

## TIPOLOGÍA FÍSICO-QUÍMICA DE LAS FUENTES DE LOS PIRINEOS CENTRALES: SÍNTESIS REGIONAL

**J.R. Roca**

Instituto Pirenaico de Ecología. Apdo. 64, 22700 JACA.

Palabras clave: springs, Pyrenees, typology, physics, chemistry.

### ABSTRACT

#### PHYSICAL AND CHEMICAL TYPOLOGY OF SPRINGS IN THE CENTRAL PYRENEES: A REGIONAL SYNTHESIS

Samples were taken from 207 springs in the Central Pyrenees (provinces of Huesca and Lérida). After an initial genetic (structural and geologic origin), physical (periodicity and approximate flow) and chemical characterization, we have attempted a typologic environment synthesis, considering all these parameters together. A new chemical methodological approach has been attempted to get a ordination of the springs. Projection of different spring types on the map gives a criterion which allows the establishment of a causal relationship between the springs and the lithology of the areas studied.

### INTRODUCCIÓN

Las fuentes y manantiales constituyen pequeños ecosistemas cuyas particularidades ecológicas les otorgan una importancia de estudio mayor de la que podría esperarse de su tamaño (ODUM, 1971). La conexión de los manantiales al medio hipogeo, de mayor estabilidad que el epigeo, les confiere una gran constancia en sus condiciones durante períodos de tiempo relativamente largos. Esto les dota de una fuerte independencia frente a los cambios ambientales, de modo que permiten el mantenimiento de especies relictuales (NIELSEN, 1950). Por otro lado, dicha constancia y antigüedad les convierte en ecosistemas que favorecen el aislamiento, y por tanto, la especiación (MARGALEF, 1983).

El estudio extensivo de estos ambientes, iniciado en 1986 en los Pirineos centrales, ha propiciado la elaboración de una tipología con el interés funda-

mental de, además de acotar la notable variabilidad que «a priori» presentan, crear el marco físico para estudiar posteriormente su poblamiento.

En España los precedentes más relevantes en el ordenamiento y clasificación de ambientes acuáticos se hallan en los estudios realizados por MARGALEF (1975), ALONSO (1985) y ALONSO y COMELLES, (1981, 1984, 1985). Fuera de nuestro país cabe destacar las clasificaciones llevadas a cabo por RUTTNER & RUTTNER-KOLISKO (1972) en Irán, desde una perspectiva exclusivamente química, y las de VERDONSCHOT y SCHOT (1986) en Holanda, contempladas desde una perspectiva ecológica.

La tipología que aquí se propone se centra especialmente en el medio físico de las fuentes de los Pirineos centrales. Se basa fundamentalmente en la observación de la respuesta de las fuentes a varios factores que se han supuesto decisivos en la caracterización física de estos ambientes, y de utilidad para la elaboración de una síntesis regional. Los resultados de esta síntesis se presentan también en este trabajo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio tiene un carácter extensivo. Se ha muestreado un total de 207 fuentes en un área que comprende las cuencas de los ríos Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorzana, Ésera y Cinca, en los Pirineos centrales (fig. 1).

Para su localización se ha utilizado la cartografía a escala 1:50.000 (Servicio Cartográfico del Ejército) y —siempre que ha sido posible— las indicaciones y reseñas de pastores y guardas forestales.

En el muestreo se ha tomado un conjunto de fuentes representativas de las unidades geológicas estructurales que conforman el área de estudio. Manteniendo el criterio de SOLÉ SABARÍS (1951) se han distinguido las siguientes áreas estructurales: Región Axial y Región de los Nogueras, de materiales primarios fundamentalmente silíceos

(granitos y pizarras); Sierras Interiores formadas por calizas mesozoicas de origen marino; Depresión Media, de margas y arcillas del Cretácico Superior y calizas y arcillas eocénicas; y, por último, Sierras Exteriores, constituidas por calizas y conglomerados poligénicos calizos eocénicos.

La cartografía geológica, utilizada para situar y relacionar la geoquímica de las fuentes con los materiales que drenan, pertenece a la síntesis cartográfica geológica a escala 1:250.000 de la Société Nationale des pétroles d'Aquitaine (Carte Géologique des Pyrénées, SOLÉ & SAMPERE, 1972).

La toma de muestras se ha llevado a cabo durante los años 1986 y 1987. En cada fuente, que se visitó una vez, se estimó, la estacionalidad y el caudal, y, además, se anotó la morfometría, presencia de precipitados, localización y acceso. Precisar algunas de estas características ha requerido a menudo la consulta a personal autóctono. Se re-

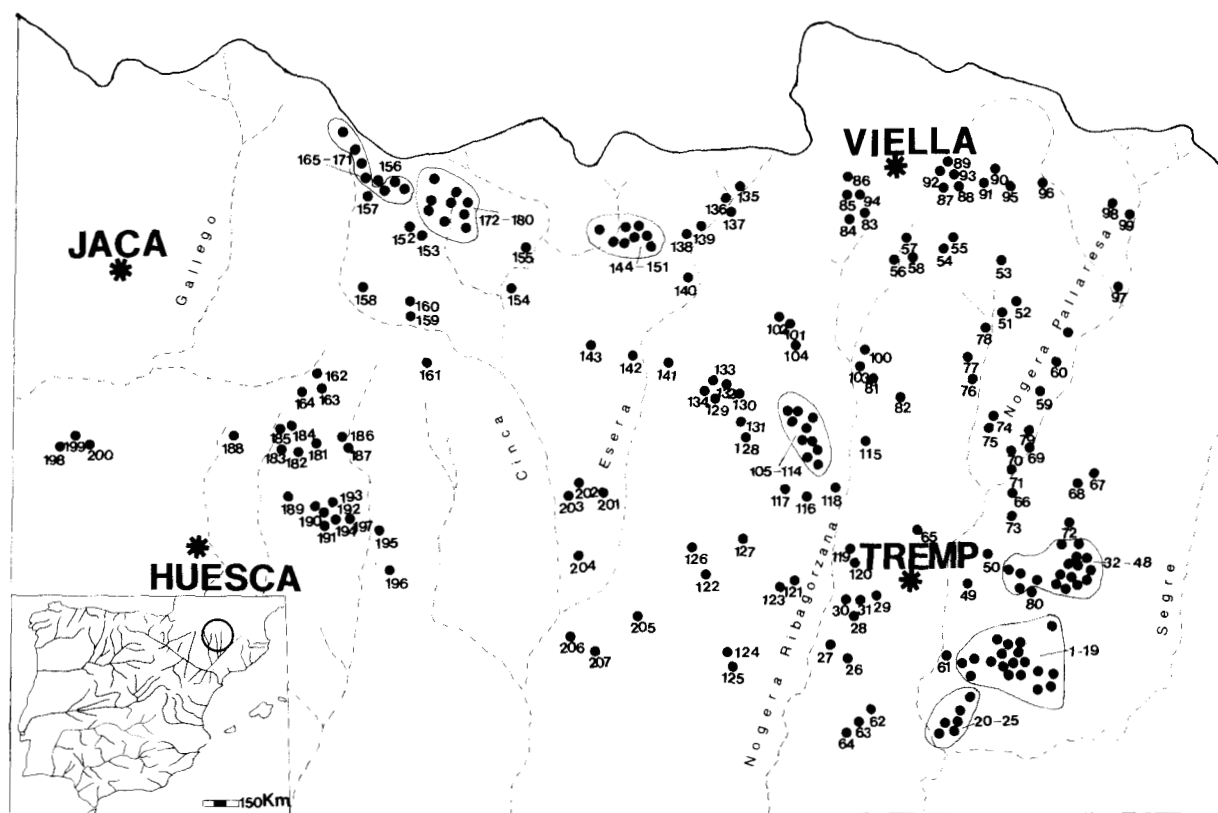


Figura 1.- Distribución de las 207 fuentes muestreadas en el Pirineo Central  
Distribution of the 207 sampled springs in Central Pyrenees.

**Tabla 1.- Clasificación de las fuentes muestreadas según su génesis, su periodicidad y la composición química del agua.**  
**Classification of the springs according to their origin, periodicity and chemical composition of water.**

<i>Tipos de fuentes</i>	<i>Fuentes muestreadas</i>
<b>SEGÚN SU GÉNESIS</b> (adaptación de las clasificaciones recogidas en Custodio, 1976 y Schöeller, 1962)	
A) Manantiales que surgen en aquellas depresiones o valles en las que el límite superior de la zona saturada alcanza la superficie topográfica. En estos casos cuando la depresión es un valle, los manantiales de aguas arriba dan con frecuencia origen a un curso permanente de agua. Este tipo de manantiales puede darse en Lonas kársticas o no.	5- 6- 9- 11- 11- 12- 13- 17- 19- 20- 21- 22- 27- 32- 35- 36- 37- 39- 40- 41- 42- 43- 45- 47- 58- 59- 60- 61- 64- 67- 71- 72- 77- 78- 79- 81- 82- 90- 91- 100- 101- 102- 104- 105- 106- 107- 114- 115- 118- 119- 121- 122- 125- 126- 127- 131- 132- 135- 137- 138- 139- 140- 141- 142- 143- 151- 154- 157- 163- 166- 167- 168- 169- 171- 172- 173- 178- 189- 191- 196- 198- 199- 200- 201
B) Manantiales que surgen en el contacto entre una capa saturada permeable y una impermeable o de permeabilidad menor. Estos manantiales aparecen muy a menudo en zonas de contacto entre calizas y margas. Son frecuentes también en zonas de derrubios de ladera y en conos de deyección formados por grandes bloques graníticos sueltos, donde el agua circula a poca profundidad y surge en vanos puntos, especialmente en la zona próxima a la base.	2- 7- 8- 10- 14- 18- 24- 28- 29- 30- 31- 38- 44- 48- 49- 51- 52- 54- 55- 57- 62- 63- 65- 68- 69- 70- 73- 74- 75- 76- 83- 84- 85- 86- 88- 92- 94- 95- 96- 97- 98- 99- 108- 110- 111- 112- 123- 128- 129- 133- 134- 136- 144- 145- 146- 152- 156- 174- 176- 177- 180- 183- 184- 202- 205- 206- 207
C) Manantiales que surgen cuando el fondo de la depresión alcanza en algún punto la superficie del nivel piezométrico. La descarga es difusa y comprende áreas más o menos extensas.	33-87-89
D) Manantiales subfluviales y de origen hiporréico (asociados a ríos y arroyos). Los primeros presentan el mismo origen que los del tipo A, con la única diferencia de que éstos se sitúan en las zonas más bajas del valle coincidiendo con el cauce del río. Son muy frecuentes en áreas kársticas. Las propiamente de origen hiporréico son aquellas en que el agua procede del mismo río.	3- 4- 8- 15- 34- 46- 53- 66- 93- 103- 109- 113- 116- 117- 120- 124- 130- 147- 148- 149- 153- 155- 158- 160- 162- 188- 193- 197- 203- 204
<b>SEGÚN SU PERIODICIDAD</b> (adaptación de la clasificación de Schöeller (1962); se discrimina por el caudal y por si mantienen o no un reservorio, natural o artificial)	
A) Fuentes perennes: Mantienen un flujo continuo durante todo el año. Caudal elevado (> 10 l/min)	1- 2- 3- 11- 12- 16- 25- 30- 35- 37- 55- 61- 68- 71- 72- 78- 79- 80- 81- 82- 83- 85- 86- 87- 88- 90- 92- 93- 94- 105- 107- 111- 119- 122- 125- 128- 130- 132- 134- 135- 136- 137- 138- 139- 141- 142- 144- 145- 146- 148- 149- 150- 151- 154- 156- 157- 158- 159- 165- 166- 174- 175- 178- 179- 182- 189- 190- 195- 199- 200- 204
Caudal reducido (< 10 l/min)	9- 17- 24- 27- 34- 38- 39- 40- 41- 42- 44- 47- 56- 63- 64- 67- 69- 70- 74- 75- 76- 77- 98- 99- 102- 106- 112- 114- 115- 116- 118- 126- 127- 131- 133- 147- 152- 160- 161- 164- 167- 169- 171- 181- 183- 186- 187- 188- 189- 191- 192- 193- 194- 198
B) Fuentes estacionales: dejan de manar en ciertos períodos del año Mantienen un reservorio	4- 5- 6- 8- 10- 15- 21- 23- 28- 29- 31- 32- 46- 59- 65- 66- 96- 100- 101- 103- 104- 108- 109- 120- 121- 123- 143- 153- 155- 163- 170- 173- 180- 184- 196- 197- 201- 203- 205- 206- 207
Se secan completamente	13- 14- 18- 19- 20- 22- 26- 36- 51- 52- 53- 57- 58- 60- 73- 84- 89- 91- 95- 113- 117- 129- 162- 168- 172- 176- 177- 202
C) Fuentes accidentales: aparecen en un momento dado a causa de lluvias intensas; desaparecen con cierta rapidez.	
D) Fuentes intermitentes: manan dependiendo de fenómenos de carga y descarga asociados a un sifón.	

Tabla 1.- Continuación.

