Lucas Mallada, **9**: 35 a 63
Huesca, 1997

HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS NATURALES DE LOS SECTORES OCCIDENTAL Y CENTRAL DE LA SIERRA DE GUARA (HUESCA)

Javier BUERA OLIVERA[1]
José Antonio CUCHÍ OTERINO[2]
José Antonio MANSO ALONSO[2]

RESUMEN.—Se ha realizado un estudio hidroquímico de puntos de agua en los sectores central y occidental de la sierra de Guara. Los resultados muestran una calidad general de tipo bicarbonato cálcico.

SUMMARY.—The hidrochemistry of water points at central and western sectors of Sierra de Guara were studied. The results shown the general presence of waters of calcium bicarbonate type.

KEY WORDS.—Hidrochemistry, Guara, Huesca.

INTRODUCCIÓN

La sierra de Guara, hoy englobada dentro del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara, es un área de particular interés por sus características naturales. Situada en el Prepirineo altoaragonés, forma geológi-

[1] C/. General Lasheras 19, 7º. E-22003 HUESCA.
[2] Escuela Universitaria Politécnica de Huesca. Ctra. de Zaragoza, km 67. E-22071 HUESCA.

camente parte de las sierras calizas pirenaicas, en el límite con la depresión del Ebro.

Hidrológicamente la zona tiene un doble interés. Por un lado, sus cursos de agua son la base de las actividades de turismo de aventura. En segundo lugar, los recursos de agua del Prepirineo siguen considerándose de interés estratégico para abastecimiento de poblaciones y realización de pequeños regadíos.

Poca información existe sobre la calidad química de estos cursos de agua. Sólo SÁNCHEZ (1987), BESCÓS (1991) y LARREY y col. (1996) presentan algunos datos puntuales de la calidad de agua en esta zona.

Existen evidencias de variaciones longitudinales de calidad a lo largo de algunos de estos cauces. Para evidenciar esta situación se han realizado muestreos longitudinales, complementados con algunos aforos, en los ríos Flumen, Guatizalema, Calcón, Formiga, Alcanadre y Mascún. Se han completado con aguas de manantiales próximos.

MARCO GEOGRÁFICO, GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se sitúa en la zona central de la provincia de Huesca. El Prepirineo forma una barrera entre las depresiones intrapirenaicas y la tierra llana del Altoaragón.

Geológicamente, las sierras están formadas por calizas del Cretácico y sobre todo el Eoceno (*Fm. Guara*). Por el norte, aparecen materiales terrígenos más blandos y recientes (*Fm. Arguis*, *Belsué* y *Campodarbe*) que forman las depresiones de Arguis, Belsué y Nocito-Bara. Estos materiales también aparecen en el interior de la sierra, en la Casa de la Fueva y los valles de Rodellar y Fabana.

Por el sur, se adosan a las calizas una serie discontinua de edificios de conglomerados calcáreos malliformes. Gradualmente dan paso a las areniscas y arcillas de las *Fm. Peraltilla* y *Sariñena*.

Además de haber jugado un importante papel en la tectónica de las sierras, las arcillas y evaporitas del Keuper condicionan hidroquímica-

mente las aguas relacionadas con ellas. Afloran en diversos cabalgamientos, en el curso medio del Isuela, Vadiello, altos Calcón y Formiga y en la Chasa de Rodellar.

Hidrológicamente las sierras están atravesadas por varios cauces modestos. Con la excepción del Calcón y el Formiga, los restantes cursos de agua poseen cuencas, en ocasiones muy importantes, al norte de Guara. A su paso por los cañones calizos, reciben aportaciones de agua y en algún caso experimentan pérdidas, debido a la karstificación de estos materiales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han realizado muestreos en los cauces señalados en 1997. El Flumen se muestreó en los días 16 y 17 de julio; el Guatizalema, el 17 y 18 de julio; el Calcón, el 15 de julio; el Formiga, el 14 y 15 de julio; el Mascún, el 26 y 27 de abril, y el Alcanadre, los días 10 y 11 de septiembre. El muestreo de este último río, en el tramo Bara-Rodellar, se realizó descendiendo el cauce con trajes de neopreno. La ubicación de las muestras se reseña en las tablas de resultados y en las figuras adjuntas.

Los muestreos de cada cauce se realizaron manualmente, en botellas de polietileno de 1 litro. In situ se determinaron temperatura y conductividad eléctrica. Las muestras se transportaron con la mayor rapidez posible a neveras portátiles, frigoríficos o cámaras industriales. En todos los casos se determinó pH, potencial redox y alcalinidad en un plazo inferior a 12 horas, en unos casos en el laboratorio de la EUPH y en otros en un laboratorio portátil transportado al camping Mascún de Rodellar. La alcalinidad se determinó mediante microbureta Hach. El caudal se aforó con minimolinete Ott, utilizando el método de la sección centrada.

Las muestras, guardadas en frigorífico, se analizaron en el laboratorio de la EUPH. Calcio y magnesio se analizaron por complexometría; sodio y potasio, por fotometría de llama; hierro, por absorción atómica; sílice, por colorimetría con molibdato amónico; cloruros, por Mohr; sulfatos, por turbidimetría; nitratos, por espectrometría tras acidificación.

Los resultados analíticos se han grafiado en diagramas de Stiff y Piper. Así mismo se utilizaron los programas WATEQF y SNORM. El primero

ofrece la especiación química de las aguas y el segundo, las diversas sales que aparecerían caso de que éstas se evaporasen a sequedad.

RESULTADOS

Los resultados se presentan por cauces en las tablas I a VI. En todas ellas se listan las muestras en sentido descendente, a lo largo del río.

Interpretación y discusión de resultados

Por razones de logística, únicamente se ha determinado el caudal en puntos selectos del Formiga y sobre todo en Mascún. Como es sabido, el primero de ellos tiene un trasvase al Calcón, que debe de permitir un caudal mínimo, considerado ecológico, de 50 litros/segundo. Los datos obtenidos, correspondientes a un año lluvioso, permiten observar que el río no gana prácticamente caudal desde el azud hasta el inicio del tramo deportivo del Formiga, una vez descontada la aportación del barranco de Yara. En años secos, el río nace de facto en el punto señalado, razón por la que mucha gente considera al «embarcadero» deportivo como cabecera del Formiga.

Más compleja es la situación en Mascún. El río tiene una cuenca superior en las depresiones arcillosas de Letosa y Otín. El curso alto entra en zona caliza en el Saltador de las Lañas. Se comprueba que, en el momento del estudio, prácticamente no varía el caudal hasta el Beso, a pesar de recibir los caudales del barranco de Raisén. Sin embargo, como se observa en los datos químicos, hay una interesante variación de calidad.

A partir del punto señalado, recibe el agua de las surgencias del barranco de Otín y de la pequeña fuente de l'Onso. A partir de la Cuca de Bellostas, sus caudales menguan hasta desaparecer, de modo que sólo en fuertes avenidas llegan hasta la altura de la fuente de Mascún, dando continuidad al flujo. Parecen existir varios sumideros, bajo la grava, aunque el más importante se encuentra entre el inicio de la «costera» y la desembocadura del Andrebot. A partir de éste vuelve a surgir el agua, en caudal superior y calidad diferente a las pérdidas. De dónde viene este agua y a dónde van las

Muestra	Fecha	pH	eH (mV)	Tª (ºC)	CE (µS/cm)	Caudal (m^3/s)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Dureza	HCO_3^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SiO_2
Bonés - contraincendios	17/7/97	7.73	+213.1	11.0	495.0	—	1.01	0.19	32.80	36.69	233.00	292.53	0.57	19.75	4.17	3.48
Fuente de la Manzanera	17/7/97	7.41	+253.1	8.6	540.0	—	2.11	0.46	102.60	2.67	285.00	351.04	0.45	8.63	6.45	4.50
Acequia Belsué	17/7/97	8.18	+242.5	14.1	504.0	—	2.14	0.98	68.40	15.79	236.00	274.05	1.65	23.59	6.83	3.86
Chopera Belsué	17/7/97	8.40	+237.2	16.1	326.0	—	2.17	0.47	45.60	15.31	177.00	184.75	0.27	8.47	6.45	2.47
Barranco Lalaña	17/7/97	8.40	+240.8	15.3	354.0	—	0.95	0.44	50.00	15.79	190.00	200.15	0.17	10.97	4.55	2.62
Barranco Carruaca	17/7/97	8.48	+233.3	15.9	326.0	—	1.14	0.45	48.40	13.85	178.00	187.84	0.26	12.01	3.03	2.24
Fuente GR-1	17/7/97	7.27	+270.9	11.4	516.0	—	1.10	0.72	82.80	13.12	261.00	304.85	0.15	22.33	6.83	5.92
Surgencia de Cienfuens	16/7/97	7.33	+281.7	13.6	363.0	—	2.09	0.45	59.60	9.48	188.00	215.55	1.03	12.54	6.45	2.04
Pantano de Cienfuens	16/7/97	7.93	+263.6	18.9	354.0	—	0.98	0.50	51.20	13.12	182.00	200.15	0.50	8.39	4.93	0.79
Fuente de San Mamés	16/7/97	7.78	+274.1	11.7	363.0	—	n.d.	n.d.	60.00	11.42	197.00	218.63	2.33	10.59	6.83	16.26
Palomeras del Flumen	16/7/97	8.15	+265.0	17.3	434.0	—	5.96	0.73	54.00	20.17	218.00	178.59	0.57	49.44	12.90	4.07
Huertos de Santolarieta	16/7/97	8.00	+274.5	13.8	484.0	—	0.35	0.52	58.40	28.43	263.00	277.13	1.14	25.30	6.45	8.66
Fuente Salto Roldán (pista)	16/7/97	7.62	+283.0	17.8	691.0	—	4.02	1.51	62.80	52.00	371.00	307.93	1.15	105.64	6.45	10.88
Fuente Santolarieta	16/7/97	7.60	+287.7	11.4	543.0	—	2.11	3.09	57.60	32.07	276.00	169.36	5.90	102.36	9.48	6.57
Flumen en Apiés	16/7/97	8.31	+273.5	17.7	417.0	—	5.89	0.74	62.40	11.18	202.00	184.75	0.75	46.95	12.52	4.50
San Julián (camino)	16/7/97	7.88	+287.5	14.7	720.0	—	1.01	0.21	114.40	6.80	314.00	215.55	182.3	16.66	22.00	10.19
Otras muestras de la zona																
Fuente de San Julián	16/7/97	7.38	+323.7	15.4	451.0	—	1.10	0.22	46.80	28.43	234.00	261.74	3.91	7.95	4.55	5.31
Fuente de la Rayeta (Nueno)	17/7/97	7.58	+257.3	12.8	696.0	—	35.21	1.54	85.20	14.34	272.00	230.95	1.52	63.50	55.01	5.84
Barluenga (bomba)	16/7/97	7.10	+223.6	14.8	731.0	—	5.92	0.58	108.40	17.25	342.00	261.74	125.36	34.73	28.83	15.26

Tabla I. Datos analíticos en la cuenca del Flumen.

