

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS ENVASADAS (MINERALES NATURALES Y MINERO-MEDICINALES) DE LA ESPAÑA PENINSULAR.

REDONDO, R.*; YÉLAMOS, J.G.** ; YEPES, J.***

* SIdI, Facultad de Ciencias, C-IX. Universidad Autónoma de Madrid.

** Facultad de Ciencias, C-VI. Universidad Autónoma de Madrid.

*** Depto. de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de La Coruña.

RESUMEN

El trabajo presenta una recopilación de 189 análisis químicos (sólo especies mayoritarias) de aguas envasadas distribuidas por todo el territorio de la España peninsular, la mayoría de las cuales tienen la calificación de minero-medicinales y/o minerales naturales. Seleccionando 76 análisis, cada uno de una marca distinta, se compara la distribución de iones con los valores para aguas continentales potables dados por Davis y De Wiest (1966, pp.142). El resultado es que las aguas envasadas no difieren sustancialmente de la composición química de las aguas continentales: resultan ser un poco más salinas, predomina la facies bicarbonatada cálcica y parece que los procesos geoquímicos que controlan la salinidad son los mismos que para las aguas continentales, salvo para un pequeño porcentaje (menor del 15 %) de aguas de alta salinidad.

INTRODUCCIÓN

Las aguas de bebida envasadas en España pueden recibir cuatro denominaciones distintas: agua de manantial, mineral natural, minero-medicinal y potable preparada.

Las primeras están definidas en el Reglamento Técnico-Sanitario de aguas de bebida envasadas (B.O.E., 26-VII-91) como: "las potables de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo, previa aplicación de los mínimos tratamientos físicos requeridos para la separación de los elementos materiales inestables".

Las aguas minero-medicinales son aquellas que tienen reconocidas propiedades terapéuticas; también son de origen subterráneo (de manantiales o de captaciones), habiendo obtenido la declaración de Utilidad Pública, o bien poseen una autorización de aprovechamiento por parte del Ministerio de Industria y Energía. Tras la entrada en vigor de la Reglamentación Técnico-Sanitaria sobre Aguas de Bebida Envasadas la mayoría de las marcas que ostentaban la calificación de minero-medicinal adquirieron la nueva de "mineral natural". Esta reglamentación las define como "aquellas bacteriológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados. Estas pueden distinguirse claramente

de las restantes aguas potables: a) Por su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos. b) Por su pureza original".

Si se indica una "naturaleza caracterizada por un contenido en minerales (especies disueltas)" junto con la circunstancia de que la mayoría de las aguas minerales también tienen la calificación de minero-medicinales, de algún modo se da a entender que aquellas tienen algún tipo de composición química característica que las diferenciaría de las restantes aguas subterráneas. Cabe esperar, en principio, que el conjunto de las aguas minerales naturales y las minero-medicinales tengan una salinidad diferente al global de las que se captan en los acuíferos.

En el presente trabajo hemos recopilado 189 análisis químicos (principalmente especies mayoritarias) de 90 marcas de aguas envasadas distribuidas por todo el territorio peninsular. Se incluyen tanto marcas de aguas que se envasan actualmente como aquellas que lo fueron en el pasado. La casi totalidad corresponde a aguas calificadas como minero-medicinales y/o minerales naturales. Tras indicar las fuentes de información y las incertidumbres que presentan los datos, se compara la distribución de especies disueltas con los valores "normales" en aguas continentales.

En la base de datos recopilada no se incluyen aguas "potables preparadas" pues aunque también son de origen subterráneo, son sometidas a tratamientos físico-químicos que pueden alterar significativamente la composición inicial del agua. Además, las aguas potables preparadas suponen una parte mínima dentro de la producción nacional, del orden de un 5 % del volumen total de agua envasada.

ORIGEN DE LOS DATOS ANALÍTICOS

Los 189 análisis químicos recopilados proceden de distintos orígenes, que se pueden agrupar en tres fuentes principales de información:

a) Etiquetas comerciales de los envases de agua. Las aguas minerales naturales tienen obligación de indicar la composición química (o al menos la fecha del análisis oficial). También aparece la analítica en los envases de aguas minero-medicinales. En cambio, las aguas de manantial tienen expresamente prohibido reflejar en la etiqueta su composición química. En total se han recopilado 105 análisis químicos de etiquetas. La información suministrada es con frecuencia fragmentaria o incompleta. Generalmente se indican dos o tres aniones y los tres cationes mayoritarios. Aunque la legislación no detalla las especies que hay que indicar, sería muy deseable que se siguiera el ejemplo de muchas marcas europeas (italianas, francesas y alemanas) que incluyen al menos los ocho iones mayoritarios.

b) Archivo Nacional de Puntos de Aguas Minero-Medicinales e Industriales del ITGE (ANPAM) y Tesis de Licenciatura de Yepes (1990). Esta tesis conllevó una recopilación de 345 análisis químicos de todo tipo de aguas subterráneas minerales, termales y minero-medicinales, independientemente de si eran envasadas o no. Una buena parte de esta base de datos provenía del Archivo de Aguas Minero-medicinales del Instituto Tecnológico y GeoMinero de España.

c) Estudios hidrogeológicos sobre balnearios. La tercera fuente de análisis químicos fueron todo tipo de trabajos sobre hidrogeología de balnearios y/o manantiales minero-medicinales en los que se incluyeran datos analíticos. Es frecuente que los balnearios comercialicen sus aguas envasadas. Incluso algunos han cesado su actividad terapéutica pero mantienen el comercio de aguas de bebida.

CRITERIOS DE REVISIÓN Y SELECCIÓN DE LOS DATOS

La tabla 1 recoge todos los análisis químicos recopilados. Las distintas especies disueltas se reproducen con las mismas cifras decimales que aparecen en las fuentes de información consultadas, aunque es probable que en muchos casos no sean significativas.