## SEGÚN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA

A) Poco mineralizadas (< 300 $\mu\text{S/cm}$ )	
Mineralización muy baja (0-100 $\mu\text{S/cm}$ )	
Ácidas	
Sulfatado magnésico-cálcicas	89
Sulfatado cálcicas	87
Sulfatado cálcicas	86
Bicarbonatado cálcicas sódicas y/o bicarbonatado cálcico sódicas man- gésicas	53-54-55-57-84-85-88-94-95
Cloruradas (100-200 $\mu\text{S/cm}$ )	
Bicarbonatado-clorurado sódicas	93-83
Sulfatadas (100-300 $\mu\text{S/cm}$ )	
Sulfatado cálcicas	90-135-136-138-139
Sulfatado cálcico-magnésicas	137-165
Sulfatado cálcico-sódico-magnésicas	162
Bicarbonatado-sulfatado cálcico-sódicas	78
Bicarbonatado-sulfatado cálcico-magnésicas	96-150-199
Carbonatadas (100-300 $\mu\text{S/cm}$ )	
Bicarbonatado cálcico-magnésicas	75-92-98-99-100-144-145-146-147-150-169-170-176-177-179
Bicarbonatado cálcicas	12- 51- 52- 56- 58- 60- 72- 77- 105- 107- 128- 132- 133- 134- 148- 172- 173- 174- 178
B) Mineralizadas (> 300 $\mu\text{S/cm}$ )	
Cloruradas (> 1000 $\mu\text{S/cm}$ )	
Clorurado sódicas	79-80-190-192
Sulfatadas (> 300 $\mu\text{S/cm}$ )	
Sulfatado cálcico-sódicas	50-113-125-129-156-203-207
Sulfatado cálcico-magnésicas	7-15-26-34-63-64-70-115-116-166-182
Sulfatado cálcico-sódico-magnésicas	97-195-196-206
Sulfatado cálcicas	14- 18- 24- 49- 104- 117- 118- 120- 124- 127- 143- 149- 167- 191- 194- 198- 201- 202
Carbonatadas (300-700 $\mu\text{S/cm}$ )	
Bicarbonatado cálcico-sódico-magnésicas	2-8-32-59-108-112-114-126-140-141-153-157-183-188-204
Bicarbonatado cálcico-magnésicas	13- 19- 29- 30- 42- 62- 69- 102- 103- 119- 142- 151- 154- 160- 161- 163- 164- 168- 171- 184- 185- 197- 200
Bicarbonatado cálcicas	1- 3- 4- 5- 6- 9- 10- 11- 16- 17- 20- 21- 22- 23- 25- 27- 28- 31- 33- 35- 36- 37- 38- 39- 40- 41- 43- 44- 45- 46- 47- 48- 61- 65- 66- 67- 68- 71- 73- 74- 76- 81- 82- 91- 101- 106- 109- 110- 111- 121- 122- 123- 130- 131- 152- 158- 159- 175- 180- 181- 186- 187- 189- 193- 205-

cogieron muestras de agua para análisis químicos y se realizaron mediciones «in situ» de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. Las muestras se fijaron con cloroformo, en el caso de los aniones (cloruros, sulfatos, carbonatos y nitratos), y con ácido nítrico en el de los cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio). La determinación de los contenidos iónicos se realizó con métodos de espectrofotometría de absorción atómica, con métodos de cromatografía iónica y volumetría. Los datos físico-químicos se trataron estadísticamente con un análisis factorial multivariante de

componentes principales. Por presentar características muy extremadas se excluyeron del análisis las fuentes: 79, 80, 82, 87, 93, 101, 105, 131, 133, 155, 162, 167, 188, 191, 192, 198, 202 y 207.

## RESULTADOS

La tipología propuesta considera la periodicidad, la mineralización y la génesis como factores decisivos en la caracterización física de los ma-

nantiales. En la tabla 1 se describen los tipos de fuentes según cada uno de estos factores. En el apéndice se ofrece una descripción de las fuentes muestreadas (nombre, coordenadas U.T.M., características físico-químicas, etc...).

### Aproximación metodológica a la clasificación química

La metodología que se propone tiene como principal característica el tratar conjuntamente la participación relativa de los iones y la mineralización total. El primer aspecto se contempla mediante los cocientes iónicos:  $(SO_4 + Cl^-)/(CO_3H^- + CO_3)$ ,  $Na^+/Ca^{++}$  y  $Mg^{++}/Ca^{++}$ . La mineralización total viene expresada por la conductividad eléctrica.

Como resultado de relacionar el cociente  $(SO_4 + Cl^-)/(CO_3H^- + CO_3)$ , que discrimina el grado de solubilidad de los aniones y la conductividad eléctrica, se pueden separar dos grandes grupos de fuentes (fig. 2). Un primer grupo son fuentes poco mineralizadas ( $<300 \mu S cm^{-1}$ ), que comprende a su vez: aguas de mineralización más baja ( $<100 \mu S cm^{-1}$ ) y aguas de mineralización moderada o intermedia ( $100 - 300 \mu S cm^{-1}$ ), que incluye unas pocas fuentes cloruradas y sulfatadas y otras, mucho más frecuentes, bicarbonatado-cálcicas. El otro gran grupo lo constituyen las fuentes que aquí se denominan mineralizadas ( $>300 \mu S cm^{-1}$ ); este grupo lo forman aguas bicarbonatado-cálcicas y aguas en las que los sulfatos y los cloruros presentan una contribución mayor en la mineralización total, que coincide con los valores de conductividad más elevados.

En la figura 2 queda manifiesta una tendencia a la carbonatación en los intervalos intermedios de conductividad y otra tendencia divergente en los valores extremos de este parámetro, que se refleja en la pérdida de importancia relativa de los carbonatos.

Las fuentes que presentan los valores más elevados en el cociente aniónico suelen tener características especiales (termales, pozzinas, de aguas que llegan a estancarse y acumulan hojarasca o materia orgánica en descomposición), o bien ser de aguas con conductividad más elevada, la mayor parte de las veces, de tipo clorurado-sódicas.

El tránsito entre el gran grupo de las aguas carbonatadas y el de las aguas sulfatadas y clorura-

das se sitúa entre los valores de la relación  $(SO_4 + Cl^-)/(CO_3H^- + CO_3)$  0,2 y 0,3. En dicho intervalo aparecen pocas fuentes y a partir de este último valor, que puede considerarse el límite entre los dos grupos, se incrementa notablemente el número.

Para las fuentes con agua menos mineralizada ( $<300 \mu S cm^{-1}$ ), los valores del cociente, aunque en algunos casos pueden ser inferiores a 0,3, nunca llegan a situarse por debajo de 0,1. El descen-

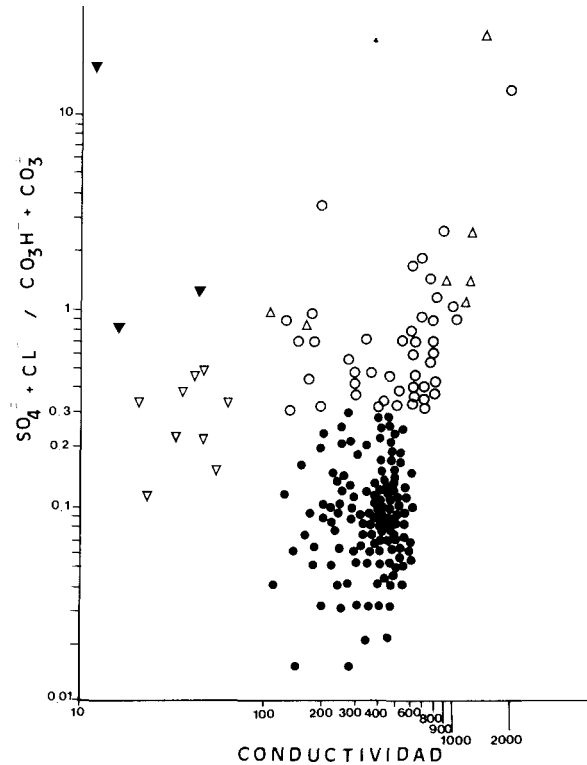


Figura 2.- Relación entre la conductividad eléctrica ( $\mu S cm^{-1}$ ) y el cociente aniónico:  $(SO_4 + Cl^-)/(CO_3H^- + CO_3)$ , representados a escala logarítmica. La simbología utilizada es la siguiente: ▼ Muy baja mineralización, ácidas (sulfatadas); ▽ Baja mineralización (bicarbonatado cálcico-sódicas y/o bicarbonatado cálcico-sódico-magnésicas); ● Bicarbonatado-cálcicas y/o bicarbonatado cálcico-magnésicas; ○ Mineralizadas sulfatadas; ▲ Cloruradas y/o bicarbonatado-clorurado-sódicas. Relationship between electrical conductivity,  $\mu S cm^{-1}$ , and anionic quotient:  $(SO_4 + Cl^-)/(CO_3H^- + CO_3)$ , both in logarithmic scale. The following symbols have been used: ▼ Very low mineralization, acid (sulfate waters); ▽ Low mineralization (bicarbonate calcic-sodic and/or bicarbonate calcic-sodic-magnesian waters); ● Bicarbonate calcic and/or bicarbonate calcic-magnesian waters; ○ Mineralized sulphate waters; ▲ Chlorinated and/or bicarbonate-chloride-sodic waters.

so del límite inferior en este grupo se debe a que las variaciones en la composición iónica de aguas de escasa mineralización, por pequeñas que sean, influyen de un modo mucho más decisivo sobre la relación iónica establecida de lo que lo harían en el caso de tratarse de aguas más mineralizadas.

Una vez diferenciadas, según la mineralización total y las tendencias aniónicas principales, se puede intentar discriminar las tendencias catiónicas utilizando los otros dos cocientes establecidos, esto es:  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ . El método consiste en proyectar para cada fuente los valores de los cocientes o relaciones iónicas considerados sobre tres planos, definidos por pares de relaciones (fig. 3). Así es posible conocer no sólo los aniones y cationes más destacados en la mineralización total (plano I-II y plano I-III), sino también el grado de importancia que tiene sobre ésta cada uno de

ellos (plano II-III). Los límites de los valores de los cocientes  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$  se han definido tomando como referencia aquellos valores que responden a una composición química del agua relacionada directamente con la naturaleza litológica del sustrato.

### Síntesis tipológica

La tipología que se propone se basa en la ordenación de los grupos de fuentes a partir de la integración de las clasificaciones establecidas en el apartado anterior (tabla 2).

### Síntesis regional

En la figura 4 se proyectan los diferentes tipos de fuentes sobre el mapa geológico del área de es-

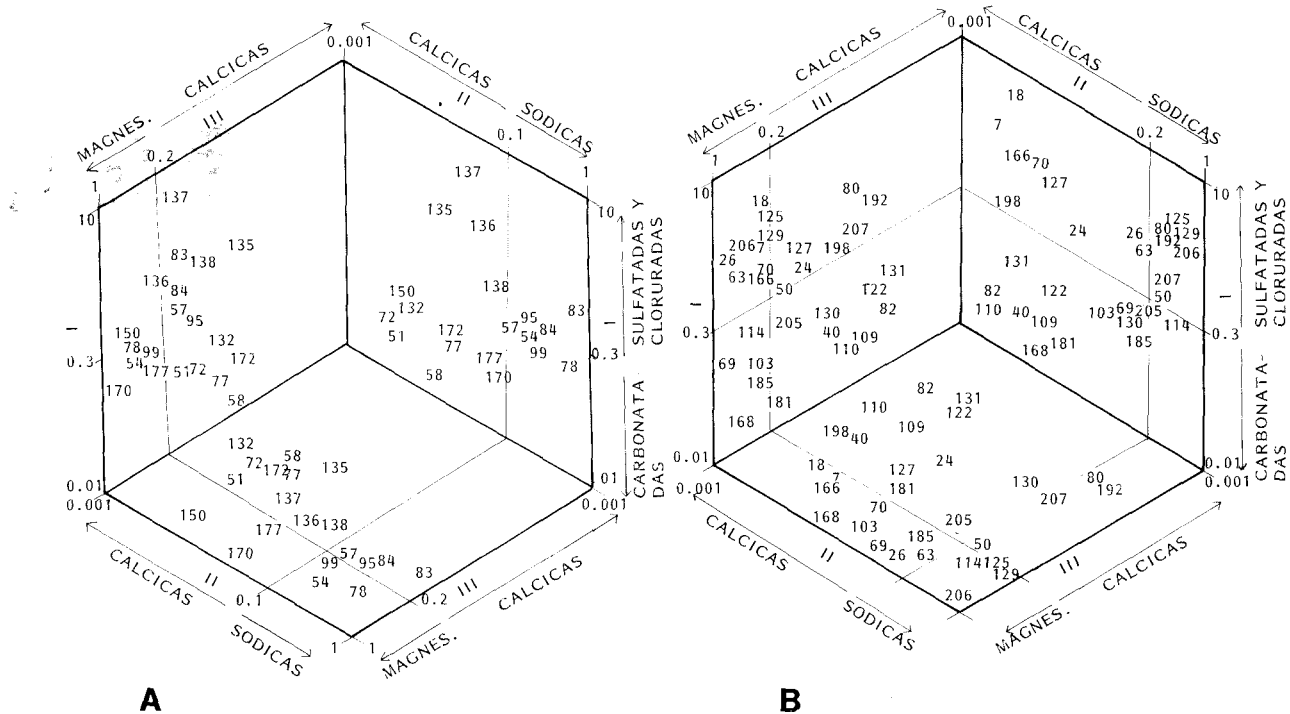


Figura 3.- Proyección en planos de una selección de 50 fuentes según la combinación de 3 ejes: Eje I =  $(\text{SO}_4^- + \text{Cl}^-)/(\text{CO}_3\text{H}^- + \text{CO}_3^-)$ , Eje II =  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ , Eje III =  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ . En el plano II-III se combinan las dos tendencias catiónicas expresadas en los otros dos planos y se especifica la composición química definitiva de cada fuente. Se separa en dos diagramas según el grado de mineralización A =  $< 300 \mu\text{S cm}^{-1}$  y B =  $> 300 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Projection of a selection of 50 springs on the planes defined and three axes: Axis I =  $(\text{SO}_4^- + \text{Cl}^-)/(\text{CO}_3\text{H}^- + \text{CO}_3^-)$ ; Axis II =  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ ; Axis III =  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ . In the II-III plane the cationic trends which are revealed in the other two planes, are combined, and the chemical composition of each spring is marked. The two inlet diagrams shows the two levels of water mineralization, A =  $< 300 \mu\text{S cm}^{-1}$  and B =  $> 300 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

