

CONTRIBUCION AL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA  
ZONA DE LANJARON (Granada)

por

LARA, M., GARCIA, A. y DELGADO, M.

Con el presente trabajo pretendemos contribuir al conocimiento de los diversos manantiales existentes en la zona de Lanjarón, desde un

to a la relación existente entre agua y naturaleza del terreno en que emerge. La elección de la zona es debida a la singularidad que presenta dentro

mientos y por el influjo de estos en la economía provincial, dentro del capítulo de las aguas minero-medicinales y de mesa.

La zona de nuestro estudio se halla comprendida entre los  $36^{\circ}55'$  y  $36^{\circ}58'$  de latitud Norte y entre los  $0^{\circ}12'$  y  $0^{\circ}15'$  de long. Este; corresponde al término municipal de Lanjarón. Está situada en las estribaciones meridionales de Sierra Nevada con una topografía muy accidentada, que oscila entre los 500 m. en el río Lanjarón, y los 2.190 m. en Peña Caballera, en la zona Norte del área citada.

Toda la zona pertenece a las Cordilleras Béticas, ocupando la parte SO del macizo de Sierra Nevada, caracterizado por la presencia de un potente y homogéneo núcleo de micaesquitos paleozoicos, recubiertos por una unidad metamórfica muy compleja denominada "Mischungszone" por el profesor holandés Brouwer que estudió esta zona; sobre la unidad anterior cabalga el complejo triásico denominado Alpujárride.

Discordante con estas formaciones es la meseta donde se encuentra Lanjarón en la que existen tobas calcáreas pardo rojizas de edad terciaria.

El núcleo de Sierra Nevada está constituido por esquistos grafitosos de col se manifiesta en las estribaciones de la Peña Caballera en la parte Norte de nuestra zona. Está recubierto por la Mischungszone rior, pudiéndose distinguir ambos materiales por las diferencias de pendiente topográfi

Dentro de la Mischungszone cabe distinguir un tramo inferior y otro superior. El inferior está constituido por micaesquitos oscuros con bancos de cuarcitas; los micaesquitos son fácilmente distinguibles, de los del núcleo y de los del manto superior, por el mayor tamaño que presentan las micas y por el color pardo rojizo de los horizontes grafitosos debido a los óxidos de hierro presentes.

La Mischungszone superior está formada por un conjunto de micaesquitos, gneises, anfibolitas y mármoles que se diferencian bien del conjunto anterior por su forma de yacer. Esta serie presenta notables procesos de laminación mecánica, que ha sido causa de que desaparezcan algunos niveles como sucede en las inmediaciones del pueblo de Lanjarón, donde se aprecian restos de mármoles aislados.

Descansando sobre la Mischungszone está la unidad conocida como "Complejo alpujárride". En esta formación se distingue un tramo inferior de filitas que engloban nódulos de cuarzo, con cuarcitas intercaladas. Las filitas son de colores grises azulados, distinguibles fácilmente en el campo por su erosión estriada. Hay un tramo superior constituido por calizas dolomíticas oscuras con un aspecto muy uniforme. El nivel inferior de esta serie está formado por calcoesquistos oscuros con marcada foliación, sobre los que descansan las calizas dolomíticas fértidas de color gris oscuro.

Por último, debemos considerar las tobas calcáreas que constituyen la pequeña meseta sobre la que está situado el pueblo de Lanjarón. Se apoyan discordantemente sobre la Mischungszone superior y las filitas triásicas, recubriendo su contacto. La roca presenta numerosas grietas rellenas por travertino, resultado de depósitos efectuados por aguas ricas en óxidos de hierro y carbonatos. Esta zona está cubierta por el pueblo y por las huertas y solo aflora en el río Salado y junto al puente del río Lanjarón.

## CLIMATOLOGIA DE LA REGION

Los datos son los concernientes al pueblo de Lanjarón, situado a una altura de 700 metros sobre el nivel del mar. Estos datos corresponden al período comprendido entre los años 1944 y 1972.

Temperatura media anual...	14,9° C
Humedad relativa media ...	72 %
Precipitación media anual...	512,3 mm
Precipitación media anual en los montes próximos a 2.229 metros de altura ...	844'7 mm
Evaporación media diaria en garita ...	0'45 mm
Evaporación media diaria en tanque ...	1,80 mm
Velocidad media del viento ...	2 Km/h
Insolación media anual ...	6h 35'/día
Días de precipitación al año...	62
Precipitación máxima anual ...	757,5 mm
Precipitación mínima anual ...	307'3 mm

## TOMA DE MUESTRAS

Hemos tomado un total de 25 muestras de agua, correspondientes a otros tantos manantiales existentes en la zona estudiada, pertenecientes en su totalidad a la Empresa Aguas de Lanjarón, S. A. y de los cuales solo algunos están en explotación en la actualidad. La distribución geográfica de los mismos la mostramos en el mapa de la página siguiente.

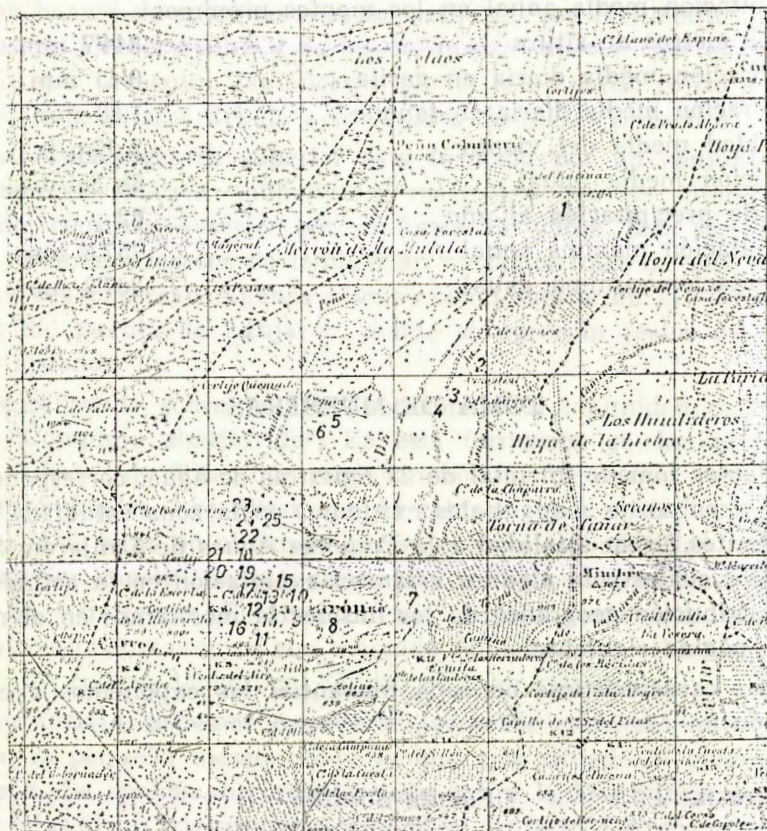
Las características de cada manantial las exponemos a continuación:

*Muestra n.º 1**Fuente Sordilla*

Está situada a una altura de 1.750 m. y a unos 7 km. al norte del pueblo de Lanjarón, por el camino de la Sierra, separada de éste 1 km. hacia el Este; junto al río Lanjarón y en su margen izquierda. Brota del suelo y el agua se recoge en la acequia de fuente Sordilla utilizándose para riego.

### Muestra n.º 2 Fuente de Pilonos

Situada a una altura de 1.180 metros y en la margen izquierda del río Lanjarón, junto al camino que desde el pueblo de Lanjarón sube a Sierra Nevada y a unos 4 Km. de aquél. Existe una pequeña alberca en donde se embalsa el agua para su posterior utilización en el riego. Pertenece al cortijo de Pilonos.



### Muestra n.º 3 Fuente de Matamargu

Situada a una altura de 1.130 metros y a unos 200 m. más abajo que la anterior, en el mismo camino y junto al río. Vierte sus aguas a una acequia que baja paralela al río por su margen izquierda, utilizándose para riego.

**Muestra n.º 4****Fuente de la Hoya de Ortiz**

Situada a unos 60 metros al Oeste de la anterior y al otro lado del camino, a una altura de 1.110 m. y en la misma margen del río. Mana por dos tuberías de diferente caudal, estando protegida por una obra defébrica la de caudal mayor.

**Muestra n.º 5****Fuente del Barranco Peralta**

Situada a una altura de 1.140 metros en el barranco Peralta y junto a la cabecera del mismo. Cerca de la anterior pero en la margen contraria del río y en terreno abrupto.

**Muestra n.º 6****Fuente del Vinagre**

Situada a una altura de 1.130 metros y muy cerca de la del Barranco Peralta, en terreno abrupto. Del mismo modo que la anterior, va a parar su agua al barranco citado, usándose para riego.

**Muestra n.º 7****Fuente del Río**

Situada junto al río Lanjarón, en las afueras del pueblo y junto a la carretera a Orgiva en su parte izquierda. Está a una altura de 650 metros, existiendo un pilar por donde mana con un caño de hierro. En esta zona aflora el trias de la región.

**Muestra n.º 8****Fuente al Este de Gómez**

Situada a 710 metros de altura y en las cercanías del pueblo en su parte Norte, al este de la de San Vicente o Gómez y muy cerca de ella. Mana por un pilarillo construido de obra de fábrica con un caño de hierro.

**Muestra n.º 9****Fuente de Gómez o San Vicente**

Situada en la parte norte del pueblo y protegida con una caseta. Se encuentra a una altura de 720 metros. Es una de las aguas comercializadas por la Empresa Aguas de Lanjarón, S. A. y que se distribuye embotellada.

*Muestra n.º 10*                      *Fuente de la Capilla*

Situada en el mismo pueblo en su parte norte, a 700 metros de altura. Tiene una caseta de protección. El terreno a su alrededor está manchado de ocre y en el caño se observan concreciones ferruginosas, así como en la arqueta, a pesar de que se limpian cada ocho días.

*Fuente n.º 11*                      *Fuente de la Capuchina*

Situada junto al pueblo en su zona sur y a una altura de 600 metros. Nace burbujeando y presenta un sabor amargo muy intenso. A la salida del manantial, el agua está muy turbia y con numerosas sustancias en suspensión, que permanecen incluso después de embotellada.

*Muestra n.º 12*                      *Fuente de San Pedro*

A este manantial también se le conoce como Salud-1 y Salud-2. La muestra se tomó dentro del balneario donde llega por tubería desde el manantial, situado en las proximidades del de Capuchina.

*Muestra n.º 13*                      *Fuente de Samos*

Situada cerca del pueblo en su parte oeste y a una altura de 700 m; unos cincuenta metros al oeste del manantial de San Vicente.

*Muestra n.º 14*                      *Fuente de Perdiguero*

Situada a unos 20 metros de la anterior y a la misma altura.

*Muestra n.º 15*                      *Fuente de Nicasio*

Situada muy cerca de las dos anteriores y a la misma altura; existe un pilar de hormigón y el agua mana por un caño de hierro.

*Muestra n.º 16*                      *Fuente de Salud 30*

Situada en el extremo oeste del pueblo y en su parte sur a una altura de 630 metros. El agua llega al balneario mediante una tubería y es una de las que están en explotación embotellada.

**Muestra n.º 17****Fuente**

Está situada a unos 150 metros de la anterior y en la parte norte del pueblo a una altura de 690 metros. Llega al balneario mediante una tubería en la que va unida a la Salud-30. Deja unas ligeras manchas amarillas en los azulejos.

**Muestra n.º 18****Fuente de Salud 33**

Situada a unos 100 metros de la anterior y a una altura de 710 metros.

**Muestra n.º 19****Fuente del Dique**

Está situada entre las de Salud 31 y Salud 33 y a unos 700 metros de altura.