El valor de la columna de T.S.D. (total de sólidos disueltos) de la tabla 1 representa simplemente la suma de las especies disueltas reflejadas en los análisis. La columna con la cabecera "AÑO" señala la fecha de realización del análisis y una columna adyacente muestra el origen de la información, donde la abreviatura "ET." indica que los datos proceden de la etiqueta comercial.

De los 189 análisis se han seleccionado 76 (señalados con un tramado en la tabla 1, así como remarcados en negrita) cada uno de una marca distinta, de acuerdo con los criterios que se detallan a continuación.

En primer lugar se rechazan aquellos análisis que presentan error excesivo en el balance cationes-aniones (recogido en la columna "ERROR" de la tabla 1). Un error alto de balance puede deberse tanto a un error analítico como a no encontrarse analizadas o indicadas todas las especies mayoritarias. Este segundo caso es frecuente en los análisis obtenidos de etiquetas. Incluso hay una marca cuya etiqueta sólo presenta aniones y un catión minoritario, lo que lógicamente genera un error del 99%. El criterio de validez de los análisis ha sido establecido del siguiente modo:

- T.S.D. > 50 mg/l	hasta un 30 % de error admisible
- T.S.D. 50-100 mg/l	" " 20 % " "
- T.S.D. 100-1000 mg/l	" " 10 % " "
- T.S.D. > 1000 mg/l	" " 5 % " "

El error en el balance iónico no sirve para detectar por sí solo análisis incompletos o erróneos. En el caso de la marca Neval, los dos análisis recogidos han sido descartados por incompletos aunque cumplen el anterior criterio de validez. Uno de los análisis sólo indica los aniones Cl^- y HCO_3^- y el otro SO_4^{2-} y HCO_3^- . En los análisis falta por indicar un catión mayoritario y aunque el error resultante del balance es reducido en los dos análisis, seguramente se debe a una coincidencia, y por tanto ninguno de los dos se ha tenido en consideración.

Un error muy bajo, próximo a cero, puede deberse a que alguno de los iones se ha balanceado por diferencia, generalmente el sodio. Aunque la tabla incluye algunos análisis relativamente antiguos, tan solo parece darse un caso en que se ha recurrido a esta compensación, por lo que ha sido rechazado. Uno de los dos análisis del Agua de Cármes

NOMBRE	Cl -	SO4=	HCO3 -	NO3 -	F -	K+	Na+	Ca+2	Mg+2	SiO2	T.S.D.	ERROR	pH	T °C	AÑO	ORIGEN INFORMACIÓN
FONTENOVA	36	9	2055		9,5	60	785	15	7,1	74	3.051	2,2				ET. SUAREZ (1990)
FONTENOVA	30		2061,8		12,4	51,2	760	13,5		67,5	2.996	-0,4	7,6	17	1985	ET. YEPES (1990)
CABREIROA	6,6		280		1	5,8	91,1	7,6	2,7	37,3	432	-1,2			1993	ETIQUETA
CABREIROA	10,9		453,8		0,7	12,8	155	13,6	6	28	681	2,9		16	1983	ET. YEPES (1990)
SOUSAS			236		1,4	5,5	81,9	4,7	2	52,8	384	2,0			1994	ETIQUETA
SOUSAS			355		2		118			61	536	-7,2			1989	ETIQUETA
SOUSAS			478,2		2		172			67	719	-3,0		16*	1986	ET. YEPES (1990)
SOUSAS			1226,1		6,5		445			59	1.737	-2,7			1985	ET. YEPES (1990)
SOUSAS	34	3	1367,1	6,8	7,5	50	550	14,8	6,5	66	2.106	5,3	7,5		1978	ANPAM
MONDARIZ (LA ESTRELLA -2)	17,2		164,7		0,4	2,8	48,8	10,4	5,6	13,3	263	-0,5			1990	ETIQUETA
MONDARIZ (LA ESTRELLA -2)	19,9		189,1		0,7	6,6	58,4	11,1	6,8	18,3	311	1,7		16*	1985	ET. YEPES (1990)
FUENTE DEL VAL	17,7		122		0,4		25,2	22,8	5,6	14,9	209	3,4			1990	ETIQUETA
FUENTE DEL VAL	25	11	1063	2	0,98	10	172	147	45	70	1.546	1,0				ANPAM
FONTECELTA	21,2		170,8		6,1	2,6	62,5	16,8		37,2	317	-1,3		20#	1991	ETIQUETA
FONTECELTA	53,1	10,7	195		4,9	1,4	74,3	5,8	0,47		346	-18,0		19		ET. YEPES (1990)
FONTECELTA	40,5	9	240		10,5	4,8	120	10,9	0,6	21	457	1,0				SUAREZ (1990)
FONTOIRA	13	6	143				9	38	8	22	239	2,0			1991	ETIQUETA
FONXESTA	10	2	55				11	11	2	25,9	117	-1,3			1994	ETIQUETA
INCIO	1	25,5	50				4,8	31,5	1,5	2,8	117	16,1		12		ANPAM
CUEVAS	2,5	9	253,8			1,4	45,3	24,6			337	-15,5			1991	ETIQUETA
QUESS	7	1,1	4,5			4,1	1	0,7			18	-23,1			1992	ETIQUETA
FUENSANTA	8,3	38,4	198,3		1,1	2,5	9,9	63,3	8,3	25,3	355	0,0			1995	ETIQUETA
FUENSANTA	8,7	52,5	220,9		1,6	3,8	14,8	73,7	8,2	34,3	419	0,6			1993	ETIQUETA
FUENSANTA	11,6	90,7	262,3		3,1	7,3	24,4	84,1	13,9		497	-0,6			1988	ET. YEPES (1990)
FUENSANTA	10,6	91,2	267,2		3,3	7,5	25	82,5	15,5		503	-0,5		25	1983	ET. YEPES (1990)
HOZNAVAYO	133,8	50	240,9		0,1	1,5	89,1	70,4	16,4	8	610	0,1	8,1	26	1973	ANPAM
SOLARES	148,9	33,6	251,9		0,1	1,8	89,3	72,9	16,5	8,5	624	-0,5		29,8*	1993	ETIQUETA
SOLARES	142	34,9	246,4	0		0,3	92,1	69,4	15,7	1,6	602	0,1			1990	SUAREZ (1990)
SOLARES	144,7	33,8	237,9		0,1	1,5	85,7	73,7	15,1	10,3	603	0,1			1988	ETIQUETA
SOLARES	120,2	30,5	243,5			7,2	78,9	62,3	15,5	0,8	559	-0,0				ARMIJO (1968)
URBERUAGA	60,5	30,9	189,1				36,9	63,7	6,8		388	-0,9		27	1986	ET. YEPES (1990)
ALZOLA	63	33	170,8		0,1	0,9	45,2	54,5	5,6	12	385	-0,9	8,34	30		ANPAM
INSALUS	13,9	316,8	154,3				10,1	152,3	19,9	9,3	677	1,0		18	1993	ETIQUETA
INSALUS	13,9	296,9	150,1				12	137,8	17,7	10,8	639	-0,9		18	1984	ET. YEPES (1990)
BETELU	212,7	72	235,5				138	88,2	13,1		760	0,6	7,8	24	1988	ANPAM
BETELU	221,3	72	245,2				140,4	88,2	17		784	0,7	7,8		1988	ANPAM
BETELU	198,6	72	219,6	4,9		2,2	124	84,2	15,1	13	734	1,0	7,8	24	1986	ETIQUETA
BETELU	276	73	232	1,5		175	94,9	10,7	11,1		874	-13,1	7,58		1977	SGOP-DFN (1982)
BETELU	255	90	226	3		3	160	86	20	13	856	0,9	7,9	25	1977	ALBERT (1979)
BELASCOAIN	480,9	48,5	293	3		30	275	108,1	32,4	9,42	1.289	3,0	7,65		1977	SGOP-DFN (1982)
BELASCOAIN	470	35	302	4		3	255	106	33	10	1.226	0,1	7,7	26	1977	ALBERT (1979)

