

SOBRE LAS AGUAS MINERALES NATURALES DE ESPAÑA: ASOCIACIONES ENTRE SU COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

J. MARTÍN-GIL, P. MARTÍN-RAMOS y F. J. MARTÍN-GIL

Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal
Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Palencia

Resumen: Un estudio comparativo de las aguas minerales naturales de España, realizado a través de la composición de las aguas envasadas, nos ha llevado a advertir una serie de observaciones que ponen en relación dichas composiciones con la situación geográfica de los manantiales. De especial interés son las asociaciones latitud-salinidad y longitud-mineralización, no referidas anteriormente.

Palabras clave: aguas minerales naturales.

Summary: A comparative study of the natural mineral waters of Spain, accomplished through the chemical composition of the packed waters, it has carried us to warn a series of observations that put on relationship the composition of the water with the geographical situation of the springs. Of special interest are the latitude-salinity and longitude-mineralization associations, not reported previously

Key words: natural spring waters.

INTRODUCCIÓN

Las aguas minerales y termales constituyen un recurso geológico aprovechable como aguas envasadas comercialmente, o con fines terapéuticos y de descanso en balnearios. El número de manantiales registrados en España es algo superior a 2.000. De éstos, medio centenar ha dado lugar a plantas de embotellamiento de agua y un centenar, a estaciones termales activas. La legislación actual distingue entre distintos tipos de aguas: las de consumo público envasadas, las aguas preparadas, las aguas de manantial y las aguas minerales naturales. Las aguas minerales naturales deben cumplir, entre otros requerimientos,

los de mantener estable su composición química, el caudal de su manantial, y la temperatura de surgencia. Estas condiciones son cumplidas prácticamente por casi la totalidad de las aguas estudiadas. Adicionalmente, la tercera parte de las aguas minerales naturales de España ha sido declarada minero-medicinal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los análisis químicos que han servido para la realización del estudio, y que figuran en las etiquetas de los envases, proceden fundamentalmente de siete laboratorios: el del Dr. Oliver Rodés, de Barcelona (acreditado como principal laboratorio de referencia en materia de aguas minerales); el del Instituto Tecnológico GeoMinero de España, de Madrid (aguas de *Carrizal*, *Peñaclara*, *Fontoira* y *Corconte*); el del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (*Bezoya*); el del AINIA, Paterna, Valencia (*Fontsol*); el de la sección de Minas de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria en Zaragoza (*Veri*); el del Lcdo. M. A. Valero, de Zaragoza (*El Cañar*); y el del Laboratorio LANYN, de Pamplona (*Uralai*). En el caso de las aguas de *Zambra* y *Viladrau*, los análisis proceden de los laboratorios de análisis de las propias plantas envasadoras. Generalmente, la composición química de las aguas es controlada por los laboratorios de tales plantas embotelladoras.

RESULTADOS

Los principales componentes químicos de las aguas estudiadas aparecen en la Tabla 1. En ella se recogen los contenidos en bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, sodio, potasio, calcio, magnesio y dióxido de silicio, expresados en mg/L. Otros componentes de difusión limitada o minoritarios, como es el caso de los iones fluoruro (solo frecuentes en los manantiales de Galicia, Asturias y algunos de La Rioja y Cataluña, y que solo alcanzan cantidades significativas en el agua *Fontecelta* (10 mg/L)), no han sido objeto de consideración.