**Muestra n.º 20****Fuente**

Situada en la margen izquierda del arroyo Salado, a unos 100 metros de la anterior y a la misma altura; está rodeada de abundante vegetación de pinos y olmos.

**Muestra n.º 21****Fuente del Dique 8-2**

Situada a unos 30 metros de color rojizo con aspecto de óxido de hierro lo que concuerda con el caracter ferruginoso que se le atribuye entre los habitantes de la zona.

**Muestra n.º 22****Fuente Forestal 1**

Situada a 50 metros al norte de la Salud 33 y como ella junto al arroyo Salado. Mana por dos caños después de caer a una arqueta de cemento. Abastece a una casa de Guardas Forestales.

**Muestra n.º 23****Fuente Forestal 2**

Situada en la margen izquierda del arroyo Salado, separada unos 80 metros de la anterior y a una altura de 810 metros.

**Muestra n.º 24****Fuente Ferruginosa 2**

Está situada entre las dos anterior da la zona está teñida de color ocre. Ti Más abajo de la fuente se observan concreciones de azufre.

**Muestra n.º 25****Fuente para Baños**

Situada cerca de la anterior. Existe una caseta de protección con conducción a la zona de baños. Todo está manchado de ocre con aspecto de óxidos de hierro.

**METODOS EXPERIMENTALES**

Tanto para las determinaciones físicas como para los análisis químicos se han seguido los métodos usuales.

La determinación de conductividad se realizó mediante un conductímetro de sonda con corrección automática a la temperatura de 25° C.

La determinación de cationes alcalinos y alcalinoterreos se ha realizado mediante fotometría de llama, empleando un fotómetro de la marca Eppendorff.

La determinación de hierro se llevó a cabo por espectroscopía de absorción atómica, utilizando un aparato Beckman 440.

Para todas las medidas de colorimetría y nefelometría se ha usado un equipo Spectronic-20.



## RESULTADOS

	Muestra 1 Fuente Sordilla		Muestra 2 F. Pilones		Muestra 3 F. Matamargue	
Caudal	0,25 l/sg.		0,75 l/sg.		1 l/sg	
T. <sup>a</sup> Agua	12° C		12° C		11° C	
T. <sup>a</sup> Aire	25° C		25° C		25° C	
<b>CATIONES</b>	mg/l. meq/l.		mg/l. meq/l.		mg/l. meq/l.	
Sodio	2,20	0,09	2,76	0,12	1,34	0,06
Potasio	0,99	0,02	0,42	0,01	0,22	0,005
Calcio	3,19	0,16	6,40	0,32	6,82	0,34
Magnesio	2,00	0,17	3,68	0,30	3,30	0,27
Manganeso	—	—	—	—	—	—
Hierro	—	—	—	—	—	—
<b>ANIONES</b>						
Cloruros	4,11	0,11	3,66	0,10	2,47	0,07
Sulfatos	9,40	0,19	16,76	0,34	2,70	0,05
Nitratos	3,00	0,05	2,00	0,03	8,00	0,13
Carbonatos	1,39	0,04	—	—	—	—
Bicarbonatos	13,95	0,22	26,63	0,43	35,09	0,57
A. Carbónico	—	—	3,68		26,93	
Residuo 105°C	44,00		65,00		63,00	
Residuo 180°C	16,00		46,00		42,00	
Total subs. de- terminadas	40,23		62,30		59,94	
Total aniones		0,61		0,90		0,82
Total cationes		0,44		0,75		0,67

	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
F. Hoya de Ortiz	F. del B. Peralta	F. del B. Peralta	F. del Vinagre

Caudal	0,05-	2,5 l/sg.	0,20 l/sg.
T. <sup>a</sup> Agua	15° C	14° C	11° C
T. <sup>a</sup> Aire	20° C	25° C	27° C
<b>CATIONES</b>	mg/l. meq/l.	mg/l. meq/l.	mg/l. meq/l.
Sodio	6,32 0,28	5,88 0,25	6,82 0,29
Potasio	0,51 0,01	0,63 0,01	0,33 0,01
Calcio	21,56 1,07	12,65 0,63	20,57 1,02
Magnesio	11,55 0,95	8,80 0,73	10,45 0,87
Manganeso	1,00 0,03	— —	1,00 0,03
Hierro	— —	0,55 0,03	— —
<b>ANIONES</b>			
Cloruros	1,03 0,03	2,47 0,07	2,06 0,06
Sulfatos	11,11 0,23	9,43 0,19	11,06 0,23
Nitratos	10,00 0,16	10,00 0,16	12,00 0,19
Carbonatos	8,32 0,28	— —	9,69 0,32
Bicarbonatos	111,31 1,82	81,72 1,34	111,17 1,82
Carbónico	— —	5,31 —	— —
Residuo 105° C	191,00	134,00	189,00
Residuo 180° C	72,00	83,00	121,00
Total subs. determinadas	182,71	132,13	185,15
Total anion	2,52	1,76	2,62
Total cationes	2,35	1,65	2,22

## F. del Río - Muestra 7

Caudal	0,5 l/sg.	
T.ª Agua	16,5° C	
T.ª Aire	22° C	
<b>CACIONES</b>	mg/l.	meq/l.
Sodio	14,52	0,63
Potasio	2,97	0,07
Calcio	32,68	1,63
Magnesio	33,45	2,78
Manganeso	2,00	0,06
Hierro	—	—
<b>ANIONES</b>		
Cloruros	2,67	0,07
Sulfatos	57,68	1,20
Nitratos	5,00	0,08
Carbonatos	9,71	0,32
Bicarbonatos	225,44	3,69
A. Carbónico	—	—
Residuo fijo 105° C	394,00	
Residuo fijo 180° C	328,00	
Total sustancias determinadas	386,12	
Total aniones		5,36
Total cationes		5,17

