

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LA SELVA"
TOMO I.- MEMORIA Y ANEXO 1**



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

34618

**"ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DE LA SELVA"
TOMO I.- MEMORIA Y ANEXO 1**

COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A.

H-1057

34618

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 DE LA SELVA	
CUENCA (S) HIDROGRAFICA (S)	PIRINEO ORIENTAL
COMUNIDAD(ES) AUTONOMAS	CATALUÑA
PROVINCIAS	GERONA
EMPRESA CONSULTORA	C.G.S., S.A.

34612

El presente informe ha sido realizado por el Instituto Tecnológico Geominero de España con la colaboración de la Compañía General de Sondeos, S.A.

El equipo técnico de realización ha sido el siguiente:

Jose Manuel Murillo Díaz	ITGE	Director del Proyecto
Marc Martínez Parra	ITGE	Hidrogeólogo
Josep Torrents i Pla	C.G.S.	Hidrogeólogo Responsable
Pedro Luis Alfonso Bermejo	C.G.S.	Hidrogeólogo

INDICE

INDICE

	Págs.
TOMO I.- MEMORIA Y ANEXO 1	
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ENCUADRE GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO	3
3.- MARCO GEOLÓGICO	7
3.1. PALEOZOICO	9
3.2. Terciario	9
3.2.1. Paleoceno-Eoceno (T ¹ y T ²)	10
3.2.2. Mioceno Superior-Plioceno (T ^v , T ³ , T ⁴ y T ⁵)	10
3.3. CUATERNARIO	12
4.- HIDROLOGÍA	15
4.1. CLIMATOLOGÍA	15
4.1.1. Precipitaciones	15
4.1.2. Temperaturas	17
4.1.3. Evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y lluvia útil	18
4.2. AFOROS REALIZADOS DURANTE EL ESTUDIO	23
4.3. APORTACIONES	28
5.- INVENTARIO	30

	Pág
6.- USOS Y CONSUMO DEL AGUA	33
6.1. CONSUMO URBANO	34
6.2. CONSUMO AGRÍCOLA	36
6.3. CONSUMO INDUSTRIAL	38
7.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	41
7.1. LOS ACUÍFEROS	42
7.2. PIEZOMETRÍA	46
7.3. FUNCIONAMIENTO HÍDRICO	48
7.3.1. Acuífero Paleozoico	48
7.3.2. Acuífero Pliocuaternario	49
7.3.3. Acuífero de las formaciones volcánicas	49
7.3.4. Acuífero aluvial	54
7.3.5. Evolución piezométrica. Descensos octubre 1992 y Septiembre 1993	54
7.4. BALANCE HÍDRICO	60
8.- HIDROQUÍMICA	63
9.- UBICACIÓN DE ÁREAS FAVORABLES PARA CAPTACIONES	71
10.- CONCLUSIONES Y PROGRAMA DE ACTUACIÓN	74
11.- BIBLIOGRAFÍA	83

TOMO II.- ANEXO 2 Y ANEXO 3

Nº 2.- ANÁLISIS QUÍMICOS

Nº 3.- AFOROS CON MOLINETE

M A P A S (En la memoria)

Nº 1.-	ISOYETAS	19
Nº 2.-	TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES (°C)	20
Nº 3.-	LLUVIA ÚTIL	22
Nº 4.-	AFOROS DIFERENCIALES	24
Nº 5.-	DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS	40
Nº 6.-	TRANSMISIVIDADES	44
Nº 7.-	DESCENSOS PIEZOMÉTRICOS	59
Nº 8.-	DIAGRAMAS DE STIFF	65
Nº 9.-	CONDUCTIVIDADES ELECTROQUÍMICAS	69
Nº 10.-	CONTENIDOS DE SiO ₂	70

A N E X O S:

- Nº 1.- MAPA HIDROGEOLÓGICO
- Nº 2.- ANÁLISIS QUÍMICOS
- Nº 3.- AFOROS CON MOLINETE

1.- INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

La zona de estudio abarca gran parte de las comarcas del Gironés y de La Selva, ocupando el extremo norteño de la Depresión Prelitoral, en concreto la conocida como "Depresión de La Selva". Gerona, con cerca de 70.000 habitantes y Santa Coloma de Farners con 7600, ostentan respectivamente las capitalidades de ambas comarcas, concentrando el 67% de la población incluida en el área considerada en el estudio. Cassà de la Selva (7100 h.), Llagostera (5100 h), Vidreres (3600 h.), Caldes de Malavella (2770 h.) y Maçanet de La Selva (2500 h.) representan al 20% y un resto de 11 municipios, con censos que varían entre 150 y 2000 habitantes, alcanza el 13%. Exceptuando el principal municipio, Gerona, que se suministra con aguas del río Ter, todos los núcleos urbanos comprendidos en el área estudiada, se abastecen con aguas subterráneas (muy ocasionalmente, Cassà de la Selva y Caldes de Malavella captan aguas de rieras para complementar sus suministros), utilizando un volumen de 2,8 hm³/año, lo que representa un promedio de 195 l/hab/día. La agricultura es la principal usuaria del agua subterránea, con cerca de 30 hm³/año, de los que más de 20 hm³/año (\approx 66%) son consumidos por cultivos de freatofitas (chopos y álamos principalmente). Y por último, las actividades industriales que, aunque el mayor volumen de agua utilizada procede de las redes de suministro municipales, emplea mediante captaciones propias del orden de 1 hm³/ año.

La finalidad del presente estudio ha sido mostrar el funcionamiento de los recursos hídricos, para poder establecer con posterioridad, un conjunto de criterios que faciliten una correcta gestión y conservación de los mismos.

2.- ENCUADRE GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO

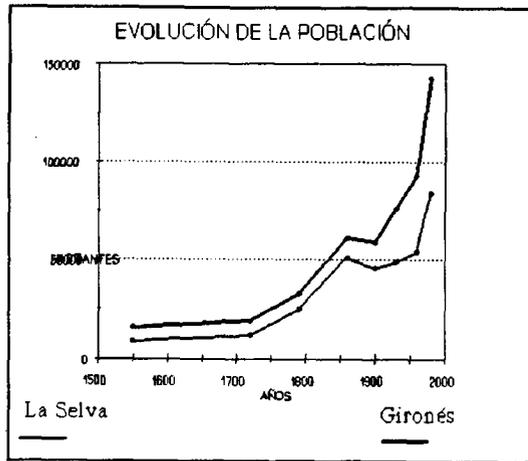
2.- **ENCUADRE GEOGRÁFICO Y SOCIOECONÓMICO**

Las comarcas del Gironés y de La Selva presentan afinidades geográficas que no permiten su diferenciación desde ese punto de vista, de hecho, existen núcleos urbanos como Cassá de la Selva, Fornells de la Selva y Castellar de la Selva, enclavados en la comarca del Gironés pero con toponimias que hacen referencia a la comarca vecina. Se puede considerar que el Gironés carece de coherencia geográfica definida y que el centro y sureste (enmarcado en la zona de estudio) no deja de ser la continuidad fisiográfica de La Selva. Así pues, a efectos prácticos, se utilizará genéricamente el término "La Selva" para mencionar el área definida por el presente estudio.

La depresión de La Selva limita al Norte y Oeste con la unión entre la cordillera Transversal y la Prelitoral; con relieves de la importancia del Montseny y Guillerics que la separan del Vallés Oriental, al Sur y Este con la cordillera Litoral, y el macizo de Las Gavarres. El río Onyar tiene su cuenca hidrográfica incluida por completo en La Selva, abarcando su sector nororiental y limitando al norte con el río Ter. El sector suroccidental está ocupado por la totalidad de la cuenca de la riera de Sils, afluente de la riera de Sta. Coloma, y por el resto de ésta, excepto una pequeñas áreas marginales en la cabecera y en su confluencia con el río Tordera. La superficie total considerada en el estudio abarca unos 608 Km² de los que el 44% están ocupados por los llanos de la propia depresión (materiales terciarios y cuaternarios) y el 56% restante por los relieves periféricos (aflo-ramientos paleozoicos).

La distribución de la población de La Selva es de carácter rural, como demuestra el hecho de que de los 22 municipios existentes 17 no superan los 3000 habitantes, y de estos 9 no alcanzan ni tan solo los 1000 residentes. En el gráfico adjunto se muestra la evolución de la población desde el siglo XVI, y en la tabla siguiente pormenorizada por municipios de más de 1000 habitantes y durante el presente siglo.

Tradicionalmente la agricultura ha sido la actividad económica principal de la zona, favorecida por un clima suave, terrenos llanos y fértiles, y por una red hidrográfica de rieras y ríos que han facilitado el riego. Asimismo la ganadería, actividad complementaria a la anterior, también ha adquirido importancia a lo largo de los últimos años, en especial se ha incrementado el número de granjas porcinas, vacunas y avícolas. Estas actividades del sector primario que ocupa entre el 5 y el 7% de la población trabajadora, cifra relativamente baja, induce, sin embargo, actividades industriales que generan, a su vez, un importante número de puestos de trabajo. Entre esas actividades destacan las de alimentación, papeleras, madereras y la del corcho (en Llagostera y Cassá de La Selva). En Gerona, debido a su importancia, existe una destacable implantación industrial, sobresaliendo las factorías textiles, químicas, metalúrgicas, artes gráficas..., además de las mencionadas anteriormente. La población ocupada en el sector industrial se estima entre el 41 y el 43%. En torno al 47% de la población activa se dedica al sector servicio, representado fundamentalmente por actividades comerciales concentradas en Gerona y las poblaciones de Santa Coloma de Farners, Cassá de La Selva y Llagostera. La Selva actúa como pasillo de unión entre el noreste catalán y área de Barcelona, y especialmente entre ésta población y Francia, por lo que posee una buena y completa red de comunicaciones.



	1900	1930	1950	1970	1981	1986
BESCANÓ	1966	2325	2511	2580	2631	2783
CALDES DE MALAV.	1835	2150	2320	2880	2812	2776
CASSÀ DE LA SELVA	4969	5058	4665	6120	6739	7100
GIRONA	19321	30043	38729	61805	86624	67009
LLAGOSTERA	4140	4090	3812	4464	5033	5119
MAÇANET	1412	1653	1558	1525	2135	2479
QUART	755	921	990	1185	1272	1644
RIUDARENES	1295	1227	1252	1115	1143	1143
RIUDELLOTS	840	869	856	1017	1144	1174
STA.COLOMA FARN.	5041	4619	4754	5830	6993	7582
SILS	1221	1362	1586	1923	1865	2058
VIDRERES	2123	1855	1745	2677	3207	3591
VILOBÍ DE ONYAR	1103	1765	1707	1564	1810	1924

3.- MARCO GEOLÓGICO

3.- MARCO GEOLÓGICO

La fosa de La Selva es la continuación de la Depresión del Vallés, está flanqueada por los "horts" de Les Guilleries al oeste y Les Gavarres al este. Es una cubeta de más de 200 km² de superficie rellena con materiales neógenos, con una potencia máxima de 300-350 m en la que están presentes manifestaciones de vulcanismo reciente.

Los estudios geofísicos del REPO (1970) y del ITGE en 1979 ("Estudio Geotérmico preliminar de la Depresión de La Selva), han puesto de manifiesto la existencia en el basamento de las direcciones principales de fractura, una de dirección NNE-SSO, y otra conjugada NO-SE, que han inducido la existencia de dos zonas hundidas, controladas por esas direcciones, una con profundidades superiores de los 350 m en el área central, entre Sils y Fornells; y otra de unos 200 m extendiéndose en el sector SO entre Sta. Coloma de Farners y Sils.

El basamento de la depresión y de los relieves periféricos son de naturaleza granítica con retazos de cobertera paleozoica afectada por metamorfismo, mientras que los materiales de relleno, pliocenos y cuaternarios, son de carácter arcósico en el sector occidental, por influencia del predominio granítico de Les Guilleries, y más arcillosos en el oriental por la existencia de los esquistos y pizarras del bloque de Les Gabarres. En el mapa hidrogeológico (nº 1 - Anexos) se han representado los afloramientos de estos materiales y los principales accidentes tectónicos que les afectan.

3.1. PALEOZOICO

■ Granitos y materiales paleozoicos

En los granitos se han distinguido cinco facies petrográficas: granodiorita, granodiorita porfídica, leucogranito de grano grueso, leucogranito de grano medio y leucogranito de grano fino de dos micas. Esta variedad de facies se traduce en geomorfologías distintas, en función de la mayor o menor resistencia a los procesos erosivos. Así, en general, los relieves redondeados y suaves son característicos de granitoides con abundancia de componentes melanocratos, mientras que las morfologías agrestes se corresponden con granitos de carácter ácido.

Las rocas metamórficas se caracterizan por la presencia de pizarras y esquistos, que debido al carácter postectónico del plutón granítico, que superpone al metamorfismo regional otro de carácter térmico, complica su diferenciación estratigráfica. Se han distinguido esquistos y micaesquistos de edad cambro-ordovícica con intercalaciones de calizas marmóreas, cuarcitas, anfíbolitas y paragneises, y con una potencia superior a los 700 m. De edad silúrica existen dos formaciones, una inferior de pizarras azuladas, y otra superior, de carácter carbonatado que alcanza hasta el Devónico, muy poco representado en el área de estudio por hallarse muy erosionado.

3.2. TERCIARIO

Los materiales terciarios están representados por depósitos paleógenos, afectados por los movimientos alpinos (fundamentalmente en sus fases distensivas), y sedimentos neógenos que rellenan la cubeta de La Selva y que se encuentran parcialmente recubiertos por formaciones cuaternarias.

3.2.1. PALEOCENO-EOCENO (T¹ Y T²)

Se han distinguido sedimentos continentales formados por conglomerados, areniscas y arcillas rojas (Formación Pontils) de origen aluvial y que afloran al este de Gerona y depositados sobre los materiales paleozoicos. No se han encontrado fósiles que permitan su datación con exactitud, aunque por correlación estratigráfica, al menos, se les puede atribuir una edad Cuisiense-Luteciense inferior. La potencia del conjunto, en la zona de estudio está en torno a los 100 m.

Por encima se encuentran calizas organógenas grises con abundante presencia de Miliólidos, Alveolinas y Nummulites (Formación Gerona). El ambiente deposicional se corresponde con una plataforma continental en su zona proximal, con la base de carácter lagunar. La potencia de la formación en el entorno de Gerona es de 70 m.

3.2.2. MIOCENO SUPERIOR-PLIOCENO (T^v, T³, T⁴, y T⁵)

Se han cartografiado 4 tipos de materiales pertenecientes al Neógeno de la depresión de La Selva: basaltos de Caldes de Malavella y Maçanet de La Selva (T^v), depósitos mixtos de arenas y materiales volcánicos de Caldes (T³), limos y arenas arcósicas (T⁴) y conglomerados pliocénicos (T⁵).

Asociado con una etapa de fracturación del Mioceno Superior, y que a principios del Plioceno alcanzaría su etapa álgida, el vulcanismo de Maçanet y Caldes de Malavella se caracteriza por la emisión de coladas que se dispusieron sobre un paleorrelieve de topografía suave, muy erosionada, que posteriormente se modificaría con los movimientos asociados a la génesis de la depresión. La actividad volcánica no fue constante y experimentó frecuentes interrupciones, como se demuestra por la existencia de paleosuelos entre las distintas coladas, y depósitos brechoides con cantos de basaltos.

El tipo de basalto es olivínico, con textura intergranular o hipocristalina porfídica, con plagioclasas y olivino como componentes mayoritarios.

En los alrededores de Caldes de Malavella se encuentran depósitos mixtos de arcosas y conglomerados, mezclados con componentes volcánicos, observándose incluso intercalaciones de coladas basálticas. Su extensión es poco significativa, aunque permite corroborar la anterioridad del vulcanismo de Caldes con respecto a los depósitos pliocénicos, ya que se encuentran arcosas con arcillas englobando grandes bolos de basaltos (de hasta 25 cm de diámetro).

Cartográficamente los limos y arenas arcósicas son los materiales más extensamente representados en la depresión de La Selva. Están formados por limos arcillosos amarillentos, bien estratificados, y por cuerpos lenticulares de arenas groseras a finas, arcósicas, de colores claros. En el sector suroccidental son más predominantes los horizontes arenosos, mientras que el nororiental lo son los niveles arcillosos. La potencia visible en afloramientos es del orden de 35-40, aunque la potencia máxima puede superar los 300 m en las partes más profundas de la depresión. Se apoyan discordante e indistintamente sobre rocas volcánicas, granitos, pizarras, o sobre los materiales paleógenos (calizas de Nummulites y conglomerados basales) del área de Gerona. Su naturaleza arcósica dificulta su identificación en las áreas próximas a los afloramientos graníticos, por su similitud con la capa de alteración de los mismos, y con cierta frecuencia quedan enmascarados por los depósitos limo-arcillosos de origen fluvial, de poca potencia pero muy extensos a lo largo de la depresión.

Y, por último, se han cartografiado en las proximidades de Fornells unos niveles de conglomerados de cantos redondeados que coronan a los sedimentos neógenos. Su contacto con las formaciones infrayacentes es erosivo y son visibles estructuras tractivas de corriente, y ciclos imbricados granuloclasificados, lo que permite asociar estos depósitos con abanicos aluviales.

3.3. CUATERNARIO

Entre las variadas litofacies existentes en el Cuaternario se han cartografiado, con criterios de síntesis, los siguientes tipos de materiales:

■ **Rocas volcánicas (Qv).**-

Representadas por el cono volcánico de Sant Dalmai, de unos 3 km de diámetro exterior, de 1 km de caldera y con unos 50 m de diferencias de cotas. Litológicamente está formado por sucesivas capas de materiales piroclásticos correspondientes a distintas fases eruptivas. Por su disposición sobre las arcosas pliocénicas se debe ubicar en el Plioceno superior y Pleistoceno.

■ **Conos de deyección (QD).**-

Son depósitos detríticos en forma de abanico, con horizontes conglomeráticos y ligeramente cementados. Sus edades varían entre el Plioceno terminal hasta el Holoceno.

■ **Limos fluviales (QL).**-

Están ligados a los cursos fluviales y están formados por limos arenosos pardos y grises con cantos redondeados. Tienen un amplio desarrollo a lo largo de toda la depresión, y se suelen situar sobre los 9-12 m por encima del nivel del río.

■ **Aluviales (QAL).**-

Son depósitos formados por arenas y limos, con cantos redondeados y que constituyen los cursos fluviales actuales tanto de los que tienen un régimen continuo (río Onyar y riera de Sta. Coloma), como de los cursos menores como las rieras y torrentes.

- **Cuaternario indiferenciado (Q).-**

Son depósitos mixtos formados por la acción conjunta de cursos fluviales y zonas de alteración de las laderas. Suelen ser materiales finos que engloban ocasionalmente elementos groseros.

4.- HIDROLOGÍA

4.- HIDROLOGÍA

4.1. CLIMATOLOGÍA

4.1.1. PRECIPITACIONES

A partir de los datos disponibles en el Instituto Meteorológico Nacional correspondientes a once estaciones, se ha confeccionado la tabla adjunta que muestra la distribución porcentual del régimen de lluvias en un año medio.

ESTACIÓN	Distribución porcentual del régimen de lluvias (año medio)			
	PRIMAV.	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Bagur	22.7	20.4	33.2	23.6
Calella Palaf.	21.0	20.4	33.5	25.1
Girona	24.2	23.2	30.1	22.5
Jafre	23.9	21.9	31.3	23.2
Llambilles	23.2	21.2	29.4	26.1
Palafrugell	22.2	18.5	35.5	23.8
Palamós	21.7	20.2	32.9	25.1
Sils	24.5	21.4	31.3	22.8
St. Feliu Guixols	20.7	20.8	35.5	23.0
Sta. Crist. Aro	21.3	21.7	34.7	22.3
Tossa de Mar	20.7	23.0	33.8	22.5
MEDIA TOTAL	22.4	21.2	32.8	23.6

TABLA I.- Distribución porcentual de las precipitaciones en un año medio por estaciones climáticas naturales, (mm).

Los meses más secos se corresponden con el verano, en concreto con junio y julio, y los más lluviosos en otoño, principalmente octubre.

Para obtener las precipitaciones para años secos, medios y húmedos se han aplicado las fórmulas:

$P < P_m \times 0,85$ para años medios y secos

$P > P_m \times 1,15$ para los húmedos

o bien, a partir de la ley de distribución de Goodrich, en ambos casos las tablas obtenidas son:

OBSERVATORIO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
BAGUR	395	558	757
CALELLA DE PALAFRUGELL	459	662	968
GIRONA	579	806	1147
JAFRE	499	674	944
LLAMBILLES	587	828	1210
PALAFRUGELL	463	671	938
PALAMÓS	440	629	879
SILS	505	702	982
ST.FELIU DE GUIXOLS	517	709	1068
STA.CRISTINA D'ARO	530	710	1040
TOSSA DE MAR	449	602	818

TABLA II.- Años secos, medios y húmedos obtenidos por el primer método, (mm).