	BELASCOAIN	457,9	55	283,6	0,1	2,4	229	101	29,6	11	1.170	-3,3	7,8	26	1975 ANPAM	
	CARRIZAL	3	2	104			1	27	6	9,3	152	1,5			1990 ETIQUETA	
	CÁRMENES		15	158,6	0,3		2,5	28,6	11	13	229	-9,0	8,1	26	ANPAM	
	CÁRMENES	6,7	13,4	190,4		1,8	4,3	40	16,4	19,2	292	-0,0	7,1	26	1990 GÓMEZ ET AL. (1992)	
	BABILAFUENTE	4,26	6	158,6	7,5	0,1	1	12	38	4,1	232	-1,2	7,9	11,5	1985 IGME (1985)	
	CORCONTE	313	29	127	0	0,1	6	204	34	8	9,9	731	-0,5	7	11	ET. YEPES (1990)
	EL CID	42,2	87	302			33,5	76,7	28,4		570	-2,0	8	22,5	1973 ANPAM	
	CASTROVITA		6,5	240,3			8,6	76,5	16,1	16,1	364	15,1			1991 ETIQUETA	
	CASTROVITA	13	7	248,9			7,2	72,1	13,1	19,5	381	4,2			1986 ET. YEPES (1990)	
	MONTEPINOS	3,6	1,6	298			2,1	93,8	3,4		403	0,4			1994 ETIQUETA	
	MONTEPINOS	9,7	1,4	278,2			2,8	90,6	2,7		385	0,1			1989 ETIQUETA	
	BEZOYA	0,4		10,2	2,8		2,3	2,7	0,3	10,1	29	18,5			1994 ETIQUETA	
	BEZOYA	0,5		11,2	2,6		2	2,4	0,2	6,5	25	6,1	6,55		1990 ETIQUETA	
	BEZOYA	0,5	0,04	10	2,3	0,4	2	2	0,2	7,5	25	8,9		8*	1988 ETIQUETA	
	BEZOYA	0,8		10	0,9		4,4	2	0,2	9,2	28	24,5			SUAREZ (1990)	
	PEÑA CLARA	14	335	199	0,8	1	13	134	34		731	-2,7			1991 ETIQUETA	
	PEÑA CLARA	20	300	245	0,7	2	16	155	38		777	3,5	7,6*	22,5*	1987 ETIQUETA	
	PEÑA CLARA	15,6	300	213,5	1,2	<0,1	1,6	14	131	30	6,4	713	-2,5	7,8	24,5	1985 IGME (1985)
	PEÑA CLARA	14	350	190	0,4	0,9	2	15	157	38		773	3,8		1983 ETIQUETA	
21	FONSANA	1,3	3,8	40,3			7,8	8,2		24,7	86	-1,8	7,05		1991 ETIQUETA	
	FONSANA	4,7	3	37,8			7,4	7,4		34,2	95	-8,2			1986 ETIQUETA	
	FONSANA	4	18,2	30,4			9,5	6,7	5,9	15,6	90	11,0			SUAREZ (1990)	
	CARABAÑA (LA FAVORITA)	2035	53500	175		40	26000	750	550	5,8	83.056	1,8		12,5+	ETIQUETA	
	CARABAÑA (LA FAVORITA)	1923	58059	618		43	28217	637	380		89.877	0,8			1980 L. AZCONA (1981)	
	EL ROSAL	41	5	311			49	71	12	16	505	2,4			1989 ETIQUETA	
	EL ROSAL	53,1		337,5	13,2	1,4	55	66	17,4		544	0,9			SUAREZ (1990)	
	VALTORRE	61		169,6	11		29,4	38,5	22,1		332	5,6	7,4		1992 EMPRESA EMBOT.	
	VALTORRE	39,7		191	4		30,5	25,6	23,6		314	3,5			ETIQUETA	
	VALTORRE	81,6	73,6	82,2		3,3	33,2	38,2	14,6	3,9	331	-5,4			SUAREZ (1990)	
	FUENTE LIVIANA		16,3	254,3	0,9	0,5					272	-99,4			1992 ETIQUETA	
	ALCANTUD	5,4	801	266,4				324,6	60,8	8,6	1.467	0,2			1994 ETIQUETA	
	SOLAN DE CABRAS	8,1	18	279,4	<0,4	0,9	5	59,3	25,8	7,2	404	1,4			1993 ETIQUETA	
	SOLAN DE CABRAS	14	21	275	2,6	0,07	1,3	4,8	48	31	7,3	405	-1,3		SUAREZ (1990)	
	SOLAN DE CABRAS	9,9	18,4	278,1	2	1,2	5,8	50,6	29,7		396	0,4	7,61	21	1977 L. AZCONA (1978)	
	SOLAN DE CABRAS	14	21,3	278,8		1,6	12,5	53,6	24,8	7,9	415	-0,9	6,1		1968 L. AZCONA (1978)	
	FONTEMILLA	6,4	20,5	307,4	0,2	1	4,2	77,7	21,1		439	1,5			1989 ETIQUETA	
	FONTEMILLA			309,9			3,8	78,9	24		417	9,0			1989 ETIQUETA	
	LOS RISCOS	28	<5	4	6	0,1	17	4	3		62	16,0		17	1982 SUAREZ (1990)	
	LOS RISCOS	25						3	3		31	-27,8			SUAREZ (1990)	
	ZAMBRA			140		1	22	65	16		244	41,5			ETIQUETA	