	Muestra 8 F. Al E. de Gómez		Muestra 9 F. Gómez		Muestra 10 F. Capilla	
Caudal	0,1 l/sg.		0,25 l/sg.		0,125 l/sg	
T. <sup>a</sup> Agua	20° C		17° C		20° C	
T. <sup>a</sup> Aire	34° C		34° C		33° C	
<b>CATIONES</b>	mg/l.	meq/l.	mg/l.	meq/l.	mg/l.	meq/l.
Sodio	6,05	0,27	7,70	0,33	65,00	2,82
Potasio	0,74	0,02	1,00	0,02	14,25	0,38
Calcio	24,20	1,21	28,64	1,34	72,50	3,62
Magnesio	11,00	0,91	14,20	1,18	19,05	1,58
Manganeso	1,00	0,03	1,00	0,03	5,00	0,18
Hierro	—	—	—	—	6,30	0,35
<b>ANIONES</b>						
Cloruros	2,88	0,08	9,26	0,26	134,50	3,84
Sulfatos	19,64	0,40	42,48	0,88	18,67	0,38
Nitratos	13,00	0,21	11,00	0,17	22,00	0,35
Carbonatos	—	—	8,34	0,27	4,16	0,13
Bicarbonatos	110,04	1,80	98,57	1,61	289,35	4,74
A. Carbónico	4,09		—		—	
Residuo 105° C	192,00		231,00		662,00	
Residuo 180° C	112,00		143,00		504,00	
Total sustanc. determinadas	188,55		220,39		650,78	
Total aniones		2,49		3,19		9,44
Total cationes		2,44		2,90		8,93

Muestra 11	Muestra 24	Muestra 25
F. Capuchina	F. Ferruginoso II	F. Para Baños

Caudal	0,05 l/sg.	0,25 l/sg.	3 l/sg.
T. <sup>a</sup> Agua	26° C	21° C	26° C
T. <sup>a</sup> Aire	30° C	25° C	25° C

CATIONES	mg/l. meq/l.		mg/l. meq/l.		mg/l. meq/l.	
Sodio	3.065,00	133,26	1.595,00	69,35	880,00	38,26
Potasio	115,00	2,94	220,00	5,64	130,00	3,33
Calcio	2.190,00	59,50	649,00	32,45	410,00	20,50
Magnesio	325,00	27,08	610,50	50,87	400,00	33,33
Manganeso	2,00	0,06	10,00	0,36	11,00	0,40
Hierro	24,85	1,38	26,20	1,45	18,30	1,01

## ANIONES

Cloruros	799,90	22,85	155,44	4,44	2.072,00	59,20
Sulfatos	621,32	12,94	368,75	7,68	117,59	2,44
Nitratos	81,00	1,30	36,80	0,59	7,00	0,11
Carbonatos	—	—	—	—	—	—
Bicarbonatos	2.312,72	37,91	683,30	11,20	738,24	12,10
A. Carbónico	326,78	—	18,21	—	9,39	—
Residuo						
105° C	17.141,00		6.426,00		5.132,00	
Residuo						
180° C	15.917,00		6.136,00		4.500,00	
Total sustanc. determinadas	8.536,79		4.372,99		4.784,13	
Total aniones		75,00		23,91		73,85
Total cationes		224,22		160,12		96,83

	Muestra 13 F. Samos		Muestra 14 F. Perdiguero		Muestra 15 F. Nicasio	
Caudal	0,5 l/sg.		Inapreciable		1 l/sg.	
T. <sup>a</sup> Agua	15° C		18° C		15° C	
T. <sup>a</sup> Aire	34° C		33° C		33° C	
<b>CACIONES</b>	mg/l. meq/l.		mg/l. meq/l.		mg/l. meq/l.	
Sodio	4,95	0,21	5,52	0,24	4,29	0,18
Potasio	0,68	0,02	0,24	0,01	0,48	0,01
Calcio	25,30	1,26	28,93	1,44	22,55	1,12
Magnesio	10,00	0,83	10,10	0,84	11,85	0,98
Manganeso	—	—	1,00	0,03	—	—
Hierro	—	—	—	—	—	—
<b>ANIONES</b>						
Cloruros	2,06	0,06	1,85	0,06	1,23	0,03
Sulfatos	16,99	0,35	31,73	0,66	12,55	0,26
Nitratos	8,00	0,13	6,00	0,09	27,00	0,43
Carbonatos	—	—	15,29	0,50	22,24	0,74
Bicarbonatos	112,80	1,85	83,41	1,35	57,94	0,95
A. Carbónico	4,90	—	—	—	—	—
Residuo 105°	—	—	202,00	—	168,00	—
Residuo 180° C	118,00	—	147,00	—	103,00	—
Total sustanc. determinadas	180,78	—	186,07	—	160,09	—
Total aniones	—	2,39	—	2,66	—	2,41
Total cationes	—	2,32	—	2,56	—	2,29

	Muestra 16 F. Salud-30	Muestra 17 F. Salud-31	Muestra 18 F. Salud-33
Caudal	0,25 l/sg.	0,25 l/sg.	0,5 l/sg.
T.* Agua	15,5° C	15° C	16° C
T.* Aire	25° C	24° C	25° C
<b>CATIONES</b>	mg/l. meq/l.	mg/l. meq/l.	mg/l. meq/l.
Sodio	18,48 0,79	18,15 0,78	13,42 0,58
Potasio	3,30 0,08	3,57 0,09	1,37 0,03
Calcio	43,10 2,15	39,50 1,97	33,55 1,67
Magnesio	18,15 1,51	14,20 1,18	16,25 1,35
Manganeso	2,00 0,06	1,00 0,03	1,00 0,03
Hierro	1,10 0,06	1,25 0,07	— —
<b>ANIONES</b>			
Cloruros	31,27 0,89	30,25 0,86	18,93 0,54
Sulfatos	31,76 0,66	42,48 0,88	43,13 0,89
Nitratos	13,00 0,21	10,00 0,16	14,00 0,22
Carbonatos	5,56 0,18	8,95 0,29	6,95 0,23
Bicarbonatos	138,70 2,80	124,52 2,04	114,21 1,87
A. Carbónico	— —	— —	— —
Residuo 105°C	311,00	308,00	281,00
Residuo 108°C	173,00	185,00	189,00
Total sustanc. determinadas	306,42	293,87	262,81
Total aniones	4,74	4,23	3,75
Total cationes	4,65	4,12	3,66

