	480	74,0
29	371240039	Can Vidal	A	479	52,5
30	381210004	Corominas	B	540	97,4
31	381210013	piezo S-04	B	439	23,8
32	381210015	Piezo vertedero	B	610	126,0
33	381210020	La Déu	B	439	
34	381210025	Can Xel	B	615	95,0
35	381210029	Só	A	505	13,0
36	381210030	Roure	A	524	9,2
37	381210032	Les Olletes	BE	545	100,0
38	381210035	Ayunt. Sta Pau	BE	580	15,0
39	381220026	Veyvi	B	505	150,0
40	381220027	Pozo Ayunt. Sta Pau	B	489	
41	381220028	Quintana	B	452	27,0

TABLA N° 9.2
 RED FORONOMICA
Número actual (Plano n° 3)

Riera de Bianya 1	1
Riera de Bianya 2	4
Riera de Riudaura 1	5
Riera de Riudaura 2	2
R. Fluvià 1	6
R. Fluvià 2	3
Les Tries	14
Noc d'en Cols	13
La Deu	16
La Moixina	15
Acequia de Ravell	17
T. Turonell	8

Red Hidroquímica

Su objetivo es profundizar en el conocimiento hidrogueoquímico de la Unidad, constatar las variaciones y detectar los posibles problemas de contaminación, bien por causas naturales (sulfatos), bien por acciones antrópicas.

Para la red se han considerado 46 puntos con los que se cubriría todo el territorio. El número de análisis a realizar sería de dos completos cada año, coincidiendo con épocas de aguas altas y bajas. La relación de puntos seleccionados es la de la tabla 9.3 y su situación puede verse en el Plano N° 3.

Tabla 9.3 -Red de control hidroquímico propuesta

N-Naturaleza del punto (F-manantial; P-Pozo)

Ac-Sistema acuífero (B-aluvial-basalto; A-Aluvial)

	Nº Registro	Naturaleza	Toponimia	Acuífero
1	371180019	P	Canaderes	B
2	371180020	F	St. Roc	B
3	371180023	P	Av. St Coloma	A
4	371180025	P	La Pinya	A
5	371240017	P	Capisa	A
6	371240031	F	Tortonell	A
7	371240032	P	Viñas	B
8	371240033	P	Bosc Tosca	A
9	371240036	P	Les Preses	A
10	371240037	P	Can Trona	A
11	371240038	P	St. Esteve Bas	A
12	371240039	P	Can Vidal	A
13	381150015	P	Comas	B
14	381150020	P	Fluinsa	B
15	381150021	P	Báscula	B
16	381150030	P	Renart	B
17	381150033	P	España	B
18	381150036	P	Noel II	A
19	381150042	F	Central-Gridó	B
20	381150044	P	P-3 Saur-Parc Nou	B
21	381150045	F	Tries	B
22	381150047	F	Noc d'en Cols	B
23	381150051	F	Mullera	B
24	381150052	F	Feixes	B
25	381150053	P	Manou	B
26	381150056	F	Funoses	B
27	381150057	P	Farigola	A
28	381150067	F	Blanca	A
29	381150070	P	Roureda-Abas.St.Joan	B
30	381150071	F	Serrat	B
31	381150074	P	Gleies	B
32	381160014	P	Gasolinera	B
33	381160015	P	Domenec	B
34	381160020	P	Jepet	B
35	381160021	P	Ajuntament	B
36	381210013	P	S-04 SGOP	B
37	381210021	F	Moixina	B
38	381210025	P	Xel	B
39	381210029	P	Só	A
40	381210035	P	Aunt. Sta Pau	BE
41	381220026	P	Veyvi	B
42	381220027	P	Pozo-Ayunt. Sta Pau	B
43	381220028	P	Quintana	B
44	381220029	F	Pere	B
45	381250004	P	P-1 Ajun Planes	B
46	381250007	F	Cinto	B

En función de la evolución se deberían incrementar los análisis de algunos componentes específicos como nitratos, cloruros, potasio, sulfatos, nitritos, etc.