El análisis comparativo de los datos de la Tabla 1 permite establecer las siguientes deducciones:

1. Las aguas menos mineralizadas de España se dan en las estribaciones de la Sierra de Guadarrama, en el Sistema Central (aguas de *Bezoya* y *Fonsana*) y las más mineralizadas, en torno al Sistema Ibérico (*Peñaclara*, en La Rioja; *Fuentecabras*, en Zaragoza; *Agua de Cardó*, en Tarragona; y *Font Lys* y *Aguas de Sierra Sanchís*, en Valencia).
2. Las aguas más duras, por sus altos contenidos en sales cálcicas (asociados también a altos contenidos en sales magnésicas) son las de *Insalus* (Guipúzcoa), *Peñaclara* (La

Tabla 1. Origen y composición de las aguas minerales naturales españolas envasadas

Denominación	Lugar	HCO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl	NO ₃	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SiO ₂
Agua de Mondariz	Balneario de Mondariz, Mondariz	164	—	17	—	49	3	6	10	13
Fuente del Val	Manantial de Mondariz	136	4	18	—	28	3	7	25	—
Fonteval	Pontevedra									
Cabreiroá	Verín Orense									
	1988	408	—	9	—	144	12	3	8	37
	1993	208	—	7	—	91	6	3	8	37
Aguas de Sosas	Verín Orense									
	1989	355	—	2	—	118	—	—	—	61
	1994	236	—	—	—	82	5	2	5	53
Fontoira	Manantial de Fontoira	143	6	13	—	9	—	8	38	22
	Cospeiro, Lugo									
Fontecelta	Manantial de Celtigos-Sarriá	240	—	58	—	125	4	—	11	49
	Lugo									
Fuensanta	Manantial de Fuensanta de	262	91	12	—	24	7	14	84	67
	Buyeres, Srta. De Peña Mayor, Nava Asturias									
Super-Quest	Manantial de Srta de Ques	5	1	7	—	4	—	1	1	—
Solfeguera	Infiesto, Asturias									
Agua de Cuevas	Srta. Fuentes de Invierno, Puerto de San Isidro, Asturias	239	13	3	—	1,5	—	25	47	—
Corconte	Balneario de Corconte, Cantabria	74	31	376	—	229	4	6	30	7
Solares	Manantial de Fuencaliente, Solares, Cantabria	238	34	145	—	86	2	15	74	10
Insalus	Manantial de Lizartza, Guipuzcoa	154	317	14	—	10	—	20	152	9
Betelú	Balneario de Betelú, Navarra	221	79	242	3	151	2	17	84	—
Uralai	Balneario de Belascoain, Navarra	132	17	351	—	157	—	15	56	3
Fontecabras	Balneario de la Virgen, Jaraba, Zaragoza	296	130	61	—	—	—	40	95	—
El Cañar	El Cañar 2, Puente de la Vega, Jaraba, Zaragoza	293	137	67	—	—	—	39	104	—
Veri	Valle de Benasque, San Martín De Veri-Bisaurri, Huesca	196	18	6	—	13	—	6	58	2
Ribagorza o	Manantial May	331	18	31	—	24	—	27	67	12
Aguas de Graus	(Pirineo), Graus, Huesca									
Font del Pi	Guissona, Lleida	317	207	17	—	27	—	66	67	42
Fonter	Manantial Fonter, Amer, Girona	100	17	11	—	10	9	24	—	—
Font Picant	Amer, Girona	67	5	1	—	6,5	—	11,5	5	—
Font del Regas	Arbúcies (Montseny) Girona	112	8	6	—	12	—	3	29	—
Fontdor	Sant Hilari, Sacalm, Girona	69	12	6	—	6	—	3	21	17
Font Vella	Font Vella, Sant Hilari, Sacalm, Girona	153	14	11	—	13	—	8	41	—
Font Selva	Manantial Font Selva, Sant Hilari, Sacalm, Girona	229	10	7	—	16	—	9	51	22