Muestra	Fecha	pH	eH (mV)	Tª (ºC)	CE (µS/cm)	Caudal (m^3/s)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Dureza	HCO_3^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl-	SiO_2
ALTO GUATIZALEMA																
Guatizalema (en Nocito)	17/7/97	8.30	+241.2	14.3	390.0	—	2.09	0.41	55.20	11.18	184.00	246.34	0.17	4.36	5.31	3.64
Fuente de San Úrbez	17/7/97	7.11	+275.5	16.9	582.0	—	1.13	0.20	116.00	7.05	319.00	387.99	0.27	6.87	7.97	2.88
Barranco Avellada	17/7/97	8.19	+243.3	15.3	423.0	—	2.15	0.42	56.40	17.49	213.00	261.74	0.13	6.54	5.69	4.29
Barranco de San Úrbez	17/7/97	8.08	+252.7	15.5	509.0	—	2.16	0.75	48.00	32.56	254.00	335.64	0.22	3.91	4.93	5.91
Brazo de mar (cueva)	17/7/97	7.30	+271.4	13.4	481.0	—	1.34	0.43	58.40	27.94	261.00	304.85	1.12	11.57	11.38	6.62
Fuente de la Pillera	17/7/97	7.55	+265.8	9.4	352.0	—	n.d	n.d	55.60	11.67	187.00	184.76	0.93	32.53	6.45	2.75
Cueva (en la Pillera)	17/7/97	7.54	+270.6	10.7	478.0	—	2.10	0.22	98.00	5.59	268.00	307.93	1.03	5.05	3.03	2.93
Font Espátula	17/7/97	8.52	+233.9	11.9	327.0	—	n.d	0.32	41.60	17.74	177.00	160.12	0.47	15.87	3.79	3.56
Avellada (empalme Pillera)	17/7/97	8.47	+233.9	16.3	375.0	—	2.23	0.43	50.80	14.58	187.00	227.87	0.17	8.50	6.83	3.20
Pillera (antes Guatizalema)	17/7/97	8.51	+233.5	16.3	347.0	—	1.01	0.43	52.80	10.69	176.00	215.55	0.22	13.63	4.55	1.16
Guatizalema (bajo Nocito)	17/7/97	8.34	+242.6	16.1	414.0	—	2.17	0.44	61.60	10.21	196.00	261.74	0.19	8.94	6.07	2.55
BAJO GUATIZALEMA																
Guatizalema (en Vadiello)	18/7/97	8.11	+247.0	10.3	394.0	—	1.12	0.72	68.80	9.48	211.00	221.71	0.64	18.70	5.69	3.49
Barranco de Vadiello	18/7/97	8.12	+241.0	15.6	670.0	—	39.45	1.78	67.60	28.19	285.00	209.39	0.89	77.62	51.60	4.95
Fuente del puente de Sipán	18/7/97	7.01	+270.1	14.3	787.0	—	9.81	1.83	106.00	32.07	397.00	354.12	58.99	43.28	21.62	8.04
Guatizalema (antes Sipán)	18/7/97	8.25	+236.2	12.8	399.0	—	2.20	0.70	60.40	15.31	214.00	212.47	1.17	20.75	8.35	1.22

Tabla II. Datos analíticos en la cuenca del Guatizalema.

Muestra	Fecha	pH	eH (mV)	Tª (ºC)	CE (µS/cm)	Caudal (m^3/s)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Dureza	HCO_3^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl-	SiO_2
Calcón inicio garganta	15/7/97	8.37	+256.0	16.6	467.0	—	1.11	n.d.	63.60	18.95	237.00	289.45	0.31	29.35	7.96	4.50
Fuente Calcón	15/7/97	7.38	+284.3	10.7	432.0	—	1.01	n.d.	76.00	11.66	238.00	249.42	1.57	14.95	6.07	2.28
Calcón salida garganta	15/7/97	8.18	+250.3	14.0	396.0	—	1.23	0.15	66.00	13.85	222.00	230.94	1.36	18.90	4.98	1.82
Barranco Abadejo	15/7/97	8.07	+250.9	14.0	552.0	—	5.96	0.51	68.80	25.27	276.00	261.74	0.17	74.72	16.31	4.54
Fuente de la Fabana	15/7/97	7.20	+274.8	12.0	508.0	—	2.21	n.d.	77.60	16.04	260.00	283.29	0.75	32.38	11.38	3.98
Calcón en pista	15/7/97	7.79	+280.1	13.7	436.0	—	2.23	n.d.	69.60	13.36	229.00	230.95	0.94	33.68	8.72	1.95
Fuente Lañas	15/7/97	6.82	+294.4	11.1	650.0	—	4.03	0.50	101.20	23.08	348.00	384.91	0.96	45.75	12.52	3.40
Calcón en Fuente Lañas	15/7/97	8.13	+256.4	15.0	422.0	—	2.17	n.d.	64.40	14.58	221.00	200.15	0.66	25.66	14.04	3.11
Calcón puente carretera	15/7/97	8.19	+243.6	16.8	549.0	—	12.71	0.49	68.80	17.49	244.00	261.74	1.28	38.04	39.46	4.62
Otras muestras de la zona																
Fuente San Cosme y San Damián	15/7/97	7.05	+284.5	12.5	491.0	—	1.65	n.d.	96.40	4.62	260.00	354.11	1.24	5.87	5.69	2.44
Fuente de Aguas	15/7/97	7.14	+277.5	14.4	558.0	—	1.07	n.d.	97.60	9.96	285.00	277.13	115.01	9.59	12.14	6.93

Tabla III. Datos analíticos en la cuenca del Calcón.

Muestra	Fecha	pH	eH (mV)	Tª (ºC)	CE (µS/cm)	Caudal (m^3/s)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Dureza	HCO_3^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	SiO_2
ALTO FORMIGA																
Azud del Formiga	15/7/97	7.38	+267.8	13.2	789.0	0.086	54.68	1.87	88.40	11.91	270.00	307.16	1.73	63.04	34.52	2.81
Fuente Formiga	15/7/97	6.93	+283.8	11.9	629.0	—	23.48	0.53	90.40	11.91	275.00	264.82	1.17	33.07	78.53	4.08
Casa Fueva (afluente)	15/7/97	8.03	+276.2	12.2	590.0	—	2.11	0.54	86.40	18.95	294.00	314.08	1.06	52.04	5.69	5.66
Formiga «tronco»	15/7/97	7.53	+255.5	10.8	1620.0	—	155.96	5.64	128.00	17.98	394.00	329.48	1.47	180.24	239.01	3.15
Fuente salada	15/7/97	8.44	+227.4	17.3	6130.0	—	828.01	23.00	160.80	23.33	498.00	230.94	0.43	300.32	1752.80	1.20
BAJO FORMIGA																
Barranco Yara	14/7/97	7.89	+385.3	14.6	435.0	0.056	1.28	n.d.	72.40	4.86	201.00	286.37	0.78	8.97	7.59	5.58
Cabecera del Formiga	14/7/97	7.95	+323.4	16.2	663.0	0.172	35.22	0.53	69.20	11.66	221.00	252.50	0.78	31.04	69.81	5.17
Afluente derecha	14/7/97	8.12	+310.2	21.8	409.0	—	4.05	n.d.	62.40	15.06	218.00	197.07	1.26	11.98	8.35	8.29
Afluente izquierda	14/7/97	8.09	+303.7	20.2	434.0	—	2.10	n.d.	82.40	4.37	224.00	289.45	0.78	12.30	6.07	8.75
Fuente Polvorosas	14/7/97	7.15	+313.2	15.9	532.0	—	1.22	n.d.	94.00	11.18	281.00	347.96	1.29	15.64	4.93	7.70
Puente del Formiga	14/7/97	8.08	+272.4	18.1	562.0	—	23.51	0.44	61.60	11.91	203.00	215.55	1.01	30.63	48.56	6.11
Barranco de Santa Cilia	14/7/97	8.07	+263.4	22.8	440.0	—	4.03	n.d.	69.20	9.96	214.00	218.63	2.01	23.06	9.48	7.34
Gorgonchón entrada	14/7/97	7.91	+262.2	17.4	488.0	—	7.89	n.d.	73.60	7.05	213.00	286.37	1.17	17.70	17.45	4.50
Gorgonchón salida	14/7/97	7.96	+255.6	17.5	500.0	—	9.81	0.20	70.40	8.50	211.00	258.66	2.68	18.05	18.21	4.25
Surgencia Solencio	14/7/97	7.11	+291.6	12.3	448.0	—	1.21	n.d.	80.80	8.26	236.00	274.05	1.22	7.67	5.31	2.93
Formiga antes Solencio	14/7/97	7.54	+262.0	20.6	532.0	—	17.52	0.22	71.60	12.64	231.00	234.02	1.01	27.01	33.76	5.17
Fuente Bastarás	14/7/97	6.73	+290.5	18.3	542.0	—	1.31	0.52	98.00	5.83	269.00	258.66	120.36	4.79	7.58	9.72

Tabla IV. Datos analíticos en la cuenca del Formiga.

Muestra	Fecha	pH	eH (mV)	Tª (ºC)	CE (µS/cm)	Caudal (m^3/s)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Dureza	HCO_3^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl-	SiO_2
SECTOR GORGAS NEGRAS																
Fuente Bara 1	11/9/97	7.23	+223.2	n.d.	575.0	—	11.54	2.77	86.40	16.28	283.00	344.79	3.61	9.74	12.52	0.82
Fuente Bara 2 (antigua)	11/9/97	7.30	+234.5	n.d.	659.0	—	14.02	1.99	102.00	19.44	335.00	405.28	3.13	11.48	13.66	0.78
Barranco Guara	11/9/97	8.35	+243.8	14.0	372.0	—	6.33	0.40	54.00	12.39	186.00	196.59	n.d.	9.03	9.10	1.08
Alcanadre (entrada gorgas)	11/9/97	8.16	+255.2	15.1	335.0	—	5.34	0.40	46.80	14.58	177.00	190.54	n.d.	2.40	5.69	0.57
Alcanadre (salto grande)	11/9/97	8.49	+241.5	15.4	314.0	—	5.33	0.42	40.40	13.61	157.00	184.49	0.14	4.86	7.02	n.d.
Fuente badina fría	11/9/97	7.92	+255.2	12.2	322.0	—	2.86	0.43	50.40	9.96	167.00	208.69	0.41	2.53	4.17	n.d.
Fuente de la Custodia	11/9/97	7.98	+252.0	12.4	375.0	—	0.62	0.43	65.60	9.23	202.00	199.62	0.62	5.23	5.31	0.34
Fuente Balaguer	11/9/97	7.59	+257.3	10.9	343.0	—	1.12	n.d.	61.60	7.77	186.00	202.64	1.01	3.18	7.59	0.97
Alcanadre en Balaguer	11/9/97	8.01	+240.6	17.0	305.0	—	3.35	0.50	47.20	10.45	161.00	205.66	0.35	7.81	9.48	n.d.
Chasa 1 (antes chopos)	11/9/97	7.58	+179.8	10.6	481.0	—	10.55	0.47	70.00	15.55	239.00	257.08	0.82	20.36	17.07	n.d.
Chasa 2 (en chopos)	11/9/97	7.57	+195.9	12.0	640.0	—	22.46	1.21	82.40	19.93	288.00	232.88	0.72	41.61	36.80	0.99
Alcanadre en Chasa	11/9/97	8.09	+194.6	16.8	540.0	—	21.72	0.82	70.80	11.91	226.00	205.67	0.58	42.14	36.42	1.27
Fuente de la higuera (Barrasil)	11/9/97	7.66	+200.1	13.2	888.0	—	79.29	1.25	72.40	12.15	231.00	226.83	0.68	26.66	113.59	0.63
SECTOR PEONERA																
Alcanadre puente Pedruel	10/9/97	8.23	+215.7	16.9	529.0	—	25.44	0.49	64.40	11.66	209.00	169.37	0.62	41.59	42.11	1.32
Alcanadre en Pedruel (vado)	10/9/97	8.26	+216.2	21.6	509.0	—	25.19	1.05	58.40	14.09	204.00	166.35	0.74	26.02	39.46	0.96
Alcanadre antes Conciatas	10/9/97	8.29	+217.7	22.3	470.0	—	22.46	1.19	62.40	9.72	196.00	166.34	2.02	30.21	35.28	2.18
Surgencia Conciatas	10/9/97	7.58	+234.4	15.3	483.0	—	16.75	0.58	69.60	10.64	218.00	181.47	1.38	14.85	26.95	1.10
Alcanadre antes de Tamara	10/9/97	8.16	+265.1	16.9	441.0	—	16.75	1.21	56.40	9.48	180.00	200.15	2.43	26.89	26.93	3.11
Fuente Tamara derecha	10/9/97	7.29	+251.0	15.2	519.0	—	13.03	0.43	80.00	11.42	247.00	261.74	3.07	13.56	21.24	3.51
Fuente Tamara izquierda	10/9/97	7.44	+233.4	15.7	544.0	—	13.77	0.47	85.60	11.18	260.00	249.42	2.33	11.58	22.38	0.43
Alcanadre antes del puntillo	10/9/97	8.14	+224.3	18.4	456.0	—	16.01	1.17	63.60	9.96	200.00	200.15	1.81	17.48	25.04	1.96
Fuente puntillo (comienzo)	10/9/97	7.85	+235.4	15.7	515.0	—	13.28	1.20	82.00	10.45	248.00	264.81	2.10	20.20	22.38	0.86
Fuente puntillo (en paredes)	10/9/97	7.64	+245.9	16.1	547.0	—	14.27	0.82	82.40	13.85	263.00	261.73	2.37	18.65	18.97	0.79
Alcanadre después puntillo	10/9/97	8.13	+230.8	17.7	458.0	—	16.00	0.43	61.60	11.18	200.00	230.94	3.07	22.68	25.04	n.d.
Presa de Bierge	10/9/97	8.25	+225.0	17.9	450.0	—	16.01	1.18	61.60	11.42	201.00	234.02	1.42	22.51	24.28	0.78
Fuente de Morrano	10/9/97	7.61	+241.4	21.2	664.0	—	3.85	0.47	108.80	11.91	321.00	169.37	126.6	6.99	25.04	5.07

Tabla V. Datos analíticos en la cuenca del Alcanadre.