	Muestra 19 F. del Dique		Muestra 20 F. Dique 8-1		Muestra 21 F. Dique 8-2	
Caudal	0,30 l/sg.		Indeterminado		Indeterminado	
T. <sup>a</sup> Agua	17°C		19°C		19°C	
T. <sup>a</sup> Aire	25°C		20°C		20°C	
<b>CATIONES</b>	mg/l.	meq/l.	mg/l.	meq/l.	mg/l.	meq/l.
Sodio	14,85	0,64	26,60	1,15	7,53	0,33
Potasio	2,02	0,05	4,60	0,12	1,06	0,02
Calcio	25,20	1,26	10,70	0,53	29,92	1,49
Magnesio	10,80	0,95	18,00	1,50	19,25	1,60
Manganeso	1,00	0,03	1,00	0,03	1,00	0,03
Hierro	—	—	—	—	3,15	0,16
<b>ANIONES</b>						
Cloruros	1,27	0,03	3,70	0,10	2,47	0,07
Sulfatos	43,65	0,91	59,83	1,24	95,47	1,98
Nitratos	16,00	0,26	9,00	0,14	3,00	0,04
Carbonatos	13,86	0,46	6,83	0,22	2,78	0,09
Bicarbonatos	90,24	1,48	109,98	1,80	95,88	1,57
A. Carbónico	—	—	—	—	—	—
Residuo 105°C	233,00		284,00		297,00	
Residuo 180°C	189,00		196,00		196,00	
Total substanc. determinadas	218,89		250,24		261,61	
Total aniones		3,14		3,50		3,75
Total cationes		3,08		3,33		3,63

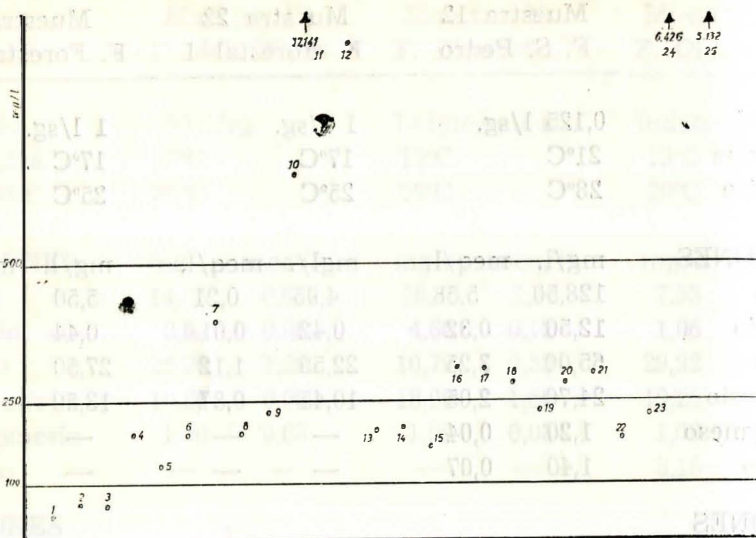


	Muestra 12	Muestra 22	Muestra 23
	F. S. Pedro	F. Forestal I	F. Forestal II

Caudal	0,125 l/sg.	1 l/sg.	1 l/sg.
T. <sup>a</sup> Agua	21°C	17°C	17°C
T. <sup>a</sup> Aire	28°C	25°C	25°C
<b>CATIONES</b>	mg/l. meq/l.	mg/l. meq/l.	mg/l. meq/l.
Sodio	128,50 5,58	4,95 0,21	5,50 0,24
Potasio	12,50 0,32	0,42 0,01	0,44 0,01
Calcio	65,00 3,25	22,55 1,12	27,50 1,37
Magnesio	24,70 2,05	10,45 0,87	13,50 1,12
Manganeso	1,20 0,04	— —	— —
Hierro	1,40 0,07	— —	— —

**ANIONES**

Cloruros	181,80 5,19	3,50 0,10	3,24 0,09
Sulfatos	51,01 1,06	15,96 0,33	30,45 0,65
Nitratos	25,00 0,40	5,00 0,08	3,00 0,05
Carbonato	— —	— —	8,34 0,27
Bicarbonatos	310,72 5,09	112,80 1,85	111,39 1,82
A. Carbónico	12,25	4,99	—
Residuo 105°C	906,00	182,00	226,00
Residuo 180°C	724,00	101,00	154,00
Total substanc. determinadas	801,83	175,63	203,36
Total aniones	11,74	2,36	2,84
Total cationes	11,31	2,21	2,74



## DISCUSION

La muestra núm. 1 correspondiente a la Fuente Sordilla se encuentra enclavada en la zona de micaesquitos correspondientes al núcleo de Sierra Nevada; este punto corresponde a una pequeña área dentro de nuestra zona en la que los recubrimientos posteriores del terreno paleozoico no están presentes. Como cabía esperar la mineralización es muy débil porque los terrenos atravesados por el agua son pobres en sales solubles o sustancias que puedan cambiar iones. El agua debe proceder de deshielo y precipitación sin llegar a niveles profundos como lo muestra su temperatura de emergencia y el dominio de bicarbonatos entre los aniones, fruto de la acción del  $\text{CO}_2$  sobre los materiales atravesados, es posible que las restantes sales se deban a las fases en que el agua atravesó las incipientes formaciones edáficas que recubren a estos terrenos y en los cuales hay una mayor desintegración conducente a una mayor facilidad en la liberación de sustancias minerales.

Si nos atenemos a la definición de agua minero-medicinal, este manantial no puede considerarse como tal por no estar declarado de utilidad pública; además su escaso contenido en sales no podría jus-

tificar una calificación de este tipo. Según el código alimentario se trataría de un agua oligometálica y fría sin poder dar una clasificación química por no presentar predominio de ningún ión.