TABLA 1. Análisis químicos de aguas envasadas en la España peninsular. (Valores en mg/l).

NOMBRE	Cl -	SO4=	HCO3 -	NO3 -	F -	K+	Na+	Ca+2	Mg+2	SiO2	T.S.D.	ERROR	pH	T °C	AÑO	ORIGEN INFORMACIÓN
LANJARÓN (SALUD)	2	19	118	3		1	6	29	9		187	1,9				ETIQUETA
LANJARÓN (SALUD)	10	20	151	2,9	0,2	1	7	36	12		240	-1,0	6,3			F. RUBIO ET AL. (1983)
LANJARÓN (SALUD-1)	118,2	94,6	244			9,4	94,1	74,7	19,8		655	2,1	6,5		1980	R. GORDILLO ET AL.(1981)
LANJARÓN (SALUD-2)	284	69,9	305			14,3	131,1	122,4	27,5		954	0,0	5,6		1980	R. GORDILLO ET AL.(1981)
FONTEFORTE		18	135			5		37	10		205	4,0				ETIQUETA
SAN VICENTE	2,5	14,1	78,7			0,7	5,3	19,2	6,8		127	3,4			1994	ETIQUETA
SAN VICENTE	21,3	29	122			1,2	13	34,4	10,9		232	0,2	5,8	17,1	1980	R. GORDILLO ET AL.(1981)
MARMOLEJO	17,7	23	520,6	20,8		3,1	49,3	112,7	23,6		771	1,5			1992	ETIQUETA
MARMOLEJO	171	110	2232	9	2	25,4	545	260	125	20,6	3.500	4,2	6,8		1985	MARCOS (1986)
MARMOLEJO	73,8	86,4	1229,7	8,1		23,6	118,9	232,3	82,2	32,8	1.888	0,3				ET. SUAREZ (1990)
MARMOLEJO	223,6	450	1037		0,3	13,5	223,2	221	112,6	21	2.302	-3,6	6,7	17	1975	ANPAM
SIERRAS DE JAÉN			135			0,5	1,8	36	15		188	17,1				ETIQUETA
ALHAMA	12	163	377			3	7	104	42	18	726	-4,5	6,98	32,6	1993	CERÓN ET AL. (1993)
ALHAMA	25	151	329		2	2,4	16,6	116	50		692	6,8	8,1	45	1973	ANPAM
SIERRA ALHAMILLA	147	182	469			9	259	58	13	87	1.224	-0,5	6,83	51,9		CERÓN ET AL. (1993)
SIERRA ALHAMILLA	151,9	184	436,1		0,8	8,9	255	64,2	19,6		1.121	2,7	8,3	42	1975	ANPAM
SIERRA ALHAMILLA	166	202	451		2,4	10	238	70	17		1.156	-2,8		42	1973	ANPAM
SIERRA BONELLA	49,6	76,8	244			2,2	10	100,2	43,9		527	13,2			1990	ETIQUETA
CANTALAR	26,6	9,02	317,2			0,04	17,17	59,89	26,5		456	-1,7	7,29		1988	ETIQUETA
AGUAMUR	120,5	242	250	3,8		2,8	90	75	60		844	0,7		18	1985	ET. YEPES (1990)
NEVAL	144,7		243,6					45,1	60,1		494	-5,6			1994	ETIQUETA
NEVAL		120	243					58	45		466	1,0			1989	ETIQUETA
FUENTEVIDRIO	24,8		382			1,8		93,4	37,9		540	6,0	7,39		1989	ETIQUETA
FUENTEVIDRIO	17	32	360		0,12	2	12	62	40		525	-0,6	6,4	12	1984	ET. YEPES (1990)
FUENTECRISTAL	24		351			1,4	15,6	79	35		506	8,0	7,89		1994	ETIQUETA
CORTÉS	14,2	28,8	288				3	82,5	14,7	7,2	438	-2,3			1994	ETIQUETA
CORTÉS	4	8	263				2	83	4		364	-0,3				ETIQUETA
FUENTE EN SEGURES	146,8	3567,2	4801,9	12,6	3	15,2	99,6	2148,2	2096,7		12.891	28,9		20+	1962	YEPES (1990)
BAL-BELLÚS	57	120	272	12		2	39	90	20	17	629	-4,0	7,4	28	1980	ANPAM
BAL-BELLÚS	58,2	27,4	276	7,3			31,5	69,4	23,8		494	0,5				SUAREZ (1990)
CAMPILLO DE SIETE AGUAS	21	140	287	7		1	12	108	17	11	604	-5,5	7,1	22,8	1973	ANPAM
FONT-LYS	133,3	132	336,1				82	121,8	30,6		836	0,7			1991	ETIQUETA
SIERRA SANCHÍS		248			0,5	2,7		81,3	48,1	4,8	385	22,0			1994	ETIQUETA
CAMARENA	8,5	1300	208,6	0,9	0,3	4	8	510	78	19,2	2.138	2,7	7,5	19,5	1982	ANPAM
CAMARENA (BAÑOS)	7,2	1662,8	260	0		4,4	21,2	609,1	101,4		2.666	1,0	7,2	19		S. MARTIN (1984)
CAMARENA (HIERRO)	7,2	1525	247,6	2,1		3,5	5,7	572,6	80,6		2.444	-0,5	7,3	15		S. MARTIN (1984)
EL PARAISO	4964	2208	244			34	3150	729	155,6		11.485	-0,7	7,1	14		ANPAM
PANTICOSA		18,4	21,9				16,5	8,1		31,4	96	20,4			1992	ETIQUETA
PANTICOSA		17	25,6				17	7,9		35	103	18,9		28	1986	ET. YEPES (1990)
PANTICOSA	2,8	19	30,5		0,5	0,1	14,8	6,6	0,1	30	104	-0,8	9,4	25	1975	ANPAM
RIBAGORZA	31,2	18,5	333,1				22,8	65,7	27,7	12,2	511	-1,2		22,8	1991	ETIQUETA