Muestra	Fecha	pH	eH (mV)	Tª (ºC)	CE (µS/cm)	Caudal (m^3/s)	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Dureza	HCO_3^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl-	SiO_2
MASCÚN SUPERIOR																
Fuente de Letosa	27/4/97	7.38	+271.0	8.2	549.0	—	1.86	n.d.	89.60	15.79	289.00	360.40	0.29	2.48	7.66	n.d.
Saltador de Mascún	27/4/97	8.11	+285.6	13.6	470.0	0.1005	2.01	n.d.	67.60	19.20	248.00	305.50	0.27	6.40	6.25	n.d.
Barranco de Raisén	27/4/97	7.85	+284.3	13.7	637.0	—	0.82	n.d.	84.80	27.46	325.00	375.70	0.32	22.25	6.05	n.d.
Fuente de Otín	27/4/97	7.64	+310.6	9.7	678.0	—	0.67	n.d.	113.20	19.44	363.00	394.00	0.32	31.00	11.70	n.d.
Barranco de Otín	27/4/97	8.13	+292.9	15.9	566.0	—	3.94	n.d.	83.60	20.90	295.00	308.50	0.32	48.11	8.07	n.d.
MASCÚN INFERIOR																
El beso de Mascún	26/4/97	8.01	+319.0	12.2	380.0	0.0968	2.01	n.d.	48.00	19.44	200.00	247.40	0.39	7.43	12.91	n.d.
Barranco Otín 1	26/4/97	7.79	+332.7	9.5	371.0	—	1.86	n.d.	53.20	15.79	198.00	229.10	0.48	6.05	7.66	n.d.
Barranco Otín 2	26/4/97	7.80	+308.8	11.8	366.0	—	1.86	n.d.	62.80	12.15	207.50	244.40	0.52	9.08	9.28	n.d.
Mascún antes de Bcos. Otín	26/4/97	8.48	+290.0	10.7	437.0	—	1.71	0.10	50.00	17.49	197.00	232.10	0.43	4.56	8.07	n.d.
Fuente L'Onso	26/4/97	7.82	+303.6	12.7	363.0	—	0.08	n.d.	72.40	9.48	220.00	274.90	1.97	3.61	6.86	n.d.
Sumidero	26/4/97	8.31	+283.1	14.5	360.0	0.0621	1.26	n.d.	71.60	2.91	191.00	244.40	0.34	5.48	16.14	n.d.
Vuelta de Mascún	26/4/97	8.00	+294.0	14.0	412.0	—	0.67	n.d.	78.40	6.07	221.00	259.60	0.93	4.56	10.69	n.d.
Surgencia de Mascún	26/4/97	7.78	+294.0	11.8	414.0	—	0.52	n.d.	70.40	9.48	245.00	259.60	0.82	5.08	6.46	n.d.
Surgencia de Mascún-bis	11/9/97	7.49	+291.0	13.2	448.0	—	0.85	0.52	76.80	13.36	247.00	281.28	1.17	6.82	8.72	n.d.
Sector Bikini	26/4/97	8.02	+282.2	13.1	409.0	0.3439	0.82	n.d.	74.40	8.26	220.00	256.60	0.93	5.55	7.46	n.d.
OTRAS MUESTRAS																
Fuente Camping Mascún	26/4/97	7.26	+296.0	11.7	728.0	—	2.45	n.d.	132.40	13.61	387.00	453.20	0.13	16.07	13.92	3.82
Fuente de Rodellar	27/4/97	7.08	+313.4	12.8	766.0	—	4.24	0.20	110.80	30.13	401.00	464.30	4.03	17.16	12.30	n.d.
Fuente de la Pila	27/4/97	6.81	+211.2	12.3	795.0	—	4.24	n.d.	106.80	40.58	434.00	452.10	0.22	58.41	10.49	0.66
Barranco Las Almunias	27/4/97	7.93	+228.7	13.5	510.0	—	0.22	n.d.	62.80	21.38	245.00	236.80	0.91	3.65	5.45	n.d.

Tabla VI. Datos analíticos en la cuenca del Mascún.

pérdidas son temas sin resolver. Cabe destacar que la tradición popular indica la presencia de hojas de haya en crecidas de la fuente de Mascún. Ausente este árbol en la zona, señalan su origen en Boltaña.

En cuanto a la hidroquímica, la mayoría de las muestras ofrece unas características concordantes con la naturaleza calcárea del territorio y la ausencia de contaminación. El pH habitual se localiza entre 7 y 8,4 aunque cuatro muestras presentan valores ligeramente inferiores a 7. Salvo la denominada fuente del Formiga, que sale a algunos metros por encima del azud de este río, corresponden a aguas que surgen de materiales terrígenos. Además, en general, las fuentes, incluso las claramente kársticas como Solencio de Bastarás, presentan un pH inferior a las aguas superficiales. Este incremento de pH en las aguas superficiales pudiera ser relacionado con la actividad biológica de las mismas.

La conductividad eléctrica oscila entre 400 y 600 µS/cm, a 20 °C. Mayores valores los presentan los manantiales de la cabecera del Formiga, aguas arriba de la Casa de la Fueva, en relación con la fuente Salada de Guara, en materiales del Keuper. También este material influye, en menor medida, en la calidad del agua del barranco de Vadiello y de algunos manantiales de la Chasa de Rodellar. Las aguas que drenan materiales terrígenos, como la fuente de Morrano o la muy modesta que se encuentra entre el collado de Salto de Roldán y el desvío de Santolarieta, también tienen una conductividad ligeramente más elevada. Todas las muestras tienen un potencial redox positivo.

Salvo en la cabecera del Formiga, el calcio es el catión dominante. Se observa, sin embargo, un enriquecimiento en magnesio en la depresión Nocito-Bara y algunos puntos de agua en el límite sur de las sierras. El contenido en nitratos es bajo. Destacan, sin embargo, los valores de las fuentes de Aguas, Morrano, Bastarás, Sipán, pista de San Julián de Banzo al Flumen y el pozo captado mediante una bomba manual en Barluenga. Los valores que presentan, que superan los 50 mgL, son acordes con los resultados que ofrecen LARREY y col. (1996) sobre la presencia de ion nitrato en aguas subterráneas en la Hoya de Huesca y Somontanos. En la mayor parte de los casos puede explicarse su presencia derivada de actividades agropecuarias. Sin embargo en algún caso se hace difícil achacarlo a este origen, por la limitada actividad agrícola en los alrededores.

Los datos analíticos permiten zanjar algunas cuestiones Así, por ejemplo, parece quedar claro que la surgencia alta de Cienfuens tiene calidad diferente al Flumen y no es una posible pérdida del embalse. Se elimina también la hipótesis, expresada en algún informe, de que las surgencias a ambos lados de Tamara sean filtraciones del Alcanadre. En Mascún, la calidad del agua de las surgencias bajo la ermita de la Virgen es diferente de la que se pierde desde el Beso hasta las Costeras, agua perdida por el barranco. Lamentablemente, el agua del Brazo de Mar, en la Pillera, no hace honor a su nombre.

En general, el agua de las surgencias kársticas diluye las aguas procedentes de los materiales terrígenos de las depresiones y del Keuper, como confirma la representación espacial de los diagramas de Stiff (Figuras 1 a 9).

Este proceso, que aparece bien patente en el Formiga y en menor medida en la Chasa, abre un nuevo problema en Mascún, donde se han controlado, simultáneamente, hidroquímica y caudal. Se comprueba cómo la conductividad disminuye sin que aumente el caudal desde el Saltador de las Lañas hasta el Beso. Se plantean varias hipótesis que necesitan más estudio.

El análisis de los diagramas de Piper (Figuras 10 a 15) muestra una dominancia de aguas del tipo bicarbonatado cálcico-magnésico, en clara relación con la naturaleza caliza de la mayor parte de los materiales. Clara excepción son las muestras clorurado sódicas de la cabecera del Formiga, relacionadas con las fuentes saladas del interior de Guara.

La linearidad de las evoluciones dentro de los diagramas corrobora el efecto de dilución de las aguas de calizas, bien visible en los diagramas de Calcón y Mascún.

En general, los puntos que se alejan tienen explicaciones razonables, como la muestra 18 del Flumen. Se trata de una fuente en calizas del Muschelkalk, cercana a Nueno y conocida como fuente de la Rayeta, en bóveda debajo de un estrato. La muestra 13 del Guatizalema corresponde a las aguas del barranco de Vadiello, parcialmente afectado por los materiales del Keuper.

Una evolución de calidad se observa, de forma acusada, en las aguas del Formiga y, en menor medida, en el Alcanadre. En el primer caso, el proceso

