

HIDROQUÍMICA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO GÁLLEGO (HUESCA)

Ignacio BETRÁN LACASTA¹
José Antonio CUCHÍ OTERINO²
José Antonio MANSO ALONSO²

RESUMEN.— Se ha estudiado la hidroquímica de las aguas de la cuenca alta del río Gállego, especialmente en sus afluentes Caldarés y Aguas Limpias.

ABSTRACT.— *Hydrochemistry of the upper basin of Gallego river (Huesca)*. The hydrochemistry of the waters of Gallego river and several tributaries was studied.

KEY WORDS.— Hydrochemistry, Gallego river, Huesca, Spain.

INTRODUCCIÓN

Es evidente la importancia que tiene la calidad del agua dentro de los recursos naturales del Alto Aragón. Sin embargo, son pocos los estudios publicados hasta hace unos años, como los de SÁNCHEZ (1987) y BESCÓS (1991).

En los últimos años el tema está adquiriendo un interés creciente, bien por la presencia de metales pesados como los detectados por PUYAL y cols.

¹ SABIÑÁNIGO (Huesca).

² Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA.

(1998) o por la presencia de elevadas concentraciones de nitratos de origen agropecuario en LARREY y cols. (1996) y BUERA y cols. (1998).

Poca información existía sobre la cuenca del Alto Gállego. El presente trabajo presenta los resultados obtenidos en este río, resultado de una campaña de muestreo, en el otoño de 1998, en un barrido general sobre la hidroquímica de las aguas de esta cuenca.

MUESTREO. MARCO FÍSICO Y METEOROLÓGICO

El valle alto del río Gállego, conocido también como el valle de Tena, se encuentra en el centro de la franja norte del Alto Aragón, entre el desfiladero de Santa Elena y la frontera francesa. Topográficamente es una zona accidentada, rodeada de una aureola de picos espectaculares, entre los que destacan al norte Pico de Moros (3.151 m) y Quijada de Pondiellos (3.076 m) y al sur las sierras de La Partacua y Tendenera (2.853 m).

El Gállego, que nace en el Portalet, en la raya de Francia, actúa como colector de una serie de importantes afluentes, entre los que destacan el Aguas Limpias, que desciende de la zona del circo de Respomuso, el Bolática, que junto con el Caldarés recogen las aguas del quiñón de Panticosa. Por la orilla derecha, el río Escarra drena una amplia superficie entre la muralla calcárea de Telera y las estribaciones menores del pico de Tres Hombres.

Desde un punto de vista geológico, la cuenca se distribuye entre materiales carbonatados e ígneos. El cuadrante noroeste está cubierto por calizas del Devónico, en el Portalet y Foratata, y esquistos del Carbonífero. La intrusión de los pitones de andesita del Anayet y el Midi d'Ossau originaron una pequeña aureola metamórfica que ha dado lugar a explotaciones de fluorita en el Portalet, hoy cerradas. El cuadrante noreste está ocupado por los granitos paleozoicos del balneario de Panticosa. Su intrusión provocó una aureola metamórfica con depósitos mineros explotados, en el pasado, en Yenefrito. Por el sur, las murallas calizas del Cretácico Superior dominan el paisaje.

En estos materiales se localizan diversas unidades acuíferas. En los granitos de Panticosa se encuentra un interesante acuífero fisurado, con un

componente termal que ha dado nombre al río Caldarés y se aprovecha en el balneario de Panticosa. En las calizas del Devónico se localizan acuíferos kársticos en el Portalet, valle de Soba y Tres Hombres. En Telera y Partacua se señalan también varios sistemas kársticos que drenan en Hoz de Jaca, Respomuso, Santa Elena, Batanes y Traconeras.

METODOLOGÍA DE MUESTREO Y ANÁLISIS

En el otoño de 1998, se tomaron 99 muestras, en botellas nuevas de PET de dos litros, de aguas superficiales y subterráneas de la cuenca alta del río Gállego. Parte de las muestras se recogieron en zonas de alta montaña, en algún caso con porteos de varias horas.

In situ se determinaron temperatura y conductividad eléctrica mediante un Orion 122. El pH, el potencial rédox y la alcalinidad se determinaron en un laboratorio de campo, en menos de 24 horas tras el muestreo. El pH mediante un Orion 290 A, con electrodo de vidrio Ingold y calibración previa a valores de 4.01, 7.00 y 10.01. Potencial rédox mediante Orion 290 A y tampón de 481 mV. La alcalinidad mediante microbureta Hach, pHmetro y soluciones de ácido sulfúrico diluido en concentraciones de 0,0976 N y 1,5448 N.

Los iones mayoritarios se determinaron en los laboratorios de la EUPH. Sodio, potasio y calcio se determinaron mediante fotómetro de llama Jenway PFP7. Magnesio por absorción atómica en un Varian SpectrAA-10 BQ, con llama de acetileno. Cloruros por argentometría, con indicador de cromato potásico. Nitratos por acidificación en espectrofotometría ultravioleta a 220 y 275 nanómetros, en un UNICAM Helios-Épsilon. Sulfatos por turbidimetría con cloruro de bario, también en un UNICAM Helios-Épsilon.

Los resultados se han representado en diagramas de Stiff y Piper mediante el programa AQUACHEM. También se realizó la especiación mediante el programa WATEQF.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Los resultados analíticos, por subcuencas, se presentan en las figuras 1 a 4.

Muestra	fecha	t(°C)	ce(µs/cm) a 20 °C	pH	p. redox(mV)	HCO ₃ (mg/l)	Cl(mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
52	30/10/98	10.8	239.0	7.73	222.5	117.79	0.81	1.82	0.93	<0.5	34.28	0.48	17.95
57	2/11/98	3.8	36.0	6.88	287.2	16.37	0.27	0.10	<0.5	<0.5	6.27	0.69	1.51
58	2/11/98	4.1	39.9	7.20	286.5	19.35	0.27	0.10	<0.5	<0.5	5.43	0.75	1.70
59	2/11/98	6.0	31.8	6.92	287.3	15.63	0.27	0.11	<0.5	<0.5	4.64	0.40	2.36
60	2/11/98	6.2	27.5	6.84	293.1	13.10	0.00	0.10	<0.5	<0.5	3.85	<0.3	2.36
61	2/11/98	3.3	48.5	7.42	290.2	22.33	0.00	0.21	<0.5	<0.5	7.42	0.80	3.28
62	2/11/98	3.8	88.8	7.46	281.4	43.16	0.00	0.29	<0.5	<0.5	12.19	0.52	6.06
63	2/11/98	2.6	47.5	7.12	280.2	19.35	0.00	0.21	<0.5	<0.5	7.42	1.24	5.00
64	2/11/98	3.4	55.6	7.32	264.1	26.05	0.00	0.23	<0.5	<0.5	8.21	0.77	5.79
65	2/11/98	6.1	48.6	7.03	275.3	21.28	0.27	0.19	0.79	<0.5	5.83	0.61	3.49
66	2/11/98	7.1	73.4	7.25	280.9	35.72	0.27	0.28	0.79	<0.5	9.01	0.57	2.95
67	2/11/98	6.0	51.7	7.10	280.9	23.81	0.00	0.20	0.50	<0.5	6.63	0.50	2.27
68	2/11/98	7.0	118.0	7.60	271.9	61.02	0.00	0.37	0.90	<0.5	16.87	<0.3	6.46
69	2/11/98	6.2	101.2	7.44	270.9	52.54	0.00	0.37	<0.5	<0.5	14.96	0.57	3.62
70	2/11/98	7.4	130.7	7.61	265.3	65.49	0.27	0.75	<0.5	<0.5	17.96	0.40	7.95
71	2/11/98	8.2	184.3	7.96	260.0	110.73	0.00	0.71	<0.5	<0.5	28.64	<0.3	5.92
72	2/11/98	8.6	283.0	7.77	266.7	146.61	1.08	1.12	1.85	<0.5	38.67	<0.3	17.69
73	2/11/98	7.4	96.2	7.46	260.6	47.63	0.00	0.39	<0.5	<0.5	14.83	0.41	3.89
74	2/11/98	8.3	167.5	7.83	258.5	83.35	0.00	1.42	<0.5	<0.5	22.41	<0.3	8.22
75	2/11/98	7.9	82.3	7.36	261.3	39.74	0.27	0.31	<0.5	<0.5	11.00	0.40	3.76
76	2/11/98	8.0	166.8	7.88	254.8	82.46	0.00	0.69	<0.5	<0.5	24.78	<0.3	12.96
77	2/11/98	7.0	162.3	7.70	257.3	69.95	0.00	0.56	<0.5	<0.5	23.54	0.43	19.31

Tabla I. Datos analíticos de las aguas del Aguas Limpias.