B. Programa de mejora de la Calidad

Tal como ya se puso de manifiesto por el ITGE en 1.985 existen dos focos principales de contaminación del acuífero volcánico-aluvial: los vertidos urbanos e industriales incontrolados y las prácticas agrícolas y ganaderas. Ello como hemos visto ha producido ya un deterioro de la calidad localizado en algunos puntos pero que amenaza con extenderse.

La mejora de la calidad sólo puede conseguirse con una política rigurosa de vertidos tanto líquidos como sólidos, tanto urbanos como industriales o agropecuarios, en la línea de las actuaciones ya muy avanzadas de la Consellería de Medi Ambient de la Generalitat de Cataluña.

Respecto a las aguas subterráneas el problema se agrava por la gran vulnerabilidad del acuífero, debido a su gran permeabilidad, la alta pluviometría y la poca potencia de la zona no saturada. En esta línea se propone la realización de los siguientes estudios y trabajos:

1. Estudio de la vulnerabilidad por zonas, llegado a la cuantificación del problema por medio de grados o intervalos de peligro e incluso riesgo contabilizable en días desde el inicio a la propagación de la contaminación.
2. Estudio de problemas específicos en las zonas en que ya se han planteado y que en principio son las siguientes (ver plano nº 8)

Zona de Santa Pau	(Contaminación por nitratos, nitritos y potasio producida por granjas que vierten sin depurar suficientemente).
Zona de Olot (Norte)	(Nitratos y nitritos por vertidos y prácticas agrícolas)

Zona del T. Turonell (Contaminación por vertidos industriales al parecer muy superficial).

3. Estudio de localización y reubicación de vertederos incontrolados, hasta alcanzar el 100% del control sobre cualquier tipo de vertido.

C. Programa de Fomento de las Extracciones

El agua es una variable más en el complejo proceso de desarrollo económico de las regiones. En Olot el agua no debiera nunca ser un aspecto limitante, sino claramente dinamizador de un mayor desarrollo industrial y de una agricultura moderna con el problema de las sequias totalmente anulado.

En el caso industrial, incluyendo el sector agropecuario, el agua subterránea captada con pozos propios, compite ventajosamente con los precios de las redes municipales. En el caso de la agricultura, la posibilidad de completar con riegos de apoyo las necesidades hídricas de las plantas en una zona con estiajes no muy severos, está completamente asegurada con extracciones de aguas subterráneas. Dado que la demanda sería relativamente pequeña y el nivel piezométrico muy próximo al terreno, el coste del agua debe ser claramente asumible.

En esa línea se podría promover un programa de asentamiento rural, rentabilizando las explotaciones y asegurando su expansión incluso más allá de las zonas donde se circunscribe la agricultura actual, mayoritariamente de secano.

El programa de trabajos debería incluir un detallado estudio de demandas actual y futuras en función de las múltiples variables económicas que impulsan el desarrollo de este tipo de comarcas. Asimismo deberá diseñar el tipo de obra más adecuado para la captación de caudales de aguas subterráneas, y terminar con un estudio económico valorando la inversión hasta pie de parcela y el valor añadido conseguido con la mejora de los rendimientos de los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

FAYAS, J.A.; DOMENECH, J.(1974): "Morfología volcánica de Olot y su interés hidrológico". Rev. AGUA, nº 85, pág. 20-31.

MALLARACH, J.M. (1984): "Carta geològica de la regió volcànica d'Olot". Ed. Ajuntament d'Olot.

MALLARACH, J.M.; RIERA, M. (1981): "Els volcans olotins i el seu paisatge". Ed. Serpa.

PALLI.L. (1972): "Estratigrafia del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes" Publicaciones de Geología. Universidad Autónoma de Barcelona.

PALLI.L. (1981): "El vulcanisme de les comarques gironines" (mapa geològic). Ed. Diputació de Girona i Dpt. Geología Col. Univer. Girona.

PLAN HIDROLOGICO DEL PIRINEO ORIENTAL (1983): "Estudio de aguas subterráneas: Area de Olot - Alto Fluvia". Informe.