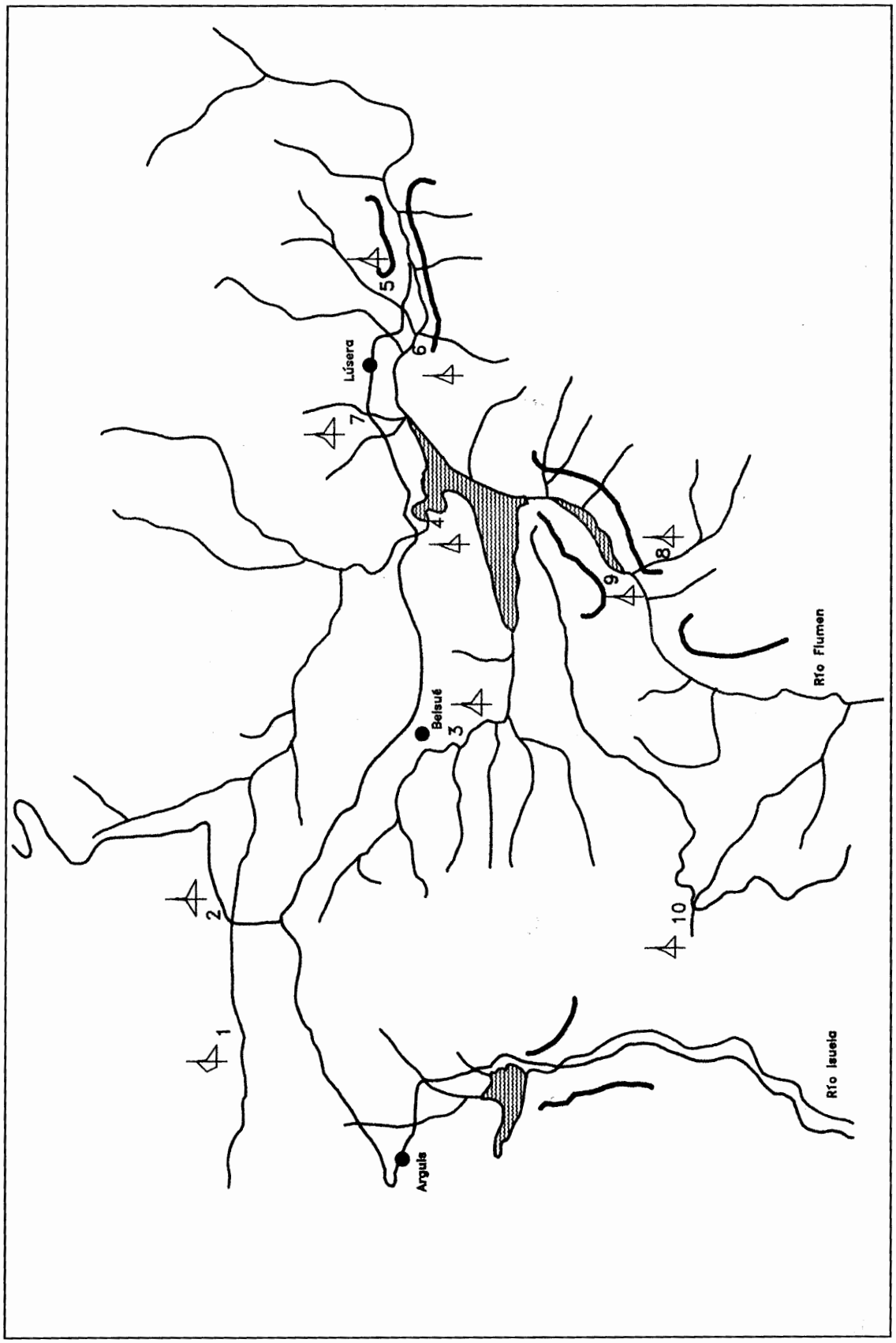

Fig. 1. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Flumen superior. Escala 1:60.000.

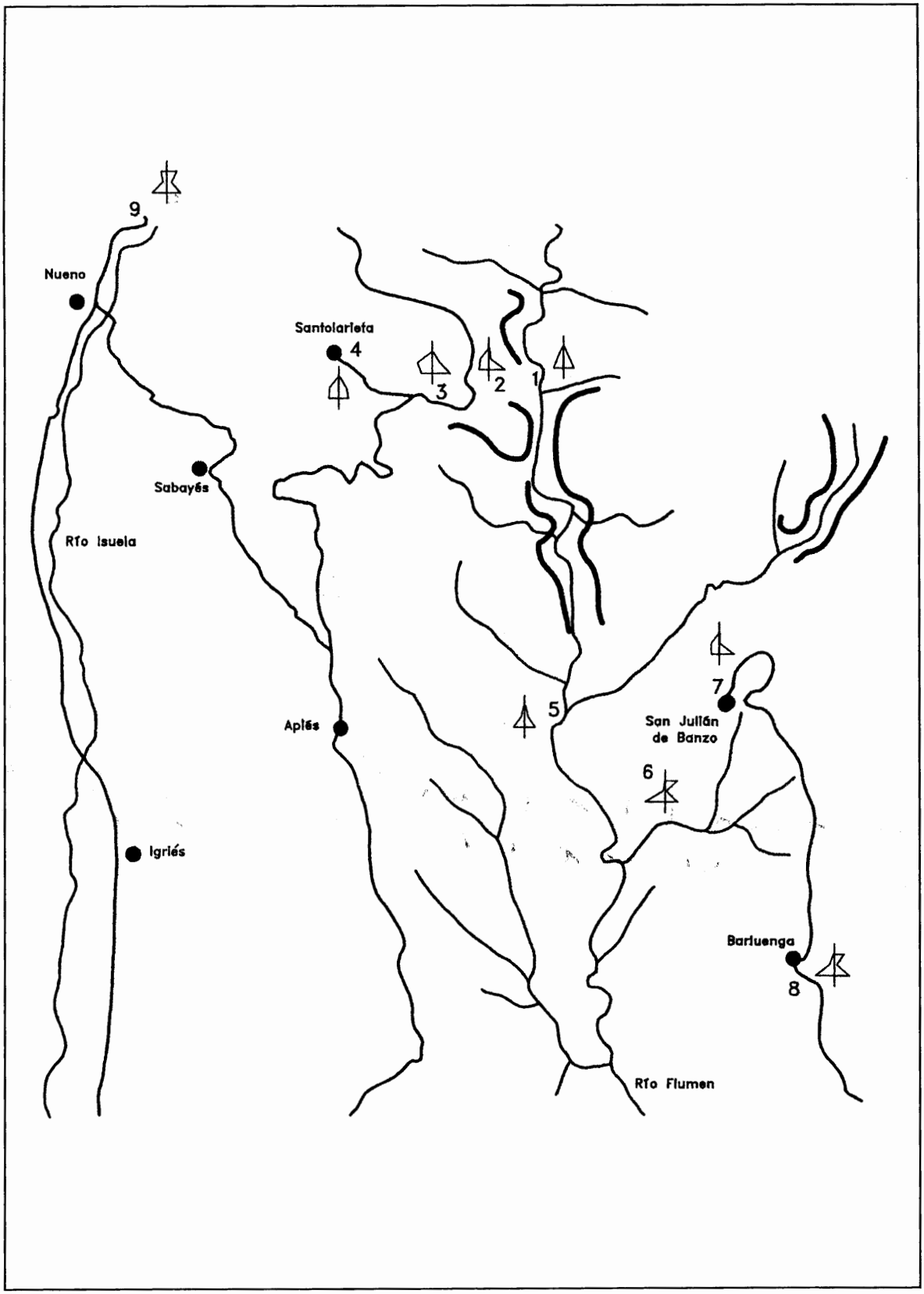

Fig. 2. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Flumen inferior. Escala 1:60.000.

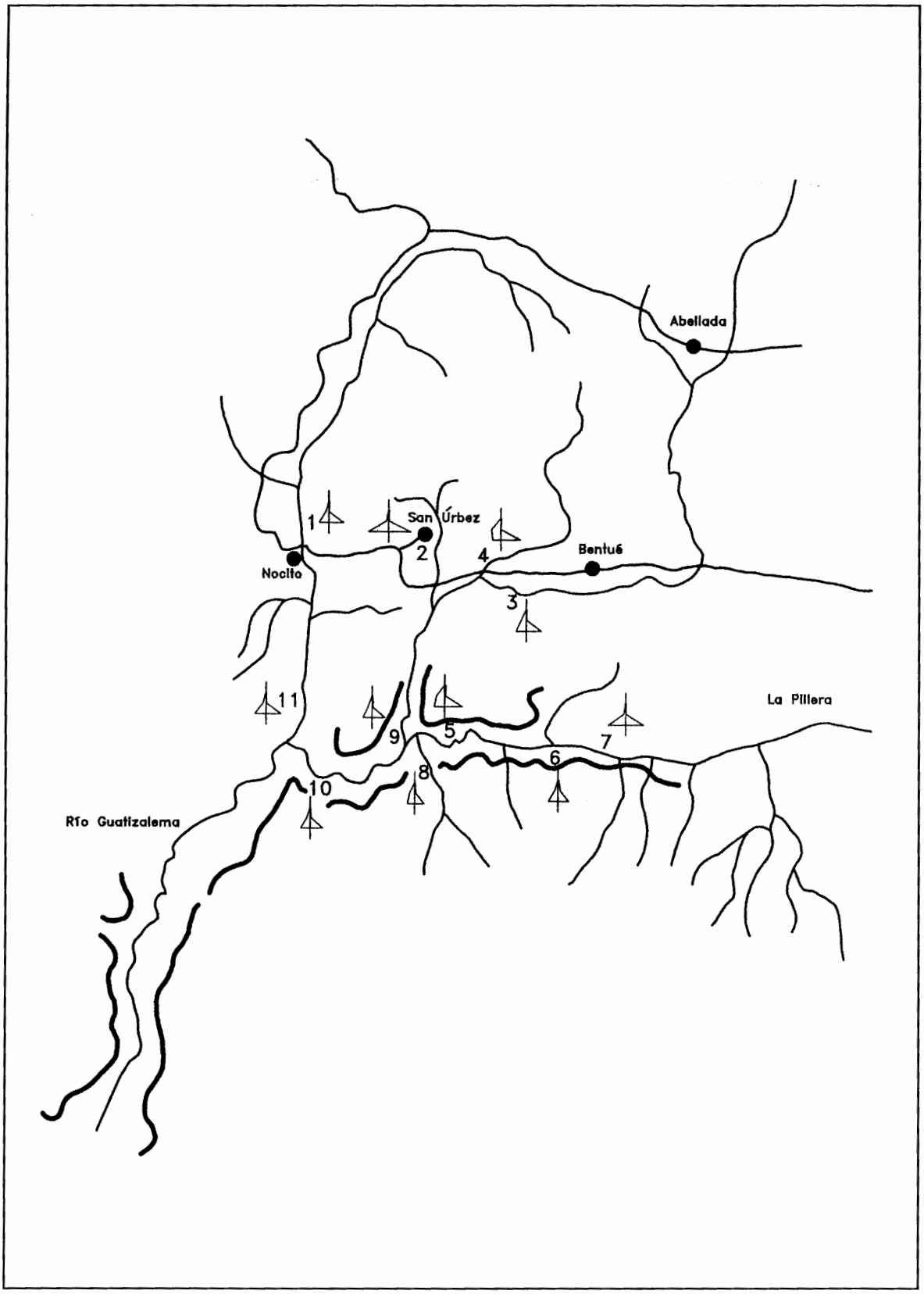

Fig. 3. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Guatizalema superior. Escala 1:60.000.