OBSERVATORIO	AÑO MUY SECO	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO	AÑO MUY HÚMEDO
BAGUR	< 387	387 A 481	481 A 588	588 A 730	> 730
CALELLA PALAFRUGELL	< 471	471 A 556	556 A 673	673 A 861	> 861
GIRONA	< 559	559 A 665	665 A 816	816-1066	> 1066
JAFRE	< 487	487 A 582	582 A 698	698 A 864	> 864
LLAMBILLES	< 585	585 A 698	699 A 889	889-1094	> 1094
PALAFRUGELL	< 454	454 A 554	554 A 681	681 A 867	> 867
PALAMÓS	< 452	452 A 540	540 A 650	650 A 810	> 810
SANT FELIU GUIXOLS	< 471	471 A 562	562 A 747	747 A 974	> 974
STA. CRISTINA D'ARO	< 499	499 A 598	598 A 729	729 A 929	> 929
SILS	< 517	517 A 606	606 A 748	748 A 893	> 893
TOSSA DE MAR	< 468	468 A 537	537 A 639	639 A 738	> 738

TABLA III.- Años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos según el método de Goodrich, con un período de 37 años, (mm).

Como años muy húmedos, registrados en todas las estaciones consideradas, son 1958-59, 1962-63, 1971-72 y 1976-77 y como muy secos son 1972-73 y 1984-85.

Con las debidas correcciones topográficas se ha confeccionado el mapa de isoyetas correspondientes a años medios, secos y húmedos (mapa nº 1).

4.1.2. TEMPERATURAS

A partir de los datos de los observatorios de Bagur, Figueres, Gerona, Montseny y St. Celoni, que se muestran en la tabla siguiente, se ha confeccionado el mapa nº 2.

OBSERVATORIO	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	Media Anual
BAGUR	16.9	12.4	10.0	8.6	9.2	11.0	13.0	16.4	10.2	23.3	22.9	20.9	15.4
FIGUERES	15.4	11.1	8.3	7.4	8.4	10.7	13.2	16.5	20.0	22.0	22.3	19.8	14.7
GIRONA	15.7	10.4	7.8	7.0	7.9	10.2	12.4	16.1	19.9	23.0	22.7	20.2	14.4
MONTSENY	6.8	3.4	1.5	0.6	0.3	2.1	3.8	7.7	11.3	14.7	13.6	11.0	6.4
ST. CELONI	14.4	10.1	8.1	7.3	9.0	11.3	14.2	17.6	21.2	23.5	22.5	19.0	14.8

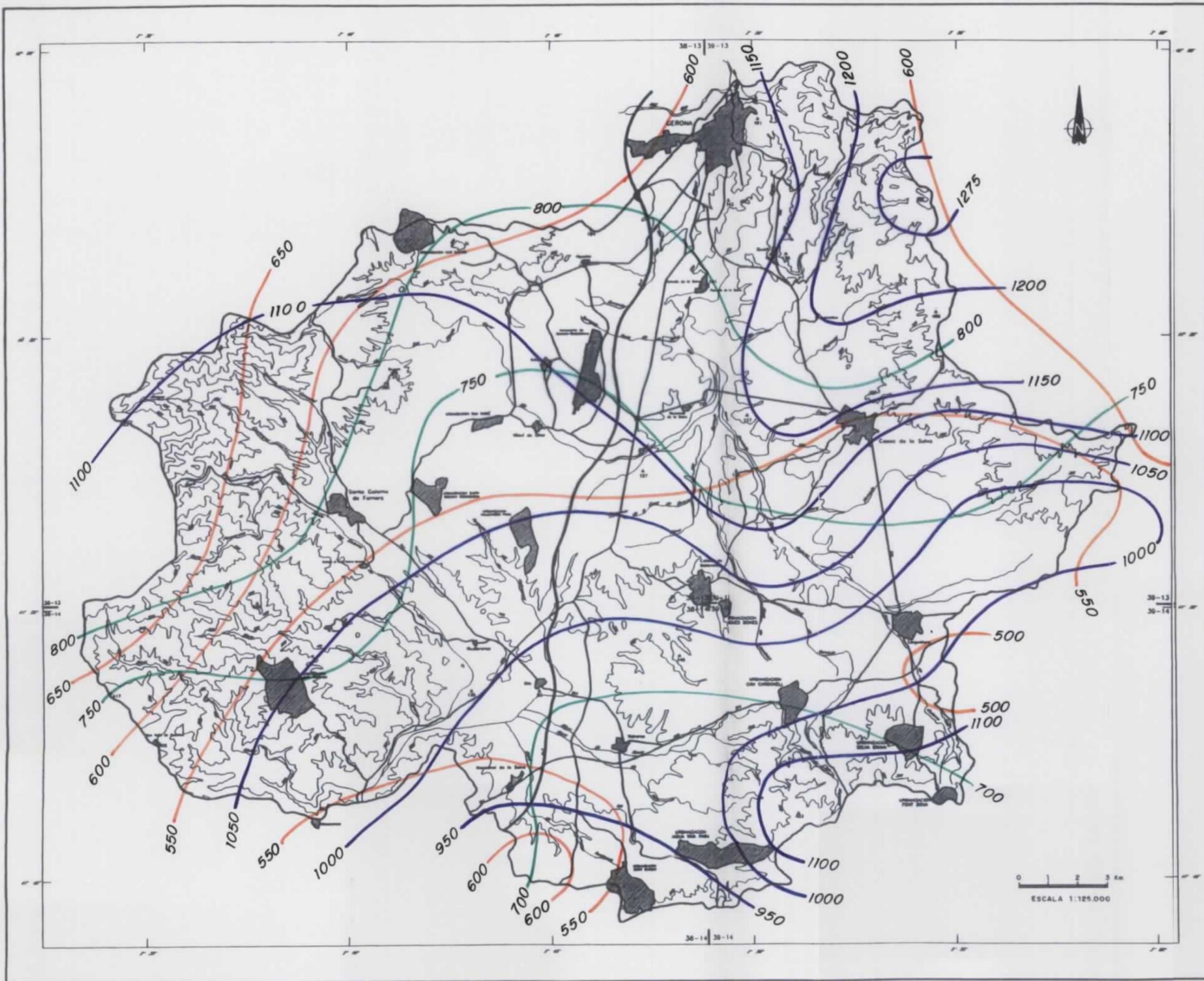
TABLA IV.- Temperaturas medias obtenidas a partir de los datos del Instituto Meteorológico Nacional.

Dentro del área de estudio las temperaturas más bajas son las correspondientes a la estación de Gerona, aumentando progresivamente en las estaciones próximas a la Costa Brava.

4.1.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LLUVIA ÚTIL.

Usando el método de Thornthwaite y a partir de las temperaturas mensuales medias se ha calculado la ETP mensual media para el período 1951-87, éstas son:

OBSERVATORIO	ETP ANUAL (mm)	TEMPERATURA (°C)
Bagur	795.7	15.4
Figueres	776.9	14.7
Gerona	770.6	14.4
Montseny	523.6	6.4
St. Celoni	788.1	14.8

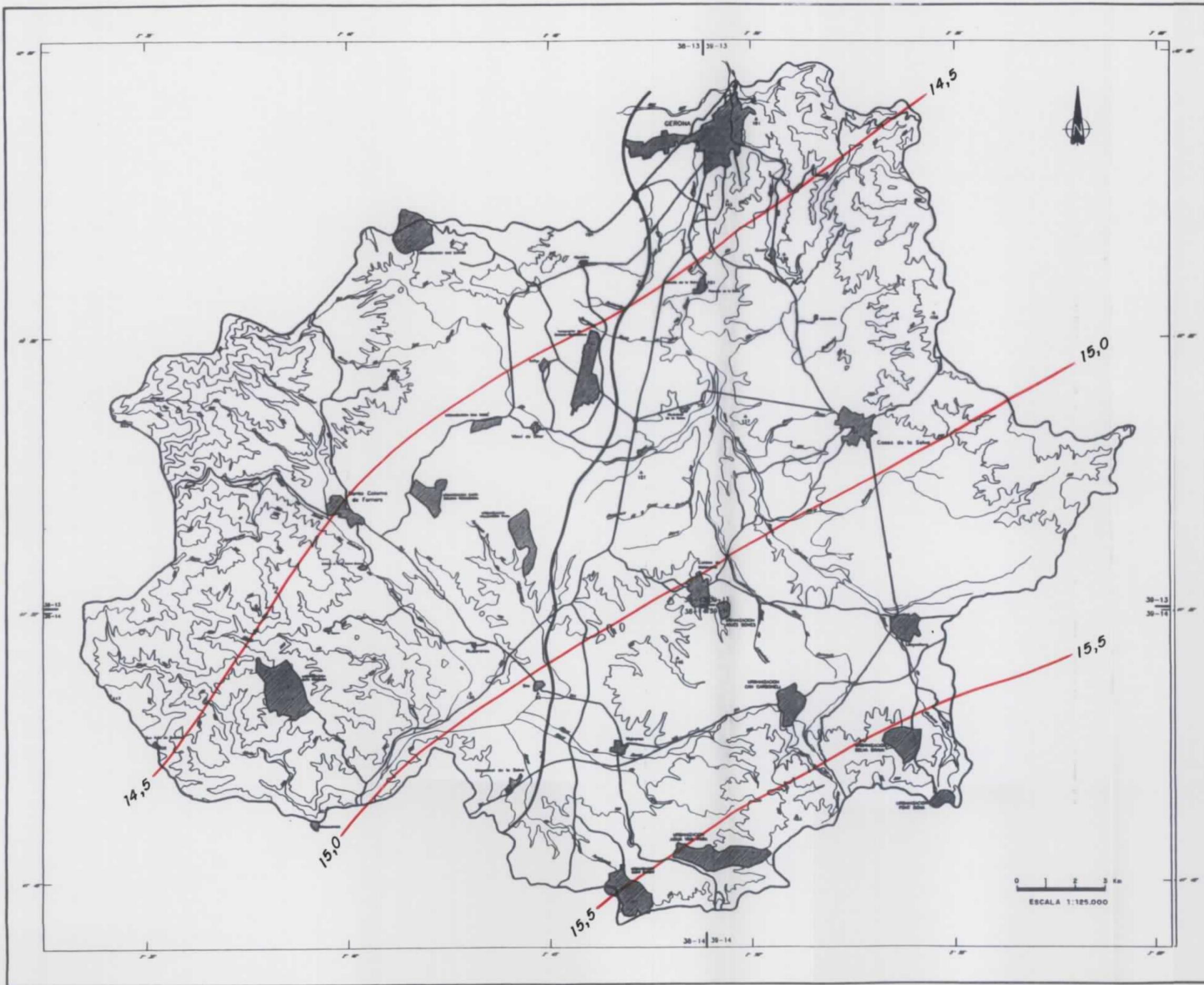


LEYENDA

- PRECIPITACIÓN AÑO SECO
- PRECIPITACIÓN AÑO MEDIO
- PRECIPITACIÓN AÑO HÚMEDO

MAPA Nº 1

ISOYETAS



TEMPERATURAS MEDIAS
ANUALES (°C)

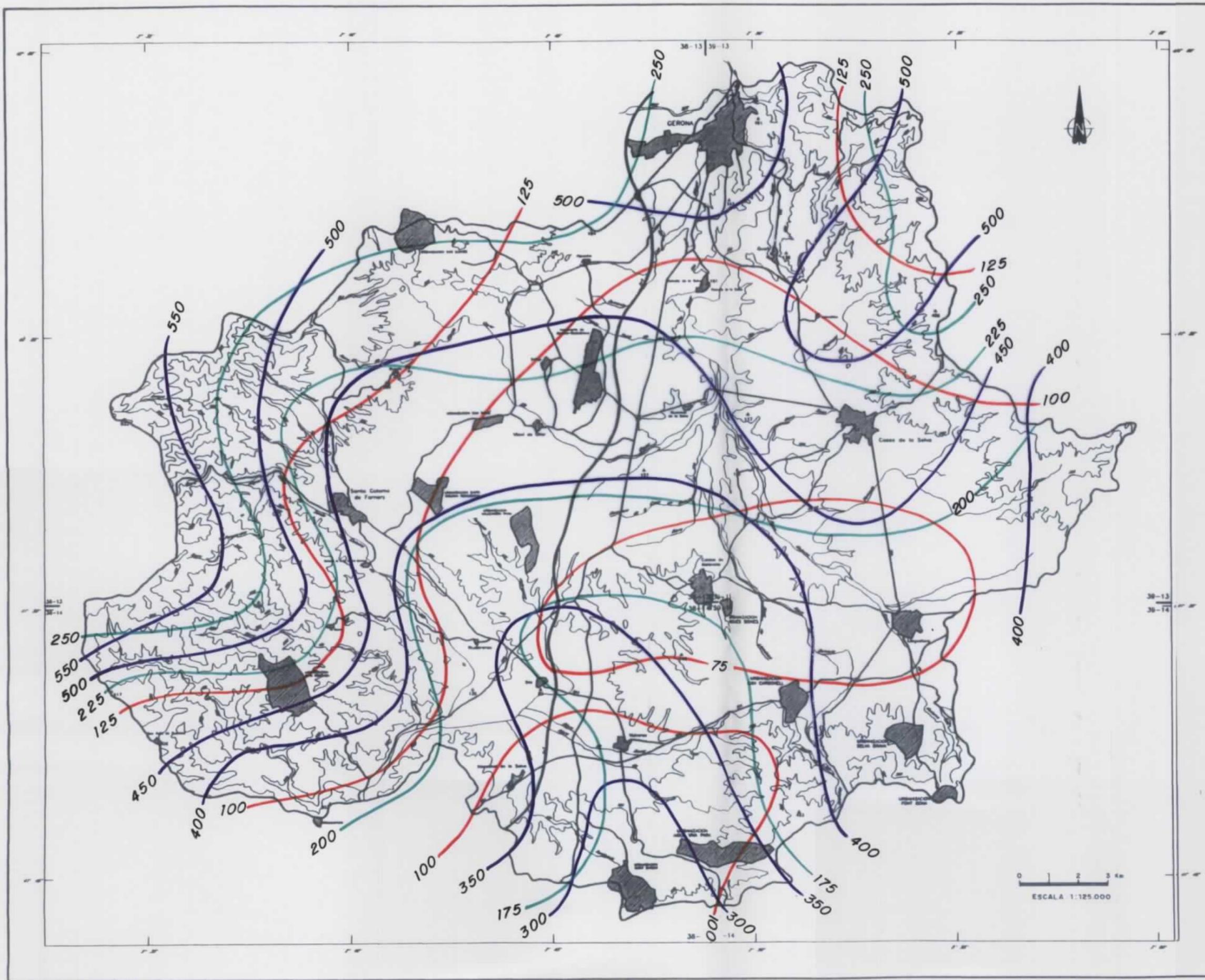
MAPA Nº 2

Las ETP están directamente regidas por las temperaturas aumentando en las áreas con mayor registro de éstas, variando el promedio de la zona entre 770 y 800 mm. De estos valores, prácticamente la mitad, corresponde a los meses estivales.

Mediante las fórmulas de Turc, Coutagne y un balance hídrico para un año medio (con unas reservas supuestas de 10 a 100 mm) se obtienen los siguientes valores de evapotranspiración real (ETR) y lluvia útil:

		BAGUR	GIRONA	ST. CELONI
R = 10	ETR LLUVIA ÚTIL	444.7 112.9	548.8 257.6	530.3 244.8
R = 20	ETR LLUVIA ÚTIL	454.7 102.9	558.8 247.6	540.3 234.8
R = 30	ETR LLUVIA ÚTIL	464.7 92.9	568.8 237.6	550.3 224.8
R = 50	ETR LLUVIA ÚTIL	484.7 72.9	588.8 217.6	570.3 204.8
R = 70	ETR LLUVIA ÚTIL	504.7 52.9	608.8 197.6	590.3 184.8
R = 100	ETR LLUVIA ÚTIL	534.7 22.9	638.8 167.6	620.3 154.3
COUT.	ETR LLUVIA ÚTIL	452.5 105.2	575.4 230.9	568.6 212.3
TURC.	ETR LLUVIA ÚTIL	486.7 71.0	586.1 220.2	585.2 195.7

Para la lluvia útil no existe un valor medio, variando en función del relieve, altura y cuencas. Para los años medios, secos y húmedos, previa corrección topográfica, se ha confeccionado el mapa nº 3.



LLUVIA UTIL (mm)

- AÑO SECO
- AÑO MEDIO
- AÑO HÚMEDO

MAPA Nº 3

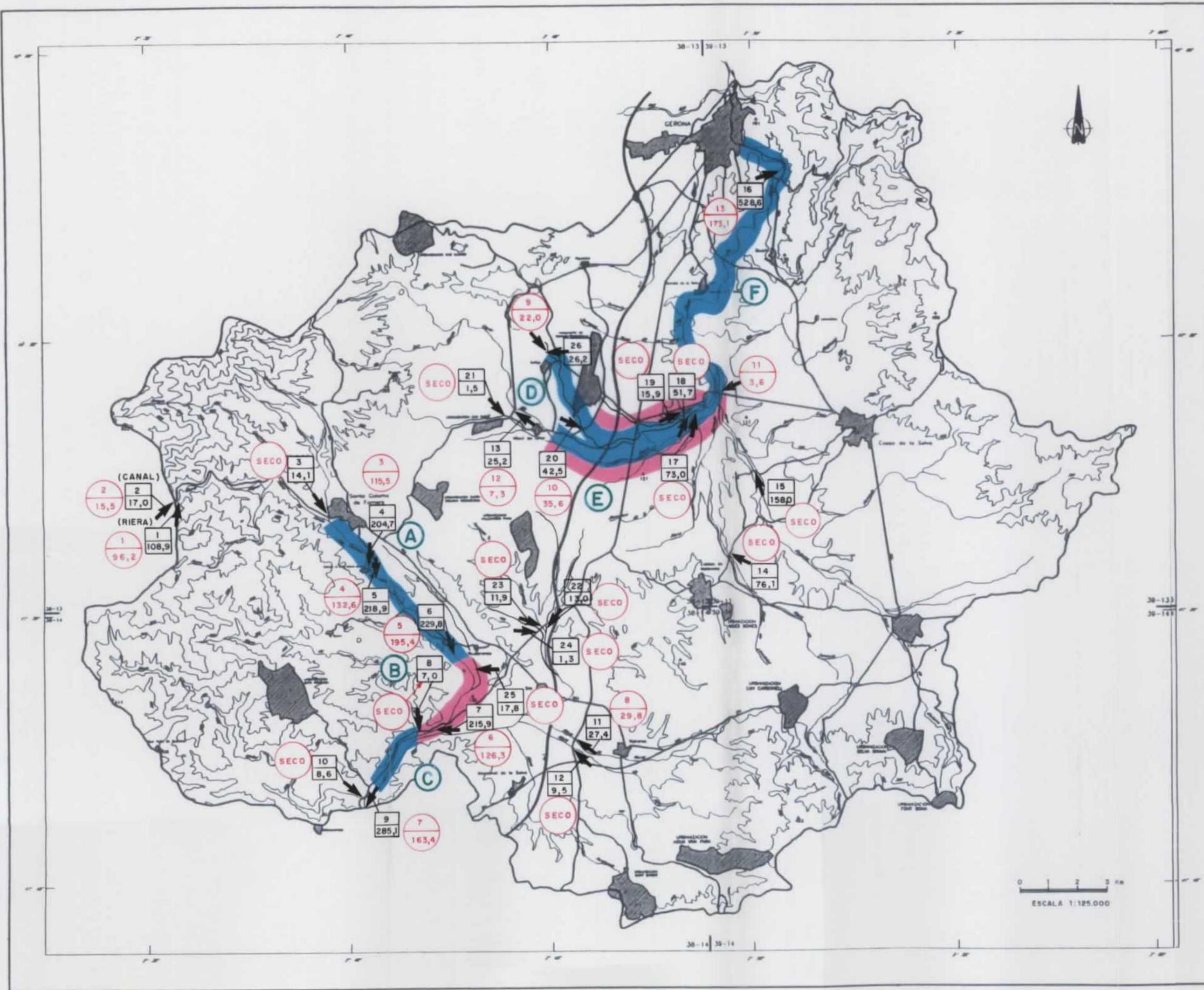
LLUVIA UTIL

4.2. AFOROS REALIZADOS DURANTE EL ESTUDIO

Durante los trabajos de campo del presente estudio se realizaron 2 campañas de aforo con molinete, una en octubre de 1992 (25 aforos) y otra en septiembre de 1993 (13 aforos) en puntos distintos de la red hidrográfica de La Selva. En el mapa nº 4 se indica la ubicación de los mismos y los caudales aforados en l/seg. Este conjunto de aforos "instantáneos" ha permitido conocer ciertos aspectos del funcionamiento hídrico, que a continuación se describen desglosados por subcuencas.