Sobre la muestra núm. 2 correspondiente a Fuente de Pilonos podemos hacer consideraciones parecidas a la anterior. Observamos con respecto a ella un enriquecimiento en sulfatos y en calcio, con lo que podemos pensar que el agua ha atravesado depósitos de yeso de poca intensidad.

Tampoco sería minero-medicinal y podríamos clasificarla como oligometálica fría y según su quimismo como bicarbonatado-sulfatada-alcalinotérrica; fundamentalmente cálcica. La existencia de anhídrido carbónico libre, justifica un mayor contenido en sales por poseer una mayor actividad; de todas formas es un agua que no ha alcanzado niveles profundos y su recorrido subterráneo ha sido entre materiales pobres en sustancias solubles como corresponden a la geología de la zona; en la localidad en que se encuentra la fuente aparece el manto de Sierra Nevada recubierto por la Mischungszone de características litológicas muy semejantes.

En cuanto a la muestra n.º tamargue, podemos aplicar todo lo comentado para la anterior, sólo observamos una disminución de los sulfatos, por lo que habría que cambiar su clasificación química a bicarbonatada-alcalinotérrica, así como destacar el alto contenido en anhídrido carbónico. Los nitratos están en gran cantidad y pensamos que pueden deberse a dos factores: uno que el agua atraviese zonas de cultivo ricas en esas sustancias aunque de procedencia artificial, y el otro factor relacionado con el anterior en el sentido de que parte de los nitratos pueden deberse a oxidaciones  
lo o adicionada como fertilizante.

La muestra n.º en ella observamos un notable aumento en la mineralización a pesar de la cercanía con la anterior. Hay un contenido notable en calcio y magnesio, así como en bicarbonatos. Debemos considerarla como de débil mineralización y fría, correspondiendo al tipo de bicarbonatado-sul  
de mineralización puede deberse a atravesar zonas con pequeñas acumulaciones de sustancias solubles o a un aumento del camino recorrido baj  
debe principalmente a contactos entre materiales permeables con im-

permeables; tampoco estamos ante un agua profunda, pero si más que las anteriores, porque su temperatura es más elevada pero manteniéndose en valores bajos.

Las muestras números 5 y 6 corresponden a las fuentes del Barranco Peralta y del Vinagre y sus características son análogas a la anterior, con un enriquecimiento en cationes alcalinotérreos y en bicarbonatos con presencia de carbonatos procedentes sin duda de la carbonatación de aquellos por la acción del  $\text{CO}_2$  que en estas aguas no se halla presente.

La muestra n.º 7 en una zona en que aflora el Trias del "Complejo alpujárride". La influencia de esta capa geológica se pone bien de manifiesto en el notable contenido en cationes alcalinotérreos y fundamentalmente en el elevado contenido en sulfatos; los bicarbonatos están muy elevados con relación a las anteriores lo mismo que el sodio que debe estar relacionado con él. No es minero-medicinal por no estar oficialmente conceptuada como tal; no olvidemos que el calificativo no es más que un aspecto legal. Por su contenido en sustancias disueltas sería de débil mineralización, fría y para el código alimentario estaría comprendida entre alcalina y amarga, su clasificación química sería bicarbonatado-sulfatada-sódico-alcalinotérrica.

La muestra n.º 8 características son parecidas a las muestras 5 y 6, aunque la geología sobre la que se orientan es diferente ya que en esta zona hay un recubrimiento de tobas calcáreas que no existe más que en el pueblo y sus alrededores formando una pequeña meseta. Su origen más profundo como nos muestra su temperatura de  $20^\circ\text{C}$  quizás sea la causa de que no esté influida por estos materiales. En cuanto a su clasificación sería como los ya citados, pero en lugar de fría, pasaría a hipotermal.

La muestra n.º 9 mez, está algo más afectada por los materiales en la región procedentes del "Complejo alpujárride" y presenta una elevación en los sulfatos, así como un aumento de cloruros, muy escasos en las aguas examinadas hasta el momento. La clasificación puede ser la misma y esta si es un agua minero-medicinal verdadera porque está declarada de utilidad pública y comercializada como tal. Es fría y de débil mineralización y químicamente corresponde al grupo de bicarbonatado-sulfatada-alcalinotérrica.

A pesar de la vecindad de las muestras 8, 9 y 10, esta última, que corresponde a la fuente de la Capilla, presenta una mineralización superior al doble de las otras dos, destacando un enriquecimiento en cationes alcalinos muy notable, en cloruros y bicarbonatos en detrimento de sulfatos, aunque la concentración en cationes alcalinotérreos se ve también aumentada. Un rasgo a destacar es su contenido en hierro, en lo que se basa su clasificación como minero-medicinal y cuyo uso fundamental es en la corrección de anemias ferropénicas según la literatura médica correspondiente al manantial. El notable aumento de cloruros es un fenómeno lógico y que se presenta en aguas que atraviesan sedimentos triásicos que en general son ricos en acumulaciones de cloruros. El hierro es más fácil que proceda de los materiales paleozoicos que estén muy alterados y haya sido liberado por el  $\text{CO}_2$  que originalmente contendría el agua y que no se manifiesta en ella por haber sido atrapado por los carbonatos existentes para su transformación en bicarbonatos. Por su residuo fijo debemos considerarla como de mineralización media, hipotermal por su temperatura y según el código alimentario como alcalina-ferruginosa; su clasificación química sería clorurado-bicarbonatada-alcalino-ferruginosa.