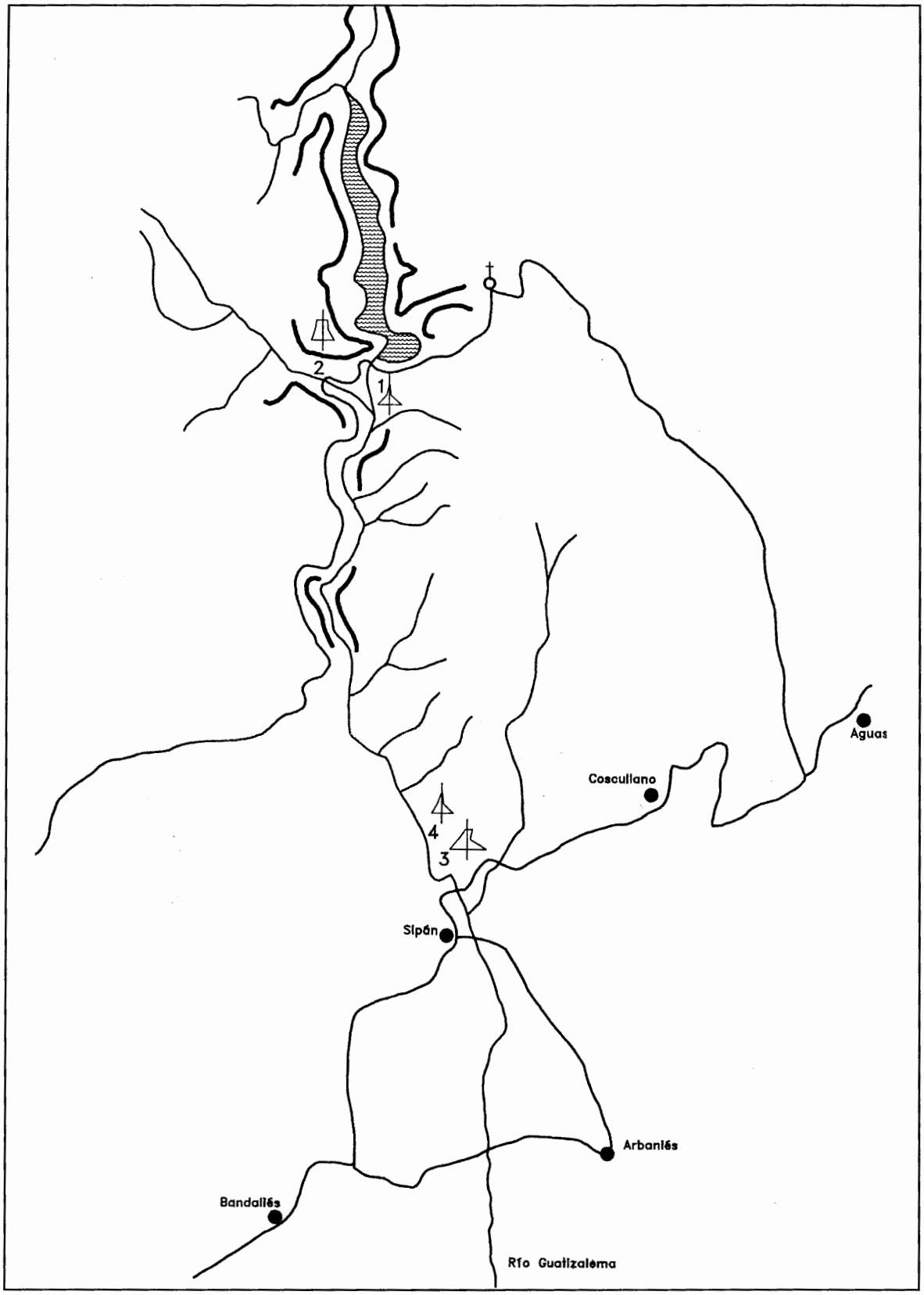

Fig. 4. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Guatizalema inferior. Escala 1:60.000.

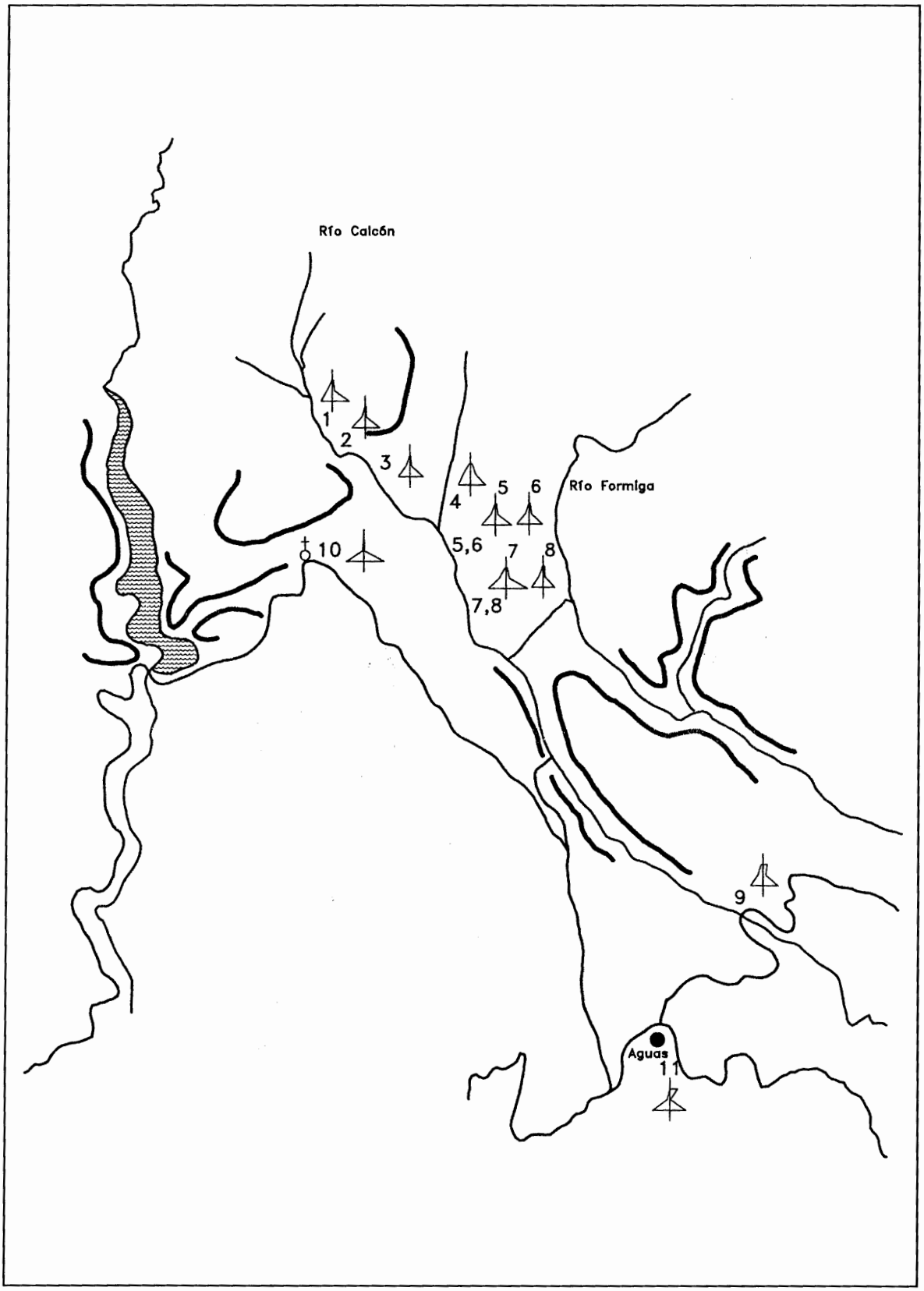

Fig. 5. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Calcón. Escala 1:60.000.

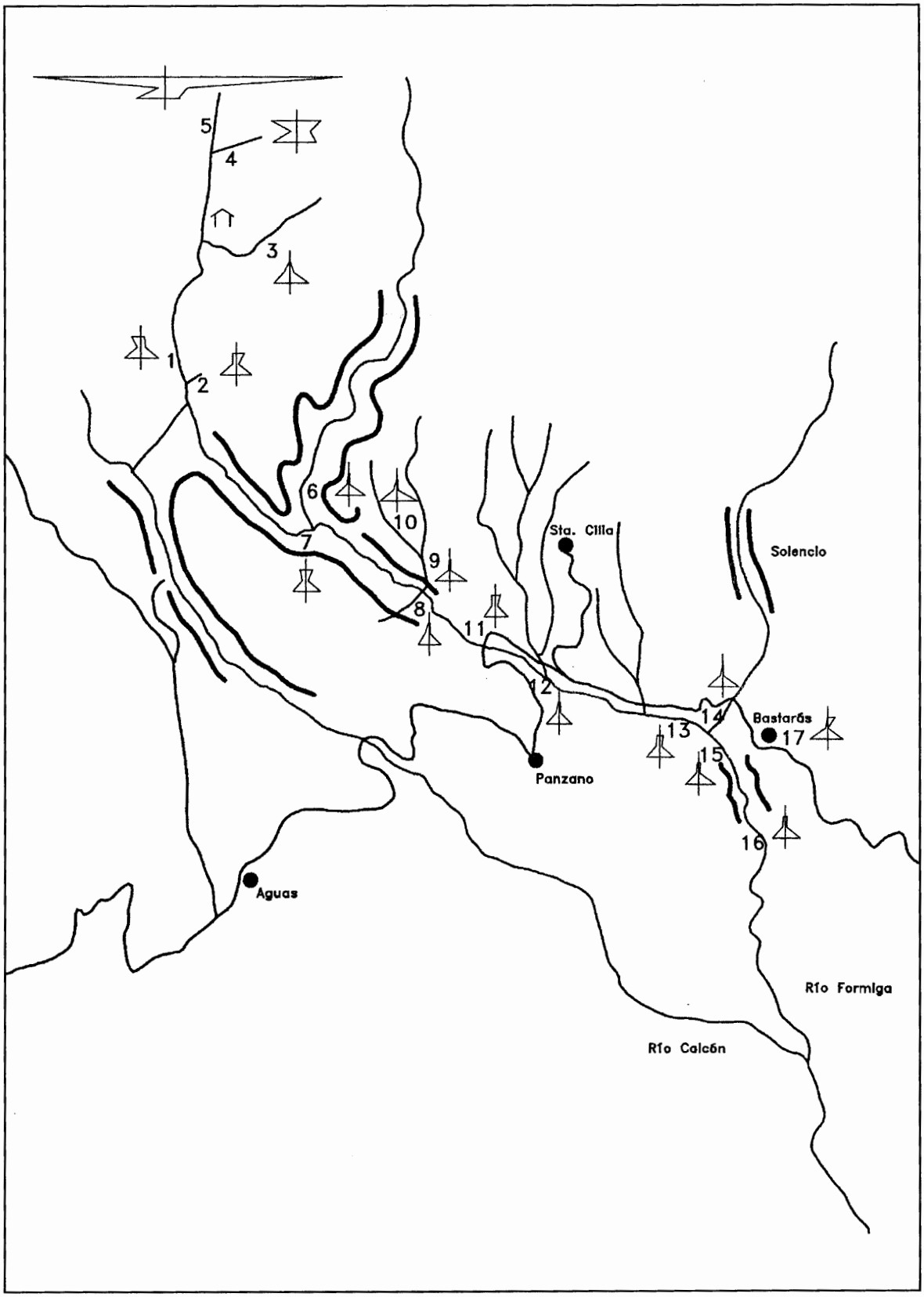

Fig. 6. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Formiga. Escala 1:60.000.

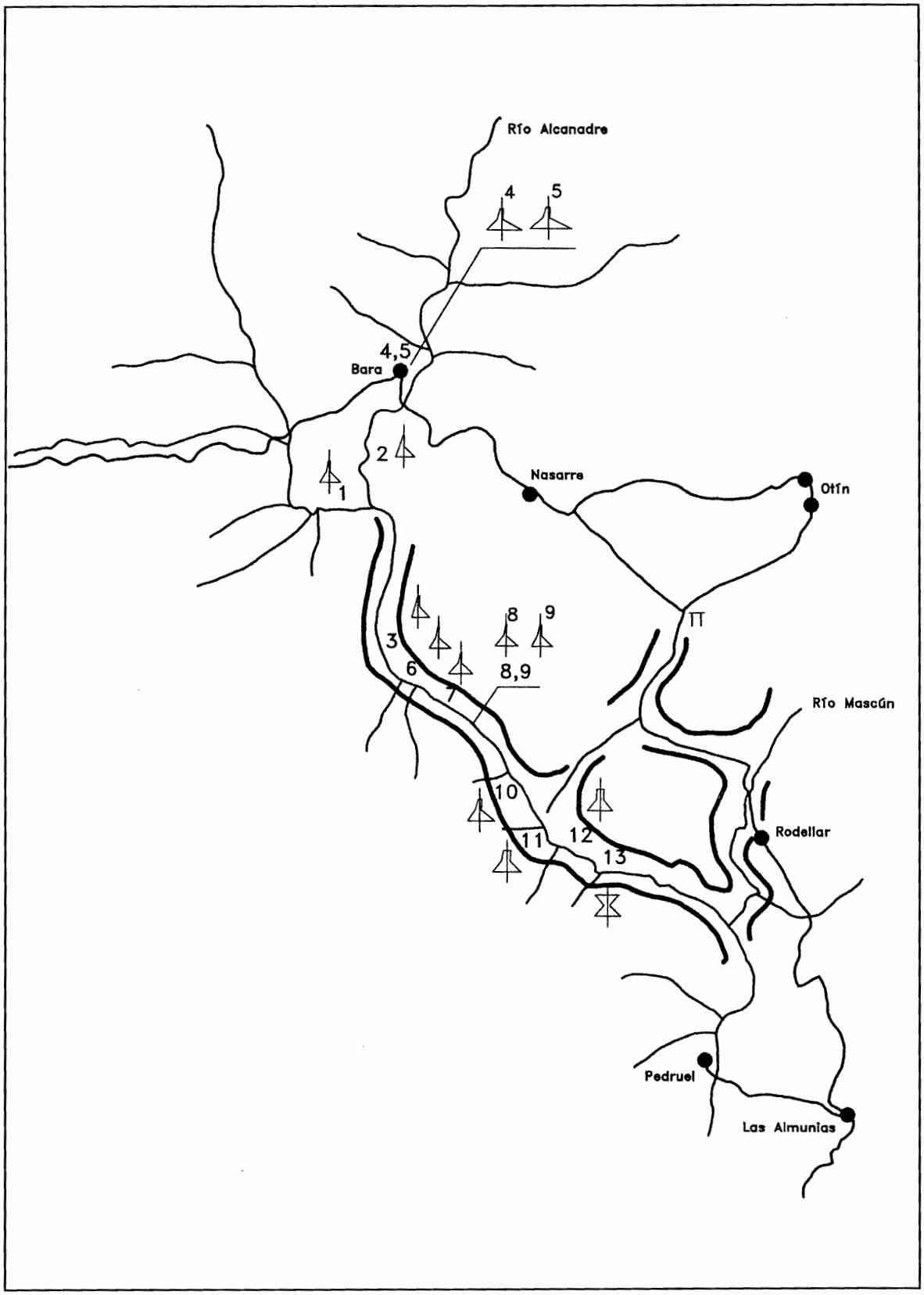

Fig. 7. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Alcanadre superior. Escala 1:60.000.