A) RIERA DE SILS

Tiene una superficie de 138 km² de los que 74 pertenecen a los afloramientos paleozoicos y los restantes a los materiales pliocuaternarios. Se pueden diferenciar dos sectores de acuerdo con la naturaleza litológica: uno septentrional representado por el torrente de Vallcanera con dominio total de afloramientos pliocuaternarios, y, otros suroriental, donde las cabeceras de los torrentes afluentes de la riera de Sils están ubicados en los terrenos paleozoicos, granitos fundamentalmente. Para una superficie de 21,5 km² de terrenos pliocuaternarios el torrente de Vallcanera transportaba en octubre del 1992 un caudal de 26,2 l/s, es decir, 1,22 l/seg/km², simultáneamente, las rieras del Reclá y de Pins en una superficie de 55 km², (41 de ellos en granitos y pizarras), drenaban 36,9 l/seg. Aplicando el mismo caudal específico obtenido para los terrenos pliocuaternarios de Vallcanera a los de estas rieras, y por diferencia, se obtiene un caudal específico para los terrenos paleozoicos de 0,48 l/s/km². En septiembre de 1993 todos los afluentes de la riera de Sils permanecían secos, no transportando escorrentías de procedencia superficial ni subterránea, en respuesta a la escasez de recarga (desde mayo el régimen de lluvias fue mínimo), aunque la riera del Reclá recibía unos 30 l/s (aforo nº 8) del vertido de Vidreres. Es preciso mencionar que este caudal de aguas residuales es muy variable a lo largo del año, aumentando en los meses estivales por el incremento de la demanda en el abastecimiento público.



LEYENDA

- 18 NÚMERO DE ORDEN DE LOS AFOROS CAUDAL EN L/seg. (OCTUBRE 1992)
- 1 NÚMERO DE ORDEN DE LOS AFOROS CAUDAL EN L/seg. (SEPTIEMBRE 1993)

➔ UBICACION DEL AFORO

VARIACIONES DE CAUDAL

- GANANCIAS DE CAUDAL
- PERDIDAS DE CAUDAL

POSIBLES CAUSAS

- A GANANCIA POR DESCARGA SUBTERRANEA DEL FRENTE GRANITICO Y VERTIDOS DE Sta. COLOMA.
- B PERDIDAS POR EVAPOTRANSPIRACION DE FREATOFITAS Y/O INFILTRACION DEL CAUCE
- C GANANCIA POR APORTES DE LA RIERA DE SILS Y AFLUENTES
- D GANANCIA (OCTUBRE 1992) POR DRENAJE AL ACUIFERO
- E PERDIDA DEL CAUDAL DE LA CABECERA (SEPTIEMBRE 1993) POR EVAPOTRANSPIRACION DE FREATOFITAS Y/O INFILTRACION EN EL CAUCE
- F GANANCIA DE CAUDALES POR DRENAJE AL ACUIFERO Y APORTES DE AFLUENTES (OCTUBRE 1992) Y EXCLUSIVAMENTE POR DRENAJE AL ACUIFERO EN SEPTIEMBRE DE 1993

0 1 2 3 Km
ESCALA 1:125.000

MAPA Nº 4
AFOROS DIFERENCIALES

B) RIERA DE STA. COLOMA

Dentro del área de estudio tiene una superficie de 284 km². Se hicieron aforos diferenciales a lo largo de todo su cauce, desde la entrada en La Selva hasta su salida. En su entrada (el 28 de octubre de 1992) transportaba 108,9 l/s (aunque aguas arriba existía una derivación para riego de 17 l/s), a la altura del Balneario de Sta. Coloma, y antes del vertido de aguas residuales de esa población, el caudal circulante fue de 204,7 l/s, lo que supone para los 37 km² (34 km² en terrenos paleozoicos), de cuenca parcial entre ambos puntos de aforos, un Qs de 2,1 l/s/km² para el conjunto de la subcuenca, como el caudal específico para los terrenos paleozoicos en este área y momento, de acuerdo con el aforo del arroyo del Castanyer (nº 3) es de 1,06 l/s por km², se obtiene por diferencia un aporte de 14 l/s/km², en los escasos 3 km² de los terrenos pliocuaternarios drenados por la riera, y en la fecha de realización de los aforos.

Esta cifra, realmente significativa, es preciso justificarla en gran medida en función de los aportes subterráneos procedentes del frente de contacto entre los materiales paleozoicos y pliocuaternarios de la depresión, en el tramo comprendido entre la confluencia del arroyo del Castañer y el punto aforado, área especialmente productiva como demuestran las surgencias que allí existen (Font de Sant Salvador, Font Picant, y fuentes de las Termas de Orión). El vertido de aguas residuales de Santa Coloma de Farners aumentó el caudal en 15,2 l/s (punto nº 5). En el aforo del puente de la carretera de L'Esparra (nº 6) el caudal circulante se aumentó en 9,9 l/s lo que supone un caudal específico de 2,2 l/s/km², en éste caso dominado en casi su totalidad por terrenos pliocuaternarios. En el aforo del punto nº 7, antes de la confluencia de la riera de Sils, el caudal aforado fue de 215,9 l/s lo que supone una pérdida de 31,7 l/s con respecto al aforo anterior (al que se le sumó 17,8 l/s de la acequia de Riu Roig, nº 25), pérdidas que se debieron a la mayor permeabilidad del aluvial de la riera, que "nutre" de aguas a la importantísima masa vegetal, freatofitas arbóreas,

(chopos, álamos, plataneros, etc) que se cultivan en el citado aluvial (véase el MAPA nº 5).

Por último, los aportes de las rieras de L'Esparra (7,0 l/s), de Mollet (8,6 l/s), los de la riera de Sils (> 63 l/s) y los propios del último tramo (\approx 2 l/s), que sumados al aforo del punto nº 7, que hubiesen dado un caudal mínimo de 294,6 l/s a la salida de la unidad hidrogeológica, sin embargo se midieron 285,1 l/s, lo que indica unas pérdidas por infiltración del orden de 9,5 l/s en los dos últimos kilómetros del curso de la riera de Sta. Coloma.

En la campaña de septiembre de 1993, el caudal entrante en La Selva era algo inferior (aforos 1 y 2) al observado en octubre de 1992, aunque sensiblemente similar, indicando con ello la regularidad de los aportes de la cabecera de la riera (área de Sant Hilari Sacalm). El frente desde Sta. Coloma hasta Riudarenes, que en octubre transfería del orden de 75 l/s, hizo incrementar el caudal en 65 l/s, parecido en orden de magnitud, corroborando el importante papel del macizo granítico (descartando los 17 l/s del vertido de Sta. Coloma, superior al observado en octubre del 92). El tramo entre Riudarenes y confluencia con la riera de Sils, que en octubre perdía del orden de 32 l/s, en septiembre fue de 69 l/s, más del doble, en relación perfecta con el incremento de la evapotranspiración del período veraniego en las zonas forestales de este tramo. Por último, los aportes de la riera de Sils, 63 l/s en octubre, fueron en la segunda campaña de 37 l/s, procedentes en su totalidad, casi con toda certidumbre, de los vertidos de Sils, Vidreres y Maçanet de La Selva, ya que todos los afluentes permanecían secos. Los caudales en la salida de la riera de Sta. Coloma fueron de 163,4 l/s (aforo 7) inferiores en 121,7 l/s a los aforados en la campaña de octubre de 1992, en clara relación con la disminución de la recarga pluvial y drenaje al acuífero, y por el aumento de la evapotranspiración en los aluviales nutridos por los aportes infiltrados en el cauce

C) RÍO ONYAR.

La cuenca del Onyar en la zona estudiada posee una superficie de 295 km², de los que 120 se corresponden con afloramientos paleozoicos y 175 a pliocuaternarios. Las cabeceras de sus principales cursos tributarios se desarrollan sobre los primeros, en especial lo de su margen derecha. En los aforos realizados en la riera de Benaula (nº 14) y riera de Gotarra (nº 15), ambas de la margen derecha, se registraron 76,1 l/s en la primera y 158,0 l/s en la segunda, con Qs prácticamente iguales, 3,85 l/s/km² y 3,95 l/s/km² respectivamente. En el río Onyar, antes de la confluencia de las rieras antes citadas, se realizaron dos aforos: uno a la altura de Vilobí (nº 13) a fin de conocer los aportes de la cabecera, ubicada en pizarras y granitoides, y otro en Riudellots (nº 17) después de un recorrido de 7 km sobre terrenos pliocuaternarios. En el primer punto el caudal aforado fue de 25,2 l/s lo que supone 0,71 l/s/km², en el segundo fueron 47,8 l/s que representan 2,03 l/s/km², en este caso de procedencia, en gran medida, debida al drenaje del acuífero, como se demuestra por la disposición piezométrica (véase el mapa hidrogeológico). Las otras dos rieras de la margen izquierda registraron 51,7 l/s en la de Riudevilla (nº 18), y 15,9 l/s en la del Calderó (nº 19), lo que representa en conjunto un total de 6,14 l/s/km², de clara procedencia subterránea, ya que estas rieras actúan como acequias de drenaje en la mayor parte de su cauce. Por último se realizó un aforo en el río Onyar, a 2 km de la ciudad de Gerona, prácticamente a la salida de la unidad hidrogeológica, que dio un caudal de 528,6 l/s lo que representa para la superficie representada por el punto aforado (nº 16) un global de 1,8 l/s/km² en el momento de la realización del control foronómico, en octubre de 1992.

En septiembre de 1993 el caudal circulante en la cabecera del Onyar (aforo nº 12, en Vilobí) era de apenas 7,3 l/s (17,9 l/s menos que en octubre del 92), caudal que se "perdió" a la altura de Riudellots donde el cauce estaba seco (igual que en los afluentes) en el mismo tramo que en octubre presentaba una ganancia de 47,8 l/s. Estas pérdidas se relacionan con el descenso de niveles en

el acuífero (véase 7.3.5.) que situó las cotas piezométricas por debajo del cauce, sin posibilidad de transferir caudales al mismo. Este descenso piezométrico, generalizado en todas las áreas, sin embargo no afectó al tramo inferior del Onyar, que aún recibía un máximo de 173 l/s (es preciso tener en cuenta posibles vertidos en el área de Quart) procedentes de su drenaje al acuífero, caudal sensiblemente similar al estimado en octubre del 92, 154 l/s, corroborando el importante papel extractivo del cauce del Onyar antes de su confluencia con el Ter. La salida por la galería de Sant Dalmai (3813-8-26) apenas bajó su caudal en 4,2 l/s (aforo nº 9), confirmando la apreciación de los lugareños sobre la regularidad de sus aportes; el caudal aumentó hasta los 35,6 l/s, en los 3 km siguientes del cauce de Riudevila (aforo nº 10), por las aguas drenadas al acuífero, situación equiparable a la observada en octubre del 92, este caudal se "perdería" por infiltración-evapotranspiración, en el tramo siguiente, hasta Riudellots.

4.3. APORTACIONES

En la zona estudiada la única estación de aforos existente es la ubicada en el río Onyar (nº 20) en la población de Gerona, aunque existe otra en el riera de Santa Coloma (nº 81) que si bien está fuera de los límites de la unidad está suficientemente cerca como para ser representativa de los caudales drenados por esta riera dentro de La Selva.

De la estación del Onyar los datos disponibles abarcan desde 1958-59 a 1986-87, con 22 años de control. El caudal medio en ese período es de 1,66 m³/s, lo que representa un caudal medio anual de 52,73 hm³. El caudal máximo registrado en ese período fue de 400 m³/s lo que se corresponde con un caudal específico de 1355,93 l/s/km² (el 17-2-1982). En la tabla siguiente se indican los caudales y aportes medios por meses, de acuerdo con los datos disponibles en el período considerado.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
Caudal medio (m ³ /seg)	2,16	1,35	1,32	2,66	2,81	2,67	3,07	1,81	0,65	0,34	0,23	0,96
Aportes medios (hm ³)	5,78	3,49	3,53	7,12	6,79	7,15	7,95	4,84	1,68	0,91	0,61	2,48

En la riera de Sta. Coloma los únicos datos disponibles son los referidos al año hidrogeológico de 1986-87 en el que la aportación total fue de 59,6 hm³ (para el Onyar en el mismo período fue de 31,9 hm³), con un caudal medio de 1,9 m³/s lo que supone un caudal medio específico de 5,82 l/s/km². Los aportes y caudales medios en ese período fueron:

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
Caudal medio (m ³ /seg)	3,00	0,50	1,00	5,00	4,50	5,00	3,00	0,50	0,15	0,10	0,03	0,03
Aportes medios (hm ³)	8,03	1,29	2,67	13,4	10,9	13,4	7,77	1,33	0,38	0,26	0,08	0,07

5.- INVENTARIO

5.- INVENTARIO

- A partir del inventario del REPO (1970) se han inventariado un total de 237 puntos de acuerdo con la siguiente distribución de hojas:

HOJA	REPO (1970)	ITGE (1992)		TOTALES
		ITGE + REPO	ITGE	
SANT FELIU DE GUIXOLS (3914)	9	-	6	15
BLANES (3814)	14	2	18	34
GIRONA (3913)	25	4	65	94
SANTA COLOMA DE FARNERS (3813)	36	2	56	94
TOTALES	84	8	145	237
		153		

La distribución en función del tipo de captación y acuíferos explotados es la siguiente:

TIPO DE CAPTACIÓN	ACUÍFEROS CAPTADOS				Totales	%
	Aluvial	Plio-Cua- ternario	Granito- Paleozoico	Vulcanitas		
POZOS	24	32	11	1	68	29
SONDEOS	9	108	18	4	139	58
PIEZÓMETROS	14	9	-	-	23	10
MANANTIALES	-	2	4	-	6	3
GALERÍAS	-	-	-	1	1	0,4
TOTALES	47	151	33	6	237	100
%	20	63	14	3	100	

En el Estudio del ITGE de 1979 ("Estudio Geotérmico preliminar de la Depresión de La Selva") se analizaron 113 muestras de agua procedentes de otros tantos puntos, que han servido para conocer con bastante amplitud las principales características hidroquímicas de los acuíferos de La Selva, aunque, por los objetivos de ese estudio, no se hizo un inventario completo, que recogiera las particularidades técnicas, caudal de explotación, usos, etc, de las distintas captaciones consideradas en el muestreo.

6.- USOS Y CONSUMO DEL AGUA

6.- USOS Y CONSUMOS DEL AGUA

6.1. CONSUMO URBANO

En La Selva, el suministro de aguas potables se lleva a cabo por los propios ayuntamientos, bien directamente o a través de empresas concesionarias, excepto en dos pequeños núcleos (St. Andreu Salou y Brunyola) que se hace de forma individualizada. Todos los municipios excepto Gerona, que se suministra del río Ter, se abastecen a partir de captaciones de aguas subterráneas, aunque ocasionalmente Cassà de la Selva y Caldes de Malavella, por incremento estacional de la demanda, se ven en la necesidad de derivar aguas superficiales para cubrir el déficit.

Los consumos para abastecimiento urbano se han inventariado en su práctica totalidad, reflejándose las cifras que han facilitado en las encuestas las entidades encargadas de ese servicio. En el cuadro de la página siguiente se resumen los principales municipios de La Selva, sus consumos y sus dotaciones respectivas.

Las dotaciones más elevadas se registran en las poblaciones donde las actividades industriales se suministran de la red municipal (Campllong, Aiguaviva, Riudellots de la Selva ...). Para la totalidad de la población que se abastece con aguas subterráneas (39.200 habitantes en el total de La Selva) la dotación promedio es de 195 l/hab/día que se corresponde con un volumen de 2786 Dm³/año.

MUNICIPIO	PROCEDENCIA DEL ABTº (Dm³/año)	DOTACIÓN (l/hab/día)	Dm³/año	OBSERVACIONES
AIGUAVIVA	3813-4-14 (2) 3813-4-15 (1) 3813-4-16 (25)	214	28	La mayor parte de la industria se abastece de la red.
BRUNYOLA	Abastecimiento individualizado	180	27	Consumo estimado.
CALDES DE MALAVELLA	3913-5-35 (14) 3913-5-36 (46) 3913-5-37 (20) 3913-5-38 (13) 3913-5-39 (37) 3913-5-40 (37) 3913-5-41 (22)	187	189	Ocasionalmente captan caudales de la riera de Benaula.
CAMPLLONG	3913-5-22 (28) 3913-5-23 (2)	308	30	La industria se abastece de la red municipal.
CASSA DE LA SELVA	3913-5-12 (18) 3913-5-33 (345) 3913-5-34 (158)	201	521	Ocasionalmente captan agua de la riera de Verneda.
FORNELLS SELVA	3813-4-19 (72)	198	72	
LLAGOSTERA	3914-1-10 (180) 3914-1-11 (65) 3914-1-12 (130)	201	375	
LLAMBILLES	3913-1-25 (25)	160	25	Tienen el 3913-5-16 aún sin servicio.
MAÇANET DE LA SELVA	3814-4-15 (20) 3814-4-22 (35) 3814-4-23 (125)	160	180	
QUART	3913-1-21 (83) 3913-1-22 (28)	185	111	Consumo estimado (no han facilitado información).
RIUDARENES	3814-3-2 (31) 3814-3-3 (31) 3814-3-6 (1)	151	63	Tienen pérdidas en la red de suministro.
RIUDELLOTS DE LA SELVA	3813-8-32 (92)	215	92	La industria se abastece de la red mpal.
S.ANDRÉU SALOU	Abtº individualizado	180	10	Consumo estimado.
SANTA COLOMA DE FARNERS	3813-7-13 (480) 3813-7-14 (25) 3813-7-15 (2)	183	507	El punto 3813-7-13 representa a 5 captaciones.
SILS	3814-4-18 (150)	200	150	Urbanización Vallcanera (3813-8-30 y 31), 8 Dm³/año.
VIDRERES	3814-4-14 (33) 3814-4-24 (27) 3814-4-25 (55) 3814-4-26 (55) 3814-4-27 (110)	214	280	
VILOBÍ DE ONYAR	3813-8-27 (6) 3813-8-28 (120)	179	126	El punto 3813-8-27 abastece a Salitja.

ABASTECIMIENTOS PÚBLICOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los municipios que presentan algún problema en sus respectivos abastecimientos, son: el de Caldes de Malavella, que a pesar de su merecida fama como productor de agua embotellada, se ha visto en la necesidad de construir numerosas captaciones a lo largo de todo su término municipal, e incluso captar agua de la riera de Benalua, para satisfacer la demanda, en especial en los meses estivales con el incremento de la población turística; y, Santa Coloma de Farners que presenta déficits estacionales por lo que tienen que recurrir a los caudales de dos sondeos hidrotermales, de propiedad particular, para complementar el suministro en épocas de estiaje. Otras poblaciones han tenido que reubicar sus captaciones a fin de evitar la presencia de Mn y Fe en las aguas bombeadas, como en el caso de Sils y Riudarenes.

6.2. CONSUMO AGRÍCOLA

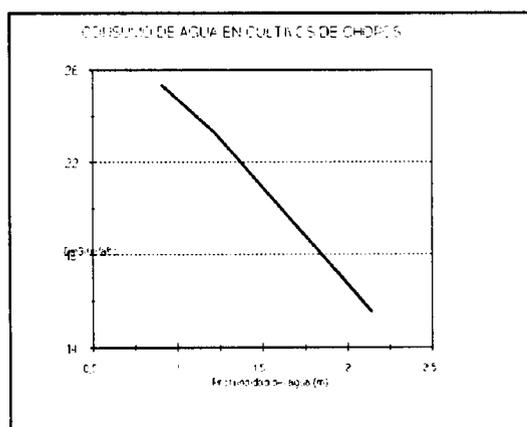
En el cuadro siguiente se han resumido, pormenorizado por municipios, las superficies ocupadas por los distintos cultivos de regadío y la utilización que cada uno de ellos hace del agua procedente de captaciones subterráneas. Las dotaciones por hectárea y año se han deducido a partir de promedios obtenidos por encuestas directas durante la ejecución de los inventarios, o aplicando las existentes en la bibliografía sobre el tema.