La muestra n.º es la más singular de todas las estudiadas; se encuentra también sobre la meseta de tobas calizas triásicas y debe ser la de origen más profundo de acuerdo con su temperatura. Presenta mineralización, es hipotermal y alcalino-amargo-ferruginosa y sería clorurado-sulfatado-bicarbonatada-alcalino-cálcico-ferruginosa. El contenido en  $\text{CO}_2$  es muy elevado. Muestra todas las características de la zona geológica en que emerge, siendo la causante de la formación de los travertinos existentes en sus proximidades. Es minero-medicinal declarada y en explotación como colagoga. Del examen de los datos analíticos se desprende la no coincidencia entre el número de miliequivalentes de aniones y de cationes; no nos podemos explicar este fenómeno más que suponiendo la existencia de algún anión no usual y no determinado o bien el que algunos cationes se hallen como hidróxidos, pero no es compatible con la presencia de  $\text{CO}_2$  libre que acidifica el medio. También hay otra discordancia entre el valor de las sustancias determinada y el residuo fijo que presenta la muestra; esto podría coincidir con las explicaciones dadas al fenómeno anterior, pero nos inclinamos a pensar que el exceso

de residuo se deba a sustancias en suspensión dado que el agua mana muy turbia. En dichas sustancias arcillosas y de naturaleza orgánica podríamos encontrar los aniones necesarios para explicar los hechos anteriores.

Junto al manantial anterior existe la fuente de San Pedro que incluimos como muestra n.º 12. La mineralización es también elevada aunque sin llegar a los extremos anteriores. Los aniones predominantes son cloruros y carbonatos propios del terreno en que se hallan enclavados y como cationes hay predominio de los alcalinos. Sería un manantial hipotermal con una mineralización media y clasificado como alcalino débilmente ferruginoso. Químicamente podríamos clasificar este agua como una variedad sulfatada-alcalino-térrica de un agua clorado-bicarbonatada-alcalina débilmente ferruginosa.

Situadas también en las molasas que constituyen la base del pueblo, al norte de las anteriores y al oeste de la fuente de La Capilla, se hallan las muestras números 13, 14 y 15 correspondientes a las fuentes de Samos, Perdiguero y Nicasio, muy próximas entre ellas y cuyas características concuerdan más con los manantiales situados fuera de este terreno, muestras 5 y 6, con predominio de bicarbonatos y metales alcalinotérricos y escaso contenido en sustancias minerales. Químicamente son variedades sulfatadas de aguas bicarbonatado-alcalinotérricas. Las muestras números 16 y 17 corresponden a los manantiales Salud 30 y Salud 31, que juntos embottellan como agua de mesa sin carácter minero-medicinal. Son aguas hipotermas débilmente mineralizadas y alcalinas, con ligero carácter ferruginoso. Químicamente son variedades sulfatado-alcalinotérricas de aguas clorado-bicarbonatadas-alcalinas débilmente ferruginosas.

Cerca de los manantiales anteriores se encuentra el denominado Salud 33 y que constituye la muestra n.º 18. La composición de este agua es parecida a las anteriores pero menos mineralizada y fría. Hay una disminución de cloruros con un enriquecimiento en sulfatos, lo que haría que la clasificáramos como variedad clorada de un agua sulfatado-bicarbonatada-alcalino-alcalinotérrica. El hierro no está presente en este manantial.

La muestra n.º 19 corresponde a la fuente del Dique, muy próxima a las de Salud 31 y Salud 33; sus características son similares a la segunda citada, con la sola diferencia de la disminución en

cloruros que casi están ausentes en la muestra que nos ocupa. Es un agua fría muy débilmente mineralizada y químicamente es una variedad sulfatado-alcalinotérrica de una agua bicarbonatada-alcalina.

Las muestras 20 y 21 están cercanas a la anterior y pertenecen a las fuentes del Dique 8-1 y Dique 8-2. Ambas son hipotermas con débil mineralización, pobres en cloruros y muy ricas en sulfatos, especialmente la segunda, en la que observamos también una disminución de cationes alcalinos con aumento de alcalinotérreos. Químicamente la fuente del Dique 8-1 sería una variedad sulfatado-alcalinotérrica de un agua bicarbonatada-alcalina. La del Dique 8-2 sería un agua sulfatado-bicarbonatada-alcalinotérrica con carácter ferruginoso no muy marcado. Las muestras número 22 y 23, correspondientes a las fuentes Forestal 1 y For Salud 33, están menos mineralizadas que éstas y se diferencian de ellas en su contenido en cloruros, muy débil en aquellas. Ambas presentan unas características similares, si bien la segunda tiene un contenido en sulfatos netamente superior a la primera. Son frías y muy débilmente mineralizadas. Químicamente son variedades sulfatadas de aguas bicarbonatadas-alcalinotérreas. La primera presenta un pequeño contenido de  $\text{CO}_2$  libre.

Situadas geográficamente entre las dos anteriores está la fuente ferruginosa 2 que constituye la muestra n.º 24. Las características químicas de este agua son totalmente diferentes a las de los manantiales que acabamos de ver y vuelven a una riqueza en sales comparables a la de la Capuchina, sin llegar a la mineralización de ésta. Es un agua hipotermal con fuerte mineralización y con un residuo fijo de más de 6 g/l lejanos de la Capuchina con sus 17 g/l. Sería una variedad alcalinotérrica de un agua clorurado-sulfatado-bicarbonatada-alcalino-ferruginosa. Subsiste el problema que surgía con el agua de Capuchina de la no coincidencia entre el número de miliequivalentes de aniones con el de cationes. al igual que las sustancias determinadas no llegan al valor obtenido para el residuo fijo que creemos alterado por sustancias en suspensión. Por último, la muestra n.º

anterior y en la que observamos una débil recesión de la mineralización, aún cuando sería también hipotermal y de mineralización fuerte. El rasgo más acusado en su comparación con Ferruginoso-2 es el notable aumento de cloruros y que la recesión en los cationes alcalinos es más importante que en los alcalinotérreos. Es de carác-

ter minero-medicinal pero no de bebida, sino como su nombre indica para baños. Plantea el mismo problema de falta de coincidencia que la anterior, sólo que menos acusado. Podríamos clasificarla químicamente como una variedad sulfatado-alcalinotérrica de un agua bicarbonatado-clorurada-alcalina con carácter ferruginoso marcado.