Muestra	fecha	t(°C)	ce(µs/cm) a 20 °C	pH	p. redox(mV)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl(mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
1	27/10/98	7.0	181.5	7.48	294.0	98.98	1.36	3.10	0.79	<0.5	23.13	0.42	7.71
3	27/10/98	8.4	91.0	7.15	299.2	49.12	0.00	0.88	0.50	<0.5	14.23	0.38	4.33
4	27/10/98	7.2	285.0	7.63	308.4	153.31	0.27	4.88	<0.5	<0.5	35.86	<0.3	19.60
5	27/10/98	5.8	183.8	7.54	301.4	104.19	0.54	3.87	0.79	<0.5	23.60	0.56	7.57
6	27/10/98	5.3	280.0	7.70	309.3	157.77	0.00	8.19	0.50	<0.5	31.96	0.45	15.50
7	27/10/98	10.6	144.9	7.84	299.6	85.58	0.00	0.37	0.50	<0.5	22.19	<0.3	5.20
8*	27/10/98	19.8	286.0	9.10	-215.6	8.13	22.77	<0.1	45.96	0.85	0.65	0.43	54.65
9	27/10/98	10.2	118.0	7.55	322.5	59.54	0.00	0.27	<0.5	<0.5	16.57	0.77	4.01
10	27/10/98	7.1	111.5	7.25	300.1	58.05	1.36	0.33	2.24	<0.5	16.57	0.59	4.40
11	27/10/98	5.1	145.1	7.84	301.5	117.58	0.00	1.59	<0.5	<0.5	32.21	0.42	7.18
12	27/10/98	6.3	150.0	7.35	304.2	83.35	0.00	0.32	<0.5	<0.5	25.89	0.42	11.14
13	27/10/98	4.8	73.6	6.92	299.2	40.93	0.00	0.34	0.64	<0.5	10.95	0.68	2.29
14	27/10/98	7.4	51.8	6.67	309.0	28.28	0.27	0.17	0.79	<0.5	8.61	0.57	2.16
15	27/10/98	6.2	38.2	6.63	304.9	19.35	0.00	0.13	<0.5	<0.5	6.27	0.56	2.55
16	27/10/98	5.7	107.2	6.57	304.8	56.56	0.00	0.25	<0.5	<0.5	17.04	0.61	4.80
17	27/10/98	5.0	39.3	6.63	306.9	20.09	0.00	0.14	0.97	<0.5	5.80	0.64	3.35
18*	27/10/98	27.4	164.2	9.33	-182.2	20.30	7.86	<0.1	31.57	<0.5	0.65	<0.3	24.28
19	27/10/98	5.3	39.4	6.57	315.6	19.35	0.00	0.12	<0.5	<0.5	6.27	0.63	2.82
20	28/10/98	3.2	95.6	7.69	226.7	45.40	0.00	0.25	<0.5	<0.5	16.10	0.95	6.25
21	28/10/98	6.4	114.2	7.51	230.6	51.35	0.00	0.27	<0.5	<0.5	17.98	1.10	10.22
22	28/10/98	7.8	59.3	7.24	233.0	30.07	0.00	0.19	<0.5	<0.5	10.48	0.50	3.21
23	28/10/98	4.9	71.1	7.39	237.9	32.74	0.00	0.19	<0.5	<0.5	12.36	0.84	5.12
24	28/10/98	2.5	30.6	7.01	233.0	12.65	0.00	0.12	<0.5	<0.5	6.27	0.68	2.46
25	28/10/98	4.7	54.2	7.38	237.4	25.30	0.00	0.17	<0.5	<0.5	10.48	0.49	2.33
26	28/10/98	4.2	126.5	7.77	234.7	69.21	0.00	0.38	<0.5	<0.5	19.65	0.33	4.72
27	28/10/98	11.4	89.9	7.28	226.6	49.86	0.00	0.30	<0.5	<0.5	15.17	<0.3	2.99
28	28/10/98	11.2	84.6	7.51	226.2	46.14	0.00	0.29	<0.5	<0.5	13.29	<0.3	3.12
29	28/10/98	6.6	58.1	7.12	229.6	29.77	0.00	0.18	<0.5	<0.5	10.95	0.40	3.52
30	28/10/98	6.4	30.4	6.82	233.7	13.40	0.00	0.10	<0.5	<0.5	5.60	0.47	2.59
31	28/10/98	9.0	31.5	7.03	236.1	12.65	0.00	0.11	0.50	<0.5	4.86	0.52	2.19
32	28/10/98	5.7	33.6	6.86	239.4	17.86	0.00	0.10	0.80	<0.5	5.80	0.98	2.19
33	28/10/98	6.0	40.6	7.05	242.6	20.84	0.00	0.13	<0.5	<0.5	6.27	0.43	3.66
34	28/10/98	5.9	39.4	6.86	242.4	17.12	0.00	0.13	<0.5	<0.5	6.27	0.43	2.46
36	28/10/98	6.7	46.3	7.05	241.9	23.07	0.00	0.15	0.81	<0.5	7.21	0.72	2.35
97	6/11/98	6.6	181.8	7.61	229.6	98.95	1.08	3.65	1.22	<0.5	21.30	0.55	8.30

*Nota. Estas muestras presentan 20,20 y 24,98 mg/l de CO₃²⁻, respectivamente.

Tabla II. Datos analíticos de las aguas del Caldarés.

Muestra	fecha	t(°C)	ce(µs/cm) a 20 °C	pH	p. redox(mV)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl(mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na(mg/l)	K(mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
2	27/10/98	5.6	282.0	7.68	292.4	160.75	0.54	11.48	0.79	<0.5	29.68	0.36	16.82
79	6/11/98	2.2	279.0	7.68	228.9	167.27	0.27	7.88	<0.5	<0.5	32.54	1.57	9.03
80	6/11/98	1.4	212.0	7.65	228.8	134.29	0.54	6.19	<0.5	<0.5	28.24	0.87	9.57
81	6/11/98	3.2	288.0	7.90	229.1	162.56	0.27	14.46	0.50	<0.5	24.22	0.48	24.31
82	6/11/98	3.3	208.0	7.94	226.7	120.15	0.54	10.41	<0.5	<0.5	17.75	1.06	8.90
83	6/11/98	5.1	224.0	7.63	234.8	136.64	0.27	8.24	<0.5	<0.5	25.85	0.80	6.57
84	6/11/98	4.1	232.0	7.71	232.8	131.93	0.81	8.68	<0.5	<0.5	24.94	0.82	10.74
85	6/11/98	6.2	252.0	7.95	229.2	148.07	0.54	4.53	0.50	<0.5	32.65	<0.3	12.75
86	6/11/98	7.4	275.0	7.42	237.0	169.62	0.81	6.01	<0.5	<0.5	37.52	0.78	14.82
87	6/11/98	5.4	103.0	7.42	230.6	61.25	0.27	0.52	<0.5	<0.5	18.59	0.54	5.71
88	6/11/98	5.2	185.3	7.59	229.2	106.02	0.54	2.83	<0.5	<0.5	27.84	0.61	8.58
89	6/11/98	7.5	143.4	7.26	242.7	82.46	0.00	0.57	<0.5	<0.5	22.84	0.40	4.28
90	6/11/98	4.7	215.0	7.73	238.0	127.22	0.27	2.70	0.50	<0.5	28.96	0.75	10.60
91	6/11/98	4.4	333.0	7.86	235.1	193.18	0.27	4.24	0.50	<0.5	44.18	0.55	30.13
92	6/11/98	3.7	161.0	7.71	231.9	87.17	0.54	1.65	<0.5	<0.5	23.22	0.38	7.58
93	6/11/98	5.0	195.0	7.89	230.9	117.79	0.54	4.40	<0.5	<0.5	25.11	0.61	9.30
94	6/11/98	9.7	288.0	7.94	229.6	143.71	0.54	6.90	0.79	<0.5	35.98	0.47	33.15
95	6/11/98	9.5	425.0	7.39	247.2	268.57	1.08	11.97	0.50	<0.5	49.96	<0.3	14.76

Tabla III. Datos analíticos de las aguas del Bolática.

Hasta El Pueyo de Jaca.