<b>1 PMC = Perennes, mineralizadas, carbonatadas</b>	
1L	11-35-37-43-45-61-71-81-82-119-122-142-151-154-157-189
1R	9-17-27-39-40-41-42-47-67-102-106-114-126-131-171-2-
2L	2-30-48-68-111-134
2R	38-44-69-74-76-112-152-183
3L	33
4L	1-16-25-159-175
4R	161-164-181-185-186-187-194
IL	3-130-158-160-188-193
IR	204
<b>2 PMS = Perennes, mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas</b>	
1L	79-125-166
1R	64-115-118-127-167-191-198
2L	49-156
2R	24-63-70-97
4L	80-182-190-195
4R	192
IL	149
IR	34-116
<b>3 PFC = Perennes, poco mineralizadas, carbonatadas</b>	
1L	12-72-78-105-107-132-178-199
1R	77-169
2L	92-128-144-145-146-174
2R	75-98-99-133
4L	150-179
4R	56
<b>4 PFS = Perennes, poco mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas</b> <i>Incluye las de mineralización más baja y pH ácido</i>	
1L	90-135-137-138-139
2L	54-55-83-85-86-88-94-136
3L	87
4L	93-165
<b>5 EMC = Estacionales, mineralizadas, carbonatadas</b>	
1W	5-6-21-32-59-121-163
1D	13-20-22-36-91-168
2W	8-10-28-29-31-62-65-108-110-123-180-184
2D	73
4W	23
1W	46-66-101-103-109-153-197-205
<b>6 EMS = Estacionales, mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas</b>	
1W	104-143-196-201
2W	7
2D	14-18-129-202
1W	15-120-155-203-206-207
1D	113-117
<b>7 EFC = Estacionales, poco mineralizadas, carbonatadas</b>	
1W	100-173
1D	58-60-172
2D	51-52-176-177
4W	170
<b>8 EFS = Estacionales, poco mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas</b> <i>Incluye las de mineralización más baja y las de pH ácido</i>	
2W	96
2D	57-84-89
1D	53-95-162

Tabla 2. Síntesis tipológica a partir de las clasificaciones de la tabla 1. Se distinguen según su periodicidad y mineralización 8 grupos que se subdividen según su génesis (1 = Fuentes que se **originan** cuando el nivel piezométrico alcanza la superficie topográfica de una vertiente; 2 = surgen en una zona de contacto entre capas de distinta permeabilidad; 3 = Cuando el **nivel piezométrico** alcanza una depresión; 4 = origen **hiporreico** y **subfluviales**) y régimen hídrico (L = elevado,  $>10 \text{ l. min}^{-1}$ ; R = reducido  $<10 \text{ l. min}^{-1}$  en las perennes; D = se secan completamente en el estiaje; W = mantienen un **reservorio** de agua ya sea natural o artificial; I = origen o características hidrológicas indeterminadas). Typologic synthesis according to the classifications of table 1. With regard to their periodicity and **mineralization level**, 8 groups can be distinguished, and subdivided again according to their **origin** (1 = **springs** originated when piezometric level reaches the topographic surface of a slope; 2 = **spring** coming out in a contact **zone** between two **strata** of different permeability; 3 = spring born when piezometric level reaches a depression; 4 = hyporheic and **subfluvial** origin) and **type** of flow (L = high, over  $10 \text{ l. min}^{-1}$ ; R = Low, under  $10 \text{ l. min}^{-1}$  in permanent springs; D = entirely dry during the summer; W = keeping a natural or artificial store of water during dry times; I = Unknown origin or flow features).

tudio. La caliza y otros materiales con elevadas proporciones de calcio constituyen el **sustrato** más característico de esta parte de los Pirineos y **especialmente** de los Prepirineos. El bicarbonato **calcico** predomina en la composición química de la mayoría de las aguas, lo que permite observar que, en general, se da una elevada correspondencia entre la composición química y la **litología**. Sin embargo, un número relativamente elevado de fuentes se aparta de esta regularidad general, lo cual aparece reflejado en el mapa de **isolíneas** de la conductividad eléctrica (fig. 5).

a) Fuentes bicarbonato-cálcicas (figura 6.A)

Con una **composición química** dominada casi exclusivamente por el bicarbonato cálcico, estas fuentes suelen hallarse relacionadas con calizas cretácicas, especialmente del Senoniense Superior. Entre ellas destacan algunas pertenecientes a las Sierras Exteriores: **Montsec** (1, 9, 12), **Sant Mamet** (25), y las sierras que bordean por el Este la cuenca de **Tremp-Isona** (40, 44). Estas fuentes poseen **mineralizaciones** considerablemente altas.

En el límite septentrional de los Prepirineos, en las Sierras Interiores, se encuentran fuentes de tipo bicarbonato-cálcico, pero menos mineralizadas. Cabe destacar las fuentes de los valles de **Ordesa** (157) y **Añiscló** (178, 179), en materiales del Senoniense Superior, y las sierras de Carreu

(72), Boumort (67), San Gervàs (132) y Turbón (128), en el Senoniense Inferior.

Con mineralizaciones intermedias, se encuentran fuentes en sierras con materiales calizos del Eoceno por ejemplo en la sierra de San Marcos (105, 106, 107) y en las sierras que conforman el Congost de Collegats (71). En materiales también eocénicos (Eoceno Medio: Luteciense a Cuisiense) cabe distinguir las fuentes con una mineralización relativamente elevada de las sierras exteriores de Guara (181).

En los Pirineos Axiales, en cambio, sólo se encuentran fuentes propiamente bicarbonatado-cálcicas en terrenos con un predominio de sustratos sedimentarios (esquistos calcáreos, dolomías y conglomerados cuarcíticos del Westfaliense y Cambro-Ordovícico) (51, 52, 78). En este último grupo son frecuentes las fuentes con un marcado carácter estacional (51, 52) (fig. 4).

En áreas kársticas son típicas las fuentes que surgen en las depresiones fluviales, como las del karst todavía funcional de Bon Repòs (1, 16), en

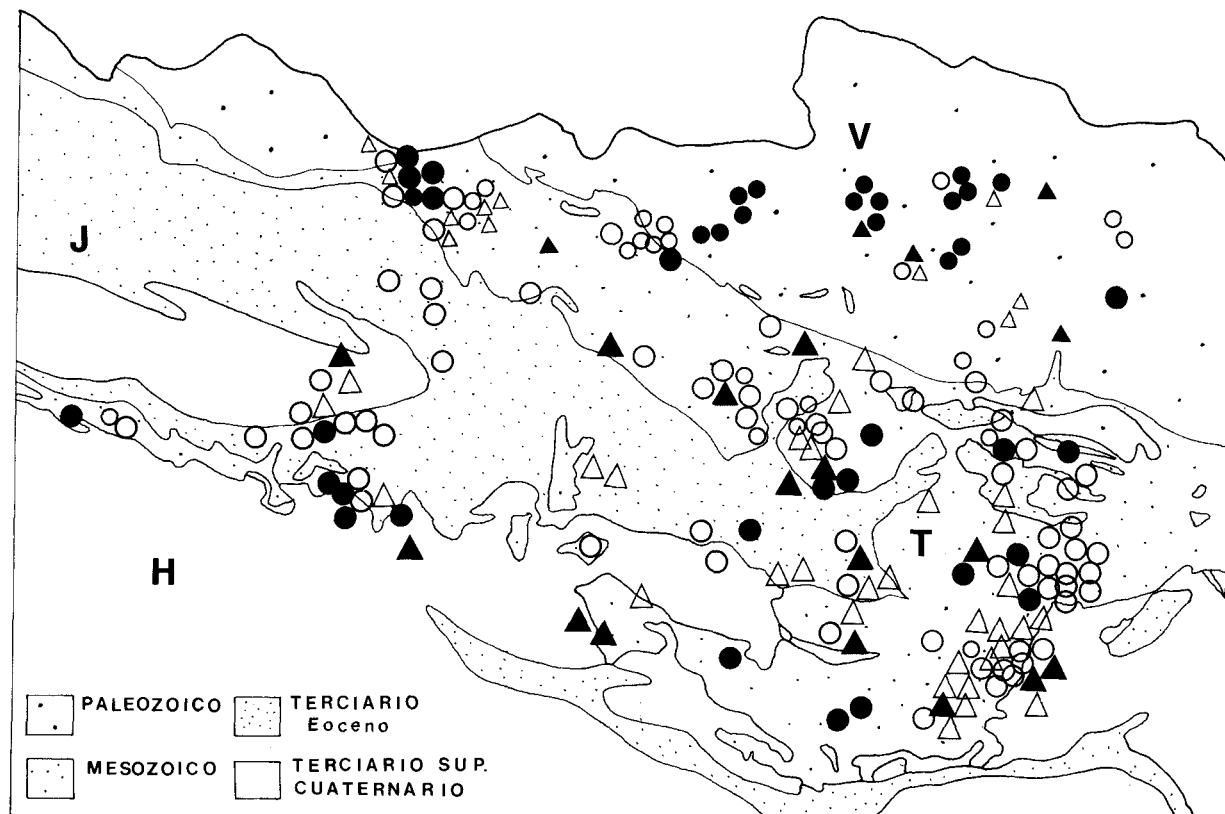


Figura 4.- Distribución de las fuentes según la síntesis tipológica establecida en relación con el sustrato geológico (adaptado de SOLÉ SAMPERE 1972 a partir de SOLÉ SABARÍS 1951). Se sigue la siguiente simbología: ○ 1 PMC = Perennes, mineralizadas y carbonatadas; ● 2 PMS = Perennes, mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas; ○ 3 PFC = Perennes, poco mineralizadas y carbonatadas; ● 4 PFS = Perennes, poco mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas; incluye las de mineralización más baja y las de pH ácido; △ 5 EMC = Estacionales, mineralizadas y carbonatadas; ▲ 6 EMS = Estacionales, mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas; △ 7 EFC = Estacionales, poco mineralizadas y carbonatadas; ▲ 8 EFS = Estacionales, poco mineralizadas, sulfatadas y/o cloruradas; incluye las de mineralización más baja y las de pH ácido.