Denominación	Lugar	HCO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl	NO ₃	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SiO ₂
Vichy Catalán	M. Vichy, Caldes de Melavella, Girona	213	5	60	—	111	—	5	—	8
Agua de Viladrau o Fontalegre	Manantial Fontalegre, La Cuadanya, Viladray, Girona									
	1988	42	8	5	—	8	—	2	13	24
	1991	68	8	8	—	8	—	3	20	21
	1994	91	7	8	—	9	—	3	26	22
Agua del Valle De Cardó	Balneario de Cardó, Benifallet, Tarragona	387	19	18	—	7	—	35	81	4
Font Lys	Manantial Font-Lys, Manuel, Valencia	329	142	145	—	94	—	36	112	—
Font Sol	El Moreral, Aguas de Srra. Sanchis	—	248	—	—	—	3	48	81	5
	Fuente la Higuera, Valencia	239	239	—	—	—	3	51	118	—
Sierra Sanchís	Fuente la Higuera, Valencia	268	259	129	—	78	—	50	122	13
Fuente Primavera	Requena, Valencia	295	295	43	—	21	—	23	87	7
Peñaclara	Torreclara en Cameros, La Rioja									
	1987	245	300	20	—	16	2	38	155	—
	1991	199	335	14	—	13	1	34	134	—
	1996	227	273	15	—	14	1	28	141	—
Monte Pinos	Almazán. Soria	287	1,5	5	—	2	—	3	92	—
Carrizal	S. Andrés de Rabanedo León	104	2	3	—	1	—	6	27	9
San Andrés	S. Andrés de Rabanedo León	74	2	3	—	1	—	7	17	6
Santolín	Quintana-Urria, Burgos	270	6	5	—	2	—	2	89	—
Castrovita	Castromonte, Valladolid	249	7	13	—	7	—	13	72	20
Bezoya	Ortigosa del Monte, Segovia	11	—	1	2	2	—	—	2	7
De la Platina («Frechs»)	Salamanca	79	18	16	—	9	—	16	16	10
Babilafuente	Fte. Del Caño Babilafuente Babilafuente, Salamanca	167	6	6	—	14	—	5	42	64
Fonsana	La Cabrera (Somosierra) Madrid	38	3	5	—	7	—	—	7	34
Agua del Rosal	Calera y Chozas, Toledo	289	7	41	—	45	—	14	64	39
Valtorre	Manantial Valtorre, Belvis De la Jara, Toledo	191	—	40	4	31	—	24	26	—
Fontemilla	Reserva de Cutamilla, Sigüenza, Guadalajara	300	—	—	—	4	—	24	78	—
Fuente Liviana	Huerta del Marquesado Cuenca	254	16	2	1	—	0,5	19	68	—
Solan-de Cabras	Balneario Solan-de Cabras, Beteta, Cuenca	280	17	9	—	5	1	25	60	8
Los Riscos	Los Riscos de la Higuera Alburquerque, Badajoz	11	—	23	—	16	2	2	4	—
Neval	Moratalla, Murcia	243	120	—	—	—	—	45	58	—
Lanjarón	Lanjarón, Sierra Nevada, Granada	123	24	—	—	—	1	11	33	—
San Vicente	Balneario de Lanjarón, Lanjarón, Granada	81	19	3	—	6	—	7	22	—
Zambra	Nacimiento del Zambra Rute, Córdoba	140	—	—	—	22	1	16	65	—

Rioja), *Font Sol* y *Sierra Sanchís* (Valencia). El contenido en sulfatos es especialmente alto en estas aguas y también en las de Lleida, Zaragoza y Murcia.