Muestra	fecha	t°(°C)	ce(µs/cm) a 20 °C	pH	p. redox(mV)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
43	30/10/98	10.4	416.0	7.66	236.5	263.86	0.54	14.68	1.59	<0.5	46.24	<0.3	16.49
44	30/10/98	9.4	492.0	7.79	229.4	219.10	0.54	23.93	2.67	<0.5	41.39	<0.3	72.54
45	30/10/98	7.1	400.0	7.67	229.1	113.08	2.17	4.57	2.67	<0.5	46.87	0.34	84.56
46	30/10/98	6.4	369.0	7.78	226.7	89.52	1.90	2.66	2.80	<0.5	44.79	<0.3	79.54
47	30/10/98	4.7	100.0	7.44	224.2	61.25	0.54	0.94	0.93	<0.5	15.17	<0.3	4.19
48	30/10/98	9.2	176.0	7.60	226.2	91.88	3.52	1.68	2.95	<0.5	22.19	0.73	9.73
49	30/10/98	6.4	874.0	7.72	233.3	141.35	1.08	3.27	3.81	<0.5	117.68	<0.3	299.68
60	30/10/98	3.8	152.0	7.63	222.1	80.10	1.68	6.28	2.23	<0.5	16.10	<0.3	12.13
61	30/10/98	9.1	573.0	7.91	221.7	296.84	1.36	47.28	12.45	0.95	36.71	0.40	79.51
63	30/10/98	5.0	214.0	7.65	218.6	120.15	0.54	1.12	0.78	<0.5	35.54	0.43	12.66
64	30/10/98	5.8	237.0	7.97	217.4	139.00	0.54	1.78	0.50	<0.5	37.98	<0.3	10.94
65	30/10/98	7.0	364.0	7.85	218.7	193.18	0.81	13.13	2.66	<0.5	35.30	<0.3	34.20
96	6/11/98	6.2	66.9	7.27	229.4	37.69	0.54	0.71	0.64	<0.5	10.22	0.61	3.70

Después de El Pueyo de Jaca.

Muestra	fecha	t°(°C)	ce(µs/cm) a 20 °C	pH	p. redox(mV)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
36	30/10/98	7.3	300.0	7.85	236.0	167.27	1.90	6.73	2.98	<0.5	34.54	0.99	20.72
37	30/10/98	6.3	234.0	7.57	237.9	94.24	0.27	10.82	0.50	<0.5	35.68	1.03	38.56
38	30/10/98	6.2	316.0	7.85	231.9	176.69	0.54	11.13	0.81	<0.5	32.03	<0.3	26.01
39	30/10/98	9.6	497.0	7.79	234.7	306.27	1.36	34.44	0.81	<0.5	35.77	0.89	24.42
40	30/10/98	6.8	479.0	7.90	228.3	296.84	1.08	39.38	0.97	<0.5	33.90	0.54	24.16
41	30/10/98	6.5	266.0	7.87	226.7	164.91	0.54	8.55	0.97	<0.5	32.03	<0.3	11.34
42	30/10/98	7.8	269.0	7.54	231.5	101.30	1.08	9.57	0.81	<0.5	26.87	0.56	45.43
56	30/10/98	6.6	280.0	7.94	215.6	171.98	0.54	10.41	2.52	<0.5	28.28	<0.3	2.35
78	2/11/98	8.4	288.0	7.38	267.1	164.91	1.08	6.28	1.51	<0.5	36.71	0.54	10.66
98	6/11/98	5.6	344.0	7.84	229.5	209.67	0.54	15.71	1.22	0.55	30.87	<0.3	21.08
100	6/11/98	7.6	260.0	7.71	224.9	117.79	0.81	10.01	<0.5	<0.5	26.64	0.77	35.59

Tabla IV. Datos analíticos de las aguas del Gállego, antes (IVa) y después (IVb) de El Pueyo de Jaca.

Muestra	Calcita CO ₃ Ca		Dolomita (CO ₃) ₂ CaMg		Yeso SO ₄ Ca·2H ₂ O		Magnesita CO ₃ Mg		Halita ClNa		Aragonito CO ₃ Ca		Anhidrita SO ₄ Ca	
	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l
52	-0,265	60,238	-1,719	12,268	-2,440		-1,770		-10,635	0,038	-0,420		-2,830	25,452
57	-2,733	13,715	-7,313	0,682	-4,068		-4,855				-2,893		-4,562	2,141
58	-2,397	11,378	-6,527	0,757	-4,078		-4,407				-2,557		-4,568	2,410
59	-2,803	8,676	-7,189	0,833	-4,005		-4,676				-2,962		-4,465	3,346
60	-3,033	6,744	-7,606	0,757	-4,079		-4,863				-3,182		-4,536	3,346
61	-2,003	14,249	-5,567	1,590	-3,671		-3,837				-2,163		-4,173	4,851
62	-1,473	22,835	-4,573	2,196	-3,227		-3,375				-1,633		-3,721	8,583
63	-2,378	12,456	-6,333	1,590	-3,486		-4,223				-2,539		-4,000	7,080
64	-1,997	13,524	-5,557	1,742	-3,391		-3,834				-2,157		-3,891	8,210
65	-2,467	10,141	-6,377	1,439	-3,752		-4,200		-11,142	0,013	-2,626		-4,210	4,949
66	-1,829	18,275	-5,102	2,120	-3,662		-3,569		-11,149	0,013	-1,987		-4,106	4,183
67	-2,295	13,369	-6,069	1,515	-3,885		-4,063				-2,454		-4,345	3,219
68	-1,002	33,877	-3,600	2,802	-3,095		-2,894				-1,160		-3,540	9,160
69	-1,294	31,068	-4,137	2,802	-3,392		-3,134				-1,090		-3,427	11,272
70	-0,933	33,482	-3,173	5,680	-2,988		-2,539				-0,321		-3,388	8,394
71	-0,165	62,436	-1,848	5,377	-2,960		-1,986				-0,278		-2,824	25,083
72	-0,122	73,532	-1,685	8,462	-2,402		-1,868		-10,259	0,050	-0,278		-3,785	5,516
73	-1,289	31,378	-4,087	2,953	-3,356		-3,096				-1,446		-3,426	11,655
74	-0,616	41,556	-2,229	10,754	-3,000		-1,917				-0,772		-3,915	5,331
75	-1,579	22,278	-4,628	2,348	-3,483		-3,350				-1,736		-3,100	18,376
76	-0,433	45,541	-2,336	5,225	-2,670		-2,205				-0,589		-3,100	18,376
77	-0,722	36,362	-3,002	4,241	-2,514		-2,575				-0,879		-2,959	27,38

Tabla V. Especiación por WATEQF en las aguas del Aguas Limpias.

Muestra	Calcita CO ₃ Ca		Dolomita (CO ₃) ₂ CaMg		Yeso SO ₄ Ca·2H ₂ O		Magnesita CO ₃ Mg		Halita ClNa		Aragonito CO ₃ Ca		Anhidrita SO ₄ Ca	
	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l
1														
3	-1,588	27,195	-4,295	6,664	-3,313		-3,010		2,010	-10,465	-0,957		-3,372	10,932
4	-0,301	49,041	-1,388	36,856	-2,392		-1,395		1,272		-0,458		-2,834	27,791
5	-0,731	35,117	-2,208	29,308	-2,927		-1,766		0,025	-10,864	-0,889		-3,390	10,734
6	-0,304	28,945	-1,164	62,023	-2,540		-1,145		1,272		-0,463		-3,011	21,978
7	-0,453	48,477	-2,552	2,802	-3,107		-2,415		1,272		-0,608		-3,500	7,373
8	-1,164				-3,672				1,06	-7,512	-1,312		-3,947	77,489
9	-1,015	36,093	-3,694	2,045	-3,314		-2,993				-3,170		-3,711	5,686
10	-1,377	35,44	-4,390	2,499	-3,268		-3,309		0,063	-10,003	-1,535		-3,711	6,239
11	-0,264	66,415	-1,810	12,041	-2,829		-1,830				-0,423		-3,303	10,181
12	-0,962	51,734	-3,783	2,423	-2,710		-3,112				-1,120		-3,165	15,786
13	-2,058	23,561	-5,607	2,575	-3,689		-3,831		1,629		-2,217		-4,167	3,247
14	-2,520	18,553	-6,674	1,287	-3,810		-4,452		0,013	-11,148	-2,677		-4,249	3,063
16	-2,873	12,467	-7,382	0,984	-3,853		-4,801				-3,031		-4,310	3,616
16	-2,077	36,526	-5,951	1,893	-3,211		-4,162				-2,236		-3,675	6,806
17	-2,912	10,418	-7,419	1,06	-3,766		-4,791		2,468		-3,071		-4,242	4,75
18	-0,656				-4,003				0,366	-8,146	-0,798		-4,196	34,427
19	-2,948	12,227	-7,586	0,909	-3,807		-4,824				-3,107		-4,278	3,989
20	-1,118	32,667	-4,061	1,893	-3,106		-3,215				-1,279		-3,609	8,862
21	-1,151	33,143	-4,074	2,045	-2,870		-3,215				-1,309		-3,324	14,491
22	-1,837	22,071	-5,337	1,439	-3,564		-3,801				-1,984		-3,997	4,552
23	-1,634	24,751	-5,060	1,439	-3,292		-3,710				-1,793		-3,769	7,26
24	-2,737	12,602	-7,224	0,909	-3,851		-4,754				-2,898		-4,365	3,488
25	-1,821	23,046	-5,416	1,287	-3,688		-3,877				-1,980		-4,168	3,304
26	-0,759	43,092	-3,230	2,878	-3,161		-2,750				-0,918		-3,649	6,693
27	-1,374	33,536	-4,307	2,272	-3,473		-3,252				-1,528		-3,855	4,240
28	-1,235	28,746	-3,989	2,196	-3,502		-3,073				-1,389		-3,887	4,424
29	-1,963	22,938	-5,656	1,363	-3,503		-3,986				-2,121		-3,954	4,991
30	-2,869	11,375	-7,450	0,757	-3,874		-4,874				-3,027		-4,328	3,672
31	-2,716	8,986	-6,975	0,833	-3,954		-4,567		1,272		-2,872		-4,370	3,672
32	-2,718	11,833	-7,209	0,682	-3,948		-4,779		1,272		-2,877		-4,413	3,105
33	-2,294	17,154	-6,366	0,984	-3,573		-4,362				-2,452		-4,033	5,180
34	-2,700	12,560	-7,042	0,984	-3,866		-4,632				-2,858		-4,328	3,488
35	-2,312	14,94	-6,250	1,136	-3,838		-4,232				-2,470		-4,288	3,332
97	-0,712	29,518	-2,135	27,642	-2,927		-1,716		2,061	-10,375	-0,870		-3,378	11,769