Distribution of springs according to the typologic synthesis derived from geologic substratus (Adapted SOLER SAMPERE 1972 after SOLÉ SABARÍS 1951). Symbols as follows: ○ 1 PMC = Permanent, mineralized, carbonate springs; ● 2 PMS = Permanent, mineralized, sulphate and/or carbonate springs; ○ 3 PFC = Permanent, low mineralization, carbonate springs; ● 4 PFS = Permanent, low mineralized, sulphate and/or chloride waters; including the least mineralized and acid pH springs; △ 5 EMC = Seasonal, mineralized, carbonate springs; ▲ 6 EMS = Seasonal, mineralized, sulphate and/or chloride springs; △ 7 EFC = Seasonal, low mineralization, carbonate springs; ▲ 8 EFS = Seasonal, low mineralization, sulphate and/or chloride springs; including the least mineralized and acidic ones.



el Montsec, las surgencias del río Vellos (178, 179), en Añisclo, o las del río Alcanadre (186), en la Sierra de Guara. Las fuentes que surgen en estos niveles profundos del karst suelen presentar una gran permanencia de flujo, que contrasta con la temporalidad de las situadas en niveles más elevados (fig. 4).

b) Fuentes bicarbonatado cálcico-magnésicas (figura 6.B)

Suelen ir asociadas a los terrenos en que afloran materiales jurásicos del Dogger-Lias y del Malm constituidos fundamentalmente por calizas y calizas dolomíticas. En este grupo se pueden incluir algunas fuentes del Montsec, posiblemente relacionadas con la banda del Dogger-Lias que aflora en la parte más meridional del macizo (19). Pertenecen también a este grupo fuentes situadas en el límite septentrional de los Prepirineos, en

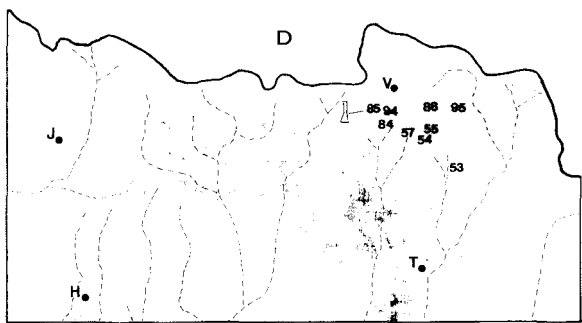
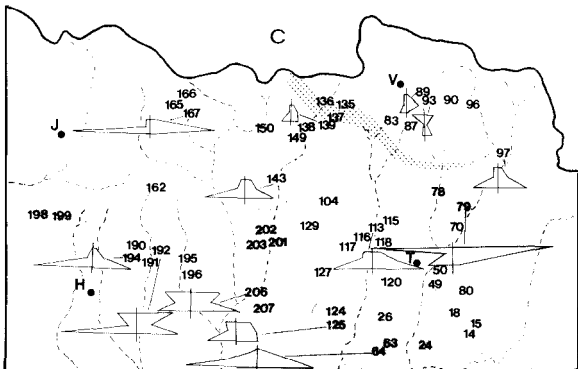
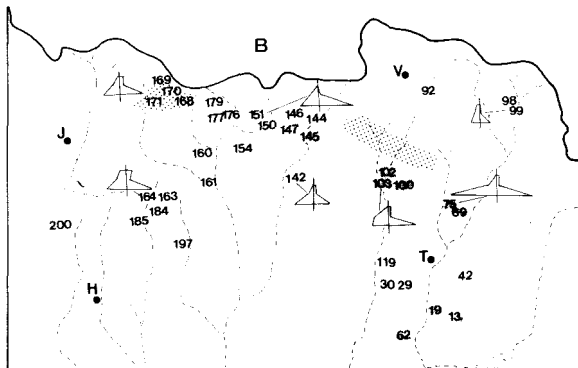
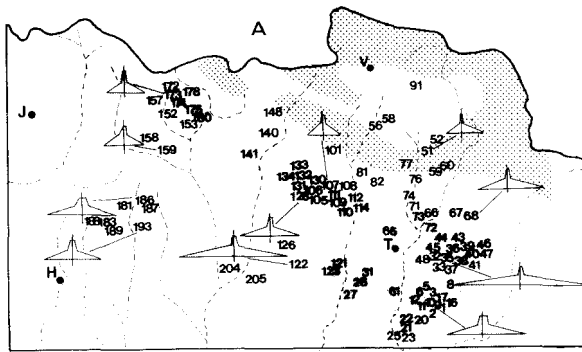
Sierras Interiores (Boumort, Ventolá), asociadas a los afloramientos del Dogger-Lias (69,100,103). En los Pirineos Axiales, en materiales de origen sedimentario que pueden contener dolomías (Westfaliense), se encuentran varias fuentes que presentan también altas concentraciones de magnesio (168, 169 —Bujaruelo, NW de Broto—).

c) Fuentes sulfatadas y/o cloruradas y fuentes de mineralización muy baja (ácidas o neutras) (figuras 6 C y D)

Excepto un reducido grupo, estas fuentes siguen presentando una dominancia (en términos absolutos) de bicarbonato cálcico, pero con una influencia considerable de los otros iones. En general, las fuentes sulfatadas y cloruradas siguen con gran exactitud las bandas de afloramiento del Keuper, constituidas fundamentalmente por yesos y evaporitas. En la parte meridional de los Pirineos des-



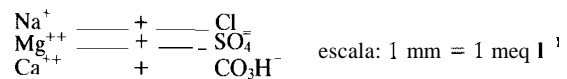
Figura 5.- Mapa de isoclasas a partir de las conductividades eléctricas de las fuentes muestreadas. Electrical conductivity map obtained from the sampled springs.



tacan las fuentes sulfatado-cálcicas situadas en las sierras marginales de Balaguer y Os de Balaguer (63, 64); y también las sulfatado-cálcicas (201) y sulfatado-sódicas relacionadas con los yesos de Benabarre y de Graus (203, 206, 207). En la parte occidental de Guara destacan, sobre todo, las sulfatadas y clorurado-sódicas (190, 192, 194, 195, 196, 198). En las Sierras Interiores existen diversos afloramientos del Keuper. En uno de ellos está situada la fuente que antiguamente permitía la industrialización de sal en Gerri de la Sal (79).

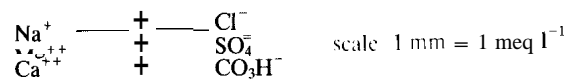
En los Pirineos Axiales, cerca de Benasque, se encuentra una serie de fuentes permanentes con una mineralización mucho más baja que las anteriores (136, 137, 138, 139). Su origen puede relacionarse con afloramientos del Silúrico (sierra de Llauset); su relativamente elevada riqueza de sulfatos puede deberse a que estos materiales están constituidos por esquistos grafitosos que contienen pirita (SFe). Existen fuentes bicarbonatado-cálcicas con una elevada influencia de sulfatos en zonas relativamente alejadas de los afloramientos de yeso y evaporitas del Keuper. Un grupo de

Figura 6.- Relación esquemática de la litología del Pirineo Central y la composición química de las fuentes. Se incluye el diagrama de Stiff de las fuentes más representativas. Clave:



A) Fuentes bicarbonatadas cálcicas; en punteado se representan los esquistos y calizas del Paleozoico (Devónico) y en difuminado las calizas del Cretáceo. B) Fuentes bicarbonatadas cálcicas magnésicas; en punteado, los esquistos y dolomías del Paleozoico (Westfaliense), y en difuminado las dolomías del Jurásico (Malm, Dogger, Lias). C) Fuentes sulfatadas cálcicas y sódicas, y cloruradas sódicas; en punteado, los grafitos del Silúrico y en difuminado las evaporitas del Keuper. D) Fuentes muy poco mineralizadas (bicarbonatadas cálcico-sódicas); en difuminado, granodiorita tardi-hercinianas.

Schematic relationship between lithology of Central Pyrenees and chemical composition of spring waters. The Stiff diagrams of the most representative springs are included. Key:



A) Bicarbonate calcic springs; in separate dots, Paleozoic squists and limestones; in close dots, Cretacic limestones. B) Bicarbonate calcic-magnesian springs; in separate dots, Paleozoic (Westfaliense) squists and dolomites; in close dots, Jurassic (Malm, Dogger, Lias) dolomites. C) Sulphatate calcic and sodic spring, and chloride sodic springs; in separate dots, Siluric graphites; in close dots, Keuper evaporites. D) Very low mineralized springs (bicarbonate calcic-sodic springs); in close dots, Tardi-hercinian granodiorite.

ellas (111, 112, 115, 118, 166, 167) lleva asociado a su composición química un carácter perenne y temperaturas relativamente elevadas (10-12 °C) o de 21,40 °C, como es el caso de la Fuente Salada (80). Otras fuentes, en cambio (14, 18, 24, 26, 113, 117), suelen ser estacionales con períodos en que el agua queda estancada, y en ellas se acumula hojarasca y otros restos orgánicos.

En terrenos donde dominan las rocas ígneas, como por ejemplo en el área de granodiorita del valle de Aran y de Aigüestortes, en Boí, se encuentran fuentes que se caracterizan especialmente por su baja mineralización. En la composición química de estas aguas sigue prevaleciendo el bicarbonato cálcico aunque las proporciones de sodio, cloro y potasio son importantes. Entre estas fuentes cabe destacar las del parque nacional de Aigüestortes i Sant Maurici (54, 55). Fuentes de este tipo aparecen en la base de los canchales y, presentan un carácter estacional, con fuertes variaciones de flujo condicionado por el régimen hidrológico típico de la alta montaña.

Entre las que presentan mineralizaciones extremadamente bajas ( $< 20 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), se pueden destacar las fuentes ácidas de las pozzinas de las turberas como las del Coll de la Ribereña (89), situadas debajo de los Estany de Colomers, en el valle de Tredós (87), y las que surgen en la misma turbera de Tredós. Estas fuentes suelen presentar concentraciones anormalmente elevadas de sulfatos. En el valle de Tredós se encuentra una fuente *termal*, antiguamente usada con fines curativos, con un agua bicarbonatado-clorurado-sódica (93).

## DISCUSIÓN

Los diagramas utilizados en la clasificación química de las fuentes (figs. 2 y 3) permiten distinguir las tendencias de variación de los parámetros químicos y detectar con detalle las variaciones en la participación de los iones, en un área de litología dominada por un sustrato determinado. Esto hace que la presente aproximación metodológica a la clasificación **química** sea más adecuada para estudios a pequeña escala, que las deducidas de técnicas de aplicación más general como las descritas en tratados clásicos de hidrología (CUSTODIO y LLAMAS, 1976; SCHOELLER, 1962).

Tabla 3.- Factores de carga obtenidos del Análisis de Componentes Principales ordenados de manera decreciente según la varianza explicada por los mismos. Las cargas inferiores a 0,250 han sido reemplazadas por un cero.

Principal Components Analysis. The factor loading matrix has been rearranged so that the columns appear in decreasing order of variance explained by the factors. Loadings less than 0.250 have been replaced by zero.

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Conductividad	0,887	0,367	0,000
Mg <sup>+</sup>	0,841	0,000	0,000
Ca <sup>+</sup>	0,790	0,527	0,000
SO <sub>4</sub> <sup>=+</sup>	0,777	0,000	-0,285
Altitud	-0,760	0,000	-0,460
Alcalinidad	0,734	0,564	0,000
Cl <sup>-</sup>	0,723	-0,364	0,000
K <sup>+</sup>	0,576	0,000	-0,294
Na <sup>+</sup>	0,563	-0,538	0,000
Temperatura	0,518	-0,337	0,452
pH	0,000	0,452	0,273
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,000	0,559
Oxígeno	0,000	0,454	0,413

En el análisis de componentes principales se han considerado parámetros físicos (temperatura, altitud) y químicos (oxígeno, pH, conductividad, aniones y cationes) (figs. 7 y 8 y tabla 3). Los tres primeros factores de este análisis explican respectivamente el 42,3, 11,9 y 9,2 % de la varianza total. El tercer factor (prácticamente en el nivel límite de significación) separa los nitratos, la temperatura, el oxígeno y el pH, de la altitud, el potasio y los sulfatos. Parece que este factor se relaciona con procesos debidos a la actividad biológica (descomposición de hojarasca, eutrofia y productividad) y no con la mineralización del agua.

El factor I y el factor II muestran distintos aspectos de la mineralización. El factor I contrapone la altitud con el contenido total de iones, expresado por la conductividad eléctrica. El factor II separa la mineralización debida al bicarbonato cálcico de la debida al resto de los iones, especialmente Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> (tabla 3). Según esto, el factor I ordena las fuentes en un eje de solubilización, en el cual el tiempo de residencia del agua en el acuífero juega un papel predominante. El factor II define un eje que distingue el grado de participación de los diferentes iones, y refleja, en la composición química del agua, la naturaleza geoquímica de los materiales drenados. Este factor puede interpretarse como un eje de carbonatación (fig. 8).

### Solubilización y tiempo de residencia (factor I)

El contenido total de iones aumenta con el tiempo de residencia del agua en el acuífero. Un tipo de flujo regional (tiempo de residencia largo y recorrido profundo) produce una mayor concentración de sales que un flujo de tipo local (tiempo de residencia corto y recorrido superficial) (CUSTODIO y LLAMAS, 1976). Esto explica que, en líneas generales, fuentes situadas a una altitud baja tengan una salinidad mayor que las que se encuentran a mayor altura (figs. 4 y 5).

No obstante, la compleja estructura de los acuíferos, especialmente de los kársticos, permite la existencia en alta montaña de fuentes que provienen de flujos con tasa de renovación reducida. Estas fuentes (p.e. 93, 134, 137, 140, 167, 168) tienen una mineralización considerablemente alta, que contrasta con la altitud en la que se encuentran. El caso contrario también se da. Algunas fuentes, como la 53, surgen a poca altitud y presentan una mineralización relativamente reducida. Estas fuentes derivan de flujos locales; la tasa de renovación elevada no permite que la concentración de sales aumente demasiado. Este último caso es menos frecuente, ya que las sierras situa-

das a menor altitud están constituidas por materiales sedimentarios muy solubles. En los Pirineos leridanos, las marcadas diferencias entre los sustratos graníticos de la zona axial y los formados por calizas y evaporitas de las sierras exteriores dan un mayor contraste en la mineralización total que el observado al comparar zonas altas y bajas de los Pirineos aragoneses de litología más uniforme (fig. 5).