De las 5.973 ha que se dedican al regadío, el 62,6% están ocupadas por cultivos herbáceos constituidos fundamentalmente por maíz, sorgo, alfalfa y otros. En conjunto utilizan el 12,5% de los recursos subterráneos empleados en el riego. Las huertas (8,8% de la superficie regada) y los frutales (5,7%) utilizan respectivamente el 7,0 y 5,7% del agua de riego. Las huertas están más desarrolladas en las cercanías de los núcleos urbanos, destacando las de las poblaciones más importantes como Gerona y Santa Coloma. Tienen una gran diversidad de cultivos y suelen estar muy parceladas. Entre los frutales, el más cultivado es el manzano (80%), seguido del peral (15%) y melocotonero (4%). Las principales zonas productoras de frutales son ambas riberas del río Onyar, en especial Vilobí y Fornells.

MUNICIPIO	HUERTAS		CULTIVOS HERBÁCEOS		FRUTALES		FRETOFITAS		TOTALES Dm ³ /año
	ha	Dm ³ /año	ha	Dm ³ /año	ha	Dm ³ /año	ha	Dm ³ /año	
AIGUAVIVA	-	-	209	250,8	27	97,2	30	540	1053
BRUNYOLA	1	4,75	-	-	-	-	-	-	4,75
CALDES DE MALAVELLA	41	194,75	250	300,0	41	147,6	19	342	1089,35
CAMPLLONG	-	-	179	214,8	31	111,6	28	504	984,4
CASSA DE LA SELVA	19	90,25	300	360,0	49	176,4	8	144	814,65
FORNELLS	-	-	162	194,4	105	378,0	6	108	713,9
GERONA	20	95,00	176	211,2	-	-	18	324	729,2
LLAGOSTERA	38	180,50	176	211,2	-	-	1	18	415,2
LLAMBILLES	10	47,50	56	67,2	-	-	-	-	114,7
MAÇANET DE LA SELVA	23	109,25	201	241,2	5	18	220	3960	5538,45
MASSANET	-	-	-	-	-	-	73	1314	1716
QUART	32	152,00	53	63,6	-	-	6	108	356,6
RIUDARENES	12	57,00	126	151,2	21	75,6	252	4536	6206,8
RIUDELLOTS DE LA SELVA	55	261,25	425	510,0	17	61,2	5	90	950,45
ST. ANDREU SALOU	145	688,75	29	34,8	-	-	26	468	1334,55
STA. COLOMA FARNERS	110	522,50	70	84,0	83	298,8	59	1062	2292,3
SILS	17	80,75	443	531,6	-	-	311	5598	7921,35
VIDRERES	-	-	232	278,4	-	-	50	900	1453,4
VILABLAREIX	1	4,75	4	4,8	50	180	-	-	189,55
VILOBÍ DE ONYAR	2	9,5	646	775,2	138	496,8	31	558	2010,5
TOTALES	526	2498,5	3737	4484,4	567	2041,2	1143	20.574	29.598

CULTIVOS DE REGADÍO

Las superficies arboladas con especies de freatofitas (chopo, eucalipto, plátano de sombra, etc) adquieren una importancia decisiva a la hora de contabilizar el volumen de agua empleada por las labores agrícolas. Favorecidas por un terreno adecuado (aluviones) y por un horizonte freático alto (2-1,5 m) ocupan el 19,1% de la superficie regada, en especial en los materiales de la llanura de inundación de las principales rieras, como la de Sta. Coloma, de Sils, de Gotarra, etc.. (véase la distribución de cultivos en el mapa nº 5). La proximidad de una importante industria de derivados de la madera facilita la rentabilidad de estos cultivos, en especial los del chopo y plátano de sombra. La dotación de 18 Dm³/ha/año se ha estimado a partir de un estudio del "Geological Survey" de EE.UU sobre el consumo del chopo (populus) para una profundidad promedio del nivel freático de 1,75 m (véase el gráfico adjunto):

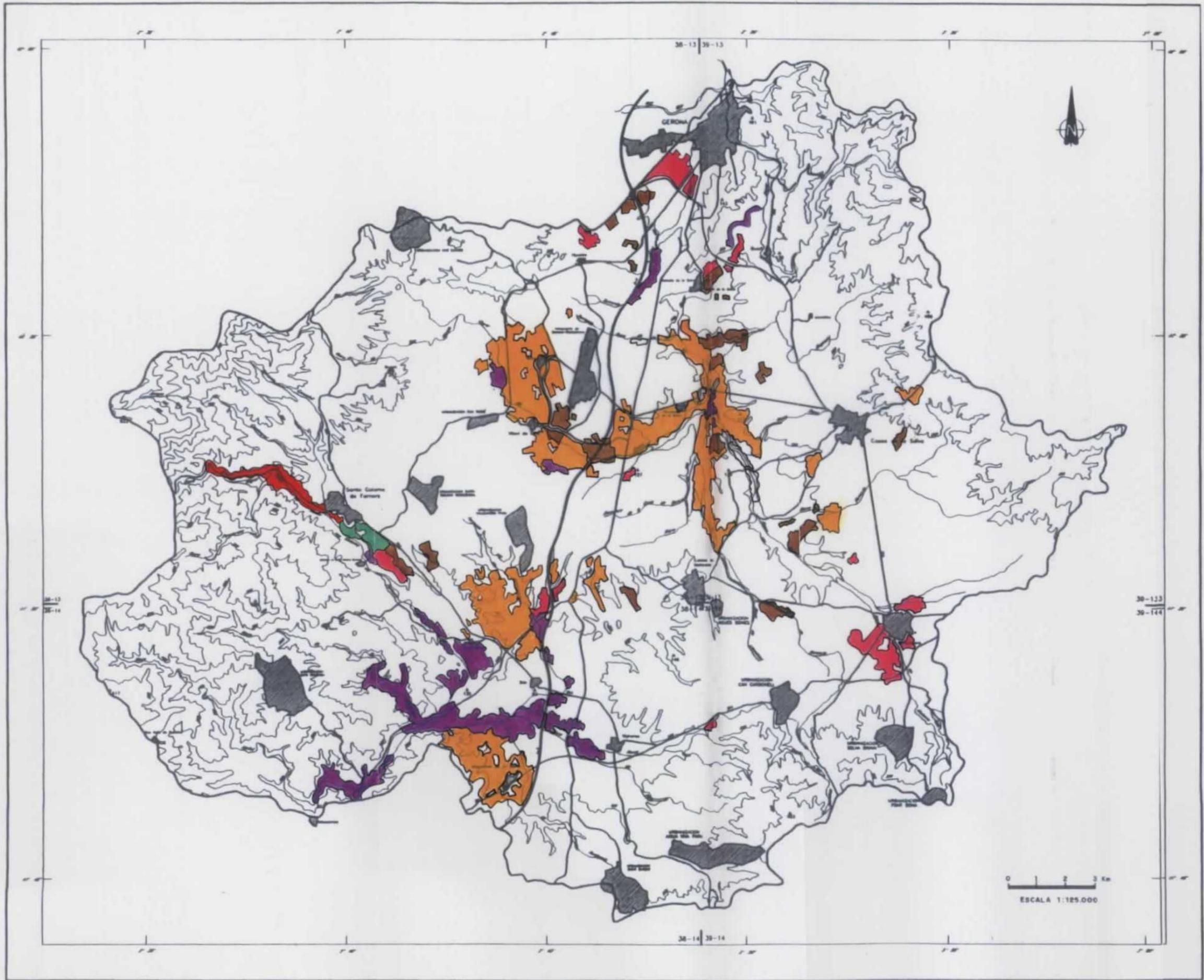


6.3. CONSUMO INDUSTRIAL

Como ya se ha mencionado anteriormente, la mayor parte de las industrias establecidas en el ámbito de La Selva utilizan las redes municipales de abastecimiento para cubrir sus necesidades de agua, por lo que en este apartado sólo se hará mención a aquellas industrias cuyo suministro con aguas subterráneas sea por

cuenta propia y que sean significativos por el volumen empleado. En el cuadro siguiente se resumen los volúmenes utilizados por esas actividades en los municipios con mayor implantación industrial.

MUNICIPIO	PRINCIPALES ACTIVIDADES INDUSTRIALES	CONSUMO ESTIMADO (Dm ³ /año)
CASSA DE LA SELVA	Fabricación de tierras para la construcción Fabricación de cementos, escayolas, etc. Fabricación de productos cerámicos.	230
FORNELLS	Fabricación de tierras para la construcción Fabricación de cementos, escayolas, etc. Fabricación de vidrios. Fabricación de productos cerámicos. Fabricación de productos químicos.	180
LLAGOSTERA	Fabricación de tierras para la construcción. Recubrimiento de metales. Fabricación de plásticos.	135
QUART	Productos cerámicos	45
STA. COLOMA DE FARNERS	Fabricación de cementos, escayolas, etc. Piedra natural. Fabricación de productos químicos.	340
SILS	Fabricación de productos químicos.	60
VIDRERES	Fabricación de cementos, escayolas, etc.	115
TOTAL ESTIMADO		1105



LEYENDA

- HUERTAS
- FRUTALES
- CULTIVOS HERBÁCEOS Y LABOR
- FRUTALES Y HUERTAS
- CULTIVOS HERBÁCEOS Y HUERTAS
- CHOPOS Y ÁLAMOS

MAPA Nº 5

DISTRIBUCION DE CULTIVOS

7.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

7.- FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

7.1. LOS ACUÍFEROS

En la zona, los materiales capaces de formar acuíferos susceptibles de una explotación óptima de sus recursos se agrupan en las siguientes formaciones:

- Pizarras y granitos paleozoicos
- Arenas de pliocuaternario
- Formaciones volcánicas
- Cuaternario aluvial

Las calizas del Eoceno, aflorantes en el área de Gerona, quedan como un acuífero marginal por su escaso desarrollo espacial y su ubicación poco favorable en el contexto hidrogeológico de la zona, aunque puede significar una aceptable fuente de recursos fuera de la misma.

Los principales parámetros hidrogeológicos se han obtenido a partir de la recopilación de los datos de diferentes ensayos de bombeo (que se indican en las correspondientes fichas de inventario), realizados en estudios anteriores (REPO "Junta d'Aigues", etc), y mediante el registro, durante los trabajos de campo, de niveles dinámicos en pozos sometidos a bombeo. En el mapa de transmisividades, nº 6, se indica la ubicación de esas captaciones; para el resto de las zonas, el criterio utilizado ha sido la relación entre ese parámetro y el Q_s , deducido a su vez por la profundidad del nivel dinámico de los pozos y sondeos inventariados.

A) Pizarras y granitos paleozoicos.-

La zona de alteración de los granitos, hasta 20 metros en algunos casos, que se sitúa o bien directamente sobre la superficie del terreno o como sustrato de los materiales que rellenan la depresión, junto con los materiales pizarrosos afecta-

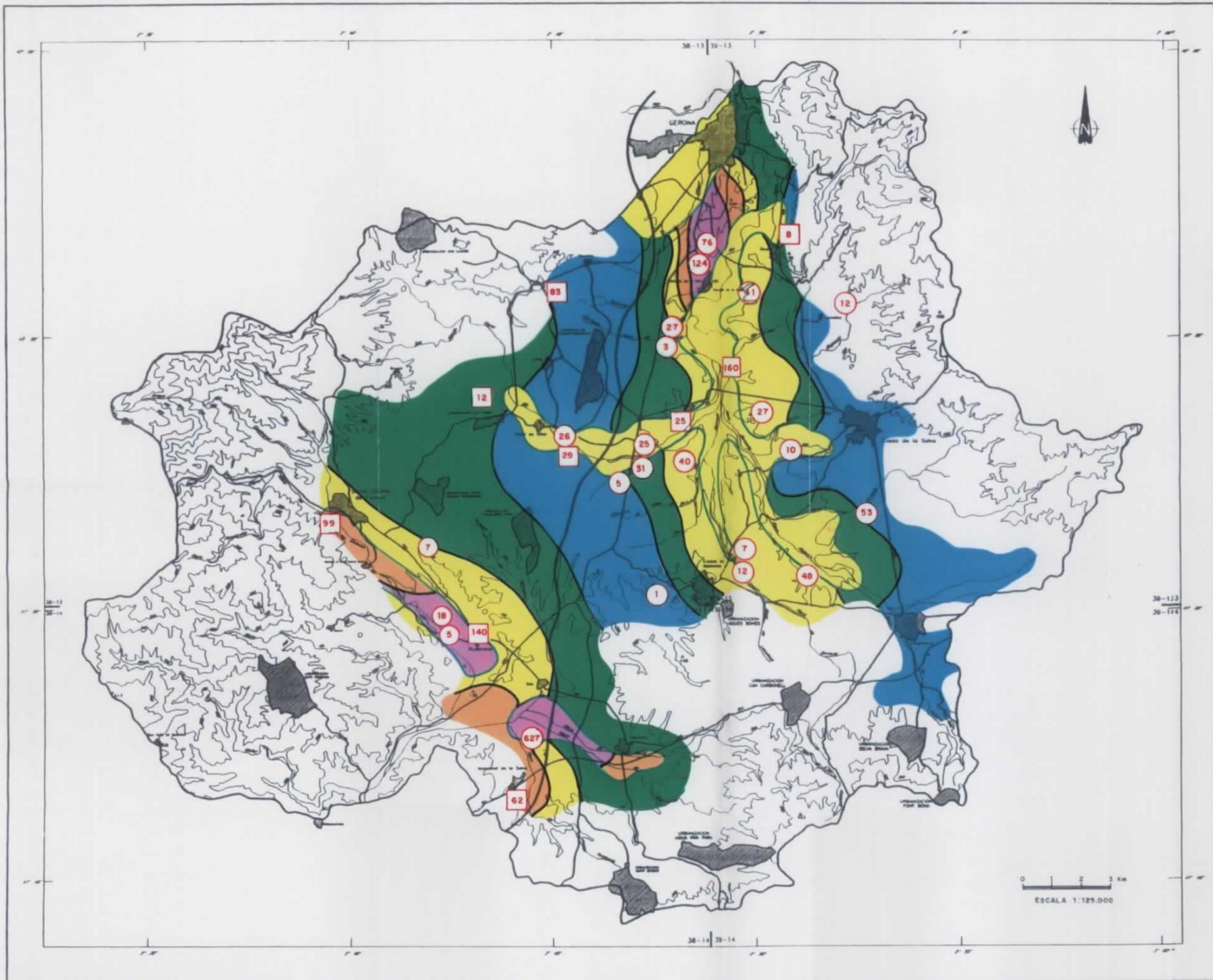
dos por fenómenos de meteorización y/o por procesos mecánicos más o menos intensos (diaclasación, exfoliación, fracturación, etc), permiten la circulación y almacenaje de cierto volumen de las aguas infiltradas.

En el conjunto de La Selva las captaciones que explotan sus recursos son relativamente escasas, y con resultados dispares. Entre los puntos inventariados durante el presente estudio destacan los sondeos construidos para el abastecimiento de Llambilles (3913-1-25) y Cassà de La Selva (3913-5-33 y 34), en ambos casos perforados en granitos afectados por procesos de fisuración en profundidad, entre 120 y 160 m. En pizarras, los resultados conocidos son menos productivos, no superando los 12 m³/h en caudales de explotación.

B) Arenas del pliocuaternario.-

Los sedimentos de relleno de la fosa, generados a partir de la denudación y deposición de los materiales que forman los relieves periféricos, con espesores que pueden alcanzar los 300 m, se pueden considerar, en términos regionales, como un único acuífero, aunque eso sí, con notables diferencias locales en sus parámetros hidrogeológicos producidos por las variaciones en las proporciones y composiciones de los cuerpos detríticos incluidos en la serie sedimentaria.

En general sus transmisividades son muy bajas, de 1 a 10 m²/día, (véase el mapa de transmisividades n^o 6), aunque puntualmente se pueden observar valores algo mayores (20-25 m²/día) en las zonas donde son más frecuentes las acumulaciones de elementos conglomeráticos y arenosos, por influencia de la proximidad relativa de las rocas intrusivas (sector suroccidental). La porosidad eficaz en términos globales es muy baja, del 2%, estimándose una capacidad de embalse del orden de 500 hm³.



LEYENDA

- $< 10 \text{ m}^2/\text{día}$
- $10 - 25 \text{ m}^2/\text{día}$
- $25 - 50 \text{ m}^2/\text{día}$
- $50 - 75 \text{ m}^2/\text{día}$
- $75 - 100 \text{ m}^2/\text{día}$

VALORES PUNTUALES

- 25 TRANSMISIVIDAD OBTENIDA EN ENSAYO DE BOMBEO
- 29 TRANSMISIVIDAD OBTENIDA MEDIANTE EL CONTROL DEL NIVEL DINAMICO EN REGIMEN PERMANENTE
- LIMITE DEL ACUIFERO ALUVIAL

0 1 2 3 Km
ESCALA 1:125.000

MAPA Nº 6

TRANSMISIVIDADES

Los irregulares rendimientos de las captaciones perforadas en estos materiales, con bastante frecuencia negativos, hace que sea relativamente escasa su utilización, además presentan dificultades constructivas provocadas por la existencia de componentes finos que se suelen incorporar al agua bombeada. Los caudales de explotación varían en función de las permeabilidades locales, los máximos conocidos se sitúan entre 100-120 m³/h (abastecimiento de Fornell, 3813-19), y los más frecuentes raramente superan los 20 m³/h, y siempre a costa de deprimir mucho el nivel piezométrico.

C) Formaciones volcánicas.-

Aunque con muy poca extensión superficial las formaciones volcánicas determinan acuíferos que son explotados con cierto éxito. En el global de La Selva, las extracciones de aguas para abastecimiento procedentes de estos materiales representan el 11% del total ($\approx 310 \text{ Dm}^3/\text{año}$), suministrando a poblaciones como Maçanet de La Selva, Sils y Riudarenes. Los caudales de explotación varían en función del grado de fisuración y tipo de textura de los materiales volcánicos (lavas, cenizas, escorias, etc) que controlan la porosidad de los mismos. Los caudales conocidos van desde 10 m³/h hasta máximos de 80 m³/h.

D) Cuaternario aluvial.-

Es el acuífero más intensamente explotado, especialmente por las actividades agrícolas del que extraen la práctica totalidad de su demanda hídrica. Se extiende en una superficie del orden de 110 km², con potencias que varían entre pocos metros hasta máximos de 10-12 m. La porosidad eficaz oscila entre el 5 y 15%, con una capacidad de embalse del orden de 40-45 hm³. Tiene transmisividades relativamente altas, entre 100 y 750 m²/día, lo que favorece su explotación, junto con su fácil accesibilidad, ya que el nivel freático es muy poco profundo. Los caudales de explotación pueden ser muy elevados si la captación se sitúa en zonas de gran permeabilidad y con infiltración directa de los principales aportes

superficiales (riera de Sta. Coloma y río Onyar), así son frecuentes bombeos superiores a los 50 m³/h en la mayoría de las captaciones.

7.2. PIEZOMETRÍA

En el mapa hidrogeológico (nº 1 de los Anexos) se ha representado la disposición de la superficie piezométrica de los tres acuíferos de carácter regional en el ámbito de La Selva: acuífero cuaternario, acuífero pliocuaternario y acuífero paleozoico. Ha sido confeccionado a partir de las mediciones del nivel piezométrico en los puntos de agua inventariados en noviembre de 1992. A continuación se describen las principales características piezométricas desglosadas para los tres acuíferos.

A) Acuífero cuaternario aluvial.-

La disposición de las isopiezas en este acuífero está condicionada por el régimen de los aportes fluviales a los que están asociados. En los aluviales del río Oñar y sus dos principales afluentes, rieras de Benaula y Gotarra, la situación observada en la mayoría por parte de los cursos fluviales, hecho corroborado por el estudio foronómico llevado a cabo simultáneamente (véase 5.2. apartado A), los gradientes son muy bajos, especialmente en los tramos medios e inferior, pues varían entre 0,01 y 0,0025.

En la riera de Sta. Coloma, los caudales circulantes superiores a los habituales, favorecieron la recarga del aluvial, en especial en el tramo inmediatamente anterior a la confluencia con la riera de Sils, confirmando las pérdidas observadas en los aforos diferenciales (véase 5.2. apartado B) y reflejándose en la disposición piezométrica. Los gradientes son similares a los registrados en los aluviales del Onyar, y el flujo de descarga, dentro del ámbito estudiado, parece indicar una cesión de recursos hacia las formaciones volcánicas y graníticas del área del Maçanet de la Selva, y hacia afuera de la unidad hidrogeológica.