RIBAGORZA	31,2	17,7	330,6				23,8	66,5	26,8	12,2	509	-0,7			1989 ETIQUETA
RIBAGORZA	29,8	15	286,7	2	0,22	2,5	21	48	27	11	443	-2,2	7,6	23,5	1985 IGME (1985)
VERI	0,6	13,3	190,3				0,6	64,9	2,4	4,3	276	0,8			1993 ETIQUETA
VERI	2,5	10,2	194				2	61,9	4,8	4,9	280	1,6		8	1988 ETIQUETA
VERI	1,42	13	170,8	2,8	<0,1	0,2		60	1	4	253	-0,4	7,9	8	1985 IGME (1985)
VILAS DE TURBÓN		4	134,2	2,6	<0,1	0,1	<0,1	42	1	4	188	-2,2	8,1	8	1985 IGME (1985)
FONTECABRAS	59,6	124,8	296,5					91,4	41,3		614	-6,8			1988 ETIQUETA
FONTECABRAS	54		305					96	44		499	12,8	7,5		1987 ET. YEPES (1990)
FONTECABRAS	57		395					98	48		598	4,6	7,5		1985 ET. YEPES (1990)
FONTECABRAS (S. ANTONIO)	55,4	95	292,8	12	0,14	3	31	82	32	10,7	614	-1,1	7,4	29	1985 IGME (1985)
FONTECABRAS (S. JOSÉ)	55,4	85	292,8	12,5	0,14	3	29	79	31	10,7	599	-1,8	7,4	29,5	1985 IGME (1985)
LUNARES	72,3	150	297,7				40	103,4	40,4	9,6	713	1,0			1992 ETIQUETA
LUNARES	66,7	120	298,9	11,5	0,27	2	38	88	35	8,56	669	-1,6	7,6	33,5	1985 IGME (1985)
FONTJARABA	69,5	144	296,5	12,5	0,2	2,4	38,4	97,8	42,8		704	1,7			1990 ETIQUETA
FONTJARABA	70,9	153,6	302,6	13,9	0,3	2,5	50,4	97	40,8		732	1,5			1986 ETIQUETA
FONTJARABA	66,7	85	292,8	11	0,16	2	37	87	34	10,7	626	2,1	7,5	32	1985 IGME (1985)
LA PEÑA	17	66	250	14,5	0,16	1	8	76	22	8,5	463	0,3	7,8	12	1985 IGME (1985)
VICHY CATALÁN	631,2	44,3	2013			7	51,7	1125			3.872	-1,8		60	1991 ETIQUETA
VICHY CATALÁN	609,6	48,2	2147			7,8	50,6	1136	50,3	8,1	4.140	0,1		60	1985 ET. YEPES (1990)
VICHY CATALÁN	590	46,3	2100			4,65	70,8	1110	19,2	14,8	4.015	0,0		60	CUSTODIO (1983)
VICHY CATALÁN	609,7	50	2011,8	0		7	75	1100	46	7,9	3.986	1,1	5,9	60	1978 ET. YEPES (1990)
MALAVELLA	596	54,6	3269				179	911	56,4	10	5.147	-19,8		60	CUSTODIO (1983)
SAN NARCISO	606	45,2	2147			8	50	1120	52	8,7	4.118	-0,3	8		1983 ET. YEPES (1990)
SAN NARCISO	554,6	445	1048,5				250	654	56,6	20,2	3.107	-3,3	8	59,5	CUSTODIO (1983)
SAN NARCISO	305,4	27	2135			6	48,3	1046	47,6	9	3.699	5,7	6		1975 ANPAM
IMPERIAL	610	45	2098				6,6	48,7	1070	17,4	3.981	-3,4	7,1	52	1975 ANPAM
IMPERIAL	602,1	45	2122,8				6,4	47,8	1042	47,8	3.999	-3,3	7,2	60	1975 ANPAM
IMPERIAL	609,2	38,4	2016					102	1012	12	3.872	-3,4		60	1960 ANPAM
TERMAS DE ORIÓN	58,2	110	201,3			7,6	2,6	109,4	7,4	0,8	570	-18,4	7,9	38	1973 ANPAM
FONTER	8,8	13,7	111,6					10,2	28	7	179	1,2			1990 ETIQUETA
FONTER	9,8	14,1	106			0,1		9,2	24,7	7,9	195	-0,5		17	1986 ANPAM
FONTER	23		98				7	0,6	23	3	165	-16,9		17	1974 ANPAM
RIBES	4,6	35,3	150,1					7	50,7	7,3	263	1,7		26#	1990 ETIQUETA
FONTDOR	4,6	14,4	65,3					6,3	23,6	2,4	131	4,8			1992 ETIQUETA
FONTDOR	6	11,5	68,9					6,1	20,8	3,2	134	1,0			1988 ETIQUETA
FONTDOR	4,7	11,9	62,2	6,5	0,2	1	6,5	19,6	1,9	16	131	1,2	7,7		1983 ANPAM
FONTVELLA	7,6	11,8	131,1					10,8	32,9	6,3	201	0,5			1990 ETIQUETA
FONTVELLA	7,1	8,8	120,8			0,1		10	27,6	6,3	206	-0,7		14	1986 ET. YEPES (1990)
FONTVELLA	5,9	7,5	109,8					11,8	25,6	4,9	191	1,7			SUAREZ (1990)
FONT SELVA	7,1	10,4	229	0				15,8	51,3	9	345	-2,2			1993 ETIQUETA