La tendencia general que relaciona inversamente la temperatura con la altitud (fig. 3 y tabla 3) se explica, en parte, por la profundidad a la que circula el agua en el acuífero. Las fuentes originadas por descargas locales están más condicionadas por los cambios estacionales y diarios de temperatura, que las originadas por descargas regionales. Estas últimas mantienen una mayor independencia. Ambos tipos de flujos (local y regional) pueden ocasionar situaciones en las que no se cumple aquella correspondencia entre altitud y temperatura. Un ejemplo de ello lo constituyen las fuentes situadas en canchales de alta montaña, donde la circulación es muy superficial. En verano, estas fuentes presentan temperaturas relativamente elevadas, alrededor de 12 °C, comparables a las que presentan fuentes de montaña media o baja. Si el agua que surge en la fuente llega a estancarse, el recalentamiento es mayor; entonces se alcanzan temperaturas superiores a los 20 °C. Por otro lado, una fuente situada en alta montaña que provenga de un flujo muy profundo puede presentar temperaturas que superaran los 30 °C, como, por ejemplo, la fuente termal de Tredós (93).

La periodicidad de las fuentes sirve en parte para dar una idea del tipo de circulación de la cual proceden. Fuentes perennes reflejan un flujo con un mayor tiempo de residencia que las fuentes estacionales; estas últimas tienen un flujo mucho más dependiente del régimen de precipitaciones del área en la que se encuentran (fig. 4). Entre los ejemplos más extremos citados antes, han aparecido representantes de ambos grupos (p.e. 93, 80, 134, 137 — fuentes perennes — y 53, 84, 91 — fuentes estacionales —).

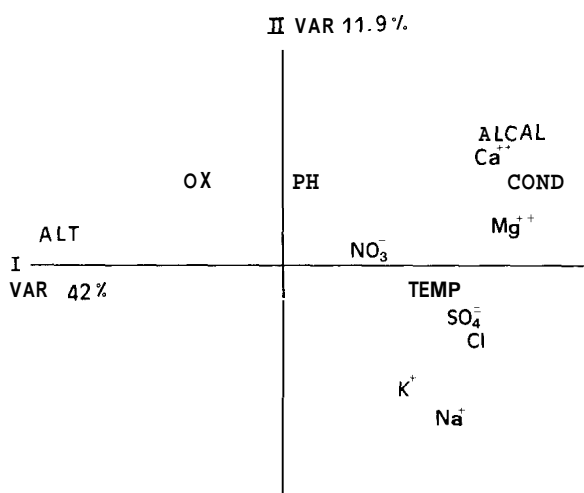


Figura 7.- Representación en dimensión reducida de la posición de las variables consideradas al relacionar los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales. Representation with reduced dimensions of position of considered variables in relation with the two first axes of a Principal Component Analysis.

### Carbonatación y naturaleza geoquímica del sustrato (factor II)

En la síntesis regional establecida se apunta la correspondencia general entre la composición quí-

mica de las fuentes y la distinta naturaleza geológica de los materiales. En resumen se puede decir que:

— Las fuentes bicarbonatado-cálcicas van asociadas a calizas del Cretáceo o a esquistos y calizas del Devónico (fig. 6A).

— Las fuentes bicarbonatado-cálcico-magnésicas se asocian a esquistos y dolomías del Westfaliense o bien a dolomías del Jurásico (fig. 6B).

— Las fuentes sulfatado-cálcicas, sulfatado-sódicas y clorurado-sódicas se relacionan con evaporitas del Keuper o con grafitos del Silúncico (fig. 6C).

— Las fuentes muy poco mineralizadas (neutras y/o ácidas) se relacionan con la granodiorita del tardi-herciniano (fig. 6D).

Existen numerosas excepciones a esta correspondencia, que suelen ir ligadas a tiempos de residencia largos. El distinto punto de saturación de los iones hace que la composición química final del agua de la fuente se aparte considerablemente de la que sería esperable por la litología (CUSTODIO y LLAMAS, 1976). Un ejemplo de ello, lo constituyen las fuentes 80 y 93; estas fuentes presentan una mineralización dominada por los cloruros en un área cuyo sustrato está formado predominantemente por calizas. La misma explicación sirve para algunas fuentes bicarbonatado-cálcico-magnésicas que se enriquecen con magnesio sin haber atravesado materiales en los que este compuesto es especialmente abundante (dolomías) (por ejemplo, 164). También un flujo de largo recorrido puede transferir sales captadas en zonas alejadas y de litología distinta al área de descarga (por ejemplo, 93, 97, 138, 139, 167). Existen fuentes de carácter estacional, que acumulan gran cantidad de materia orgánica. Esta materia orgánica al oxidarse puede incrementar el contenido de sulfatos y nitratos. Estas fuentes por tanto pueden presentar una composición química que no corresponde con el sustrato donde se encuentran (por ejemplo, 24, 113, 117).

## CONCLUSIONES

Se ha visto, pues, que tanto al considerar características químicas (composición química del agua) como físicas (temperatura) de los manantiales,

existe un elevado número de situaciones especiales o anómalas en las que las pautas generales apuntadas no se cumplen o no lo hacen en la misma medida que en otros ambientes acuáticos (ríos, charcas, lagos) (MARGALEF, 1983; ALONSO, 1985). La explicación puede hallarse en la inercia que transmite el medio hipogeo a las fuentes.

La diversidad de fuentes que puede encontrarse en un área relativamente reducida, y su capacidad para trasladar propiedades físicas (por ejemplo, temperatura) o químicas (por ejemplo, composición química del agua) de unas zonas a otras más o menos alejadas, confiere a su expresión en el espacio un marcado carácter azonal y una notable heterogeneidad.

Parece razonable pensar que las comunidades de organismos reflejarán el carácter propio de las fuentes en sus características biogeográficas. La azonalidad puede contribuir, especialmente en las fuentes que han persistido durante más tiempo, a aumentar el carácter de aislamiento atribuido a estos ambientes (NIELSEN, 1950; MARGALEF, 1983). Asimismo, es presumible que estudios más detallados de los organismos de las fuentes aumente también el número de especies conocidas, al menos a escala regional.

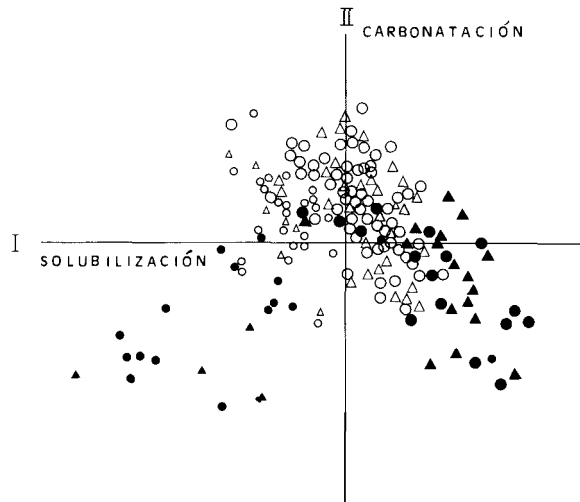


Figura 8.- Representación según los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales de las fuentes muestreadas. Se sigue la simbología de la figura 4. Representation of the two first axis of PCA, of sampled springs. Symbols of figure 4 are used.

Apéndice.- Descripción de las fuentes muestreadas y resultado de los análisis químicos. Las concentraciones iónicas se dan en ppm, excepto la alcalinidad que se da en meq l<sup>-1</sup> y la conductividad en µS cm<sup>-1</sup>.

Nº Nombre	UTM	Municipio	Sustrato	Altitud (m)	Temperatura (°C)	Oxígeno
1 Font de l'Edra	31TCG369523	Vilanova de Meia	calizas	620	13,90	8,69
2 Font de la Figuera	31TCG371549	Vilanova de Meia	calizas	800	11,40	9,49
3 Font Blanca	31TCG371551	Vilanova de Meia	calizas	1000	11,80	8,66
4 Font de l'Oriol	31TCG349555	Gabet de la Conca	calizas	1000	7,40	6,35
5 Font del Bou	31TCG347566	Gabet de la Conca	calizas	1080	7,00	12,58
6 —	31TCG345567	Gabet de la Conca	areniscas	960	7,60	9,75
7 Font de la Sarga	31TCG375567	Gabet de la Conca	areniscas	940	9,90	3,28
8 Font de Balasch	31TCG425595	Isona y Conca d'Alla	areniscas	980	7,70	13,52
9 Font d'en Nari	31TCG348537	Vilanova de Meia	calizas	1100	11,90	8,54
10 Font d'en Sito	31TCG344538	Vilanova de Meia	calizas	1100	11,90	8,63
11 Font d'en Manel	31TCG338538	Vilanova de Meia	calizas	1100	11,00	9,15
12 Font del Regué	31TCG304539	Vilanova de Meia	calizas	1300	10,60	9,27
13 Font del Tosal	31TCG391496	Vilanova de Meia	calizas	650	12,20	9,57
14 Fuente del Chico	31TCG413505	Vilanova de Meia	calizas	600	10,40	9,83
15 Font del Pereto	31TCG418507	Vilanova de Meia	calizas	600	10,10	10,01
16 Font Freda	31TCG408527	Vilanova de Meia	calizas	1096	14,00	9,94
17 Font de Paus	31TCG362538	Vilanova de Meia	calizas	950	11,80	8,61
18 —	31TCG292537	Vilanova de Meia	calizas	1300	8,20	9,70
19 Font de Rúbies	31TCG281539	Vilanova de Meia	calizas	1320	9,90	9,13
20 Font dels Coms	31TCG303472	Alds de Balaguer	calizas	1040	8,20	11,70
21 Font del Bufau	31TCG292456	Alds de Balaguer	calizas	740	12,90	12,34
22 Font de l'Aubac	31TCG295462	Alds de Balaguer	calizas	840	10,00	7,62
23 Font del Llop	31TCG287443	Alds de Balaguer	calizas	600	8,00	13,90
24 Font de la Roca	31TCG279448	Alòs de Balaguer	calizas	600	6,80	11,13
25 Font de la Figuereta	31TCG253439	Alòs de Balaguer	calizas	500	13,40	8,92
26 Font de la Madnna	31TCG122551	Ager	evaporitas	780	11,40	0,99
27 Font del Mas de Corsa	31TCG096575	Àger	calizas	1000	17,50	15,45
28 Font del Pasteret	31TCG134611	Sant Esteve de la Sarga	areniscas	980	12,40	10,25
29 Font de la Cabanassa	31TCG169639	Sant Esteve de la Sarga	areniscas	1000	8,00	11,65
30 Font de les Greixes	31TCG126635	Sant Esteve de la Sarga	margas arenosas	720	11,40	8,93
31 Font de la Moixera	31TCG139629	Sant Esteve de la Sarga	areniscas	860	9,50	10,49
32 Font de la Magnesita	31TCG375652	Isona y Conca d'Alla	areniscas	600	13,60	9,83
33 Font de les Bulles	31TCG371667	Isona y Conca d'Alla	areniscas	670	15,50	5,69
34 Font de La Mo	31TCG374667	Isona y Conca d'Alla	areniscas	670	13,40	4,22
35 Font d'en Vinyes	31TCG445667	Isona y Conca d'Alla	calizas	1000	10,30	9,00
36 Font del Mullol	31TCG451669	Isona y Conca d'Alla	calizas	1200	9,30	7,60
37 Font de l'Arnau	31TCG435644	Isona y Conca d'Alla	calizas	940	8,40	8,40
38 Font de Sant Quiri	31TCG456641	Isona y Conca d'Alla	calizas	1200	8,40	9,04
39 Font Freda	31TCG473677	Abella de la Conca	calizas	1220	9,10	9,40
40 Font de la Fageda	31TCG475668	Abella de la Conca	calizas	1300	6,50	9,70
41 Font del Pi	31TCG474649	Isona y Conca d'Alla	calizas	1280	11,40	9,10
42 Font Freda del Cerdanyes	31TCG465644	Baronia de Rialp	calizas	1200	14,70	11,60
43 Font Freda	31TCG454701	Abella de la Conca	calizas	1300	8,40	11,00
44 Font del Moreu	31TCG458701	Abella de la Conca	calizas	1340	8,00	9,00
45 Clot de les Fonts	31TCG455706	Abella de la Conca	calizas	1120	8,70	8,30
46 Font de Camps	31TCG457665	Isona y Conca d'Alla	calizas	1300	7,20	11,20
47 Font dels Bullidors	31TCG451663	Isona y Conca d'Alla	calizas	1180	7,30	10,00
48 Font del Vives	31TCG401651	Isona y Conca d'Alla	areniscas	740	16,20	7,35
49 Font Blanca	31TCG301658	Gabet de la Conca	areniscas	460	14,80	10,40
50 Font del Lluís	31TCG322691	Isona y Conca d'Alla	areniscas	560	14,90	5,50
51 —	31TCH377046	Sort	calizas y dolomías	2100	4,00	10,00
52 Font Grossa	31TCH395065	Sort	calizas y dolomías	2160	8,40	10,58
53 Font de Surp	31TCH454016	Sort	calizas y dolomías	980	16,40	9,90
54 Font del Planell Gran	31TCH298142	Barruera	granitos	1840	5,90	11,40
55 Font del Forn de la Pega	31TCH302152	Barruera	granitos	1860	5,80	9,60

Appendix - Description of the sampled springs and results of chemical analysis. The concentration of ionic unities are in ppm, except the alkalinity which is expressed in meq l<sup>-1</sup> and the conductivity, in µS cm<sup>-1</sup>.