Tabla VI. Especiación por WATEQF en las aguas del Caldarés.

Muestra	Calcita CO ₃ Ca		Dolomita (CO ₃) ₂ CaMg		Yeso SO ₄ Ca·2H ₂ O		Magnesita CO ₃ Mg		Halita ClNa		Aragonito CO ₃ Ca		Anhidrita SO ₄ Ca	
	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l
2	-0,342	9,327	-1,061	86,938	-2,540		-1,006		-10,875	0,025	-0,501		-3,006	23,649
79	-0,334	39,412	-1,322	59,675	-2,746		-1,253				-0,496		-3,265	12,804
80	-0,523	35,068	-1,760	46,877	-2,756		-1,497				-0,685		-3,289	13,570
81	-0,252		-0,741	109,506	-2,461		-0,761		-11,369	0,013	-0,413		-2,965	34,470
82	-0,447		-1,138	78,835	-2,983		-0,964				-0,607		-3,485	12,620
83	-0,514	23,285	-1,497	62,402	-2,976		-1,267				-0,673		-3,450	9,316
84	-0,481	15,519	-1,416	65,431	-2,773		-1,213				-0,641		-3,263	15,228
85	-0,053	49,604	-0,915	34,306	-2,601		-1,153		-11,071	0,025	-0,211		-3,058	19,079
86	-0,445	53,724	-1,614	45,514	-2,507		-1,467				-0,602		-2,946	20,730
87	-1,166	38,337	-3,855	3,938	-3,106		-2,975				-1,325		-3,575	8,096
88	-0,618	48,437	-2,199	21,432	-2,809		-1,866				-0,777		-3,281	12,166
89	-1,080	50,486	-3,693	4,317	-3,167		-2,911				-1,238		-3,604	6,069
90	-0,395	50,164	-1,804	20,447	-2,706		-1,690				-1,554		-3,186	15,030
91	0,054	61,482	-0,897	32,110	-2,135		-1,231		-11,364	0,013	-0,106		-2,620	42,722
92	-0,672	43,299	-2,498	12,495	-2,910		-2,101		-11,375	0,013	-0,833		-3,405	10,746
93	-0,323	34,903	-1,379	33,321	-2,819		-1,340				-0,482		-3,284	13,187
94	0,008	26,903	-0,562	52,254	-2,187		-0,900		-10,886	0,025	-0,148		-2,593	47,004
96	-0,150	60,106	-0,807	90,649	-2,444		-0,968		-10,794	1,272	-0,305		-2,853	20,929

Tabla VII. Especiación por WATEQF en las aguas del Bolática.

Muestra	Calcita CO ₃ Ca		Dolomita (CO ₃) ₂ CaMg		Yeso SO ₄ Ca·2H ₂ O		Magnesita CO ₃ Mg		Halita ClNa		Aragonito CO ₃ Ca		Anhidrita SO ₄ Ca	
	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l	I.S.	mg/l
36	-0.069	28,724	-0.663	66,112	-2.399		-0.892		-9.768	0,088	-0.226		-2.840	29,379
37	-0.600		-1.662	81,940	-2.115		-1.354		-11.377	0,013	-0.756		-2.570	54,675
38	-0.100	15,927	-0.609	84,268	-2.335		-0.800		-10.868	0,025	-0.258		-2.792	36,880
39	0.135		0.370	260,815	-2.410		-0.075		-10.492	2,061	-0.020		-2.818	34,626
40	-0.161		0.448	298,225	-2.431		-0.007		-10.508	0,050	0.003		-2.879	34,257
41	-0.090	32,972	-0.700	64,749	-2.676		-0.903		-10.787	0,025	-0.248		-3.128	16,079
42	-0.694		-1.751	72,474	-2.158		-1.357		-10.567	0,050	-0.851		-2.591	64,416
43	0.089	37,853	-0.189	111,172	-2.435		-0.594		-10.595	0,025	-0.065		-2.831	23,382
44	0.044		-0.031	181,222	-1.873		-0.385		-10.373	0,025	-0.112		-2.283	102,856
45	-0.320	10,120	-1.575	34,609	-1.699		-1.551		-9.753	0,101	-0.478		-2.143	119,900
46	-0.334	18,022	-1.832	20,144	-1.727		-1.790		-9.785	0,088	-0.492		-2.181	112,782
47	-1.241	29,650	-3.674	7,119	-3.316		-2.715		-10.779	0,025	-1.401		-3.786	5,941
48	-0.693	38,445	-2.406	12,571	-2.846		-2.021		-9.484	0,164	-0.849		-3.259	13,796
49	0.098		-1.279		-0.929		-1.669		-9.931	0,050	-0.060		-1.383	424,923
50	-0.950	1,710	-2.311	47,559	-2.867		-1.637		-10.104	0,050	-1.110		-3.361	17,199
51	0.206		0.635	358,052	-1.939		0.121		-8.314	0,063	0.050		-2.353	112,739
53	-0.409	70,957	-2.297	8,482	-2.551		-2.171		-10.866	0,025	-0.569		-3.027	17,951
54	0.007	76,125	-1.276	13,480	-2.601		-1.571		-11.069	0,025	-0.152		-3.064	15,512
55	-0.019		-0.401	99,434	-2.198		-0.677		-10.162	0,038	-0.177		-2.643	48,483
56	-0.051	25,316	-0.481	78,835	-3.407		-0.724		-10.372	0,025	-0.209		-2.643	3,332
78	-0.487	54,716	-1.650	47,559	-2.653		-1.467		-10.289	0,050	-0.644		-3.077	15,115
96	-1.752	18,745	-4.615	5,377	-3.516		-3.154		-10.939	0,025	-1.910		-3.973	5,246
98	-0.069		-0.394	118,972	-2.453		-0.612		-10.692	0,025	-0.227		-2.819	28,890
100	-0.463		-1.271	75,806	-2.264		-1.107				-0.620		-2.700	50,464

Tabla VIII. Especiación por WATEQF en las aguas del Gállego.