B) Acuífero pliocuaternario.-

A grandes rasgos, las isopiezas deducidas en el estudio piezométrico marcan una divisoria de aguas subterráneas que prácticamente coincide con la divisoria de las cuencas hidrográficas del Onyar y riera de Sta. Coloma. Las principales inflexiones son ocasionadas por el efecto drenante de las formaciones adyacentes, en especial las del río Onyar-riera de Gotarra que provocan una "subida" muy marcada de la isopieza de 90 m.s.n.m., desde las proximidades de Gerona hasta Sant Andreu Salou (≈ 10 km), como se puede apreciar en el mapa hidrogeológico. En algunos puntos muy localizados se han observado fenómenos de artesianismo provocados por el parcial aislamiento hidráulico de cuerpos sedimentarios detríticos, como en el área de la ermita de San Marcial, al SE de Sta. Coloma de Famers (sondeo 3813-7-2) y riera de Benaula, a la altura de Caldes de Malavella (sondeos 3913-5-3, -4 y -9), lo que determina el "corte" de la isopieza con la superficie topográfica. Un claro efecto de recarga, posiblemente temporal, se observó en el área de Riuderenes-Sils generado por el mismo proceso y misma zona, que el mencionado para el aluvial de la riera de Sta. Coloma, cesión de caudales por infiltración directa en los materiales del aluvial, y de ahí cesión a los materiales detríticos de las formaciones pliocuaternarias. También en esta zona parece inducirse por la disposición piezométrica un aporte de recursos a las vulcanitas y granitos del área de Maçanet. Los gradientes son muy variables en función de la heterogeneidad de los componentes petrológicos, que producen cambios en la permeabilidad, los más altos se han calculado en las áreas limítrofes a los relieves periféricos, del orden de 0,02 a 0,01, los más bajos en las partes centrales de 0,0025 a 0,001.

C) Acuífero paleozoico.-

La escasez de puntos perforados en las formaciones pizarrosas y graníticas del Paleozoico, y las características hidrogeológicas de las mismas, con desarrollos irregulares de los horizontes permeables, efectos barreras, cambios bruscos en la

permeabilidad, etc, no permiten la ejecución de un mapa piezométrico con la suficiente exactitud y que abarque a la totalidad de sus afloramientos. Tan sólo se han podido esbozar isopiezas, supuestas en la mayor parte de las zonas, que no obstante, han permitido la deducción de ciertas características destacables. En primer lugar, parece existir una continuidad hidráulica entre los horizontes acuíferos, superficiales, de las pizarras y granitos con las formaciones acuíferas del pliocuaternario de la depresión. En efecto, los gradientes piezométricos se mantienen prácticamente iguales, en las zonas de contacto de ambos tipos de materiales, así como la morfología de las isopiezas respectivas. En segundo lugar, la superficialidad de los horizontes permeables, desarrollados en las zonas de alteración, determina que las isopiezas se "adaptan" a la topografía de la superficie del terreno mostrando inflexiones concordantes con las zonas deprimidas. Y por último, en las perforaciones que explotan a estos materiales en horizontes acuíferos profundos (como en los abastecimientos de Cassà de La Selva y Llagostera) inducen depresiones piezométricas que se "transmiten" al acuífero pliocuaternario lo que demuestra la conexión hidráulica de ambas formaciones.

7.3. FUNCIONAMIENTO HÍDRICO

7.3.1. ACUIFERO PALEOZOICO

Los horizontes permeables de los materiales paleozoicos se recargan por infiltración directa de las lluvias. Estos recursos infiltrados circulan hacia zonas impermeables almacenándose, y dando lugar a surgencias superficiales cuando las condiciones de afloramiento son las adecuadas, como en los manantiales del frente granítico de Sta. Coloma de Farners (3813-7-5, -6 y -7) o las propias del área hidrotermal de Caldes de Malavella ("Font de La Mina" 3813-8-40, "Raig d'en Mel", "Sant Grau", etc) o bien, pasan a engrosar los recursos hídricos de las formaciones pliocuaternarias como se deduce a partir del estudio piezométrico (véase 7.2), y a los aluviales de los cursos fluviales, en especial en la riera de Sta. Coloma (véase 5.2., apartado B). También existe una cesión de recursos

en el área del Maçanet hacia las formaciones volcánicas y de éstas por contacto directo, a los aluviales de la riera de Sta. Coloma (véase el corte hidrogeológico I-I').

7.3.2. ACUIFERO PLIOCUATERNARIO

La recarga de este acuífero se efectúa por infiltración directa de la lluvia y a través del flujo subterráneo procedente de los horizontes permeables de los bordes paleozoicos.

La descarga se produce fundamentalmente por el drenaje directo inducido por las formaciones aluviales, o indirectamente, a través de las vulcanitas y granitoides del área sur (véanse los cortes II-II', III-III' y IV-IV'). El otro proceso de descarga destacable es el bombeo mediante captaciones subterráneas, en algún caso artesianas por confinamientos locales de cuerpos detríticos. Las surgencias por manantiales son muy escasas y de poca relevancia, durante el inventario solo se han conocido dos (3813-7-8 y 3813-8-33).

7.3.3. ACUIFERO DE LAS FORMACIONES VOLCANICAS

En cono volcánico de Sant Dalmai y las coladas basálticas del área sur se recargan por infiltración directa de las lluvias, a través de los aluviales, y localmente por medio del contacto con el paleozoico y pliocuaternario, (véase el corte I-I'). Su descarga se efectúa, también por contacto con las formaciones antes mencionadas cuando las condiciones hidrogeológicas son adecuadas, y por bombeo mediante sondeo (abastecimientos de Riudarenes, Sils y Maçanet) o por galería de mina como en el caso del volcán de Sant Dalmai (3813-8-26 que drenaba un caudal de 26,2 l/seg en noviembre de 1992).

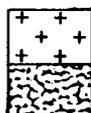
---▲--- Nivel piezométrico



Aluviales (Cuaternario actual)

Arcillas y arenas (Plio-Cuaternario)

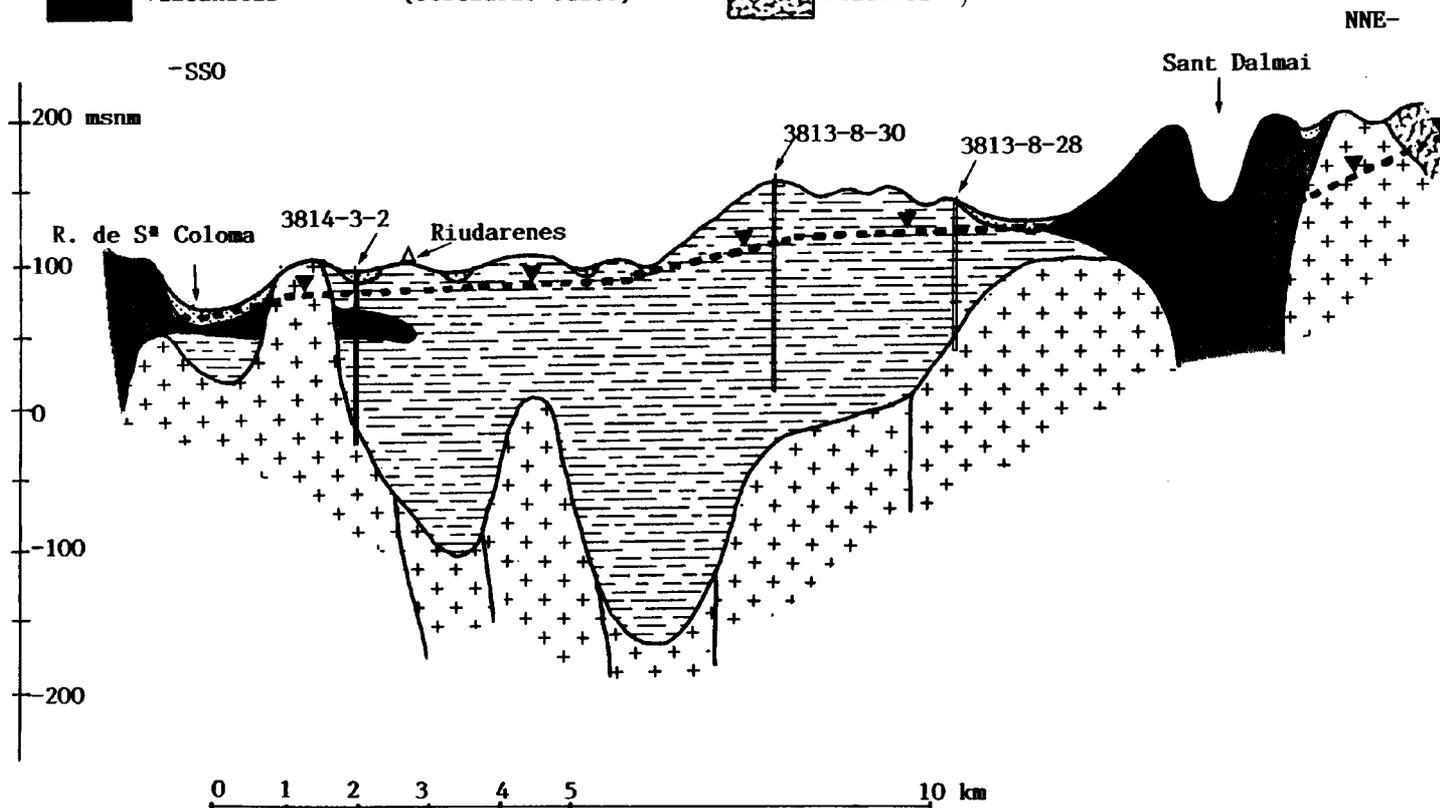
Vulcanitas (Terciario-Cuat.)



Granitos

Pizarras

(Paleozoico)



CORTE I-I'

LEYENDA

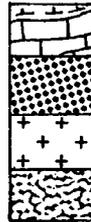
---▲--- Nivel piezométrico



Aluviales (Cuaternario actual)

Arcillas y arenas (Plio-Cuaternario)

Vulcanitas (Terciario-Cuat.)



Calizas y margas grises

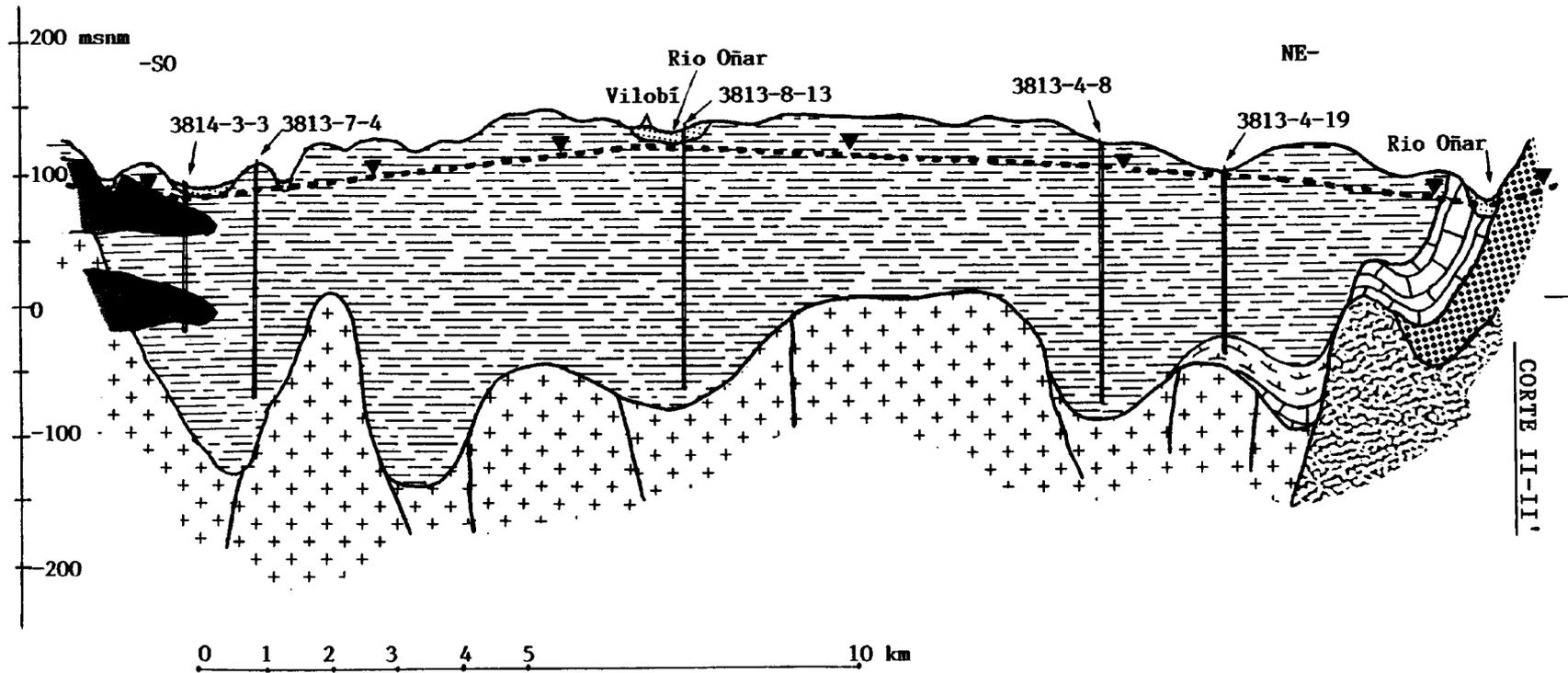
Conglomerados y arcillas

Granitos

Pizarras

(Paleo-Eoceno)

(Paleozoico)



--- Nivel piezométrico



Aluviales (Cuaternario actual)

Arcillas y arenas (Plio-Cuaternario)

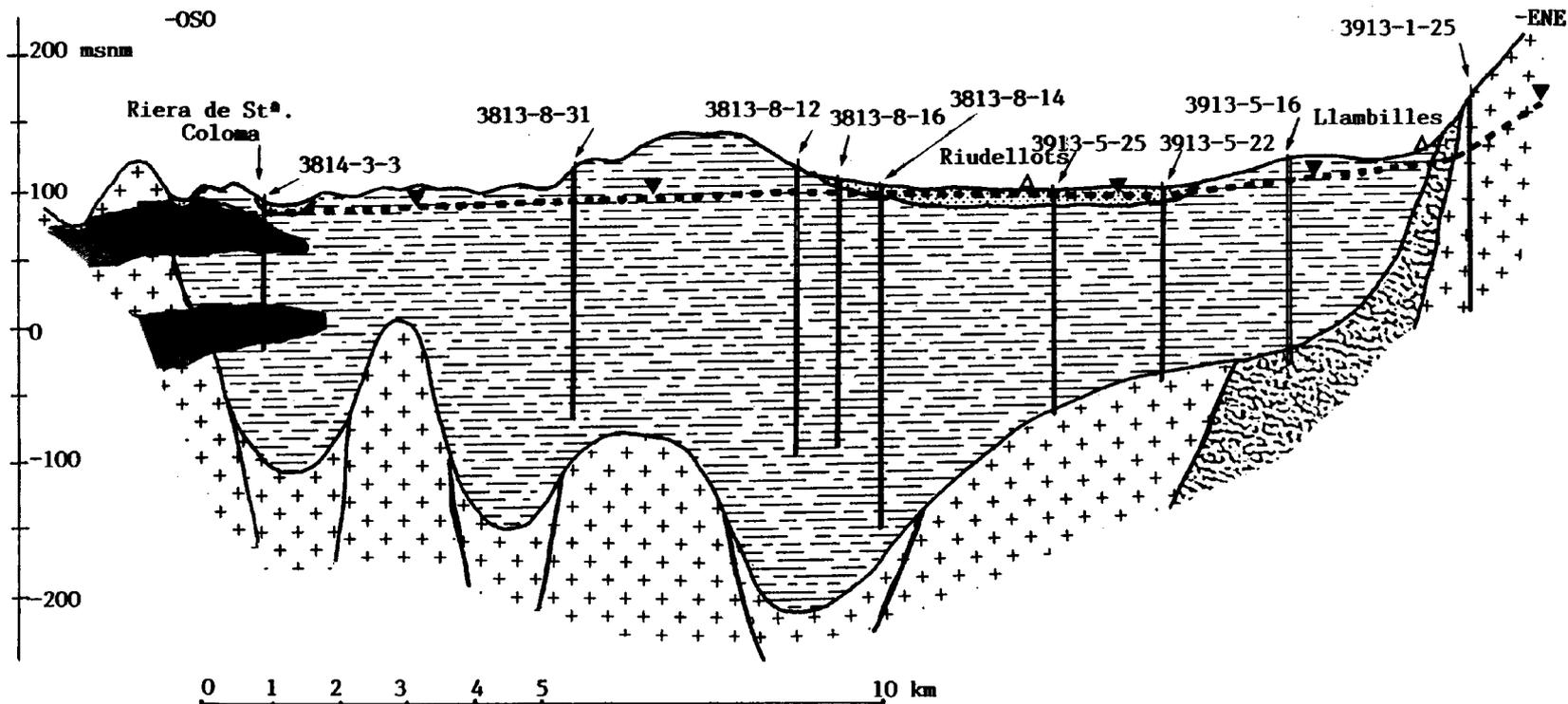
Vulcanitas (Terciario-Cuat.)



Granitos

Pizarras

(Paleozoico)



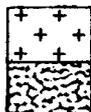
---▲--- Nivel piezométrico



Aluviales (Cuaternario actual)

Arcillas y arenas (Plio-Cuaternario)

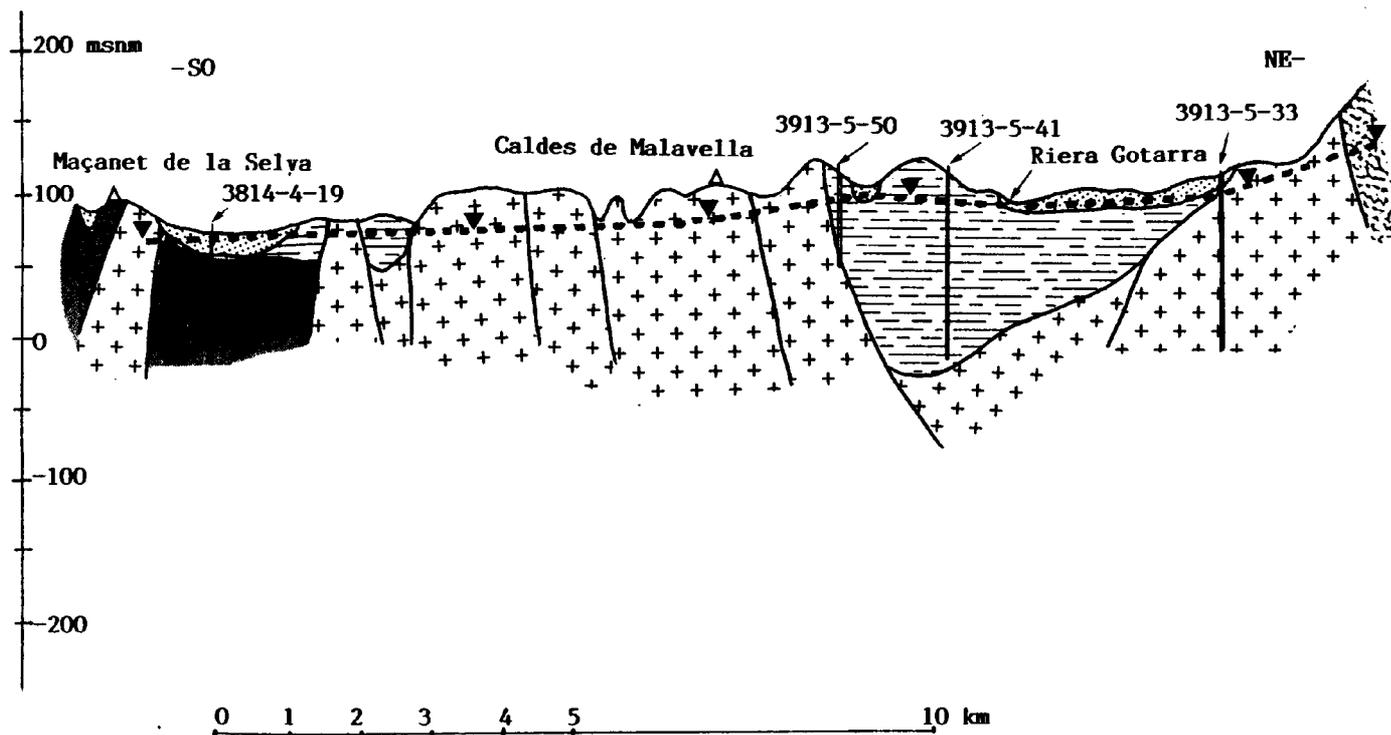
Vulcanitas (Terciario-Cuat.)