N.º	Conductividad	pH	Alcalinidad	Cl <sup>-</sup>	SO <sup>4-</sup>	NO <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
1	413,00	7,39	4,52	3,91	18,94	2,29	1,79	0,89	91,80	9,01
2	392,00	7,71	5,47	21,89	13,46	7,32	4,82	0,35	105,00	3,52
3	416,00	7,39	4,52	3,60	9,00	1,89	1,40	0,27	103,35	6,36
4	495,00	7,06	3,52	5,93	25,37	1,89	2,41	0,97	171,30	10,41
5	416,00	7,86	4,11	3,27	13,46	0,06	1,56	0,20	119,85	6,09
6	466,00	7,31	5,13	4,36	15,26	1,33	4,68	0,26	172,96	14,79
7	888,00	7,29	4,43	3,50	234,50	0,00	1,95	1,10	170,40	22,66
8	308,00	8,05	2,81	4,23	15,26	21,79	2,51	0,92	63,40	2,17
9	449,00	7,44	4,29	2,24	20,08	0,76	1,76	0,68	78,75	7,09
10	449,00	8,02	4,34	3,35	27,78	9,85	1,61	0,84	91,13	6,05
11	300,00	7,33	2,95	2,12	10,44	1,33	1,29	0,62	63,05	4,19
12	250,00	7,86	2,63	2,73	8,52	7,58	1,82	0,45	51,38	4,80
13	498,00	7,55	5,09	7,27	21,04	18,95	3,30	0,43	110,70	15,72
14	836,00	6,81	6,18	19,80	80,46	72,18	22,35	0,57	148,35	25,26
15	641,00	6,95	5,00	22,74	41,26	29,75	20,68	1,14	125,70	17,68
16	501,00	7,33	4,25	14,72	18,03	3,41	0,02	0,67	104,10	9,60
17	414,00	7,36	4,11	7,95	11,89	3,03	3,55	1,06	100,80	10,26
18	890,00	7,23	2,93	2,50	335,60	0,00	2,09	2,77	205,95	27,76
19	492,00	7,77	3,45	2,01	14,30	0,19	3,71	1,13	60,65	8,95
20	403,00	7,98	4,70	3,22	10,93	0,19	1,23	0,57	120,60	3,63
21	397,00	7,81	4,13	4,23	11,89	0,66	1,69	0,57	85,75	3,02
22	385,00	7,27	4,04	3,98	12,37	0,19	3,01	1,12	134,85	9,67
23	492,00	7,96	4,52	6,06	18,63	1,33	2,65	1,11	118,95	7,53
24	791,00	7,57	3,86	28,30	64,25	157,25	5,13	3,22	115,65	10,41
25	470,00	7,35	4,84	4,10	11,41	4,74	1,93	0,37	115,65	4,77
26	1045,00	7,02	6,50	33,50	282,60	0,00	18,75	3,66	195,45	50,02
27	570,00	7,59	5,82	2,79	30,37	0,61	2,58	1,20	134,85	9,67
28	474,00	7,63	5,16	2,22	16,20	10,68	2,20	0,82	139,95	6,51
29	634,00	7,74	6,00	2,44	38,59	0,00	3,84	2,01	129,75	28,17
30	451,00	7,20	4,82	1,47	17,11	0,61	1,94	0,44	150,00	17,88
31	433,00	7,70	5,02	1,18	7,97	0,06	1,07	0,25	122,25	12,57
32	483,00	7,73	3,79	23,74	18,03	45,89	13,45	03,8	118,95	4,72
33	478,00	7,20	5,68	10,66	14,38	3,90	10,77	0,80	138,15	10,14
34	834,00	7,08	7,02	48,46	81,18	62,84	29,77	1,10	172,95	26,61
35	483,00	7,24	6,23	1,47	10,71	0,06	1,33	0,38	152,55	11,98
36	467,00	5,80	6,18	3,01	11,11	0,23	2,76	0,88	61,50	5,84
37	470,00	6,91	5,63	3,40	19,06	0,84	1,33	0,57	77,13	6,30
38	574,00	7,10	7,34	3,01	21,87	0,00	1,55	0,73	207,75	9,87
39	573,00	6,98	7,32	3,01	13,45	1,45	1,29	0,51	189,45	6,88
40	547,00	7,40	7,22	2,38	14,85	2,06	1,26	0,39	153,45	7,38
41	604,00	7,43	7,52	4,09	18,60	2,06	1,39	0,61	216,60	8,02
42	573,00	7,71	7,22	2,36	30,67	0,00	8,02	0,74	144,00	19,62
43	433,00	7,47	5,04	1,26	24,21	0,84	1,08	0,67	141,60	12,72
44	571,00	7,15	5,95	1,68	13,46	0,06	11,90	0,56	82,67	6,48
45	519,00	7,04	5,91	2,14	23,28	2,06	7,00	0,75	161,10	18,18
46	496,00	7,29	6,27	2,22	11,63	0,61	1,02	0,38	151,65	11,37
47	483,00	7,23	6,00	2,14	13,91	0,00	1,16	0,43	148,35	6,15
48	534,00	7,09	5,93	2,33	15,74	5,09	1,26	0,41	63,65	4,69
49	700,00	7,33	4,52	16,40	61,90	59,87	10,77	0,39	184,20	16,38
50	656,00	6,88	6,00	17,38	61,66	19,19	38,70	1,54	139,05	17,63
51	190,00	7,72	2,55	0,73	5,12	1,33	0,74	0,25	36,80	3,21
52	287,00	7,67	2,68	2,56	16,20	0,00	0,33	0,18	60,42	2,67
53	108,00	6,91	0,31	5,70	12,99	0,00	8,67	0,12	9,77	5,22
54	21,60	6,54	0,36	1,14	4,13	0,00	1,45	0,45	7,85	1,24
55	36,20	6,98	0,31	0,96	4,13	0,00	1,06	0,50	6,90	1,79

Apéndice.- Continuación

<i>N.º Nombre</i>	<i>UTM</i>	<i>Municipio</i>	<i>Sustrato</i>	<i>Altitud (m)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Oxígeno</i>
56 Font del Ferro	31TCH228127	Barruera	calizas y dolomías	1380	11,30	4,30
57 —	31TCH236156	Barruera	granito	1700	9,00	8,20
58 —	31TCH236127	Barruera	calizas y dolomías	1500	8,00	8,90
59 Manantial del Parral	31TCG414931	Boriguera	conglomerados	840	14,30	7,00
60 Font de Pujalt	31TCG435977	Sort	calizas y dolomías	1400	8,50	9,60
61 Font de les Bagasscs	31TCG251561	Camarasa-Fontllonga	calizas	400	13,60	10,20
62 Font d'Aymat	31TCG153475	Àger	areniscas	720	18,40	14,10
63 Font del Saüc	31TCG482818	Avellanes-Santa Linya	calizas y dolomías	590	16,00	9,00
64 Font del Lldoner	31TCG109434	Avellanes Santa-Linya	calizas y dolomías	640	17,60	6,80
65 Font Freda	31TCG247786	Tremp	conglomerados	1080	11,90	9,30
66 Font dels Malalts	31TCG377788	Pallars Jussa	conglomerados	1000	15,60	10,80
67 Font d'Arcallo	31TCG482818	Baix Pallars	conglomerados	1650	7,50	8,40
68 —	31TCG469814	Baix Pallars	calizas	1600	7,00	8,40
69 Font de Coma Calent	31TCG405867	Baix Pallars	conglomerados	680	11,70	9,60
70 Font de la Argenteria	31TCG381842	Baix Pallars	calizas	600	14,60	8,00
71 Font de la Figuereta	31TCG374822	Pobla de Segur	conglomerados	600	14,90	9,10
72 —	31TCG468737	Abella de la Conca	calizas	1380	6,50	9,30
73 —	31TCG379751	Pallars Jussa	calizas	1060	15,50	7,70
74 Font de Montcortès	31TCG355885	Baix Pallars	evaporitas	1030	12,50	9,24
75 —	31TCG351875	Baix Pallars	conglomerados	1060	15,40	7,36
76 Font de la Cantina	31TCG323949	Torre de Cabdella	calizas	900	11,30	9,20
77 Font costa del Flonso	31TCG311982	Torre de Cabdella	calizas	1780	8,50	7,60
78 Font de Espuy	31TCH351025	Torre de Cabdella	conglomerados	1260	10,60	7,60
79 Font de la Salina	31TCG408879	Baix Pallars	cvapontas	600	17,00	6,90
80 Font Salada	31TCG394645	Isona y Conca d'Alla	areniscas	620	21,40	0,90
81 —	31TCG178956	Pont de Suert	evaporitas	980	10,80	8,48
82 Font Calent	31TCG225919	Pont de Suert	calizas	1280	9,80	9,46
83 Les Nou Fonts	31TCH169198	Vilaller	granitos	1560	7,10	9,03
84 —	31TCH163187	Montanui	granitos	1480	24,00	9,98
85 —	31TCH162226	Viella (Mig-Aran)	granitos	1700	5,70	8,95
86 Font de l'Espona	31TCH162233	Viella (Mig-Aran)	granitos	1940	7,20	8,61
87 —	31TCH299225	Alt Aran	granitos	1930	23,40	7,58
88 Font de la Tartera	31TCH307234	Alt Aran	granitos	1840	12,70	7,14
89 Pozzina de Tredós	31TCH303256	Alt Aran	granitos	1730	6,50	9,47
90 —	31TCH361249	Alt Àneu	granitos	1945	5,30	9,55
91 —	31TCH357249	Alt Àneu	esquistos	1970	11,80	6,78
92 —	31TCH298249	Alt Aran	esquistos	1530	6,30	10,60
93 Font Termal de Tredós	31TCH305245	Alt Aran	granitos	1740	34,50	2,16
94 Font del Pla	31TCH165223	Viella (Mig-Aran)	granitos	1640	8,30	8,55
95 —	31TCH381231	Alt Àneu	esquistos	1160	1,70	11,58
96 —	31TCH421232	Alt Àneu	esquistos	1400	6,50	8,81
97 —	31TCH535067	Llavorsí	calizas	760	12,90	10,25
98 —	31TCH551206	Lladorre	esquistos	1500	7,70	9,10
99 —	31TCH554199	Lladorre	esquistos	1460	7,90	10,14
100 Font Vella	31TCG159995	Pont de Suert	calizas	1160	11,50	7,89
101 Font de Scnyiu	31TCH062038	Montanui	calizas	1260	9,20	10,14
102 Font de Ncril	31TCH046047	Laspaúles	conglomerados	1400	8,90	8,39
103 Font de Ventola	31TCG154971	Pont de Suert	conglomerados	1020	8,00	5,11
104 Font Ermita Sta. Llúcia	31TCH067011	Laspaúles	calizas	1490	6,20	6,90
105 Font de Santiforis	31TCG062905	Arén	conglomerados	1720	6,90	9,39
106 Font de Sis	31TCG053911	Veracruz	conglomerados	1700	8,90	8,18
107 Font Freda de Casa Pallars	31TCG065908	Arén	conglomerados	1540	3,80	10,27
108 Font de l'Oliva	31TCG096913	Arén	evaporitas	1020	10,50	6,60
109 —	31TCG098839	Arén	calizas	790	10,80	8,65
110 Font de Sas	31TCG076874	Arén	calizas	880	9,80	7,00
111 Font de Bordons	31TCG085881	Arén	cvapontas	1090	10,90	9,15
112 Font de Sant Martín	31TCG085865	Arén	evaporitas	920	11,20	10,26