3. Las aguas minerales con mayor contenido en sílice son las de Lugo y Orense, en Galicia; Nava, en Asturias; y algunas de Girona, en Cataluña. También la de La Cabrera, en Madrid, es alta en SiO₂.
4. Las aguas con mayor contenido en potasio son también las de Lugo, Orense, Nava y algunas de Girona. Asimismo, *Corconte* exhibe contenidos moderados de este ion.
5. Las aguas que experimentan mayor variación en su composición son las de *Cabreiroá*, *Sousas* y *Viladrau*: los contenidos en bicarbonato sódico, para las dos primeras, y de bicarbonato cálcico, para la segunda, varían de unos años a otros hasta en un 40% respecto al valor medio. De 1988 a 1993 el contenido en bicarbonato sódico del agua *Cabreiroá* descendió en un 46%. En 1994, el agua de *Sousas* alcanzó su contenido mínimo en bicarbonato sódico (un 20% menos de la media) mientras el agua de *Viladrau* alcanzaba su contenido máximo en bicarbonato cálcico de la última década (un 40% por encima de la media). Entre 1987 y 1991 también se produjo un descenso significativo de la salinidad del agua *Peñaclara* de Torrecilla en Cameros (La Rioja).
6. Si comparamos la composición de dos aguas con localizaciones próximas (s.c., presumiblemente filtradas a través de formaciones minerales del subsuelo muy similares), la situada más al sur resulta más salina en NaCl que la ubicada más al norte. Por ejemplo, en Lugo, *Fontcelta* (Céltigos) es más salina que *Fontoira* (Cospeito); en Huesca, *Graus* más que *Veri-Bisaurri*; y en Girona, *Font del Regas* que *Viladrau*. La constatación de esta observación se produce hasta en el caso de localizaciones como *Corconte* y *Solares*, cuando por la ubicación de la primera, en el interior y próxima a un embalse, cabría esperar menor salinidad que el agua de una población como *Solares*, próxima a la costa.
7. Si la comparación de la composición de aguas con localizaciones próximas se realiza en la dirección izquierda-derecha y entre ambas no se interpone algún accidente geográfico importante, resulta que el agua de la localización a la izquierda está más mineralizada que la de la derecha. Esta observación puede ser ejemplificada con las aguas de Amer, Girona y Asturias. La situación es drástica para el caso de las aguas de Nava (*Fuensanta*) e Infiesto (*Quess*): la de Nava es una de las más mineralizadas de España, mientras la de Infiesto es una de las menos mineralizadas del territorio peninsular.
8. Además de las coordenadas de longitud y latitud, la altitud/profundidad del afloramiento/acuífero también parece jugar un papel importante en cuanto a la composición del agua. En el caso de los manantiales de *Fontdor* y *Font Selva*, ambos en el mismo término municipal (Sant Hilari Sacalm) pero con diferentes

niveles de nacimiento y/o captación (a 1000 m de altura el primero y a 200 m de profundidad el segundo), el contenido en bicarbonatos es muy diferente y mayor para captaciones profundas (caso de *Font Selva*). Si la comparación se realiza entre las aguas *Veri* y *Ribagorza*, que brotan también a diferentes alturas (a 1235 m en el caso de *Veri* y a una altura inferior en el caso de *Ribagorza*) y desde diferentes profundidades (en el de *Ribagorza*, desde 1800 m), la mayor concentración en bicarbonatos sigue correspondiendo al agua situada a más bajos niveles, o sea, al agua de *Ribagorza* o de Graus. En el caso del agua de San Andrés de Rabanedo, en León, las captaciones a similar profundidad (250 ` 50 m) para *Carrizal* y *San Andrés*, proporcionan contenidos en bicarbonatos similares (90 ` 15 mg/L).

DISCUSIÓN

Aunque cada una de las asociaciones referidas en el trabajo ha sido justificada, la casuística aportada es insuficiente para conceder a tales asociaciones un carácter general. En todos los casos se precisa comprobación de los resultados con los que aporten estudios paralelos sobre lugares más o menos alejados de la Península Ibérica. Este requerimiento es especialmente importante para el caso de la asociación salinidad-longitud geográfica, pues su generalización implicaría responsabilizar al sentido de rotación de la Tierra (oeste a este) en la creación de gradientes de concentración salina decreciente entre acuíferos vecinos, con una acumulación salina en los más occidentales. Adicionalmente, la constatación general de las asociaciones salinidad-longitud y mineralización-latitud sería acorde con la existencia de una deriva salina hacia el S-O, responsable, entre otros factores, del carácter hipertónico de las aguas minerales (solo útiles en balneación) de Huelva y Cádiz (por ejemplo, Fuente Amarga, en Chiclana) y, a escala mundial, del carácter salino de los desiertos de Sonora, Patagonia, Namibia y Gran Desierto Victoria.