Atendiendo al total de sales disueltas, expresado por el residuo fijo a 105°C nos encontramos que los valores más bajos son para aquellas fuentes situadas sobre las filitas que constituyen el núcleo de Sierra Nevada y en la parte más alta de zona estudiada, con valores que no llegan a los 100 mg/l. En la zona recubierta por la Minschungszone nos encontramos una serie de manantiales con residuos fijos que oscilan entre 100-300 mg/l. Algunos de ellos están situados sobre las molasas que forman la meseta sobre la que se asienta el pueblo, los valores en estos son más altos pero sin sobresalir de modo notable. El manantial n.º 7

afloran sedimentos triásicos llegando a valores de 4 último aquellos manantiales situados sobre el borde de las molasas, como son los números 10, 11, 12, 24 y 25, superan los 5 g/l.

El notable incremento de la mineralización de las aguas de Capuchina, Ferruginosa y Para Baños, nos hacen pensar en la posibilidad de una mineralización secundaria de dichas aguas.

También debemos destacar la presencia de hierro que está reducida a aquellas aguas situadas sobre las molasas, con mayor intensidad en las enclavadas en sus bordes, lo mismo ocurre con los cationes alcalinotérricos. La influencia de los terrenos triásicos está manifestada por el enriquecimiento en cloruros de algunas aguas y de todas ellas en sulfatos.

A la vista de lo anteriormente expuesto, podemos concluir que la clasificación de las aguas objeto de nuestro estudio es:

Muestra n.º 1.—Agua aligometálica fría.

Muestra n.º 2.—Agua oligometálica, fría, bicarbonatado-sulfatada-alcalinotérrica.

Muestra n.º 3.—Oligometálica, fría, bicarbonatada-alcalinotérrica.

Muestra n.º 4.—Débilmente mineralizada, fría, bicarbonatado-sulfatada-alcalinotérrica.

Muestras n.º

miento en cationes alcalinotérricos y en bicarbonatos.



- Muestra n.º 7.—Débilmente mineralizada, fría, bicarbonatado-sulfatado-sódico-alcalinotérrica.
- Muestra n.º 8.—Débilmente mineralizada, hipotermal, bicarbonatado-alcalinotérrica.
- Muestra n.º 9.—Débilmente mineralizada, fría, bicarbonatado-sulfatado-alcalinotérrica.
- Muestra n.º 10.—De mineralización media, hipotermal, clorurado-bicarbonatado-alcalino-ferruginosa.
- Muestra n.º 11.—De fuerte mineralización, hipotermal, clorurado-sulfatado-bicarbonatado-alcalino-cálcico-ferruginosa y de elevado contenido en  $\text{CO}_2$ .
- Muestra n.º 12.—Mineralización media, hipotermal, se puede considerar como una variedad sulfatado-alcalinotérrica, de un agua clorurado-bicarbonatado-alcalina débilmente ferruginosa.
- Muestra n.º 13, n.º 14 y n.º 15.—Muy débilmente mineralizadas, frías, son variedades sulfatadas de aguas bicarbonatado-alcalinotérricas.
- Muestras n.º 16 y n.º 17.—Débilmente mineralizadas, hipotermas, son variedades sulfatado-alcalinotérricas de aguas clorurado-bicarbonatadas-alcalinas débilmente ferruginosas.
- Muestra n.º 18.—Muy débilmente mineralizada, fría, es una variedad clorurada de un agua sulfatado-bicarbonatado-alcalino-alcalinotérrica.
- Muestra n.º 19.—Muy débilmente mineralizada, fría, es una variedad sulfatado-alcalinotérrica de un agua bicarbonatado-alcalina.
- Muestras n.º 20 y n.º 21.—Débilmente mineralizadas, hipotermas, la n.º 20 es una variedad sulfatado-alcalinotérrica de un agua bicarbonatado-alcalina, y la n.º 21 es un agua sulfatado-bicarbonatado-alcalinotérrica, con carácter ferruginoso no muy marcado.
- Muestras n.º 22 y n.º 23.—Muy débilmente mineralizadas, frías, son variedades sulfatadas de aguas bicarbonatadas-alcalinotérricas.
- Muestra n.º 24.—De fuerte mineralización, hipotermal, es clorurado-sulfatado-bicarbonatado-alcalino-ferruginosa.

Muestra n.º 25.—De fuerte mineralización, hipotermal, es una variedad sulfatado-alcalinotérrica de un agua bicarbonatado-clorurada-alcalina, con carácter ferruginoso marcado.

### RESUMEN

En el presente estudio pretendemos contribuir al conocimiento de las diferentes fuentes existentes en el área de Lanjarón. Estas fuentes han sido estudiadas desde un doble punto de vista: Analítico y geológico. Hemos estudiado 25 muestras de agua de la citada región, algunas de las cuales están comercializadas. Hemos encontrado que las fuentes más minerales están enclavadas sobre materiales sedimentarios, mientras que las menos minerales se encuentran sobre el núcleo de Sierra Nevada.

### SUMMARY

In the present paper we pretend to contribute to the knowledge of the different sources existing at the Lanjarón area. These sources have been studied from a double point of view: analytical and geological. We have studied 25 samples of water from cited region; some of these are commercialized. We have found that the most mineralized waters flow on sedimentary materials and the less mineralized waters flow on the Sierra Nevada nucleus.

### BIBLIOGRAFIA

- ARREBOLA NACLE, J. A. (1971).—Estudio bacteriológico y sanitario de las aguas de consumo público en la provincia de Granada. Tesis Doctoral.
- ARRESE, F., LEGUEY, S. y RODRIGUEZ, J. (1969).—Estudio hidrogeológico de los manantiales minero-medicinales de Lanjarón (Granada). Agua, 6.
- CHARLOT, G. (1971).—Les methodes de la chimie analytique. Masson et Cie. Paris.
- GARCIA CABALLERO, M. G. (1972).—Algunas consideraciones acerca de las aguas minero-medicinales españolas y en particular referidas a las de Granada. Tesis de Licenciatura.
- MEINZER, O. E. (1942).—Hidrology. Dover Public. Inc. New York.
- MORET, L. (1946).—Les sources thermominerales. Masson et Cie. Paris.
- MORETTE, A. (1964).—Précis d'hydrologie. Masson et Cie. Paris.