## Appendix.- Continuation.

<i>N.º</i>	<i>Conductividad</i>	<i>pH</i>	<i>Alcalinidad</i>	<i>Cl<sup>-</sup></i>	<i>SO<sup>4-</sup></i>	<i>NO<sup>3-</sup></i>	<i>Na<sup>+</sup></i>	<i>K<sup>+</sup></i>	<i>Ca<sup>++</sup></i>	<i>Mg<sup>++</sup></i>
56	289,00	8,24	2,67	2,56	25,95	0,33	3,05	0,55	60,75	2,56
57	63,10	6,81	0,45	2,56	3,66	0,00	2,43	0,70	14,80	1,64
58	298,00	7,43	2,63	1,22	0,61	0,45	1,55	1,84	65,30	1,77
59	461,00	7,23	4,32	17,19	30,59	0,00	3,66	3,03	88,02	9,32
60	241,00	8,40	2,67	5,23	4,57	0,00	3,09	0,44	54,15	2,75
61	416,00	7,82	6,02	8,53	26,87	0,33	3,17	1,68	78,02	8,56
62	625,00	7,54	5,88	17,82	29,52	0,00	3,61	0,88	142,35	20,22
63	798,00	7,85	5,07	74,05	111,45	0,00	24,05	2,15	140,70	41,41
64	1030,00	7,90	6,39	66,20	174,20	0,00	26,90	7,54	198,90	36,93
65	434,00	7,35	5,61	3,41	6,12	1,04	1,02	0,36	157,65	10,95
66	430,00	7,62	4,77	5,70	7,67	0,05	2,71	0,47	108,45	6,63
67	391,00	7,51	4,23	5,70	6,34	0,05	0,45	0,33	87,45	6,48
68	336,00	7,68	3,73	4,43	6,45	0,00	0,95	0,35	70,15	3,01
69	501,00	7,49	4,49	4,82	15,13	1,92	4,63	2,17	66,02	23,38
70	636,00	7,46	4,13	36,95	98,15	0,00	2,01	0,34	100,65	15,36
71	509,00	7,28	4,90	12,77	16,98	0,00	3,51	0,92	80,52	8,47
72	236,00	7,64	2,41	1,64	7,621	1,04	0,45	0,26	49,35	3,00
73	394,00	7,17	3,73	3,81	8,62	1,63	14,70	0,54	61,85	4,73
74	514,00	7,34	4,63	16,00	14,46	0,00	2,08	1,05	108,45	7,13
75	297,00	6,92	2,27	3,61	0,61	6,94	3,24	0,12	48,13	7,57
76	300,00	7,40	3,00	4,91	9,44	0,00	1,38	0,36	46,32	6,60
77	265,00	7,64	2,54	1,47	2,62	1,92	1,18	0,39	41,13	3,59
78	224,00	7,36	1,90	4,12	14,32	0,00	13,10	1,06	32,00	5,27
79	2000,00	7,62	1,26	452,80	6480,00	0,00	15720,00	1,20	816,25	169,25
80	1235,00	7,04	6,18	275,00	31,50	0,00	147,20	13,50	2364,30	59,85
81	420,00	7,52	3,75	2,04	13,47	0,70	0,86	0,40	74,18	5,85
82	509,00	7,67	4,82	6,98	8,30	0,14	1,83	0,15	275,00	4,93
83	107,00	7,04	0,51	13,08	4,15	1,57	10,14	0,83	12,73	0,68
84	44,00	6,39	0,25	1,72	5,44	0,00	1,95	1,09	6,33	0,55
85	48,00	7,36	0,26	0,52	2,21	0,07	1,05	0,47	6,75	0,30
86	45,00	7,08	0,54	0,39	28,06	0,07	0,72	0,25	15,45	0,55
87	16,00	6,30	0,05	0,95	0,59	0,00	0,57	1,08	4,40	0,50
88	33,00	7,40	0,26	0,39	2,21	0,00	1,00	0,34	6,60	0,55
89	12,00	5,48	0,06	0,95	47,35	0,00	3,10	0,52	13,45	3,30
90	145,00	8,07	0,97	3,94	8,67	0,95	2,31	0,31	26,60	1,03
91	300,00	8,02	2,26	0,87	5,76	0,35	1,23	0,38	46,55	1,83
92	118,00	8,00	1,67	0,73	2,53	0,35	2,62	1,81	22,05	3,78
93	175,00	9,93	0,69	11,19	11,90	0,07	38,43	1,38	4,20	0,13
94	56,00	6,70	0,40	0,59	1,89	0,95	1,60	0,54	8,63	0,48
95	35,00	7,12	0,16	0,73	2,86	0,00	1,18	0,88	5,48	0,50
96	133,00	7,52	0,62	0,52	26,12	1,70	2,61	0,90	14,48	2,55
97	440,00	7,47	3,37	7,70	42,56	6,18	14,33	2,59	41,78	7,95
98	133,00	7,92	1,02	0,66	5,12	3,70	3,25	0,59	17,13	2,45
99	188,00	8,10	1,63	1,09	6,09	2,18	4,02	1,01	21,33	3,00
100	192,00	8,81	2,13	2,88	3,08	0,00	3,00	17,11	25,43	3,20
101	532,00	7,14	5,89	5,20	10,82	4,74	2,29	1,74	285,00	6,70
102	492,00	7,28	5,71	1,72	8,49	0,47	0,95	0,44	68,95	11,75
103	438,00	7,80	3,61	4,01	9,29	0,23	1,98	3,99	48,55	16,50
104	387,00	7,76	2,92	2,91	63,60	2,94	0,57	0,94	44,40	2,05
105	150,00	9,40	1,29	0,88	0,20	0,00	1,50	0,35	19,60	1,35
106	492,00	7,28	2,82	6,44	3,20	0,09	1,41	0,21	36,98	1,48
107	224,00	8,57	1,77	3,10	4,82	0,00	1,66	0,26	38,68	2,00
108	502,00	7,40	3,97	7,59	16,60	8,42	15,26	1,37	59,18	5,78
109	365,00	7,56	4,27	2,68	6,80	0,00	2,06	1,03	127,25	3,83
110	605,00	7,34	6,34	5,50	9,00	0,00	10,89	1,48	99,50	5,40
111	445,00	7,27	2,80	3,91	31,76	2,30	3,03	0,82	61,40	6,40
112	491,00	7,40	3,98	10,76	11,60	0,00	8,24	0,95	66,05	4,73

## Appendix.- Continuation.

<i>N.º Nombre</i>	<i>UTM</i>	<i>Municipio</i>	<i>Sustrato</i>	<i>Altitud (m)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Oxígeno</i>
113 Font de la Solanca	31TCG104837	Arén	calizas	720	9,80	9,28
114 Font de la Coma	31TCG104854	Arén	calizas	810	6,90	9,90
115 Font de Llenas	31TCG166869	Tremp	calizas	980	12,20	9,18
116 —	31TCG098791	Arén	margas arenosas	900	11,40	7,93
117 —	31TCG045805	Arén	areniscas	1070	5,80	3,59
118 Font de la Torre	31TCG124801	Arén	calizas	660	11,30	9,55
119 Font de la Culebrera	31TCG134706	Tremp	areniscas	800	13,90	2,80
120 —	31TCG142685	Tremp	areniscas	880	12,60	13,01
121 Font de Camarils	31TCG049657	Viacamp y Litera	areniscas	860	10,50	13,39
122 Fuentes St. Medardo	31TBG924706	Benabarre	calizas	910	7,90	9,72
123 Font de Via Camp	31TCG027667	Viacamp y Litera	areniscas	800	8,10	5,79
124 —	31TBG951568	Benabarre	evaporitas	720	15,00	9,19
125 Font de les Olles	31TBG958544	Estopiñán del Castillo	evaporitas	630	14,90	7,96
126 Fuente de Arguales	31TBG902721	Capella	conglomerados	920	9,10	8,80
127 Fuente Ermita Sta. Magdalena	31TBG974731	Tolva	areniscas	790	10,70	7,71
128 Fuente de Sant Cristóbal	31TBG997898	Veracruz	calizas	830	10,20	9,18
129 Fuente Torre de la Ribera	31TBG952942	Valle de Lierp	calizas	1010	12,60	8,19
130 Fuente de Villacarli	31TBG978942	Torre de la Ribera	flysch	1080	12,00	7,37
131 —	31TBG984904	Isábena	calizas	1020	10,20	7,40
132 Fuente del Molino	31TBG952953	Valle de Lierp	calizas	1090	10,00	9,87
133 —	31TBG946955	Valle de Lierp	calizas	1190	12,10	10,37
134 —	31TBG942956	Valle de Lierp	calizas	1180	11,70	8,74
135 —	31TCH017266	Benasque	calizas	1560	7,70	10,04
136 —	31TBH999239	Benasque	esquistos grafitosos	1370	8,70	9,57
137 —	31TBH998228	Benasque	esquistos grafitosos	1340	7,40	10,43
138 —	31TBH926179	Sahún	esquistos grafitosos	1140	9,20	10,23
139 —	31TBH932179	Sahún	esquistos grafitosos	1070	9,10	10,00
140 —	31TBH917114	Chía	calizas	1190	8,70	8,45
141 Fuente de la Coma	31TBG864976	Campo	calizas	720	9,20	9,77
142 —	31TBH826004	Foradada de Toscar	calizas	1060	10,00	9,30
143 —	31TBH764013	La Fueva	calizas	720	12,40	5,82
144 Fuente del Fenal	31TBH53176	San Juan de Plan	conglomerados	1680	8,50	7,31
145 Fuente del Abrevadero	31TBH851178	San Juan de Plan	conglomerados	1670	9,50	8,40
146 —	31TBH842181	San Juan de Plan	conglomerados	1660	7,70	9,80
147 Fuente Ermita St. Mamés	31TBH837175	San Juan de Plan	conglomerados	1400	9,80	10,60
148 —	31TBH848174	San Juan de Plan	conglomerados	1600	9,00	10,60
149 Fuente de la Sentina	31TBH859165	San Juan de Plan	conglomerados	1920	8,50	9,20
150 Fuente de la Señora	31TBH804173	Plan	evaporitas	1100	8,30	8,97
151 Fuente de Sin	31TBH794189	Plan	evaporitas	1480	8,10	9,39
152 Fuente Iglesia de Fanlo	30TYN444201	Fanlo	areniscas	1320	13,00	4,14
153 Fuente Sulfurosa	30TYN456193	Fanlo	margas arenosas	1270	11,30	0,76
154 Fuente La Espuña	31TBH661099	Laspuña	margas arenosas	720	10,80	11,59
155 Fuente de Tella	31TBH684171	Tella-Sín	margas arenosas	1260	21,80	8,63
156 —	30TYN395266	Tella-Sín	calizas	1560	8,80	11,89
157 Fuente de Depaz	30TYN376244	Tella-Sín	flysch	1020	8,30	13,79
158 Fuente de los Tres Chopos	30TYN377116	Broto	flysch	1145	12,90	7,01
159 —	30TYN446082	Fiscal	flysch	720	13,60	3,56
160 Fuente de Giral	30TYN443101	Boltana	flysch	920	13,80	6,92
161 Fuente del Paso	30TYN461002	Boltana	conglomerados	1150	9,10	8,02
162 —	30TYM312991	Sabiánigo	calizas	940	25,30	15,14
163 —	30TYM312973	Sabiánigo	calizas	1020	12,40	4,28
164 Fuente de la Solanilla	30TYM289965	Sabiánigo	calizas	960	10,50	6,73
165 —	30TYN403263	Tella-Sín	calizas	1350	5,80	11,95
166 Fuente Roya	30TYN422264	Tella-Sín	calizas	1390	7,50	7,73
167 Fuente del Hierro	30TYN423263	Tella-Sín	calizas	1390	9,10	2,35
168 —	30TYN374273	Tella-Sín	calizas	1140	9,80	9,78

## Apéndice.- Continuación.

N.º	Conductividad	pH	Alcalinidad	Cl <sup>-</sup>	SO <sup>4-</sup>	NO <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
113	692,00	7,09	6,23	21,90	144,16	5,08	21,19	1,43	105,00	14,50
114	574,00	8,07	5,34	12,15	47,40	0,00	27,97	1,83	69,50	12,00
115	807,00	7,29	5,71	0,80	182,00	0,00	2,58	2,89	103,75	17,25
116	442,00	7,42	3,29	2,91	43,60	1,20	1,82	0,57	66,33	3,88
117	768,00	7,77	4,69	6,81	250,00	6,15	16,51	2,57	158,50	15,25
118	620,00	7,72	4,42	8,64	41,83	36,37	26,32	0,78	64,80	9,60
119	481,00	7,25	4,97	2,04	27,11	0,50	8,05	1,19	57,90	12,75
120	740,00	7,45	5,06	62,28	119,38	0,00	12,03	1,15	138,00	14,75
121	472,00	7,27	3,61	10,52	4,20	35,68	1,78	0,47	62,75	3,93
122	440,00	7,15	5,15	6,19	14,20	0,60	2,70	0,38	124,25	2,75
123	565,00	7,97	5,34	6,56	12,40	3,52	2,03	1,31	97,25	4,25
124	479,00	7,70	1,61	61,35	57,00	4,47	22,66	2,23	49,63	7,50
125	648,00	7,31	2,21	53,88	94,56	14,36	27,80	1,59	75,05	9,75
126	439,00	7,68	1,98	17,08	27,11	0,00	3,33	2,76	75,00	7,23
127	690,00	7,24	2,81	10,40	69,74	0,84	3,39	0,86	118,00	10,73
128	277,00	7,61	1,47	3,57	5,40	0,00	2,03	0,41	39,65	2,35
129	666,00	7,96	1,97	26,24	113,60	23,36	41,89	3,65	62,98	7,50
130	528,00	7,10	3,28	2,18	12,60	0,31	7,56	0,63	90,75	4,30
131	470,00	7,44	1,23	2,63	5,00	0,00	1,90	0,26	114,25	1,85
132	266,00	7,51	1,47	2,15	5,80	5,72	0,49	0,20	48,88	1,53
133	269,00	7,84	0,87	5,18	5,02	16,69	1,26	0,65	58,33	1,70
134	370,00	7,52	1,33	10,44	8,51	16,69	2,46	1,38	61,78	2,50
135	196,00	7,24	0,55	1,58	16,20	0,02	1,02	0,29	34,38	1,03
136	181,00	7,86	0,97	1,34	17,40	0,00	1,75	0,18	24,68	2,83
137	196,00	7,07	0,50	1,50	78,00	0,00	0,72	0,79	29,10	3,58
138	152,00	7,50	0,55	3,26	13,80	0,02	2,34	0,31	21,75	2,03
139	182,00	8,06	0,50	1,45	20,15	0,00	2,71	0,45	28,75	2,85
140	522,00	7,74	2,16	6,18	23,19	33,69	2,59	3,28	112,75	7,20
141	53,00	8,13	0,53	0,72	20,88	0,54	2,19	0,91	101,75	15,25
142	343,00	8,66	1,57	5,52	6,20	0,00	0,48	0,24	53,90	7,45
143	809,00	7,99	3,28	26,30	62,00	58,15	3,33	0,54	132,25	7,43
144	266,00	7,35	2,73	1,67	13,80	0,60	1,12	0,69	41,10	5,30
145	248,00	7,19	2,50	1,34	15,80	0,00	1,46	0,78	44,83	5,53
146	238,00	7,74	2,45	2,42	3,08	3,89	1,58	1,62	36,38	32,20
147	177,00	8,12	1,85	2,27	3,80	0,31	1,78	0,37	32,20	3,83
148	205,00	7,88	1,89	1,34	15,40	2,34	1,29	0,61	37,78	3,90
149	306,00	7,68	2,41	1,58	47,40	0,00	1,38	0,47	47,65	3,98
150	278,00	7,77	2,59	0,94	35,60	0,05	0,92	0,62	40,80	9,45
151	316,00	7,70	2,57	1,76	7,60	2,94	1,24	0,49	43,60	6,78
152	466,00	7,90	5,06	2,10	3,43	0,71	3,44	1,50	95,75	4,75
153	565,00	7,77	6,55	6,00	26,40	0,00	66,12	2,32	55,85	6,45
154	326,00	7,79	2,71	4,02	6,60	4,41	3,12	1,51	33,88	7,23
155	465,00	8,10	2,03	2,64	185,40	0,00	1,53	0,71	65,80	7,60
156	302,00	7,84	2,30	1,84	37,80	0,31	1,27	0,34	34,65	0,83
157	312,00	8,00	2,58	1,76	14,00	0,02	1,03	0,44	35,25	7,48
158	357,00	7,89	2,97	6,44	1,57	1,89	1,18	0,47	50,93	4,05
159	376,00	7,68	3,30	0,56	29,20	0,02	3,92	1,95	48,08	11,05
160	639,00	7,52	5,45	1,76	23,60	0,02	6,99	1,01	63,65	9,25
161	511,00	7,24	4,27	3,00	18,00	0,02	3,08	0,67	59,15	9,25
162	200,00	9,03	1,29	6,09	11,80	1,76	3,20	0,65	12,00	7,75
163	562,00	7,47	4,94	2,12	10,40	1,25	2,35	0,63	53,60	9,00
164	510,00	7,42	4,24	16,74	10,41	0,54	12,76	0,68	45,50	8,50
165	297,00	7,91	1,80	1,43	45,00	0,18	0,78	0,34	32,10	11,83
166	361,00	7,76	2,22	1,23	69,77	0,54	0,75	0,15	47,90	11,00
167	2017,00	7,31	1,84	5,50	1296,80	0,00	4,16	0,72	862,50	4,00
168	369,00	7,46	4,09	2,37	3,00	0,31	0,93	0,52	45,10	10,75