BIBLIOGRAFÍA

- IÑIGO, J.M. y ARADILLAS, A. (1996): *Balnearios de España*, Ed. Everest, S.A., León.
SÁNCHEZ DE LA MUELA y GONZÁLEZ PARRA, citados en:
<http://www.citelan.es/solan/esp/estudio.html>

APÉNDICE: SOBRE LAS AGUAS MINERALES NATURALES DE PORTUGAL

La prosecución del estudio sobre las aguas minerales naturales de España con el recientemente realizado sobre las *aguas de nascente* de Portugal, nos ha llevado a resultados que confirman las conclusiones previamente alcanzadas. Así, la observación de que las aguas más meridionales de España son más salinas en NaCl que las septentrionales resulta también válida para las aguas portuguesas: los contenidos en iones cloruro y sodio de las aguas *Cruzeiro* y *Sao Silvestre* aparecen más altos que los de las aguas que emergen de las sierras de Caramulo y da Estrela, y estos, aún más que los de las aguas norteñas de la Serra do Gerês (*agua do Fastio*) y Tras-os-Montes (*Carvalhelhos*). Por otra parte, el hallazgo de composiciones más salinas para las aguas españolas occidentales respecto a las orientales adquiere generalización a nivel peninsular con la evidencia de que las aguas portuguesas de *Caramulo*, *Serrana* y *Luso*, que nacen más al oeste que las de la Serra da Estrela, se presentan más concentradas en sales que las de esta localización; o con las aguas de *Sao Silvestre* y *Vitalis*, ésta en la sierra de S. Mamede (*Vitalis*) y aquélla, más al oeste.

En el capítulo de discusión, la aparente contradicción que parece desprenderse de la comparación de las concentraciones de las aguas *Do Fastio* y *Carvalhelhos* y la ubicación relativa de sus manantiales, resulta modulada por la constatación, ya hecha observar para las aguas españolas, que la interposición de un accidente geográfico notable entre ellos (en este caso el río Zézere) invalida cualquier comparación que pudiera resultar. La alta concentración en HCO_3^- del agua de Boticas (*Carvalhelhos*) resulta, por otra parte similar al de localizaciones españolas de la misma latitud: de hecho, es intermedia entre la de *Castrovita*, de Valladolid, y *La Platina*, de Salamanca.

Tabla 2. Origen y composición de aguas minerales naturales portuguesas envasadas

Denominación	Lugar	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl ⁻	NO_3^-	Na ⁺	K ⁺	Mg^{2+}	Ca ²⁺	SiO_2	RS/MT	pH
Do Fastio	Serra do Gerês, Terras de Bouro	9	-	5	-	5	0,6	-	2	13	34	5,9
Carvalhelhos	Fntes. Lucy y Stella Carvalhelhos Boticas Trasos-Montesa	134	-	3	-	50	-	-	-	39	246	7,9
Ladeira	Ladeira de Envendos	2	-	7	-	4	-	-	1	11	28	5,0
Serrana	Fuente do Cabril Serra do Caramulo, Agueda	13	-	<5	-	7	-	-	-	14	44	5,6
Caramulo	Varzielas, Olivera de Frades	31	-	8	1,4	13	-	-	4	26	94	6,3
Serra da Estrela	Fuente Vidoeira Cabeça do Velho Gouveia	9	-	2,5	-	3	-	-	1	-	24	6,0
Luso	Luso	9	1,6	9	1,9	6,3	-	1,3	1	13	44	5,9
Vitalis	Serra de Sao Mamede Castelo de Vide											
	1992	8,5	1,5	11	0,9	6	2	0,4	1	>25	48	5,6
	1998	5	2,4	7	2,5	5,5	2	0,5	1	18	43	5,6
Sao Silvestre	Pernes Santarém	145	-	34	-	30	-	-	31	-	200	7,3
Cruzeiro	Cruzeiro	122	1,7	17	1	10	6	12	18	15	141	6,9