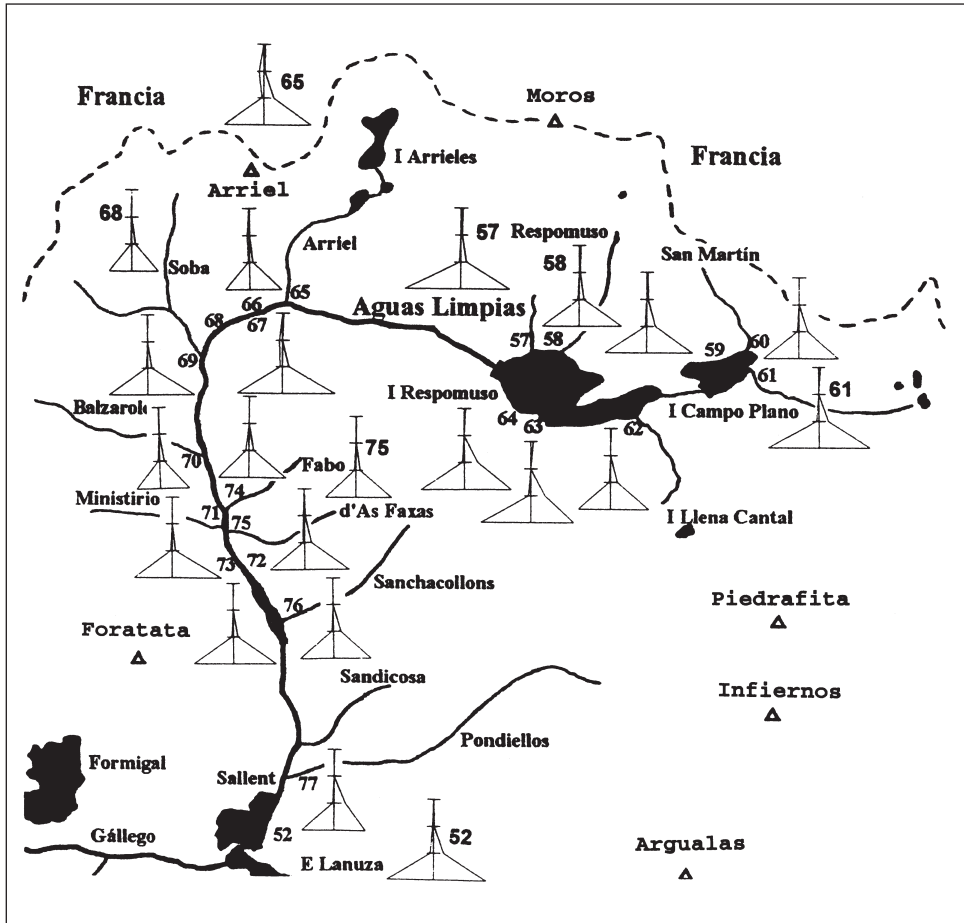


Fig. 1. Diagramas de Stiff de las aguas del Aguas Limpias.

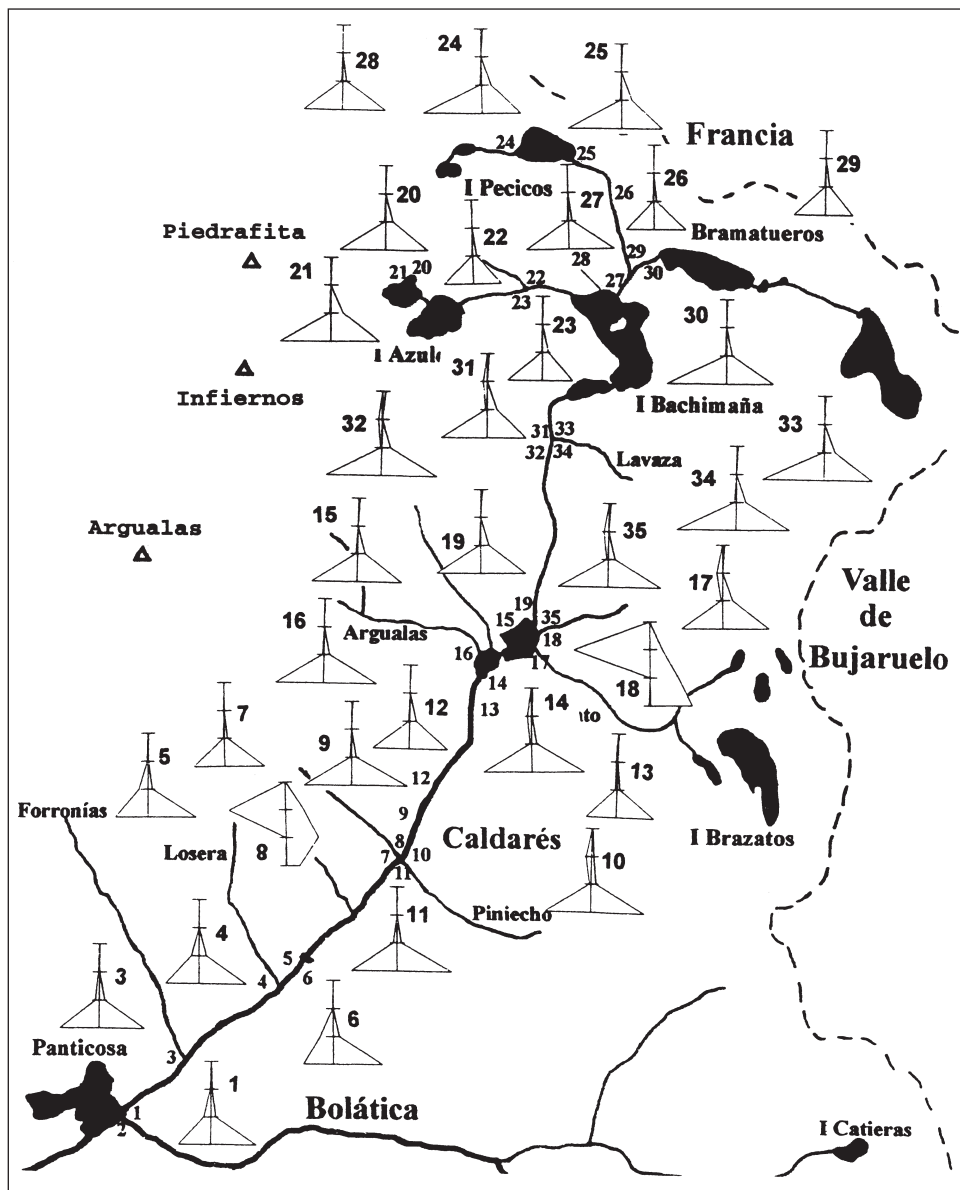


Fig. 2. Diagramas de Stiff de las aguas del Caldarés.

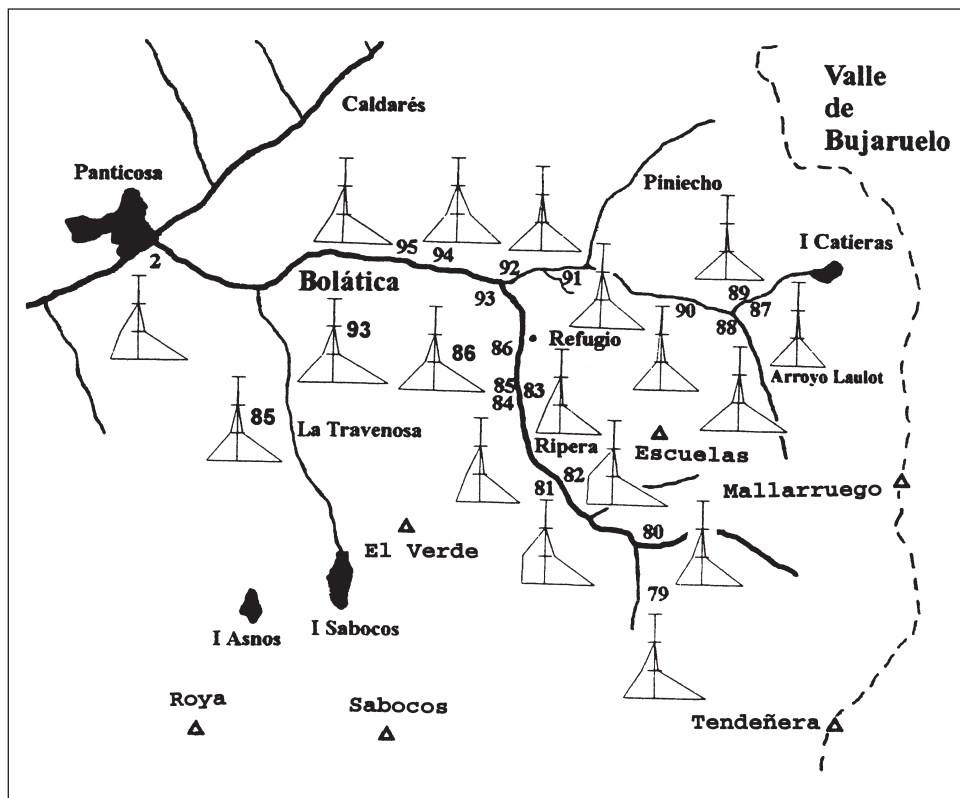


Fig. 3. Diagramas de Stiff de las aguas del Bolática.