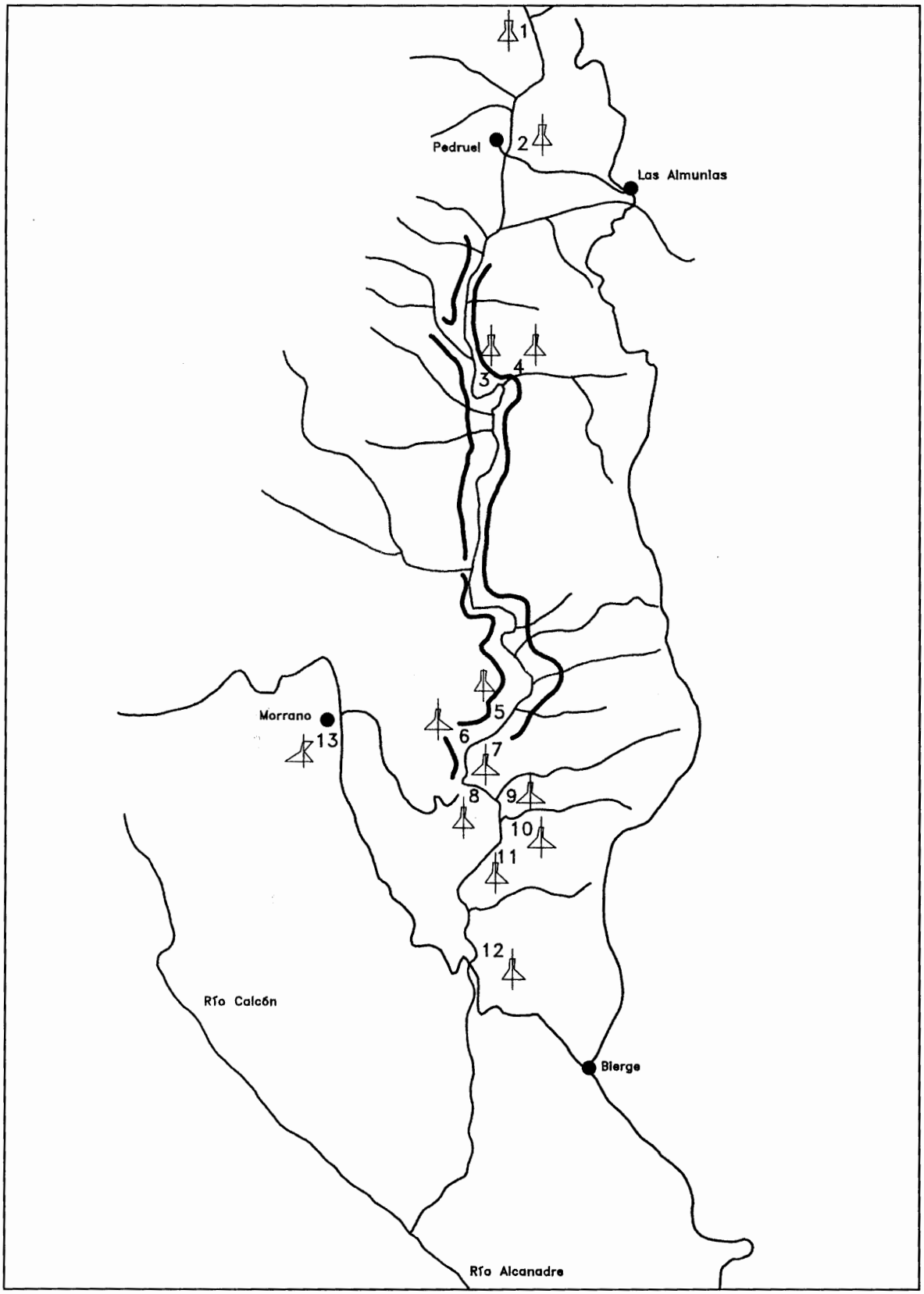

Fig. 8. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Alcanadre inferior. Escala 1:60.000.

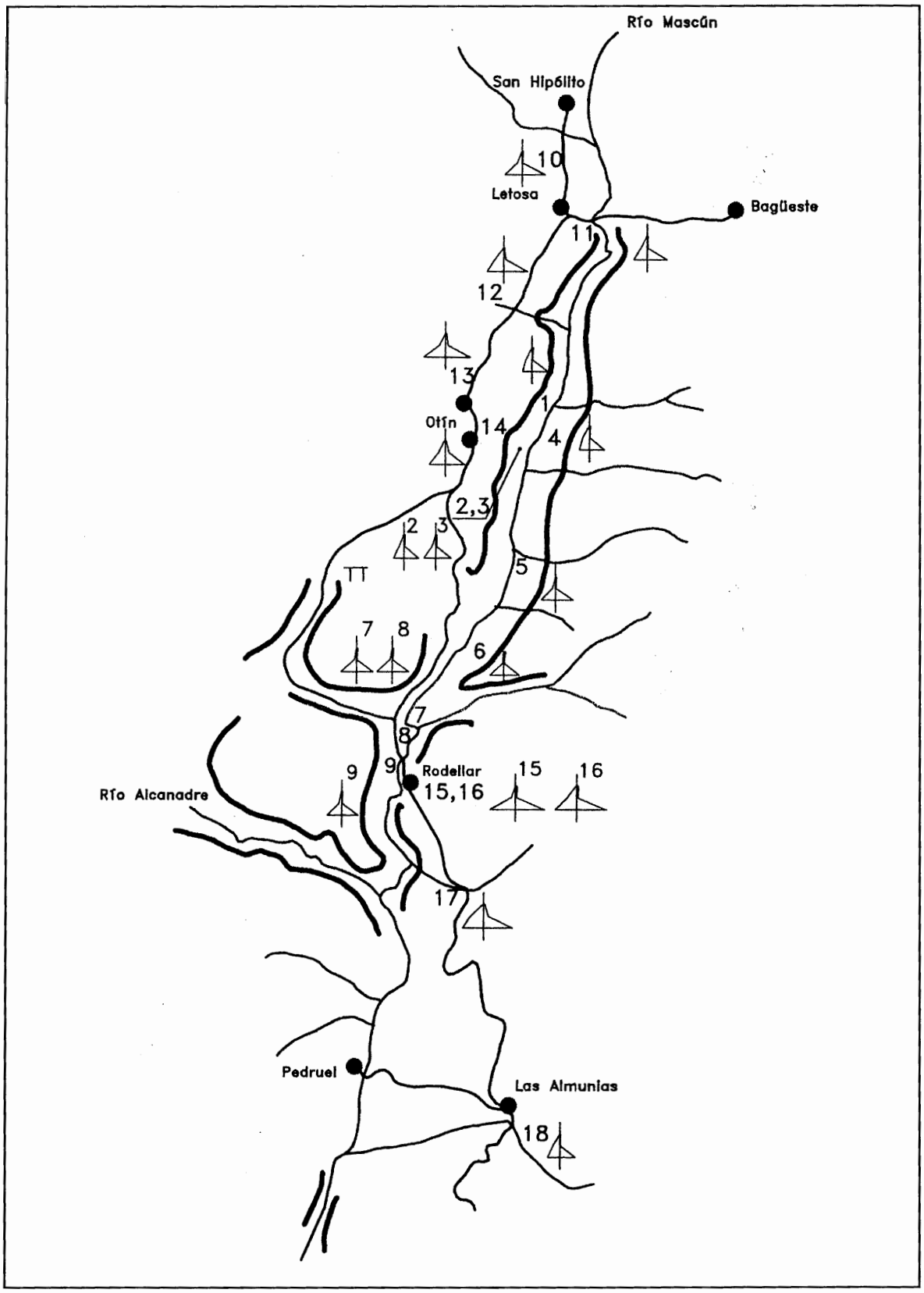

Fig. 9. Distribución espacial de diagramas de Stiff en el Mascún. Escala 1:60.000.

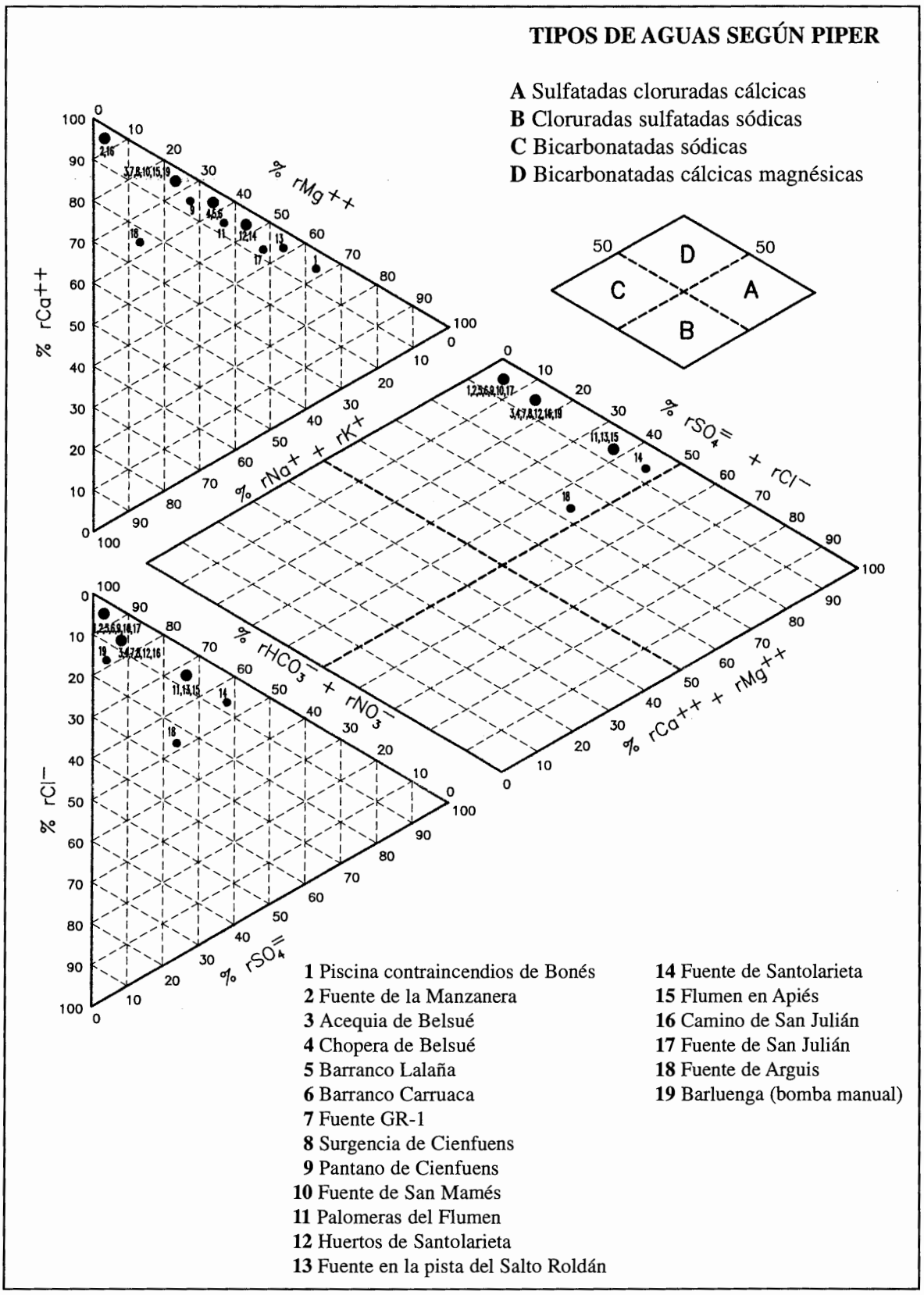

Fig. 10. Diagrama de Piper de las muestras del Flumen.