TABLA 1. Análisis químicos de aguas envasadas en la España peninsular. (Valores en mg/l). (Continuación).

NOMBRE	Cl -	SO4=	HCO3 -	NO3 -	F -	K+	Na+	Ca+2	Mg+2	SiO2	T.S.D.	ERROR	pH	T °C	AÑO ORIGEN INFORMACIÓN
VILADRAU	7,5	7,1	91				8,8	25,7	3,4	22,4	166	2,6			1994 ETIQUETA
VILADRAU	8,4	8	66,3				8,2	20	2,7	21,4	137	1,8			1991 ETIQUETA
VILADRAU	6	6,7	58,6	7,5	0,2	1	8,8	15,6	2,2	24	131	3,4	11		1983 ET. YEPES (1990)
VILADRAU	7,1	5,6	54,9				3,6	12	4,1	12,1	99	-5,3	11		ANPAM
VILADRAU	5,1	7,5	42,1				7,6	12,8	1,7	24,2	101	5,8	11		ANPAM
FONT AGUDES DEL MONT.	21,3	7,8	115,2	1,6	0	0,7	13,8	26,2	9,1	1	197	0,5	7,4	12	1974 ANPAM
FONT DEL REGAS	5,6	7,6	112,6				12,4	28,5	2,6		169	0,4			1994 ETIQUETA
FONT DEL REGAS	7,1	11	53,3	2,7	0,2	0,9	4,6	12,6	6,1	1,3	100	1,6			ANPAM
FONT DEL BOU	39	37,4	49,2		2,5	1,7	53,1	7,1	0,5	47,6	238	-1,2	34		1978 ANPAM
FONT DEL PI	21,3	204	317,2				26,5	65,7	68,8	41,1	745	0,4			1988 ET. YEPES (1990)
FONT DEL PI	21,3	182,4	319,4			1,5	27	64,1	65,2	45	726	0,9			1983 ET. YEPES (1990)
FONT DEL PI	20	177	321	2	0,1	2	24	64	62	42	714	-0,5			1972 ANPAM
FONT DEL PI	16,8	207,6	316,6		0,9		26,9	66,5	65,6	42	743	-0,6			ETIQUETA
PALLARS	95,2	67,2	96,3	3,7	<0,4		57,1	48,9	6,3		375	-1,9			1993 ETIQUETA
ROCAFORT	198,7	1098,7	374,6		1,2		146	343,1	140	18,8	2.321	0,6	14		1988 ET. YEPES (1990)
ROCAFORT	127,4	862,2	327			5,2	62,2	348,2	80	16,8	1.829	-0,1			1970 ET. YEPES (1990)
ROCALLAURA	3,1	22,6		1	0,7			20,8	4,5	26	79	40,8	13		ET. YEPES (1990)
SAN ANTÓN	17,6	36			1,1			97,1	16,8		169	65,5	12		ET. YEPES (1990)
CARDÓ	16	20	400,2				7,2	85,7	33,5	3,7	566	-0,4	17+		1992 ETIQUETA
CARDÓ	16	19,1	387,6				6,8	80,9	34,5	4,4	549	-0,1			1987 ETIQUETA
CARDÓ	14,8	17	393	1,4		0,5	6,7	83	31		547	-1,4	7,5	20	1977 ET. YEPES (1990)
CARDÓ	14,8	17	335,5				7	65,7	28,2	3,2	471	-2,9			ANPAM
CLARÁ	46,1	25	494				8,75	-111,4	47,6	22	755	-0,2			CUSTODIO (1983)
FONT-BONA	0	44,8	236,7	0			0	28,1	14,6	0	324	-29,7	8,2	10	1988 ANPAM
VITAL DE FOURNIER	11,7	47,2	300				15,2	75,4	20,9	18,6	489	-0,6			1993 ETIQUETA
VITAL DE FOURNIER	11	48,4	278,2		0,35		16,2	76,1	19,9	22,6	473	2,1	46		1986 ANPAM
VITAL DE FOURNIER	59,6	8,9	83,7			5,1	53,8	10,6	7,7	2,1	232	5,8			CUSTODIO (1983)

OBSERVACIONES:

* : Valores tomados de ANPAM

: Valores tomados de Sánchez (1992)

+ : Valores tomados de Armijo (1968)

Sousas (1978) presenta 130,9 ppm de carbonatos.