Granitos

Pizarras

(Paleozoico)



CORTE IV-IV'

7.3.4. ACUIFERO ALUVIAL

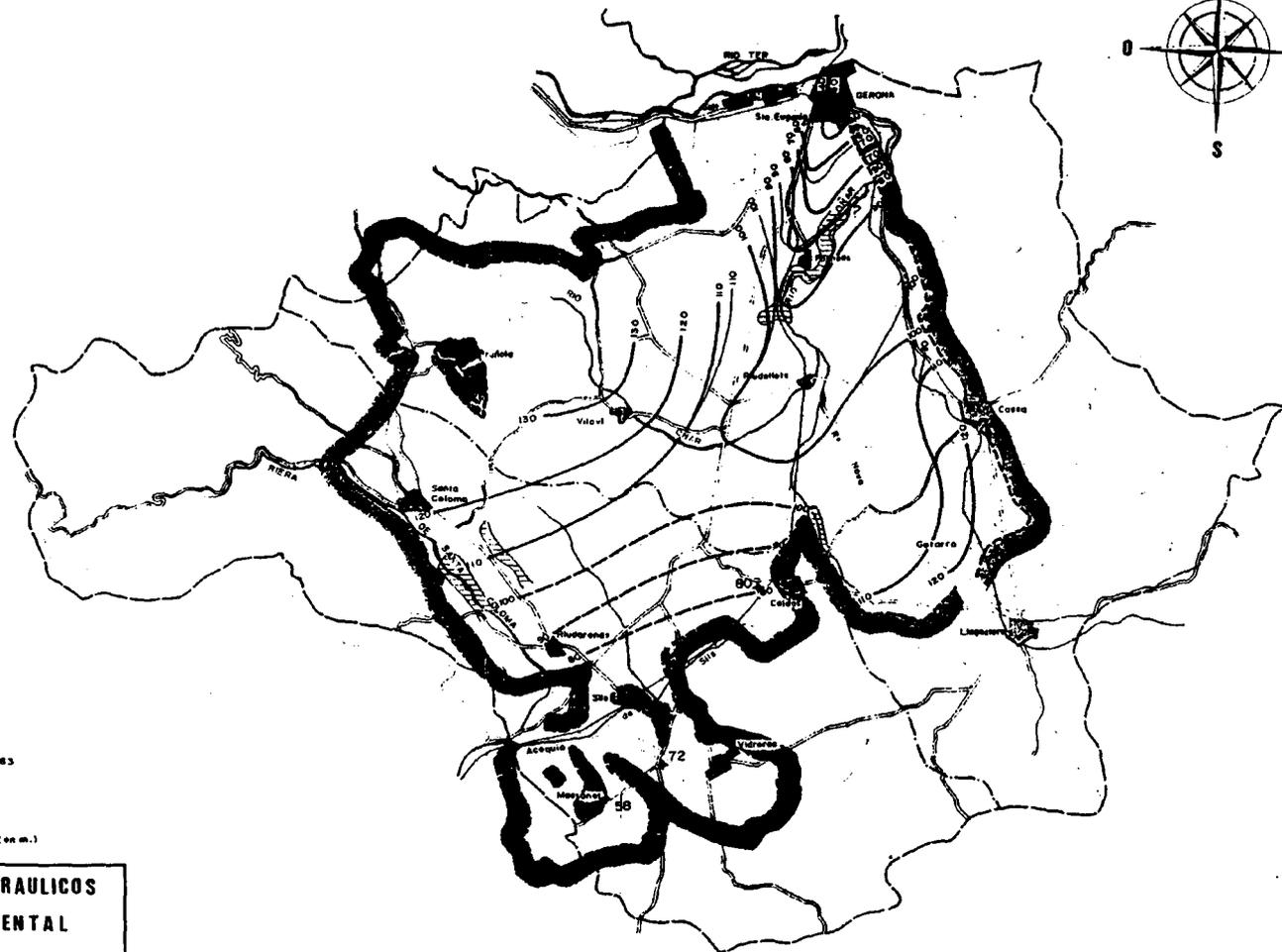
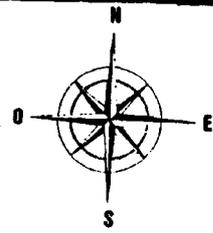
Se recarga por infiltración directa de las lluvias y a través de los cursos fluviales a los que están asociados, y por el drenaje que efectúa a las formaciones plio-cuaternarias y paleozoicas (ocasionalmente y localmente a las volcánicas). Su descarga se efectúa por bombeo, por drenaje mediante acequias (para deprimir el nivel freático y permitir ciertos cultivos), por evapotranspiración, especialmente la provocada por los cultivos de freatofitas (véase 6.2), por drenaje superficial en los cauces, y por flujo subterráneo hacia afuera de La Selva (en el sector norte por los aluviales del Onyar y por el sur por los de la riera de Sta. Coloma), y como ya se ha mencionado cediendo parte de sus recursos, en condiciones hidrogeológicas particulares, a los horizontes permeables de los materiales volcánicos y graníticos del sector sur.

7.3.5. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA. DESCENSOS OCTUBRE 1992 Y SEPTIEMBRE 1993

El informe del REPO (1970) presenta un "esquema piezométrico" poco preciso en cuanto a la disposición de la superficie piezométrica de los dos acuíferos considerados (véanse las fig. 1 y 2), que no permite establecer una comparación entre aquella situación y la de octubre de 1992 (mapa nº 1 de los anexos), y que a su vez facilite conocer la evolución seguida por la piezometría de ambos acuíferos.

Los objetivos del Informe del ITGE de 1979 ("Estudio Geotérmico preliminar de la Depresión de La Selva") no contemplaban estudiar la disposición piezométrica, y los datos disponibles sobre profundidad de los niveles de agua en las captaciones muestreadas en dicho informe, son imprecisas e incompletas, por lo que tampoco ha sido posible estudiar la evolución entre 1979 y 1992.

FIG. 1



LA SELVA
ESQUEMA PIEZOMETRICO DE
LOS ACUIFEROS PLIOCENO Y EOCENO
Escala del original 1:100 000
Escala grafica 0 1 2 3 4 5 km

LEYENDA

-  Límite del plioceno
-  Isopieza con cota en m. } 1963-1970
-  Isopieza supuesta. }
-  Isopieza con cota en m. } antes de 1963
-  Zona de artesianismo
-  72 Sondeos suenos con cota piezométrica del agua (en m.)

ESTUDIO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS
TOTALES DEL PIRINEO ORIENTAL
ZONA NORTE

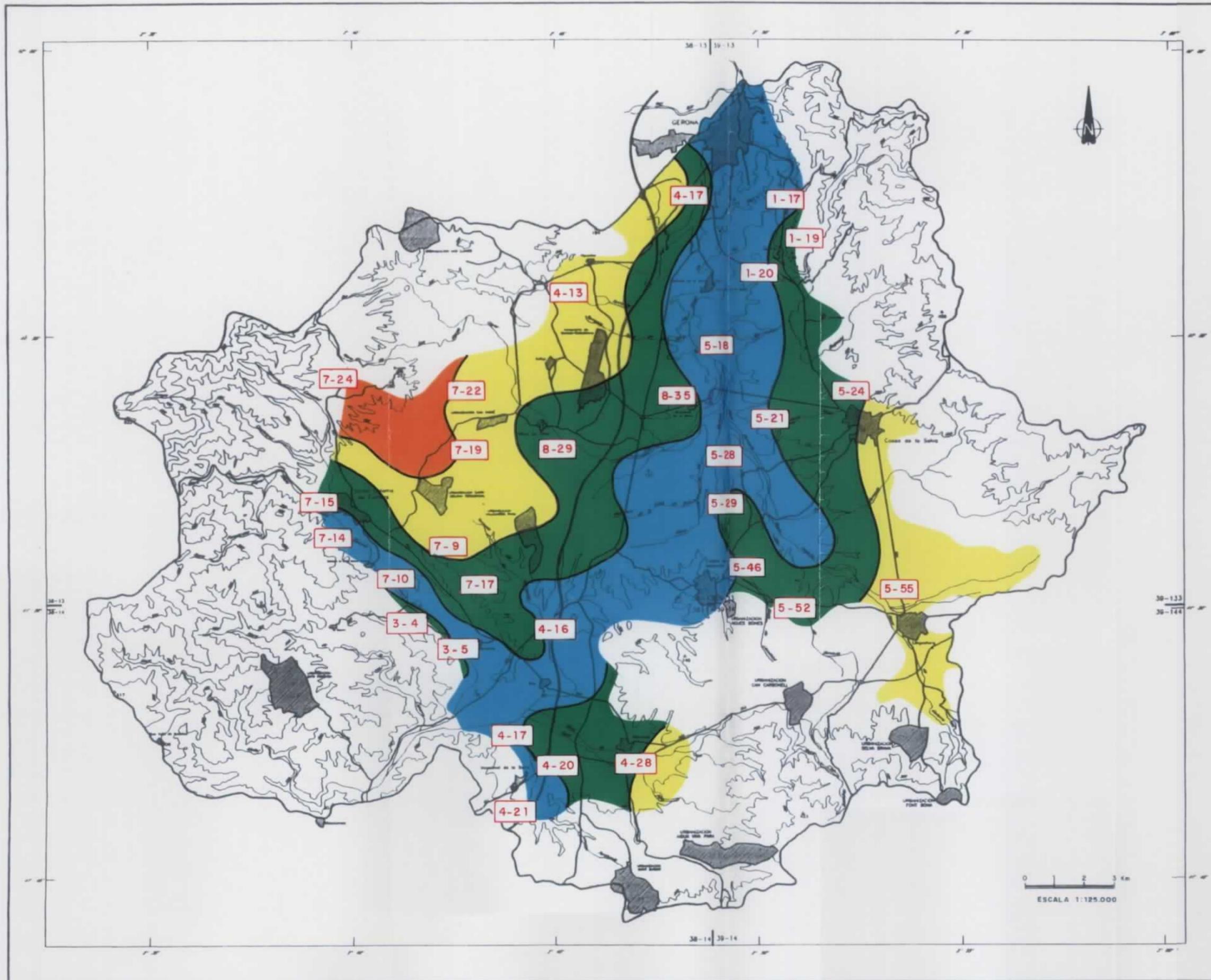
Para poder conocer, en una primera aproximación la evolución de los niveles a lo largo del tiempo, se realizó una campaña de mediciones, en septiembre de 1993 sobre una red piezométrica de 30 puntos (véase la tabla adjunta), establecida en los trabajos de inventario de noviembre de 1992. La primera característica observada ha sido el descenso generalizado en el total de las superficies piezométricas, del acuífero aluvial y acuífero pliocuaternario, y en prácticamente idénticos órdenes de magnitud. Esto, ha permitido la ejecución de un mapa de descensos, nº 7, sintetizada para ambos acuíferos.

Los descensos máximos, entre 1 y 2 m, se observaron en los bordes noroccidental y suroriental de la depresión, disminuyendo su intensidad, casi paralelamente, hacia las partes centrales de la misma, coincidiendo a grandes rasgos con los ejes fluviales de la riera de Sta. Coloma y río Onyar, donde fueron mínimos, entre 0,20 y 0,5 m. Estos descensos fueron suficientes para que cesara el drenaje al acuífero en algunos tramos de esos cursos fluviales durante los meses estivales (véase el epígrafe 4.3), aunque en el tramo bajo del Onyar se mantuvo con cierta importancia.

Exceptuando descensos muy acentuados y locales, de más de 6 m, claramente inducidos por conos de bombeo (abastecimientos de Sils, Sta. Coloma, etc), la causa principal de la disminución de niveles, ha sido la escasez de recarga pluvial, con precipitaciones mínimas desde la primavera, y que la piezometría de noviembre de 1992 era especialmente alta.

DIFERENCIAS PIEZOMÉTRICAS ENTRE NOVIEMBRE 1992 -SEPTIEMBRE 1993

Red Piezométrica	Cota de referencia (m s.n.m.)	N.E. (m) (1993)	N.E. (m) (1992)	Diferencia (m) (1992-1993)
Nº de Inventario				
3813-4-13	185	39,88	38,06	-1,82
4-17	95	6,88	5,53	-1,35
7-9	110	3,16	2,13	-1,03
7-10	110	2,81	2,22	-0,59
7-14	135	17,22	10,54	-6,68
7-15	130	3,87	3,73	-0,14
7-17	100	9,05	8,22	-0,83
7-19	150	19,01	17,84	-1,17
7-22	155	26,11	24,97	-1,14
7-24	230	7,02	4,38	-2,64
8-29	123	2,85	1,98	-0,87
8-35	103	3,36	2,53	-0,83
3814-3-4	105	16,22	15,09	-1,13
3-5	85	1,78	1,28	-0,50
4-16	80	4,08	3,12	-0,96
4-17	65	5,96	5,14	-0,82
4-20	70	2,87	2,34	-0,53
4-21	75	3,55	2,98	-0,57
4-28	75	4,52	3,61	-0,91
3913-1-17	78	5,18	4,77	-0,41
1-19	95	7,07	5,25	-1,82
1-20	95	8,03	7,27	-0,76
5-18	99	4,67	4,18	-0,49
5-21	110	8,07	7,34	-0,73
5-24	111	3,64	2,82	-0,82
5-28	132	29,00	28,35	-0,65
5-29	132	28,03	27,12	-0,91
5-46	134	14,20	13,62	-0,58
5-52	110	3,77	2,88	-0,89
5-55	118	4,81	3,72	-1,09



LEYENDA

DESCENSOS NOV. 1992 - SEP. 1994

- < 0,5 m
- 0,5 - 1,0 m
- 1,0 - 1,5 m
- > 1,5 m

RED PIEZOMETRICA

- 4-13 OCTANTE Y NUMERO DE INVENTARIO

MAPA Nº 7

DESCENSOS PIEZOMETRICOS

7.4. BALANCE HÍDRICO

A partir de los datos sobre extracciones, parámetros hidrogeológicos, lluvias, estudio foronómico, etc, considerados en los capítulos precedentes se ha establecido un balance hidrogeológico para las cuatro formaciones acuíferas definidas en el ámbito de La Selva. Se muestra de forma resumida en el cuadro adjunto. (Nº 7.1).

Para el global de los afloramientos paleozoicos se ha considerado una infiltración promedio del 2% de las lluvias, lo que suponen 4,9 hm³/año de recursos disponibles. De estos se explotan 1,3 hm³/año por medio de surgencias superficiales (0,4 hm³/año) y bombeo directo (0,9 hm³/año), y 3,6 hm³/año se transfieren mediante flujo subterráneo a las formaciones detríticas de la depresión.

En el pliocuaternario, a partir de los datos foronómicos disponibles de la estación del Onyar, se ha estimado una infiltración promedio del orden del 10% de la lluvia, lo que representan unos 11,8 hm³/año en los 157 km² de afloramientos. Del paleozoico recibe 3,6 hm³/año, con lo que el total de recursos anuales son 15,4 hm³/año. Se extraen por bombeos 0,5 hm³/año y mediante el drenaje inducido por los aluviales 14,9 hm³/año.

En las vulcanitas la infiltración estimada ha sido del 15% de la lluvia lo que representa 1,7 hm³/año. Se consumen por bombeo 0,3 hm³/año; 0,8 hm³/año por drenaje de la mina del volcán de Sant Dalmai y 0,6 hm³/año son drenados por las formaciones aluviales.

FORMACIONES ACUÍFERAS	ENTRADAS (hm ³ /año)			SALIDAS (hm ³ /año)			
	INFILTRACIÓN DE LLUVIAS	TRANSFERENCIAS ENTRE FORMACIONES	TOTALES EN LAS FORMACIONES	EXTRACCIONES Y BOMBEO	DRENAJES EN CURSOS FLUVIALES	TRANSFERENCIAS ENTRE FORMACIONES	TOTALES EN LAS FORMACIONES
PALEOZOICO	4,9	-	4,9	1,3	-	3,6 (Pliocuaternario)	4,9
PLIOCUATERNARIO	11,8	3,6 (Paleozoico)	15,4	0,5	-	14,9 (Aluviales)	15,4
VULCANITAS	1,7	-	1,7	1,1	-	0,6 (Aluviales)	1,7
ALUVIALES	24,8	15,5 (1) (1)	40,3	32,3 (2)	8,0 (3)	-	40,3
TOTALES	43,2			35,2	8,0		

Cuadro 7.1.

BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

(1) Vulcanitas: 0,6; Pliocuaternario: 14,9

(2) Incluido el drenaje inducido por acequias y evapotranspiración de los cultivos de freatofitas

(3) Por el Oñar: 7,2; por la riera de Sta. Coloma: 0,8

Por último, los aluviales reciben por infiltración directa de las lluvias un 30% de las mismas, lo que representan 24,8 hm³/año, que añaden al flujo subterráneo procedente de las vulcanitas (0,6 hm³/año), y de los horizontes acuíferos del pliocuaternario (14,9 hm³/año), sumando en total unos recursos anuales de 40,3 hm³/año. Estos se consumen mediante el bombeo directo (10,02 hm²/año), drenaje de acequias (1,6 hm³/año), evapotranspiración de cultivos freatofíticos (20,6 hm³/año), y por el drenaje a través de los cauces del Onyar (7,2 hm³/año) y riera de Sta. Coloma (0,8 hm³/año).

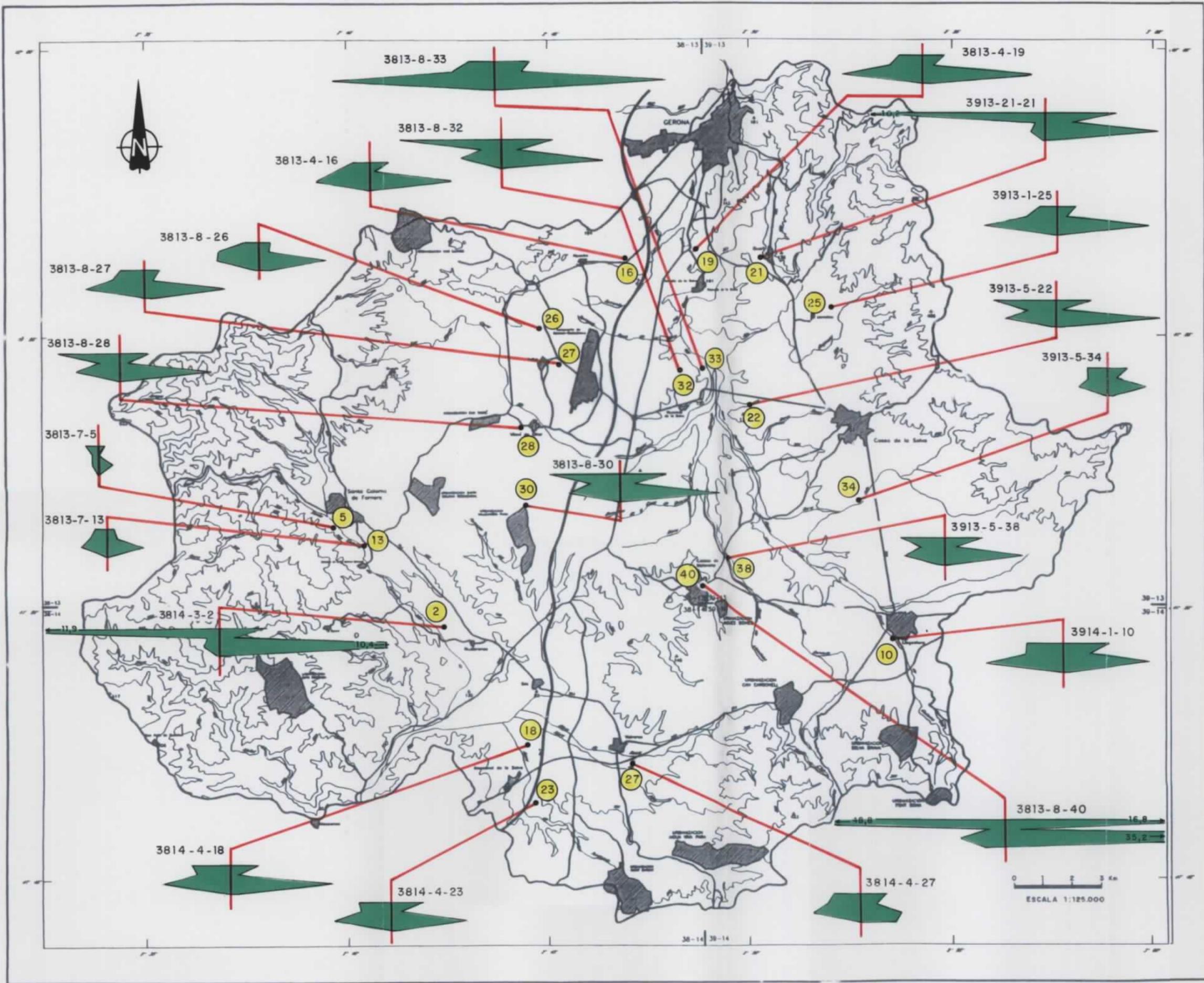
8.- HIDROQUÍMICA

8.- HIDROQUÍMICA

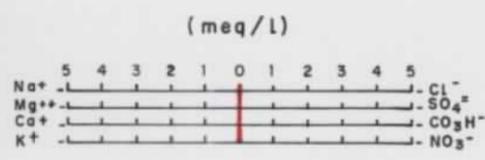
A partir de los 68 análisis realizados durante el inventario y tomando como fundamento el amplio muestreo realizado en el "Estudio Geotérmico Preliminar de la depresión de La Selva" se han podido describir los principales aspectos del quimismo de las aguas subterráneas de La Selva.