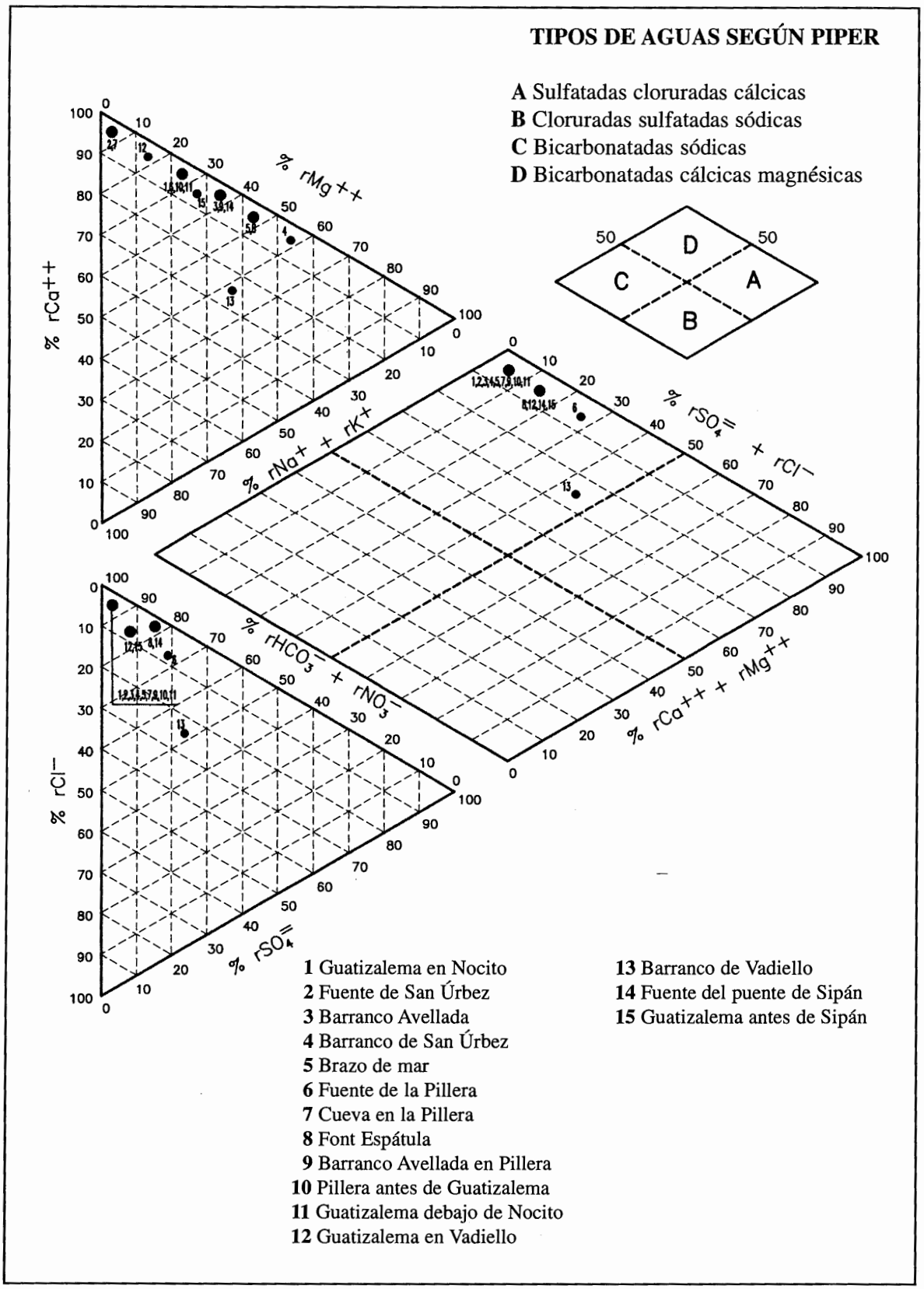

Fig. 11. Diagrama de Piper de las muestras del Guatizalema.

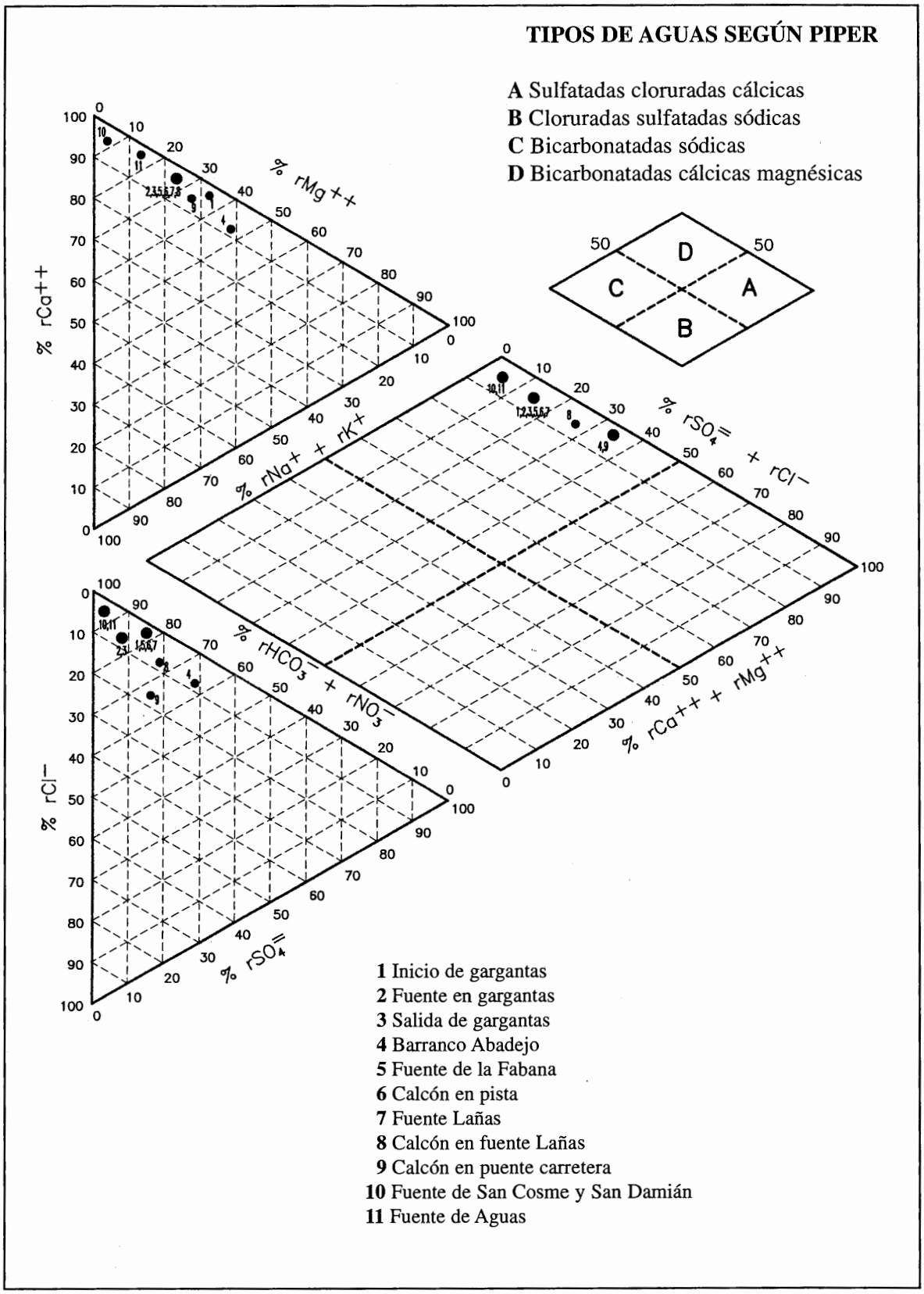

Fig. 12. Diagrama de Piper de las muestras del Calcón.

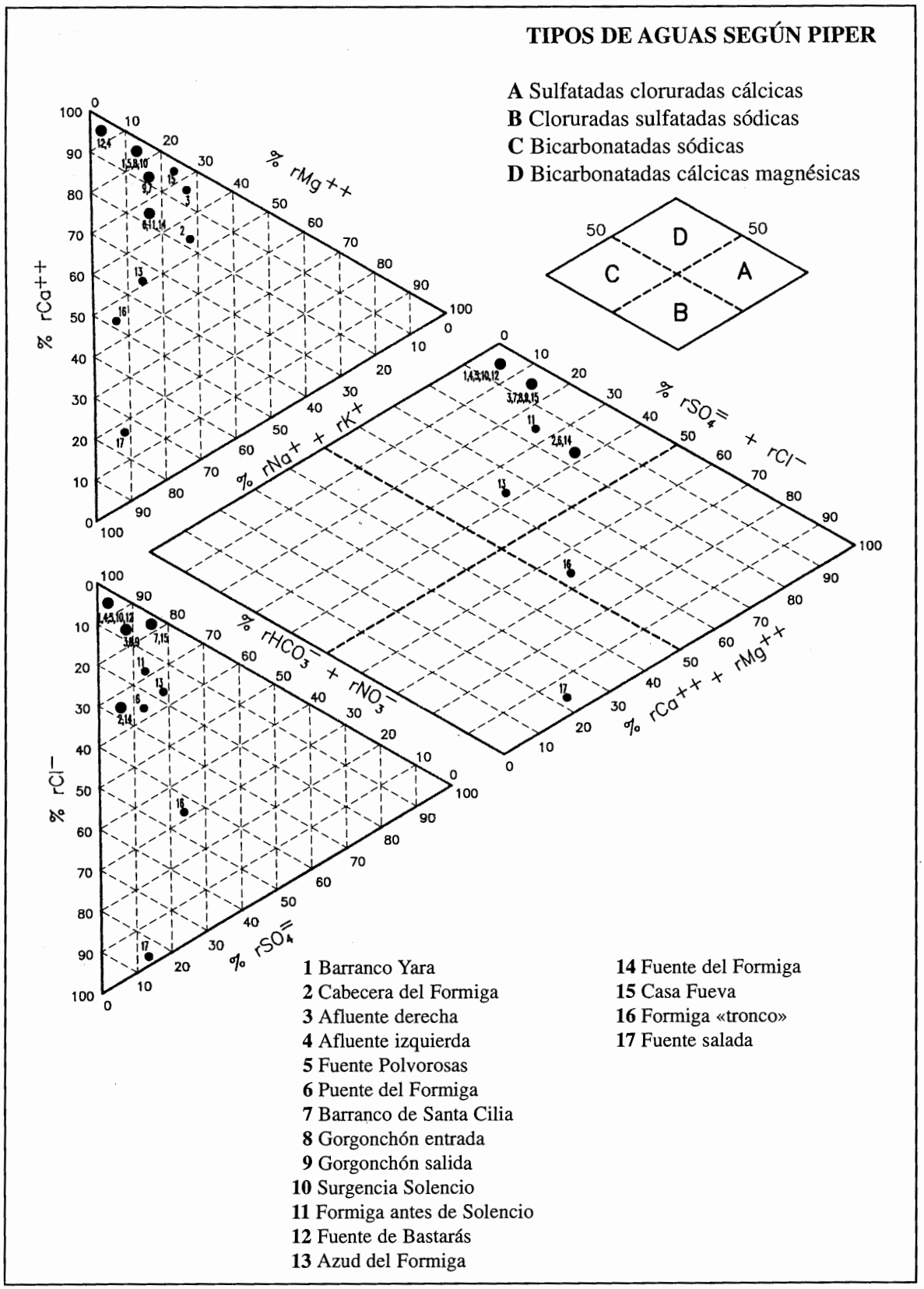

Fig. 13. Diagrama de Piper de las muestras del Formiga.