Panticosa (1975) presenta 12 ppm de carbonatos.

TABLA 1. Análisis químicos de aguas envasadas en la España peninsular. (Valores en mg/l). (Continuación).

también produce error cero. En este caso se debe a que en la referencia bibliográfica se indicaban los componentes en forma de sales en vez de como iones disociados, lo cual implica un error nulo y por tanto ha sido desestimado.

La información analítica recabada de la bibliografía sobre aguas minero-medicinales presenta un cierto riesgo de error, pues es posible que no se corresponda el análisis de la bibliografía con la composición química del agua envasada. Existen balnearios que tienen una sola captación (Solán de Cabras, Sierra Alhamilla) o que teniendo varias, las características químicas de sus aguas son análogas (Balnearios de Jaraba). En tales casos no hay duda de que el análisis obtenido de la bibliografía representa la calidad química del agua envasada. Atendiendo a estas circunstancias, para las embotelladoras de Jaraba (Lunares, Fontjaraba y Fontecabras) se han preferido los análisis de IGME (1985) por ser más completos.

En otros casos esta suposición de la coincidencia del dato bibliográfico con las aguas envasadas puede no ser acertado. En el entorno próximo de un balneario pueden aflorar manantiales de muy diversa composición química. El caso más evidente lo constituye el balneario de Lanjarón, donde hay manantiales minero-medicinales con conductividades que varían desde los 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la Fte. Nicasia hasta los 25240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ del manantial Capuchina (según datos de Rodríguez Gordillo et al., 1981). Por otra parte, en un balneario pueden haberse realizado nuevas captaciones de los que se obtengan aguas para envasado cuya composición difiera de la del manantial minero-medicinal primitivo, y que sea a éste al que se refiera la bibliografía. Para evitar esta posible fuente de error, cuando se encuentran diferencias significativas entre los datos bibliográficos y los indicados en las etiquetas, se han seleccionado éstas últimas aun siendo análisis más incompletos. Tal es el caso de las aguas del sector de Verín (Sousas, Mondariz, Fte. del Val) y del agua de Marmolejo. Respecto a las marcas Alzola, Belascoain, Alhama, Bal-Bellús y Campillo de Siete Aguas se dispone solamente de datos bibliográficos, no de etiquetas, por lo que se mantienen ciertas incertidumbres sobre si los análisis de la tabla 1 se corresponden con las envasadas. En todo caso todas ellas proceden de balnearios y por tanto son representativas de aguas calificadas como minero-medicinales.

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES MAYORITARIAS

La distribución de especies iónicas de los 76 análisis químicos seleccionados, se representa en los diagramas de frecuencias de las figuras 1 (para cationes y T.S.D.) y 2 (para aniones y sílice) junto con las curvas de distribución que Davis y De Wiest (1966, pp. 142) presentan como representativas de la composición química de aguas continentales en EE.UU. Estas aparecen con líneas continuas, mientras que los valores de las aguas envasadas de la península se representan mediante símbolos. Al igual que en el curvas de aguas de EE.UU, en las aguas envasadas de la península Ibérica se han suprimido algunos de los valores extremos (entre 0 y 5 % y entre 95 y 100 %) los cuales principalmente correspondían a la salmuera del agua de Carabaña.

Aunque no se indica explícitamente, parece ser que el diagrama de Davis y de Wiest se realizó con 662 análisis. Éstos eran tanto de aguas subterráneas como superficiales, potables. No hemos encontrado en la bibliografía ningún otro diagrama referido exclusivamente a composición química de aguas subterráneas (a una amplia base de datos