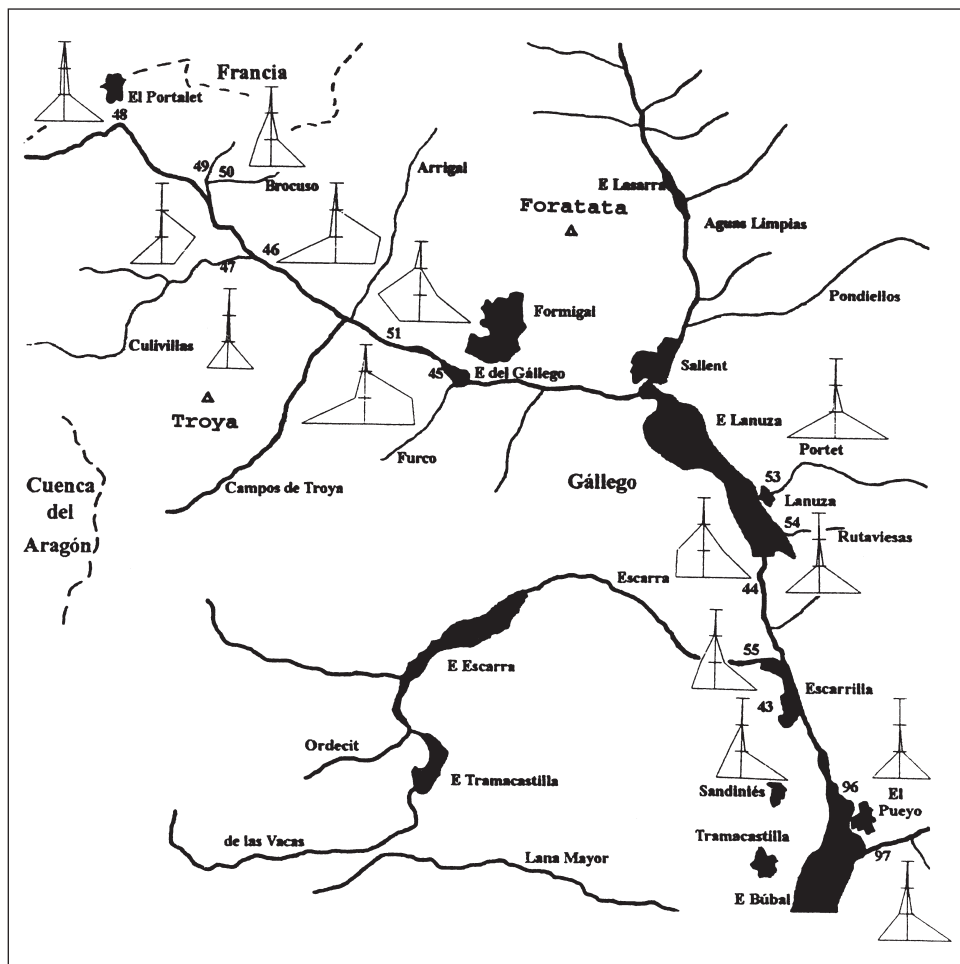


Fig. 4. Diagramas de Stiff de las aguas del Gállego, por encima de El Pueyo de Jaca.

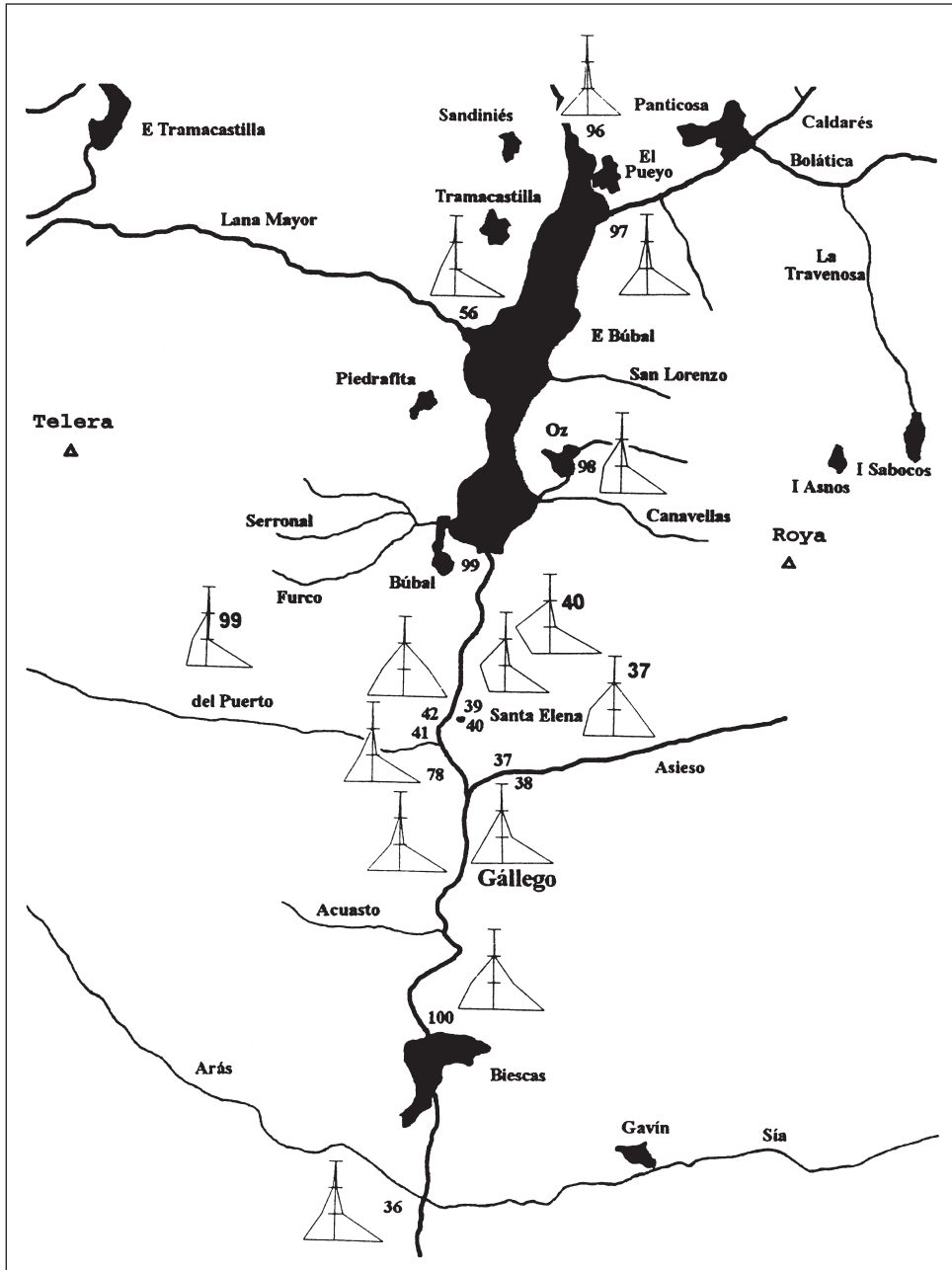


Fig. 5. Diagramas de Stiff de las aguas del Gállego, por debajo de El Pueyo de Jaca.

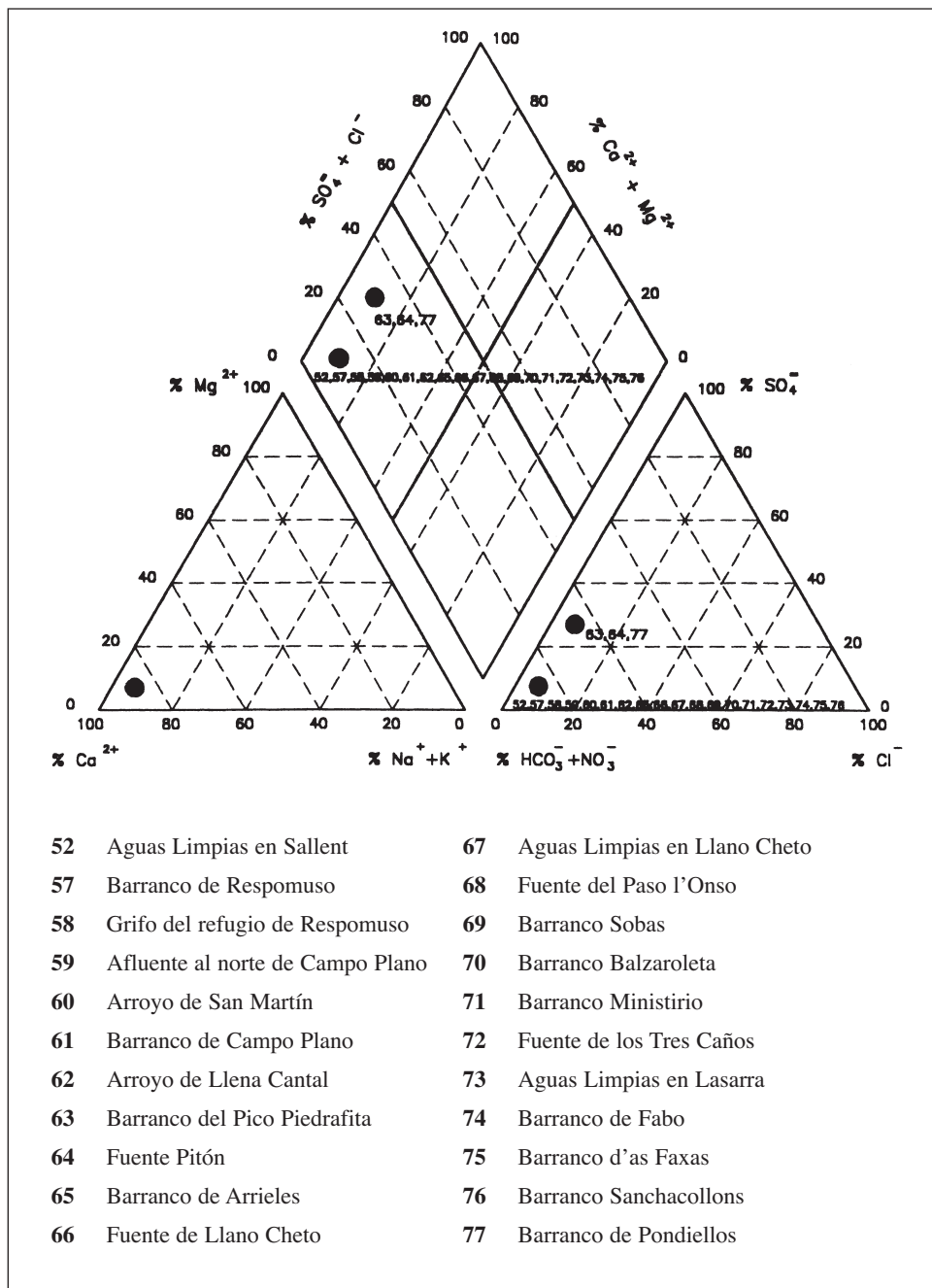


Fig. 6. Diagramas de Piper de las aguas del Aguas Limpias.