En principio, es preciso hacer mención de los núcleos hidrotermales de Sta. Coloma de Farners (42° C) y Caldes de Malavella (60° C). Las primeras se emplean en los usos de un balneario ("Termes Orión") y las segundas se embotellan como aguas de mesa carbónicas ("Vichy Catalán", "Agua Imperial", "San Narciso"...). Se caracterizan por su carácter bicarbonatado sódico, y alta mineralización. El Na⁺ puede superar el 90% del total catiónico, y el Si O₂ puede alcanzar valores por encima de 90 ppm.

En el diagrama de Piper (fig. 8.1) se aprecia una tendencia del conjunto muestreado hacia el carácter bicarbonatado sódico típico de las aguas termales, como la representada por la muestra del manantial hidrotermal de "La Mina" (3813-8-40). En este contexto es preciso hacer notar la semejanza entre los diagramas de Stiff de esta muestra (véase el mapa de diagramas de Stiff nº 8) y el del sondeo que abastece al núcleo de Riudarenes (3813-3-2) perforado en el aluvial de la riera de Sta. Coloma aguas abajo de las surgencias hidrotermales del frente granítico de Sta. Coloma de Farners, corroborando, por otra parte, la importancia de los aportes subterráneos de esa procedencia y de esa zona concreta (véase 5.2. apartado B).



LEYENDA



MAPA Nº 8

DIAGRAMAS DE STIFF

Observando el mapa de diagramas de Stiff y el diagrama triangular de Piper, se puede deducir que el carácter dominante en las aguas subterráneas de La Selva es el bicarbonatado cálcico, en clara relación con la naturaleza mineralógica de los materiales que las contienen. Las relaciones de miliequivalentes de, $\text{CO}_3\text{H}^- / \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ y $\text{CO}_3\text{H}^- + \text{SO}_4^{=4} / \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ son muy próximas a la unidad indicando con ello una circulación en medio arcósico con influencia evaporítica de ambiente continental.

Salvo particularidades puntuales, las concentraciones de los distintos compuestos químicos son muy similares entre la mayoría de las aguas. Las formas y tamaños de los diagramas de Stiff son muy semejantes.

Comparando la profundidad de las aguas analizadas con el grado de mineralización, no se aprecia ninguna relación directa, en consecuencia, tampoco existe correspondencia entre contenido de sólidos disueltos y permanencia en el acuífero. Ello es debido a que la capacidad de disolución de las aguas infiltradas se atenúa por la estabilización rápida del CO_2 de procedencia atmosférica y los pH de equilibrio se aproximan a los reales.

La presencia de NO_3^- , indicativa de procesos contaminantes de origen agrícola, no es significativa, la mayoría de las muestras ($\approx 80\%$) no superan las 25 ppm, el resto queda por debajo de las 40 ppm, y tan sólo en un caso se han analizado 120 ppm en una (abastecimiento de Vidreres 3814-4-27) que está claramente influenciada por el entorno agrícola-urbano.

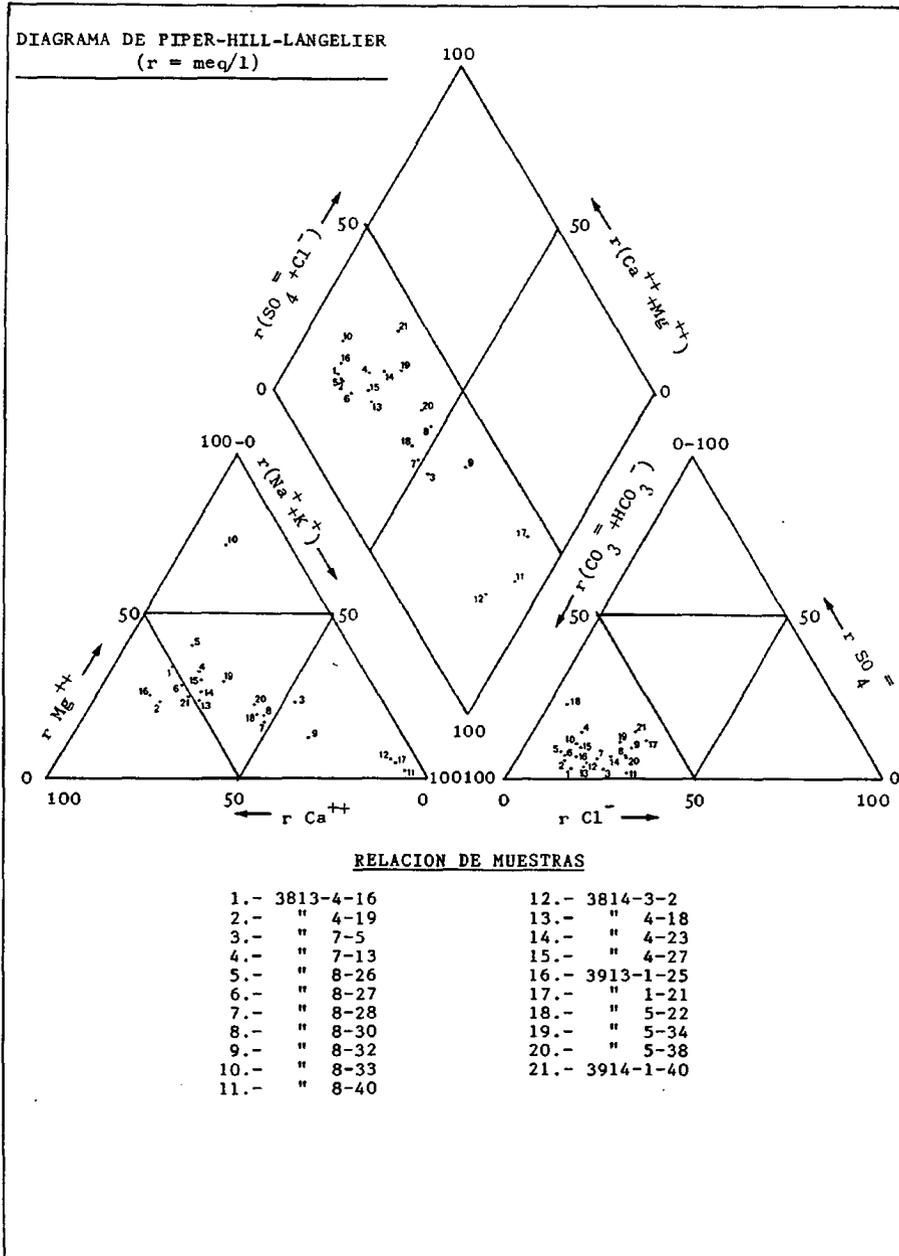
Las conductividades electroquímicas tienen magnitudes moderadas, exceptuando las de origen hidrotermal, variando la mayoría entre 500 y 800 $\mu\text{mhos/cm}$ (véase el mapa de conductividades nº 9). Los valores mínimos se registran en general en los bordes de la depresión, aunque, en el área de Riudarenes se observan máximos ocasionados por la influencia hidrotermal. Aumentan progresivamente hacia las partes centrales, denotando un incremento de sólidos disueltos en res-

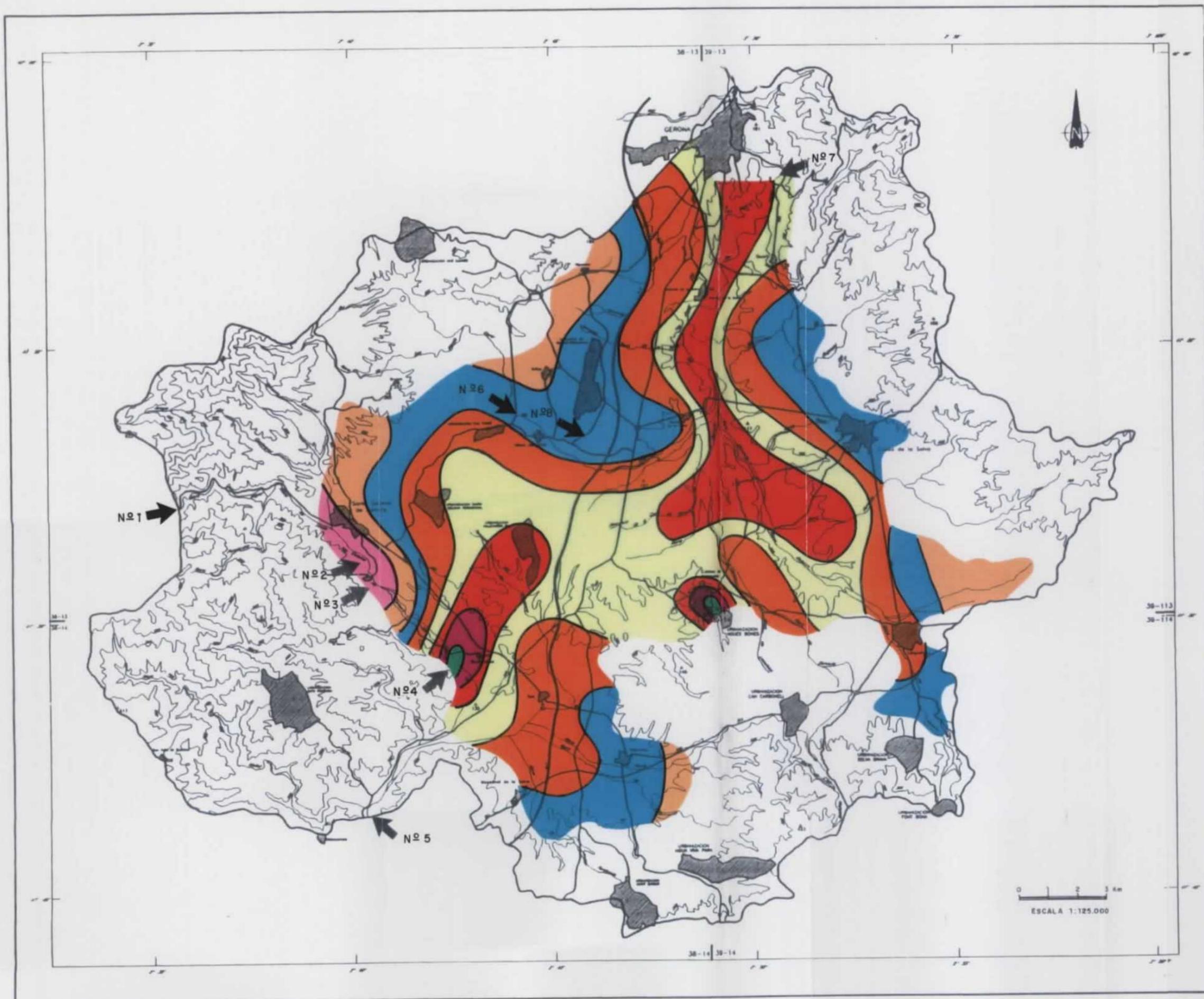
puesta a la mayor permanencia en el acuífero. No se observan anomalías destacables generadas por agentes contaminantes superficiales (vertidos, abonos, etc), y si se aprecia cierta dilución en el área de influencia de la riera de Sta. Coloma (en su primer tramo dentro de la depresión) provocada por la infiltración de parte de sus aportes en su aluvial.

La distribución de SiO_2 (mapa nº 10), muestra valores máximos, lógicamente, en los focos hidrotermales de Sta. Coloma y Caldes de Malavella, y, en las franjas Riudellots-Fornells, y Can Tarré-Vallcanera-Riudarenes, donde las concentraciones varían entre las 75 y 100 ppm, y coincidiendo con la orientación de las principales fracturas que afectan al basamento de la depresión (véase el mapa hidrogeológico en los Anexos) indicando con ello cierto flujo de carácter hidrotermal a través de las mismas.

Las muestras de aguas superficiales presentan características químicas afines a la mayoría de las de procedencia subterránea (compárense los diagramas de las figuras 8.1 y 8.2). En la riera de Sta. Coloma se tomaron 5 muestras en diferentes puntos de su recorrido, en el diagrama de PIPER (fig. 8.2), presentan la misma tendencia hacia el carácter bicarbonatado sódico a medida que la riera se adentra en los materiales de la depresión, especialmente en la procedente del tramo inferior (nº 5), a la salida, que muestra un significativo aumento de bicarbonato y sodio, después de su paso por las surgencias hidrotermales del área de Sta. Coloma de Farners-Riudarenes. El vertido de las aguas residuales de Sta. Coloma provoca el incremento brusco del conjunto de sólidos disueltos, en especial de Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Na^+ y, particularmente, de P_2O_5 que de la no presencia pasa a 6,6 ppm (nº 3).

figura 8.1





LEYENDA

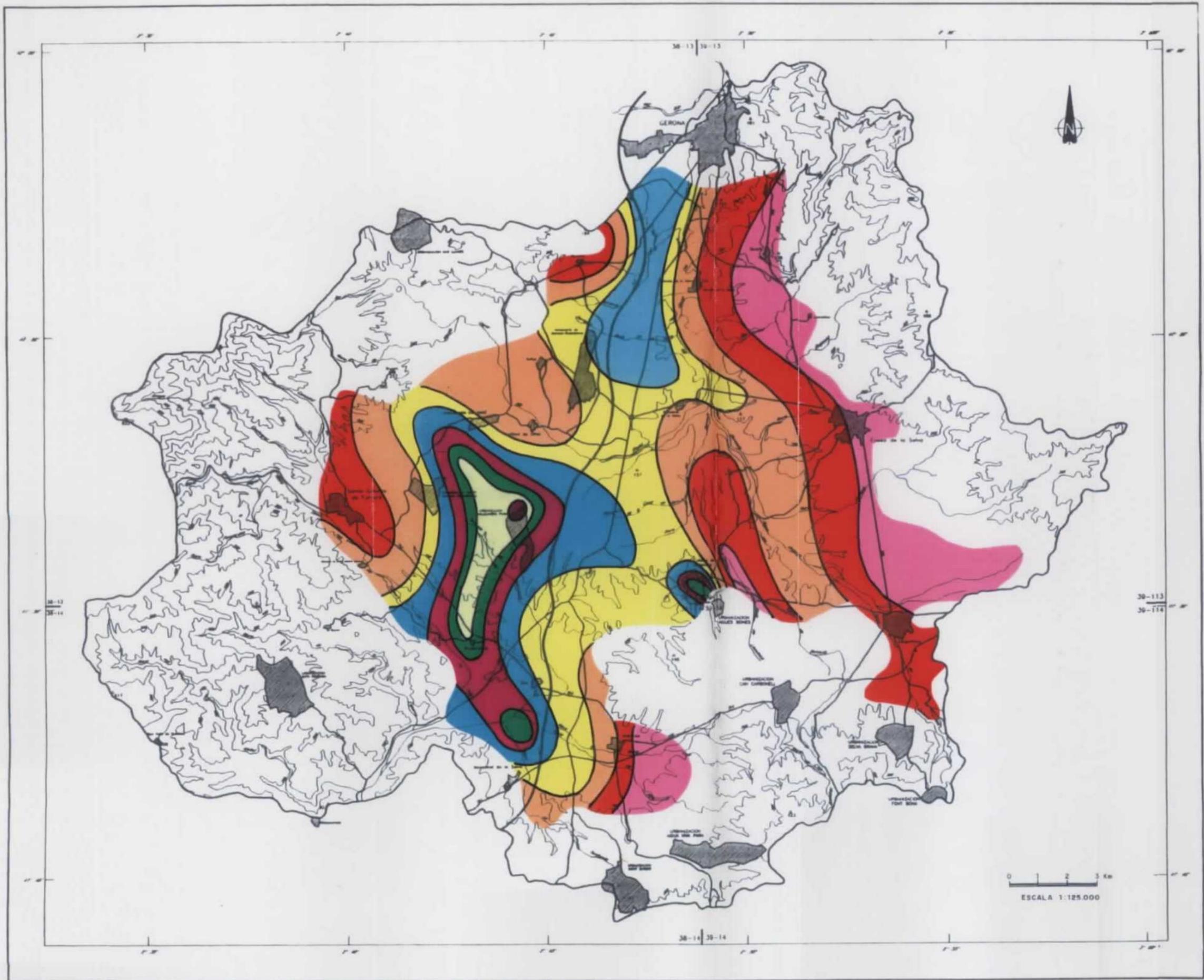
- < 400 $\mu\text{S/cm}$
- 400 - 500 $\mu\text{S/cm}$
- 500 - 600 $\mu\text{S/cm}$
- 600 - 700 $\mu\text{S/cm}$
- 700 - 800 $\mu\text{S/cm}$
- 800 - 900 $\mu\text{S/cm}$
- 900 - 1000 $\mu\text{S/cm}$
- > 1000 $\mu\text{S/cm}$

← UBICACION DE LAS MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES

- Nº 1 - 237 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 2 - 273 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 3 - 506 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 4 - 370 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 5 - 652 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 6 - 612 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 7 - 910 $\mu\text{S/cm}$
- Nº 8 - 493 $\mu\text{S/cm}$

MAPA Nº 9
CONDUCTIVIDADES
ELECTROQUIMICAS

0 1 2 3 km
 ESCALA 1:125.000



LEYENDA

- < 30 p.p.m. de SiO₂
- 30 - 40 p.p.m. de SiO₂
- 40 - 50 p.p.m. de SiO₂
- 50 - 60 p.p.m. de SiO₂
- 60 - 70 p.p.m. de SiO₂
- 70 - 80 p.p.m. de SiO₂
- 80 - 90 p.p.m. de SiO₂
- 90 - 100 p.p.m. de SiO₂
- > 100 p.p.m. de SiO₂

MAPA Nº 10

CONTENIDOS DE SiO₂

9.- UBICACIÓN DE ÁREAS FAVORABLES PARA CAPTACIONES

9.- UBICACIÓN DE ÁREAS FAVORABLES PARA CAPTACIONES

Los principales núcleos urbanos tienen sus abastecimientos públicos e industriales cubiertos con las captaciones actuales. Gerona y su entorno, reciben agua del Ter, y se prevé que los municipios de Cassà de La Selva, Llagostera y posiblemente Caldes de Malavella en un futuro próximo se suministren con la regulación del embalse de El Pasteral. La agricultura, en el estado actual de desarrollo, también tiene satisfechas sus necesidades de riego y tampoco existen expectativas de que se incrementen las superficies regadas en los próximos años. En este contexto no se espera un aumento significativo del número de captaciones, no obstante a fin de complementar, cubrir los aumentos de demanda estacionales o garantizar un suministro alternativo, es preciso definir zonas, que por sus características hidrogeológicas, son más favorables para la ubicación de nuevas perforaciones. En principio, de acuerdo con los resultados del presente Estudio, las zonas que se han seleccionado son:

A) Aluviales de la riera de Sta. Coloma.-

Reciben un importante volumen de recursos procedentes del frente granítico y pliocuatnario (en sus horizontes más superficiales), y de la escorrentía drenada por la cabecera de la propia riera, generando unos excedentes subterráneos del orden de 0,8 hm³/año, que si bien cuantitativamente no son elevados, equivalen al suministro anual de las poblaciones de Riudarenes, Sils y Santa Coloma de Farners, ubicadas en su radio de influencia.