N.º	Nombre	UTM	Municipio	Sustrato	Altitud (m)	Temperatura (°C)	Oxígeno
169	—	30TYN344343	Torla	calizas	1600	8,00	8,74
170	—	30TYN357319	Torla	calizas	1420	8,20	8,68
171	—	30TYN361297	Torla	calizas	1300	8,90	12,40
172	Fuente de Gontz	31TBH559274	Fanlo	calizas	1180	6,90	10,20
173	Fuente de las Traviesas	31TBH551228	Fanlo	margas arenosas	2080	6,70	6,80
174	—	31TBH567211	Fanlo	margas arenosas	1960	7,20	9,20
175	Fuente Cueva de la Pardina	31TBH554238	Fanlo	margas arenosas	2040	4,60	8,65
176	—	31TBH594229	Fanlo	margas arenosas	1820	15,30	6,02
177	—	31TBH598227	Fanlo	margas arenosas	1960	8,20	8,29
178	—	31TBH588243	Fanlo	calizas	1720	7,00	9,78
179	—	31TBH585241	Fanlo	calizas	1540	11,30	8,53
180	—	31TBH601205	Fanlo	margas arenosas	1900	7,50	5,81
181	Fuente de Paul (Can Used)	30TYM298885	Sabiñánigo	conglomerados	1000	14,00	10,00
182	Fuente de la Pillera	30TYM276877	Nueno	calizas	1000	9,10	8,28
183	Fuente del Roble	30TYM264884	Nueno	calizas	1000	12,00	5,11
184	Fuente del Molino	30TYM265905	Nueno	conglomerados	1000	14,10	8,46
185	Fuente del Río de Nocito	30TYM262899	Nueno	conglomerados	1000	14,90	8,37
186	Fuente de la Tartenera	30TYM354895	Sabiñánigo	conglomerados	920	10,90	9,26
187	—	30TYM361891	Sabiñánigo	calizas	1020	9,40	9,03
188	—	30TYM187885	Nueno	margas azules	1020	14,50	7,54
189	Fuente Santa	30TYM267809	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	940	14,00	9,32
190	—	30TYM294816	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	830	11,90	8,08
191	—	30TYM331773	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	640	16,80	6,17
192	—	30TYM329787	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	590	18,30	6,24
193	—	30TYM338805	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	750	14,00	8,54
194	—	30TYM354778	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	700	12,30	9,51
195	Fuente de la Tamara	30TYM404761	Bierge	calizas	430	14,70	8,24
196	Fuente de la Pillella	30TYM416721	Bierge	conglomerados molasa	500	15,20	5,90
197	Fuente del Rebullón	30TYM358777	Casbas de Huesca	conglomerados molasa	540	15,90	4,29
198	Fuente de Santa Marina	30TXM985899	Loarre	conglomerados molasa	1240	10,90	9,75
199	Fuente Fría	30TXM982897	Loarre	conglomerados molasa	1200	7,10	11,44
200	Fuente de Petrolanga	30TXM992889	Loarre	conglomerados molasa	900	9,50	10,27
201	—	31TBG771818	Graus	areniscas	1140	11,40	9,63
202	—	31TBG738812	La Fueva	conglomerados	840	11,90	9,79
203	Fuente Salada	31TBG728802	Secastilla	evaporitas	640	10,80	5,71
204	Fuente de Urbiego	31TBG741712	Secastilla	evapontas	620	12,60	9,36
205	—	31TBG811629	Graus	calizas	640	8,00	9,57
206	Fuente de Estadilla	31TBG717595	Estadilla	evaporitas	680	8,50	6,79
207	Fuente Frechina	31TBG759573	Fonz	calizas	540	16,20	9,90

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo fué posible gracias, fundamentalmente, a la colaboración de Josep Esquerrà y de varios compañeros del Departament d'Ecologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona. Josep Anton Morguí y Antonio Freixes hicieron unas interesantes sugerencias. Al Dr. Miguel Alonso le agradezco su asesoramiento y apoyo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M., 1985. *Las lagunas de la España peninsular: taxonomía, ecología y distribución de los cladóceros*. Tesis doctoral. Dpt. Ecología, Universitat de Barcelona. 795 pp.
- ALONSO, M. & M. COMELLES, 1981. Criterios básicos para la clasificación limnológica de las masas de agua continentales de pequeño volumen de España. *Actas Ier. Congreso Esp. Limnología*, págs. 35-42.
- ALONSO, M. & M. COMELLES, 1984. A preliminary grouping of the small epicontinental water bodies in Spain and distribution of Crustaceans and Charophyta. *Verh. int. Verein Limnol.* 22: 1699-1703.

## Appendix.- Continuation

N.º	Conductividad	pH	Alcalinidad	Cl <sup>-</sup>	SO <sup>4-</sup>	NO <sup>3-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
169	264,00	7,38	2,41	0,95	3,78	0,14	1,12	0,33	46,88	5,70
170	298,00	7,44	2,55	0,00	9,96	0,35	2,55	0,71	34,05	7,80
171	308,00	7,68	2,50	1,67	9,32	0,35	0,85	0,44	46,88	7,38
172	253,00	7,04	2,31	0,73	3,50	0,35	0,83	0,71	39,65	1,73
173	253,00	7,95	2,41	1,17	10,29	0,07	1,30	0,95	40,20	3,83
174	286,00	7,75	2,50	0,80	6,73	0,35	0,98	0,69	36,58	3,85
175	352,00	7,55	3,15	1,88	1,889	0,95	0,76	0,23	66,28	1,60
176	218,00	7,58	1,71	2,12	4,15	0,95	1,15	0,52	31,15	4,53
177	244,00	7,70	1,90	2,54	3,50	3,09	1,35	0,61	33,20	4,48
178	149,00	8,03	1,20	0,88	2,21	2,18	1,78	0,62	30,23	1,45
179	164,00	8,16	1,10	1,72	6,09	0,95	0,49	0,30	39,93	5,18
180	330,00	7,29	3,11	0,87	4,15	2,82	0,93	0,38	52,80	3,30
181	491,00	7,70	3,96	2,18	4,12	0,70	1,89	0,34	71,68	8,53
182	314,00	7,89	2,08	2,04	44,45	0,35	1,00	0,62	42,55	11,40
183	519,00	7,74	4,45	4,92	19,29	0,70	2,52	1,28	80,00	8,22
184	543,00	7,21	4,66	24,39	7,61	2,85	16,82	1,15	77,75	10,30
185	472,00	7,93	3,79	5,26	5,72	0,70	8,63	1,06	65,45	11,55
186	578,00	7,00	3,97	3,32	20,21	0,35	2,20	0,65	81,00	8,90
187	347,00	7,66	3,19	1,64	10,24	0,95	1,23	0,38	64,83	6,85
188	489,00	7,69	3,69	9,52	30,92	0,14	9,85	0,96	191,00	11,50
189	410,00	7,64	3,13	3,44	13,47	9,22	2,06	0,48	70,08	4,60
190	1265,00	7,58	3,87	279,75	47,25	1,75	172,00	2,91	66,00	9,75
191	703,00	7,30	4,24	4,20	58,99	27,30	3,16	4,08	416,50	9,20
192	1131,00	7,37	4,90	144,60	52,59	12,45	63,98	2,01	406,00	10,50
193	424,00	7,41	3,69	13,14	2,76	0,95	1,18	0,34	68,65	2,98
194	426,00	7,75	3,31	7,24	25,11	2,18	2,87	0,38	60,25	5,98
195	494,00	7,48	3,38	30,68	29,63	1,90	15,65	0,80	61,50	9,93
196	701,00	7,46	5,28	25,84	43,75	30,44	12,35	0,95	61,73	9,88
197	600,00	7,34	5,22	7,38	5,77	2,85	1,66	1,36	60,78	9,63
198	554,00	8,05	4,40	6,00	68,31	0,28	2,31	1,98	377,75	15,50
199	297,00	7,56	2,57	10,40	11,53	0,70	1,31	0,42	48,10	4,48
200	373,00	7,44	3,31	4,24	13,47	3,40	1,72	1,17	50,98	11,75
201	574,00	7,74	4,13	22,05	102,47	0,42	3,03	1,36	381,00	14,00
202	507,00	7,69	4,21	4,08	47,08	0,70	4,07	0,97	368,23	10,75
203	663,00	7,72	4,61	6,12	90,01	1,05	3,15	1,43	369,50	16,00
204	476,00	7,36	3,53	10,44	50,26	0,21	3,77	0,74	69,68	6,03
205	445,00	7,64	3,72	10,23	15,36	0,21	7,46	6,63	60,75	6,03
2076	947,00	8,28	4,17	127,00	100,29	0,00	63,10	4,39	68,25	18,00
207	663,00	7,41	4,49	13,32	64,44	3,80	19,77	1,74	349,25	15,50

ALONSO, M. & M. COMELLES, 1985. *Catálogo limnológico de las balsas y lagunas de la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses. 134 pp.

CUSTODIO, E. & M.R. LLAMAS, 1976. *Hidrología subterránea*. Ed. Omega, Barcelona. Tomo I. 1144 pp.

MARGALEF, R., 1975. Typology of reservoirs. *Verh. int. Verein Limnol.* 19: 1841-1848.

MARGALEF, R., 1983. *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona.

NIELSEN, A., 1950. On the zoogeography of springs. *Hydrobiologia* 2: 313-321.

ODUM, E.P., 1971. *Fundamentals of ecology*. Saunders (3rd. ed), Philadelphia. 564 pp.

RUTTNER, A.W. & A.E. RUTTNER-KOLISKO, 1972. Some Data on the Hydrology of the Tabas-Shirgesht-Ozbak-kuh Area (East Iran). *Jahrb. Geol. B.-A. Bd.* 115 (S): 1-48.

SCHOELLER, H., 1962. *Les eaux Souterraines*. Masson & Cie, Paris. 642 pp.

SOLÉ SABARÍS, L., 1951. *Los Pirineos*. Ed. Alberto Martín, Barcelona. 615 pp.

SOLÉ SAMPERE, M., 1972. *Carte géologique des Pyrenees*. Société Nationale des petroles d'Aquitaine.

VERDONSCHOT, F.M. & J.A. SCHOT, 1986. Macrofaunal community types in helocrene spngs. *Ann. Repport. Jaarverslag*: 85-103.