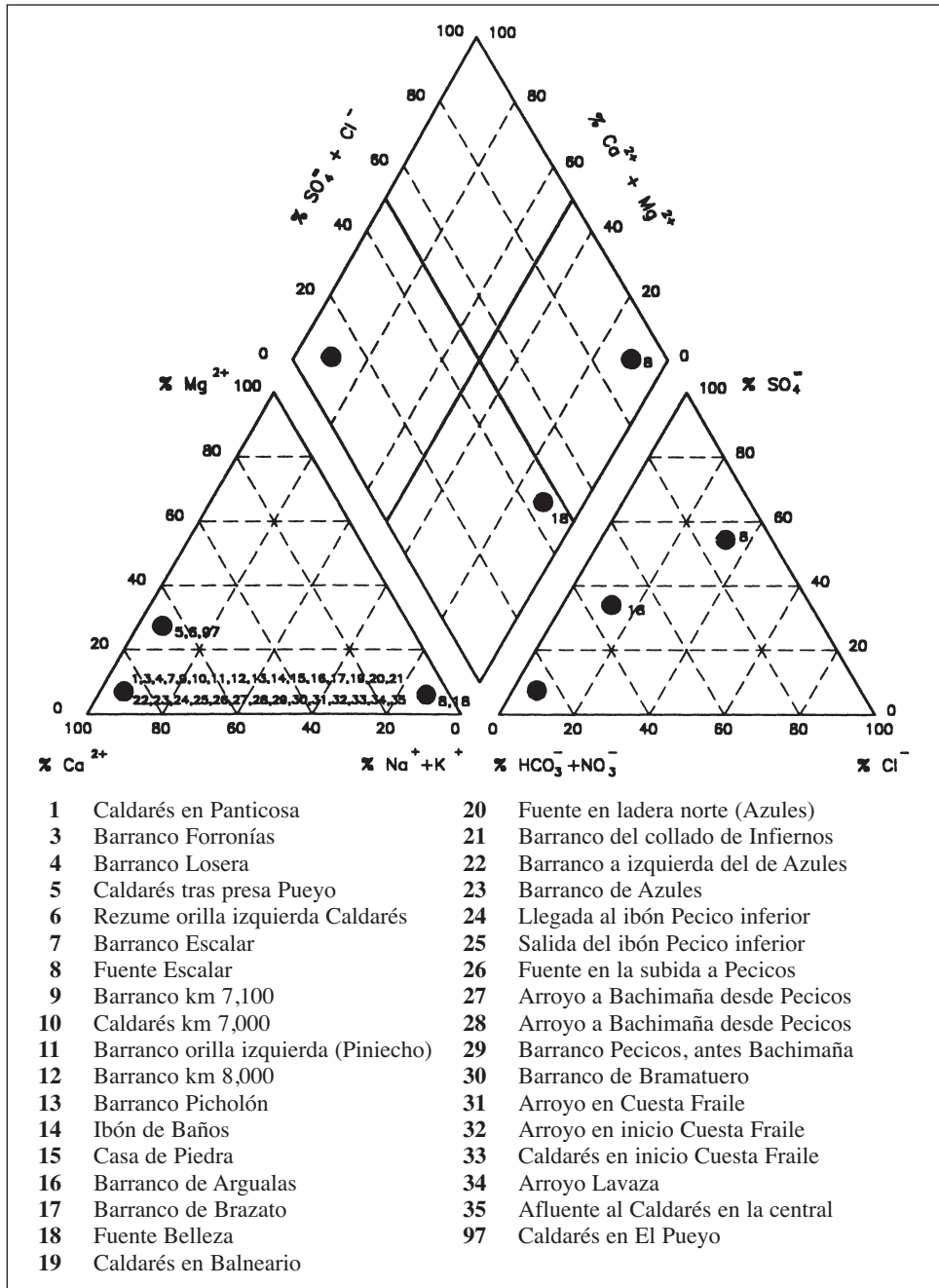


Fig. 7. Diagramas de Piper de las aguas del Caldarrés.

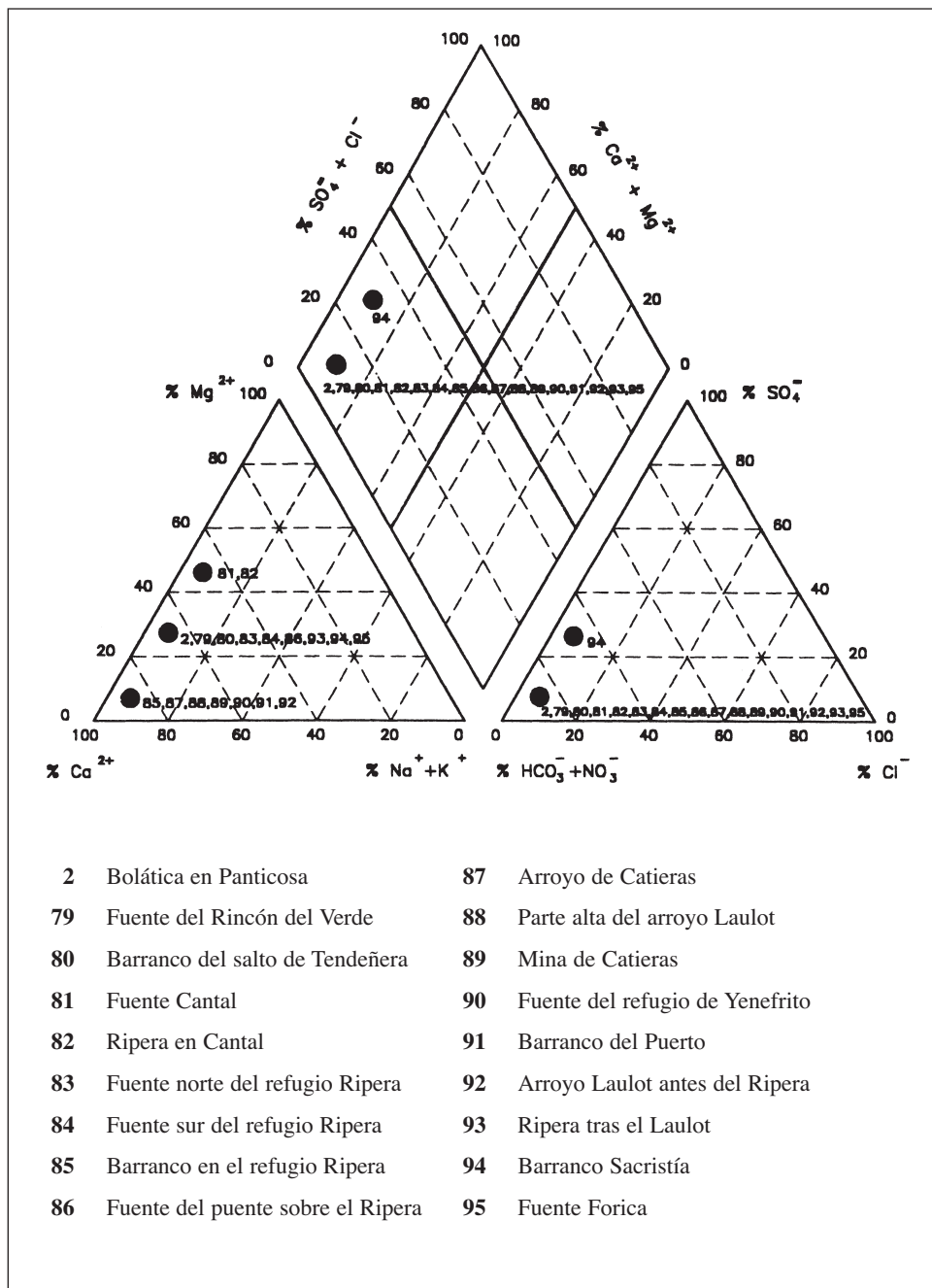


Fig. 8. Diagramas de Piper de las aguas del Bolática.