B) Aluviales del Onyar.-

En su tramo inferior los excedentes subterráneos drenados por el propio aluvial se estiman en 7,2 hm³/año, suficientes por si mismos para cubrir la demanda de las actividades industriales implantadas en el entorno de Gerona.

C) Granitoides y frente de contacto con la depresión.-

Localmente y previo un estudio hidrogeológico adecuado, que permita una correcta ubicación, son previsibles resultados óptimos en la explotación de los recursos existentes en las formaciones graníticas del frente y próximas a contacto con los materiales de la depresión. Efectivamente, en los últimos años se han perforado sondeos ubicados en estas formaciones con resultados satisfactorios (abastecimientos públicos de Cassà de La Selva, Llambilles, Llagostera y particulares) que permiten su consideración a la hora de cubrir demandas de carácter local).

D) Zonas permeables en el pliocuaternario.-

A través de la investigación geofísica efectuada dentro del "Estudio Geotérmico preliminar de la Depresión de La Selva" (ITGE 1979), se puede constatar que el relleno de la fosa está formado por materiales arcillosos en la mayor parte de la misma, con componentes arenosos que ocasionalmente pueden determinar cuerpos de mayor o menor desarrollo. Esta composición litológica origina permeabilidades bajísimas en la generalidad de los materiales pliocuaternario, desaconsejando "a priori" su consideración como alternativa a posibles abastecimientos. En tan solo unas zonas muy concretas, y relativamente poco extensas, se puede suponer la existencia de formaciones permeables teniendo en cuenta la disposición de resistividades en los perfiles geoelectricos del estudio citado. Estas zonas son: área de Riudellots-Fornells-Quart, siguiendo a grandes rasgos el curso del Onyar; entorno del núcleo de Vilobí; riera de Sta. Coloma, en Riudarenes, en relación con la existencia de coladas basálticas interestratificadas en el pliocuaternario; y suroeste de Cassà de la Selva, en el área de confluencia de las rieras de Gotarra y Berneda.

10.- CONCLUSIONES Y PROGRAMA DE ACTUACIÓN

10.- CONCLUSIONES Y PROGRAMA DE ACTUACIÓN

1.- CONCLUSIONES

- La fosa de La Selva está desarrollada sobre un basamento paleozoico, granítico fundamentalmente, rellena de sedimentos pliocuaternarios, predominantemente de tipo arcósico en el sector occidental por la cercanía de los afloramientos graníticos, y arcillo-limoso en el noroccidental por influencia de las pizarras paleozoicas. El espesor máximo de los sedimentos supera los 300 m en las partes centrales. Las grandes fracturas estructurales de este sector de los catalánides condicionó la actividad volcánica representada por el volcán de St. Dalmai (Plioceno superior), vulcanitas de Caldes de Malavella (Plioceno inferior), L'Esparra (Pontiense final), Riudarenes (Plioceno inferior) y Maçanet de la Selva (Pontiense final-Plioceno inferior). Una vez colmatada la fosa se desarrolló en el Holoceno la red fluvial representada por las cuencas del río Onyar y riera de Sta. Coloma, cuyos aluviales se generan a partir de la denudación, transporte, y sedimentación de los materiales sobre los que discurren sus cursos asociados.

- El estudio foronómico basado en los datos disponibles, permite establecer que en los 295 km² de la cuenca del Onyar las aportaciones equivalen al 24% de la lluvia (750 mm de media anual), es decir 25,7 hm³/año. En la cuenca de la riera de Sta. Coloma la precisión en los aportes es muy limitada por escasez de datos históricos, estableciéndose, mediante correlación con los de la del Onyar, en un promedio teórico de 108,6 hm³/año equivalente al 44% de la lluvia media. Estos distintos porcentajes en los aportes se relacionan con las superficies ocupadas por los afloramientos paleozoicos (poco permeables) y pliocuaternarios (más permeables) de las respectivas cuencas: en el Onyar el 46% son paleozoicos y el 54% son pliocuaternarios; mientras que en la riera de Santa Coloma el 68% son paleozoicos y el 32% pliocuaternarios.

- La principal usuaria del agua subterránea es la agricultura, con 30 hm³/año, destacando el cultivo de freatofitas que "elimina" por medio de la evapotranspiración del orden de 20 hm³/año en los aluviales de la riera de Sta. Coloma - riera de Sils y río Onyar. El abastecimiento urbano utiliza 2,8 hm³/año y las actividades industriales una estimación de 1,1 hm³/año. Además se eliminan mediante acequias del orden de 1,7 hm³/año. Así pues, las aguas empleadas por actividades humanas suponen del orden de 35 hm³/año.

- Existen cuatro formaciones susceptibles de formar acuíferos:
 - a) Horizontes permeables de los materiales paleozoicos y graníticos.
 - b) Arenas y gravas de las formaciones sedimentarias pliocuaternarias.
 - c) Vulcanitas.
 - d) Aluviales actuales.

- De éstos, los que presentan mejores condiciones hidrogeológicas son los aluviales, por su alta permeabilidad, accesibilidad, recursos, etc, aunque potencialmente muy vulnerable a posibles contaminantes superficiales. El pliocuaternario, pese a su extensión y volumen, es un acuífero globalmente considerado pobre y con serias dificultades de explotación (presencia de finos, heterogeneidad de los cuerpos sedimentarios permeables, bajo coeficiente de almacenamiento, etc). Las vulcanitas y materiales paleozoicos permeables son acuíferos que localmente y en condiciones hidrogeológicas favorables, pueden facilitar la utilización de sus recursos hídricos.

- Los recursos hídricos subterráneos de La Selva provienen de la infiltración de las lluvias, estimados en 43,2 hm³/año (equivalente al 9,5% de la lluvia promedio), no existiendo aportes subterráneos ajenos, ni infiltración (a efectos de balance) de aguas superficiales procedentes de los cursos fluviales, actuando estos como nivel de base a los horizontes acuíferos colindantes.

Estos recursos se "consumen" mediante las extracciones 35,2 hm³/año y drenajes a través del río Onyar (7,2 hm³/año) y riera de Sta. Coloma (0,8 hm³/año).

- La calidad química del agua subterránea es en general aceptable, aunque localmente se han observado la presencia de Mn y Fe en captaciones con influencia de contaminantes superficiales. Las facies dominantes son las bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas evolucionando, hasta culminar en las hidrotermales, hacia el carácter bicarbonatado sódico. Exceptuando estas últimas, son aguas de poca mineralización y de escaso recorrido y permanencia en el acuífero, las conductividades raramente superan los 750-1000 μ S/cm. No se han detectado problemas graves de contaminación por nitratos, exceptuando lógicamente las zonas de cultivo más desarrollado (riera de Sils, entorno cultivado de Vilobí de Onyar, etc) donde localmente se han encontrado concentraciones superiores a 40 ppm (ocasionalmente 140 ppm de NO₃⁻).
- En la situación presente las zonas más favorables desde el punto de vista hidrogeológico, para la ubicación de nuevas captaciones son los aluviales del río Onyar y riera de Sta. Coloma, y puntualmente, y en condiciones adecuadas, los materiales permeables de las formaciones volcánicas y paleozoicas.

2.- PROGRAMA DE ACTUACIÓN

En el apartado de recomendaciones, las más necesarias para una correcta gestión y conservación de los recursos hídricos de La Selva se concretan en 3 programas de actuación:

- 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.

- Controlar, mediante parcelas experimentales, la intensidad y magnitud de la evapotranspiración en las zonas ocupadas por especies madereras, a fin de conocer con la mayor fiabilidad posible el consumo real de recursos hídricos por parte de estos cultivos, cuyo volumen, como se ha visto en el presente estudio, es determinante en el balance global de las aguas de La Selva.

- Control foronómico de la riera de St^a. Coloma, del río Onyar y acequias que cortan en parte el flujo drenado por los aluviales a las formaciones pliocuaternarias. Esto permitirá conocer con suficiente fiabilidad las importancia real de ese flujo subterráneo. Para este fin se recomienda la instalación de escalas en los siguientes cauces (véase el MAPA N^o 4):

<u>UBICACIÓN</u>	<u>N^o DE ORDEN (1^a campaña)</u>
Riera de St ^a Coloma (Molí del Beguís).	1
Canal del Molí del Beguís.	2
Riera de St ^a Coloma (Riudarenes).	6
Riera de St ^a Coloma (Massanes).	9
Río Onyar (Vilobí de Onyar).	13
Río Onyar (Riudellots).	17
Río Onyar (La Creueta).	16
Mina de Les Fonts (Salitja).	26
Acequia de Riu Roig (Riudarenes).	25
Acequia de Riudevila (aeropuerto).	20

La medición de las escalas será diaria y será preciso su calibración mediante una serie de aforos periódicos en diferentes épocas del año.

- Simultáneamente al control foronómico se recomienda el establecimiento de una red de control piezométrico para conocer las relaciones entre los comportamientos de las aguas superficiales y las subterráneas. Los puntos recomendados para dicha función, 30 en total, son los siguientes, de acuerdo con el inventario de 1992:

<u>Nº de inventario</u>	<u>naturaleza</u>	<u>cota de referencia (m.s.n.m.)</u>
3813-4-13.	pozo.	185
-4-17.	pozo.	95
-7-9.	pozo.	110
-7-10.	sondeo.	110
-7-14.	sondeo.	135
-7-15.	pozo.	130
-7-17.	pozo.	100
-7-19.	pozo.	150
-7-22.	pozo.	155
-7-24.	pozo.	230
-8-29.	sondeo.	123
-8-35.	pozo.	103
3814-3-4.	pozo.	105
-3-5.	pozo.	85
-4-16.	pozo.	80
-4-17.	pozo.	65
-4-20.	pozo.	70
-4-21.	pozo.	75
-4-28.	pozo.	75
3913-1-17.	pozo.	78
-1-19.	pozo.	95
-1-20.	pozo.	95
-5-18.	pozo.	99
-5-21.	pozo.	110

-5-24.	pozo.	111
-5-28.	pozo.	132
-5-29.	pozo.	132
-5-46.	pozo.	134
-5-52.	pozo.	110
-5-55.	pozo.	118

- Controlar la calidad química de las aguas subterráneas, relacionándolas con la de las aguas superficiales a fin de establecer sus interrelaciones hídricas, y prever la posible acción de agentes contaminantes. La red de control prevista consta de los 28 puntos siguientes:

<u>Nº de inventario</u>	<u>Naturaleza</u>
3813-4-16	sondeo
-4-19.	sondeo
-7-5.	manantial
-7-13.	pozo
-8-26.	mina
-8-27	sondeo
-8-28	sondeo
-8-30	sondeo
-8-32	sondeo
-8-33	manantial
-8-40	manantial
814-3-2.	sondeo
-4-18.	sondeo
-4-23.	sondeo
-4-27.	sondeo
3913-1-21.	sondeo
-1-25.	sondeo

-5-22.	sondeo
-5-34.	sondeo
-5-38.	sondeo
3914-1-10.	sondeo

<u>Cursos fluviales</u>	<u>Ubicación</u>
Riera de St ^a Coloma.	Molí del Beguís
Riera de St ^a Coloma.	Antes del vertido de St ^a Coloma de Farners
Riera de St ^a Coloma.	Después del vertido
Riera de St ^a Coloma.	Massanes
Río Onyar.	Vilobí
Río Onyar.	Girona
Riera de Riudevilla.	Aeropuerto

B.- Programa de mejora de la calidad.

- Recomendar a las autoridades competentes la puesta en marcha de nuevas depuradoras de aguas residuales y mejorar el funcionamiento de las existentes, ya que, en una primera observación de campo, se ha podido constatar el vertido no depurado en cauces fluviales procedentes de núcleos urbanos importantes (Santa Coloma de Farners, Sils, Vidreres, Fornells de La Selva, etc).

C.- Programa de fomento de las extracciones

- Mejorar el rendimiento de las captaciones, ya que muchas de ellas, incluso las empleadas por abastecimientos públicos, presentan arrastre de finos, enturbiamientos, incrustaciones, etc, por deficiencias en su construcción, o por un régimen de bombeo inadecuados. En este contexto sería conveniente estudiar la posible regulación y aprovechamiento de los caudales drenados

por la mina de "Les Fonts" (3813-8-26), construida en los materiales piroclásticos del volcán de S. Dalmai.

- Las particulares características hidrogeológicas, fisiográficas y climáticas de La Selva facilitan el desarrollo de cultivos que pueden armonizar la rentabilidad económica con la conservación del entorno ambiental, que contribuyan en definitiva a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Los cultivos de freatofitas, ya de por sí muy extendidos en los aluviales, además de su aprovechamiento maderero pueden servir para la depuración de aguas residuales urbanas mediante filtros verdes, en aquellos núcleos de población que no posean en sus proximidades una formación aluvial con el nivel freático alto. La presencia de fenómenos hidrotermales pueden contribuir mediante las oportunas captaciones al desarrollo de cultivos en invernaderos de especies exóticas, favoreciendo el asentamiento rural y el desarrollo económico de los pequeños núcleos de población.

11.- BIBLIOGRAFÍA

11.- BIBLIOGRAFÍA

GENERALITAT DE CATALUNYA (1981).- "Marc per al pla d'aigües de Catalunya". Departamento de Política Territorial i Obres Públiques. Barcelona.

ITGE (1978).- "Mapa geológico de España 1:50.000, Hoja nº 365, Blanes".

- (1979).- "Mapa geológico de España 1:50.000, hoja nº 333 Santa Coloma de Farners".

- (1979).- "Mapa geológico de España 1:50.000, hoja nº 334 Girona" (Inédito).

- (1979).- "Mapa geológico de España 1:50.000, hoja nº 366 Sant Feliu de Guixols".

- (1979).- "Estudio Geotérmico preliminar de la Depresión de La Selva (Girona)". Compañía General de Sondeos S.A.

- (1984).- "Síntesis Hidrogeológica de La Selva". Compañía General de Sondeos S.A.

- (1985).- "Investigación hidrogeológica básica en la cuenca del Pirineo Oriental e Inventario de Focos de Contaminación. Provincia de Girona". Compañía General de Sondeos S.A.

JUNTA D'AIGÜES (1987).- "Anuari de dades hidrològiques 1986-87". Departamento de Política Territorial i Obres Públiques. Barcelona.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1978).-

"Mapa de Cultivos y Aprovechamientos E/1:50.000", hojas números: 333 Santa Coloma de Farners, 334-335 Girona-Palafrugell, 365 Blanes, 366 Sant Feliu de Guixols.

MOPU (1971).- "Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental". Dirección General de Obras Hidráulicas.

POUS, J.; SOLE SUGRAÑES, LL.; BADIELLA, P. (1990).- "Estudio geoelectrico de la Depresión de La Selva (Girona)". Acta Geológica Hispánica, v.25 (1990), nº 4, pag. 261-269. Barcelona.

SGOP (1970).- "Estudios del terreno para las obras de mejora y acondicionamiento del cauce del río Onyar a su paso por Gerona".

SGOP (1972).- "Estudio hidrogeológico de una zona del aluvial del río Onyar para ampliación del abastecimiento de agua al aeropuerto de Gerona-Costa Brava".

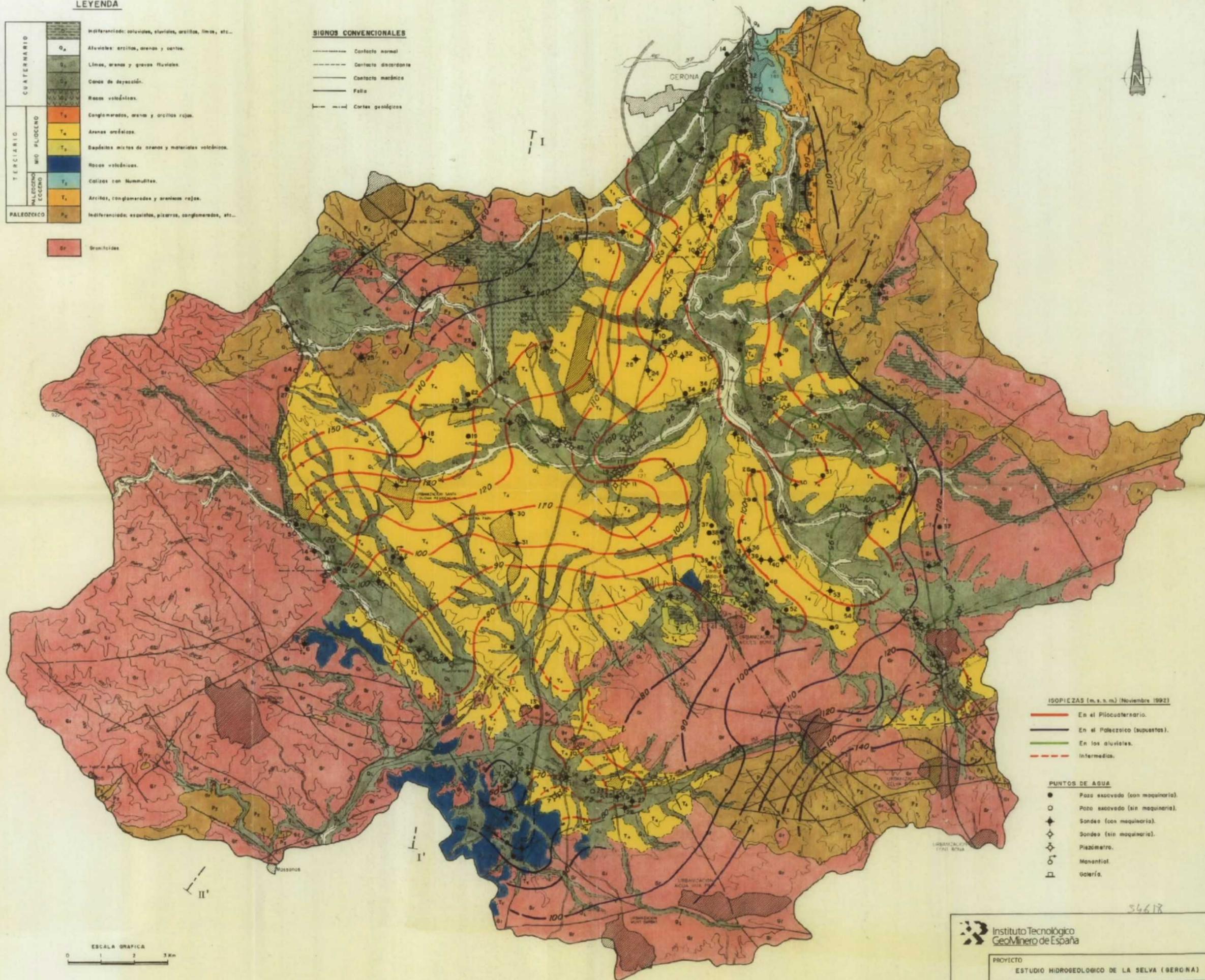
A N E X O - 1
MAPA HIDROGEOLÓGICO

LEYENDA

CUATERNARIO	Q ₄	Indiferenciado: coluviales, estuvas, arcillas, limas, etc...	
	Q ₃	Aluviales: arcillas, arenas y gravas.	
	Q ₂	Limas, arenas y gravas fluviales.	
	Q ₁	Conos de deposición.	
		Resaca volcánica.	
	TERCIARIO	T ₄	Conglomerados, arena y arcillas rojas.
		T ₃	Arenas arcillosas.
		T ₂	Depósitos mixtos de arenas y materiales volcánicos.
			Resaca volcánica.
			Calizas con Nummulites.
MIOCENO	M ₁	Arcillas, conglomerados y arenas rojas.	
	M ₂	Indiferenciado: esquistos, pizarras, conglomerados, etc...	
PALEOZOICO	P ₁	Granitoides	

SIGNOS CONVENCIONALES

—	Contacto normal
- - -	Contacto discordante
—	Contacto mecánico
—	Falla
—	Corteo geológico



ISOPICZAS (m. s. n. m.) (Noviembre 1992)

—	En el Plioceno.
—	En el Paleozoico (supuestos).
—	En los aluviales.
- - -	Intermedias.

PUNTOS DE AGUA

●	Pozo excavado (con maquinaria).
○	Pozo excavado (sin maquinaria).
◆	Sondeo (con maquinaria).
◇	Sondeo (sin maquinaria).
□	Piezómetro.
○	Manantial.
▭	Galería.

ESCALA GRAFICA
0 1 2 3 Km

34618

**Instituto Tecnológico
GeoMinero de España**

PROYECTO					CLAVE
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA SELVA (BERGNA)					
MAPA HIDROGEOLOGICO					PLANO N° I
DIBUJADO G. G. S.	FECHA	COMPROBADO	AUTOR	ESCALA DEL ORIGINAL 1:50.000	CONSULTOR