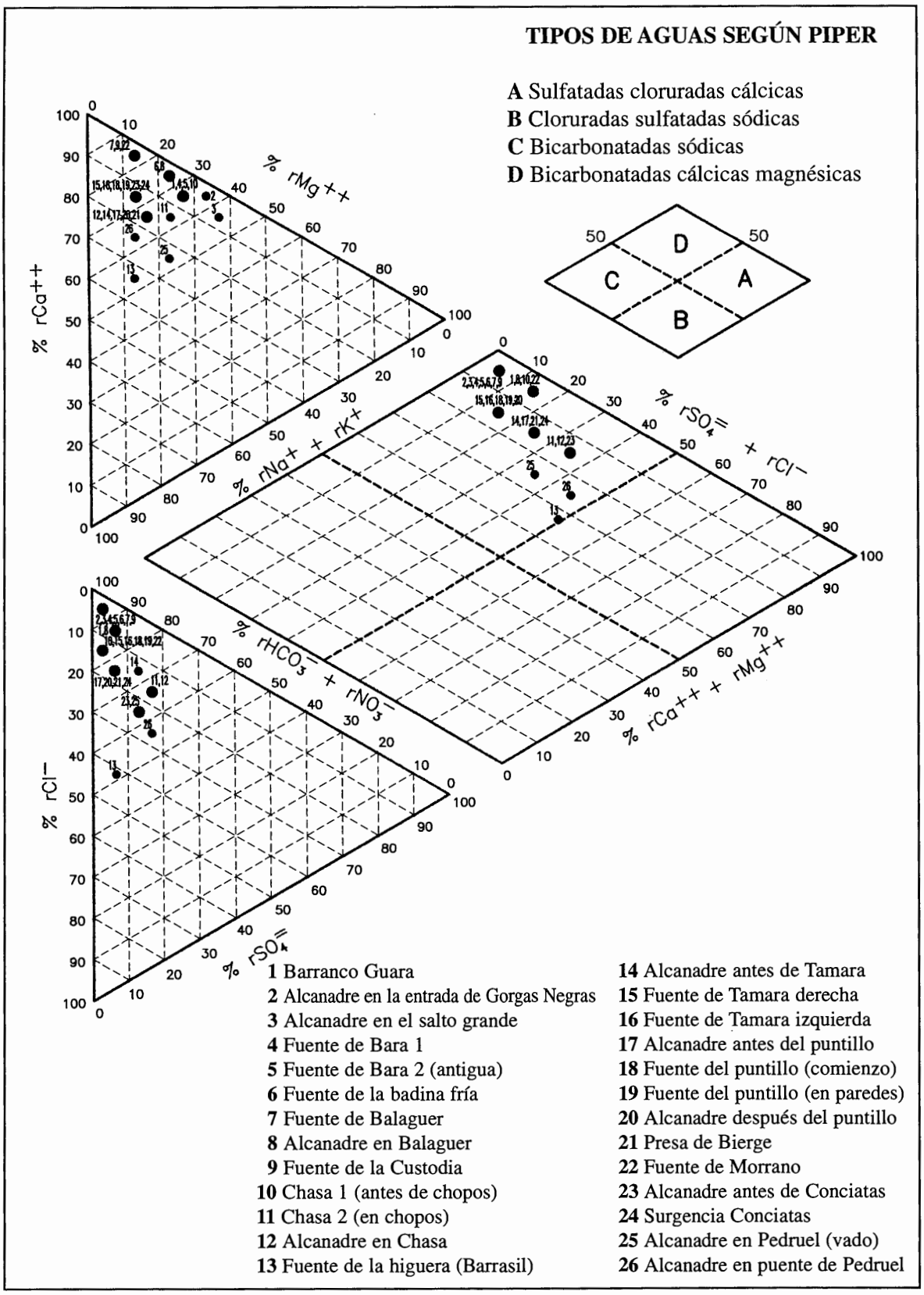

Fig. 14. Diagrama de Piper de las muestras del Alcanadre.

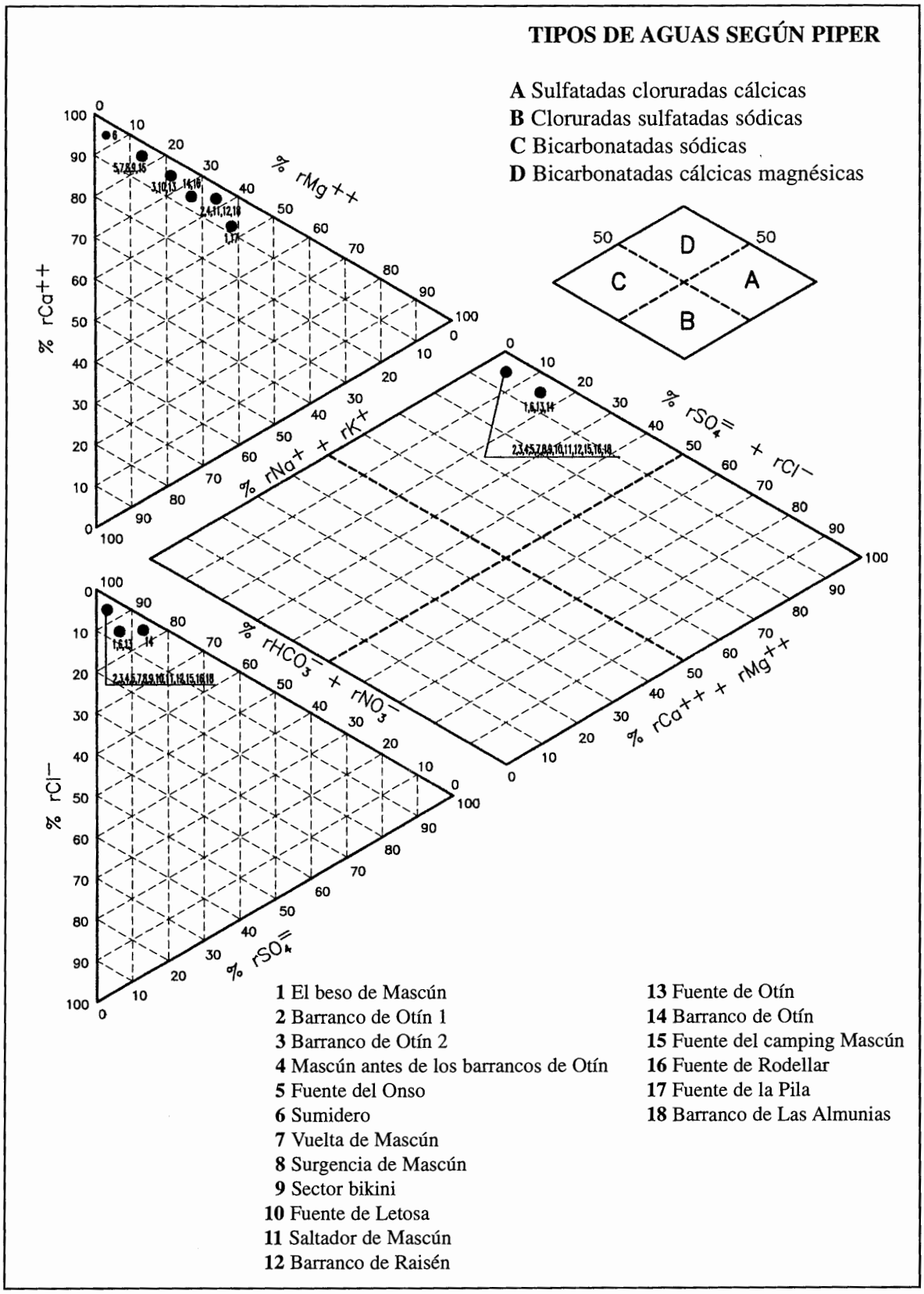

Fig. 15. Diagrama de Piper de las muestras del Mascún.

de dilución, a partir de la cabecera, se hace muy patente en el diagrama. En el segundo caso, la afección del Keuper en la Chasa afecta al río hasta Pedruel, para volver a calidades «normales» a partir de los manantiales de Conciatas.

A partir de los datos analíticos, utilizando el programa de especiación WATEQF se comprueba que es relativamente común la sobresaturación en calcita y/o aragonito. Se encuentran tobas de varios tipos, con crecimiento actual constatable, en los tramos calcáreos del Flumen, Calcón, Formiga, Alcanadre y Mascún. La sobresaturación de las aguas superficiales, en carbonato calcio, tiene relación con el calentamiento por acción solar de éstas y la posible influencia biológica en el pH.

Es también frecuente la sobresaturación en dolomita y en menor medida en cuarzo. En yeso únicamente aparece la fuente de San Mamés, en la pista de Belsué, claramente relacionada con el Keuper. Cabe destacar la insaturación total de surgencias importantes como Solencio de Bastarás y Cienfuens.

Una parte del agua que discurre por los barrancos se evapora, en una combinación de calentamiento solar, efecto de cascadas, salpicaduras y ascenso capilar. Existen varios ejemplos todavía poco estudiados en los barrancos de Foncina, Otín y otros, con creación de depósitos calcáreos. Para conocer las sales que se forman, se ha utilizado el programa SNORM, que define y cuantifica las sales derivadas por evaporación de las aguas. Los resultados, salvo alguna excepción, muestran una precipitación generalizada de calcita (dominante), dolomita, anhidrita, halita y antarticita. Sorprende un poco la presencia de sales potásicas en las cuencas altas del Flumen y Guatizalema.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la ayuda en muestreos en campo de Carlos Bescós, David y Álvaro Santolaria. También es necesario reconocer la ayuda de M. Montes, ingeniero director del Parque de la Sierra y Cañones de Guara, así como de los agentes forestales T. Palacín, J. M. Guiral y V. Hernández. La compañía, consejo y amistad de Enrique Salamero, guía de Guara, ha sido fundamental en reconocimientos previos y en localización de fuentes y sumideros.

BIBLIOGRAFÍA

BESCÓS, J. M. 1991. La salinidad en las aguas superficiales en el Pirineo oscense. *Lucas Mallada*, 3: 9-26.

LARREY, O.; LASAOSA, J. C.; DÍAZ, R. C.; CUCHÍ, J. A. 1996. Niveles de ion nitrato en aguas subterráneas de la Hoya de Huesca. *Kalium*, 5: 117-127.

SÁNCHEZ, J. Á. 1987. *Estudio hidrológico e hidroquímico de las Sierras de Guara y sus Somontanos*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 851 pp. y 245 pp. de anexos.