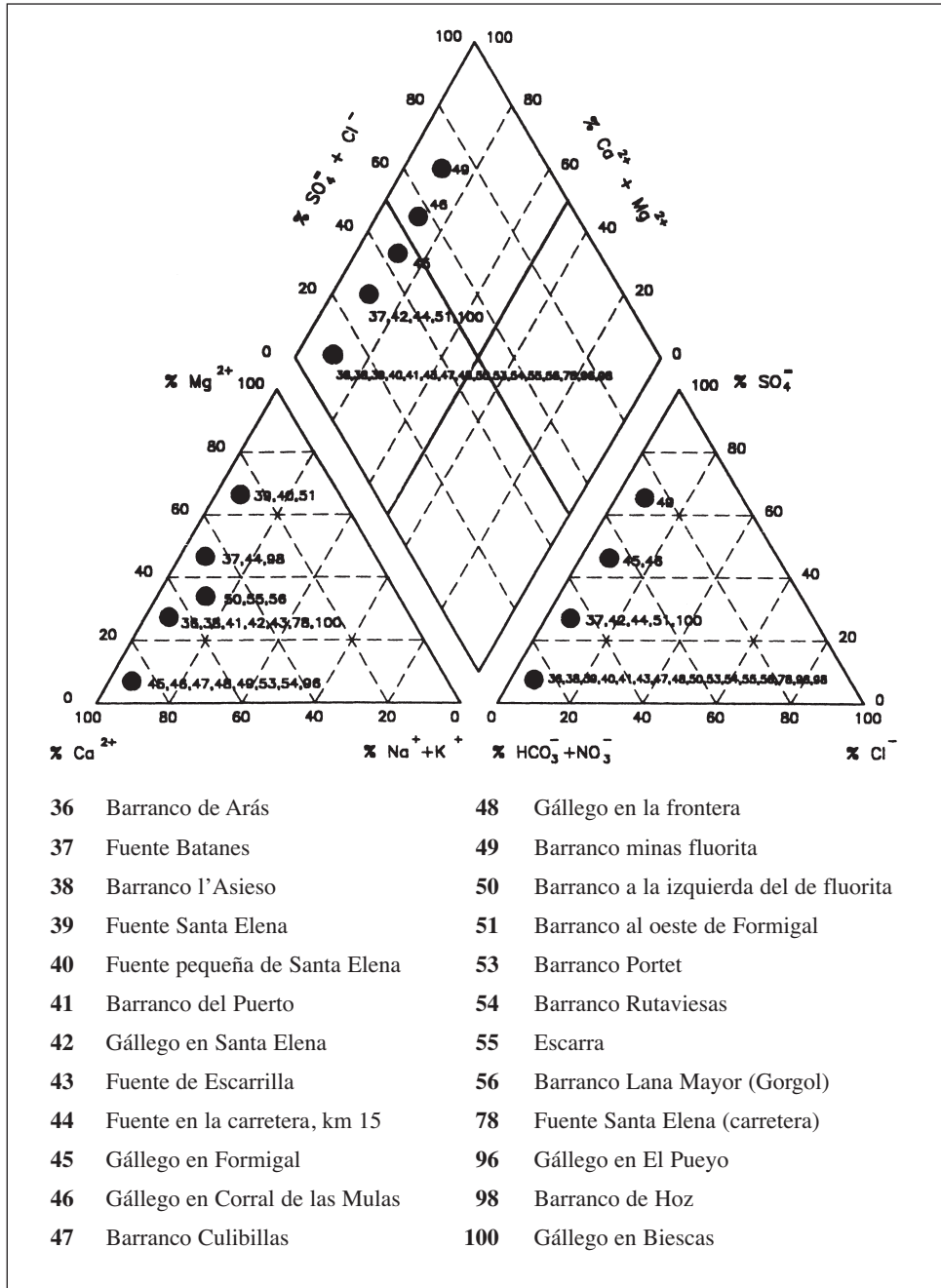


Fig. 9. Diagramas de Piper de las aguas del Gállego.

DISCUSIÓN

La mayor parte de las muestras corresponden a aguas frías, con baja conductividad eléctrica, pH próximo a la neutralidad y bajas concentraciones iónicas.

Se detecta una clara correlación entre agua y roca. Las muestras en granitos, tanto en el Caldarés como en el Aguas Limpias, presentan muy bajas conductividades y pH próximos e incluso ligeramente por debajo de la neutralidad. La excepción son las aguas termales del balneario de Panticosa, con pH alcalinos y presencia de ion carbonato. Bastantes muestras presentan concentraciones, para algunos iones, por debajo de límites de detección. Las aguas de zonas de calizas tienen mayores concentraciones iónicas y pH más altos. Las mayores conductividades se han registrado en una muestra de la zona metamórfica, próxima a las minas de fluorita del Portalet.

En general, los iones mayoritarios son bicarbonatos y calcio. En las aguas termales del balneario, el sodio se hace mayoritario. En algunas zonas, como en el entorno de Hoz de Jaca, el magnesio llega a equipararse con el calcio, sugiriendo la presencia de dolomías. Localmente aparecen concentraciones dominantes de sulfatos que pueden tener diferentes orígenes. En granitos o rocas metamórficas, en fuente del Escalar (8) o en la zona de minas del Portalet (46 y 49), es posible que se deban a la oxidación de sulfuros minerales.

A nivel hidrológico estas diferencias litológicas se reflejan en las aguas superficiales de las diferentes subcuencas. Así, el Laulot es diferente de La Ripera, el Bolática del Caldarés y el Aguas Limpias del Gállego del Portalet. Sus confluencias resultan en mezclas de aguas, función de la relación de caudales y de diversos procesos hidroquímicos no estudiados.

La hidroquímica de la zona se complica, además, por el régimen de embalse, desembalse, detracción y aportación de las numerosas presas y centrales eléctricas de la zona. Así, la muestra del agua de cola del embalse de Búbal se parece más al agua del Caldarés en el balneario, que a las del Gállego y el Bolática que llegan directamente a esta zona. Posiblemente esto es resultado del funcionamiento de las centrales de El Pueyo.

La especiación mediante WATEQF (Tablas V y VIII), corrobora la zonificación de las aguas en función de la litología. La insaturación (I. S. nega-

tivo) es general en Aguas Limpias y Caldarés. En el Bolática, algunas aguas (85, 91, 94) se presentan en equilibrio o ligeramente saturadas en calcita, en consonancia con la naturaleza calcárea de su orilla izquierda y el tramo final. En el Gállego, los afluentes y surgencias en calizas presentan una saturación en calcita, y varios de ellos, como ya se ha reseñado, en dolomita y magnesita.

A modo anecdótico, las fuentes más apreciadas localmente, como Tres Caños (72), o la cercana al refugio de Yenefrito (90), se caracterizan por ser las de mayores contenidos de sales en su entorno.

AGRADECIMIENTOS

M. Subías, M. Grau y A. Betrán colaboraron activamente en las campañas de muestreo. E. Morlans, agente forestal del Comena, ayudó en la zona alta del Bolática. Los guardas de la Casa de Piedra y el refugio de Respu-moso, S. Martínez, J. Á. Sánchez, A. Martí y sus familias nos brindaron hospitalidad y conocimientos. La Federación Aragonesa de Montaña, en especial M. Pascau y M. Bara, dieron facilidades para usar los refugios. El trabajo ha sido parcialmente financiado por el Instituto de Estudios Altoaragoneses y la Diputación Provincial de Huesca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESCÓS, J. M. (1991). La salinidad de las aguas superficiales en el Pirineo oscense. *Lucas Mallada*, 3: 9-26.
- BUERA, J.; CUCHÍ, J. A., y MANSO, J. A. (1998). Hidroquímica de las aguas naturales de los sectores occidental y central de la sierra de Guara (Huesca). *Lucas Mallada*, 9: 35-63.
- LARREY, O.; LASAOSA, J. C.; DÍAZ, R. C., y CUCHÍ, J. A. (1996). Niveles de ion nitrato en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca. *Kalium*, 5: 117-127.
- PUYAL, M. Á.; CUCHÍ, J. A., y MANSO, J. A. (1998). Hidroquímica de las aguas naturales del Pirineo altoaragonés. *Lucas Mallada*, 10: 173-187.
- SÁNCHEZ, J. Á. (1987). *Estudio hidrológico e hidroquímico de las sierras de Guara y sus somontanos*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 851 pp.