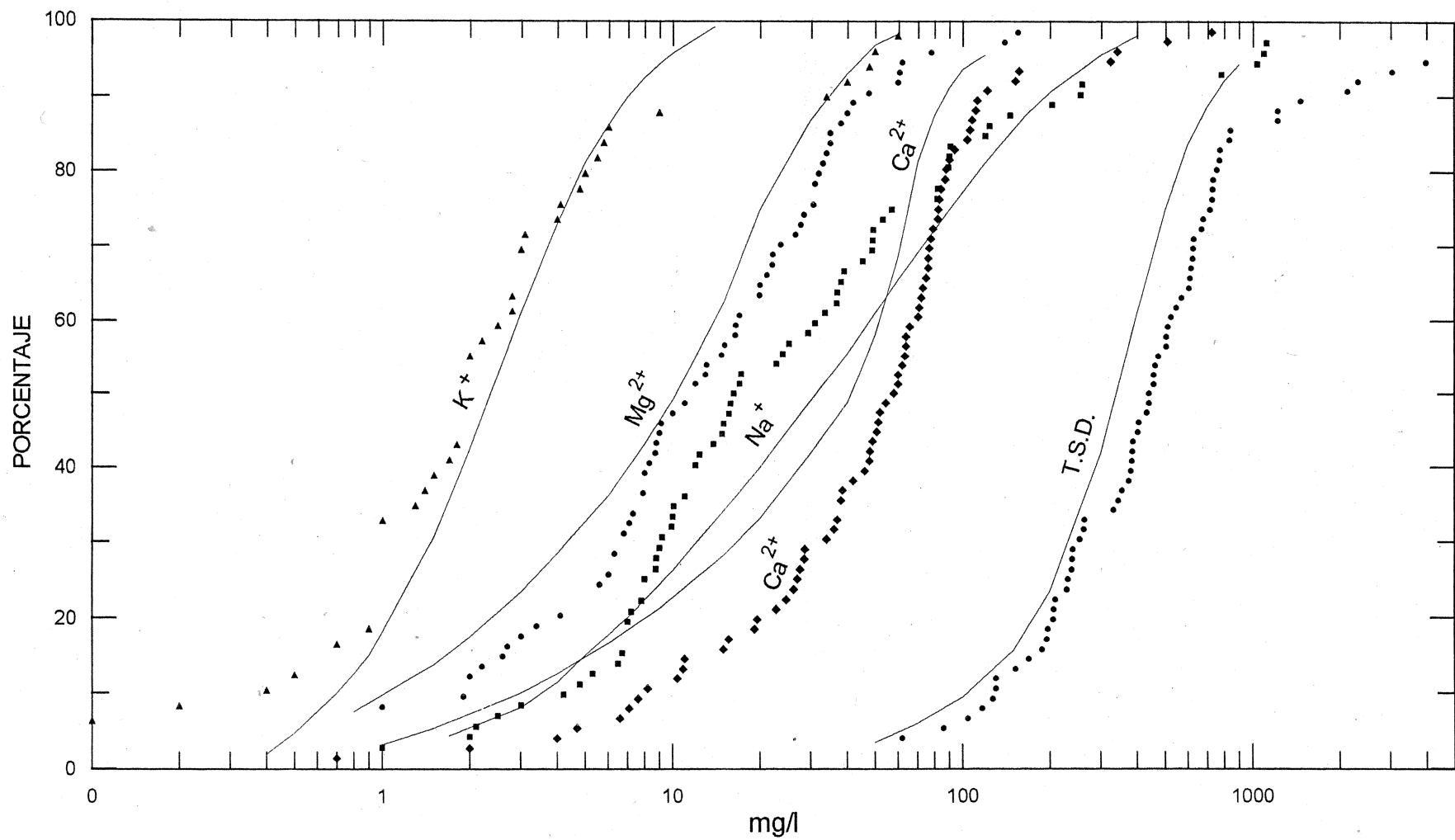


FIG. 1. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE CATIONES Y T.S.D. EN AGUAS ENVASADAS ESPAÑOLAS (SÍMBOLOS) COMPARADAS CON CURVAS DE AGUAS CONTINENTALES EN EE. UU., TOMADAS DE DAVIES Y DE WIEST (1966).

químicos), y éste es el mismo que se presenta en monografías de prestigio sobre hidroquímica en general como Stumm y Morgan (1981, pp. 524) o específicamente hidroquímica de aguas subterráneas como Appelo y Postma (1993, pp. 32). La distribución de frecuencias de especies disueltas es indicativa de la existencia de factores que controlan el porcentaje de los elementos mayoritarios a escala continental. La pendiente de las curvas tiene una especial significación, pues es indicativa del grado de control geoquímico existente sobre cada especie y, hasta cierto punto, de su estado evolutivo. Se observa cómo muchas de las especies mayoritarias presentan un reducido margen de variación en sus concentraciones naturales.

La distribución de frecuencias obtenida para las aguas envasadas españolas muestra muchas similitudes con la de las aguas continentales norteamericanas, especialmente en lo que se refiere a las pendientes de las curvas. Centrándonos en la gráfica del T.S.D. de la figura 1, se aprecia que la salinidad de las aguas envasadas de la península es algo mayor, y sin embargo la pendiente de las gráficas es muy similar; únicamente a partir del porcentaje del 85 % la distribución de las aguas envasadas disminuye su pendiente. Posiblemente, esta mayor salinidad de las aguas peninsulares sea debida a que se trata exclusivamente de aguas subterráneas mientras que las curvas de aguas norteamericanas incluyen también aguas superficiales, que en principio están menos evolucionadas (o son menos salinas) que las aguas captadas en acuíferos.

Las pendiente de las curvas de distribución de calcio y sodio son también muy coincidentes, especialmente la primera. También en las aguas envasadas se produce el punto de cruce entre las dos curvas, de manera que a medida que aumenta la salinidad el contenido en sodio supera al calcio; este punto de cruce aparece en las aguas norteamericanas a unos 55 mg/l y 60 %, mientras que en las aguas envasadas españolas aparece a 90 mg/l y 80 %. Se pueden invocar varios procesos para explicar este mayor incremento del sodio a medida que un agua evoluciona incrementando su T.S.D.: como procesos de intercambio iónico (sustituyéndose el calcio por el sodio), saturación en calcita, o simplemente, disolución de sales sódicas como halita.

La distribución del magnesio en las aguas envasadas sigue una curva bastante paralela a la de las aguas continentales aunque aquélla es ligeramente más salina. Igualmente son bastante coincidentes las dos curvas del potasio salvo a partir del porcentaje del 90 % en que las aguas envasadas reflejan un fuerte crecimiento de un orden de magnitud, quedando sobre la curva del potasio. Estas aguas de alto contenido en potasio corresponden en buena medida a aguas envasadas de las caldas de Malavella, de elevada temperatura de surgencia (unos 60 °C), carácter carbónico y están asociadas a un vulcanismo relativamente reciente, por todo lo cual parece que su composición química está más controlada por emisiones de gases del interior de la tierra que no por los procesos geoquímicos más frecuentes en las aguas continentales.

Los valores del flúor en las aguas envasadas (figura 2) difieren bastante de la curva de Davis y de Wiest, pero quizás los datos hispánicos no sean representativos dados los pocos análisis (17) en los que se disponía de este dato. Nuevamente, los altos valores de flúor (7-10 mg/l) que aparecen por encima del 90 % corresponden principalmente a las aguas termales de Malavella.

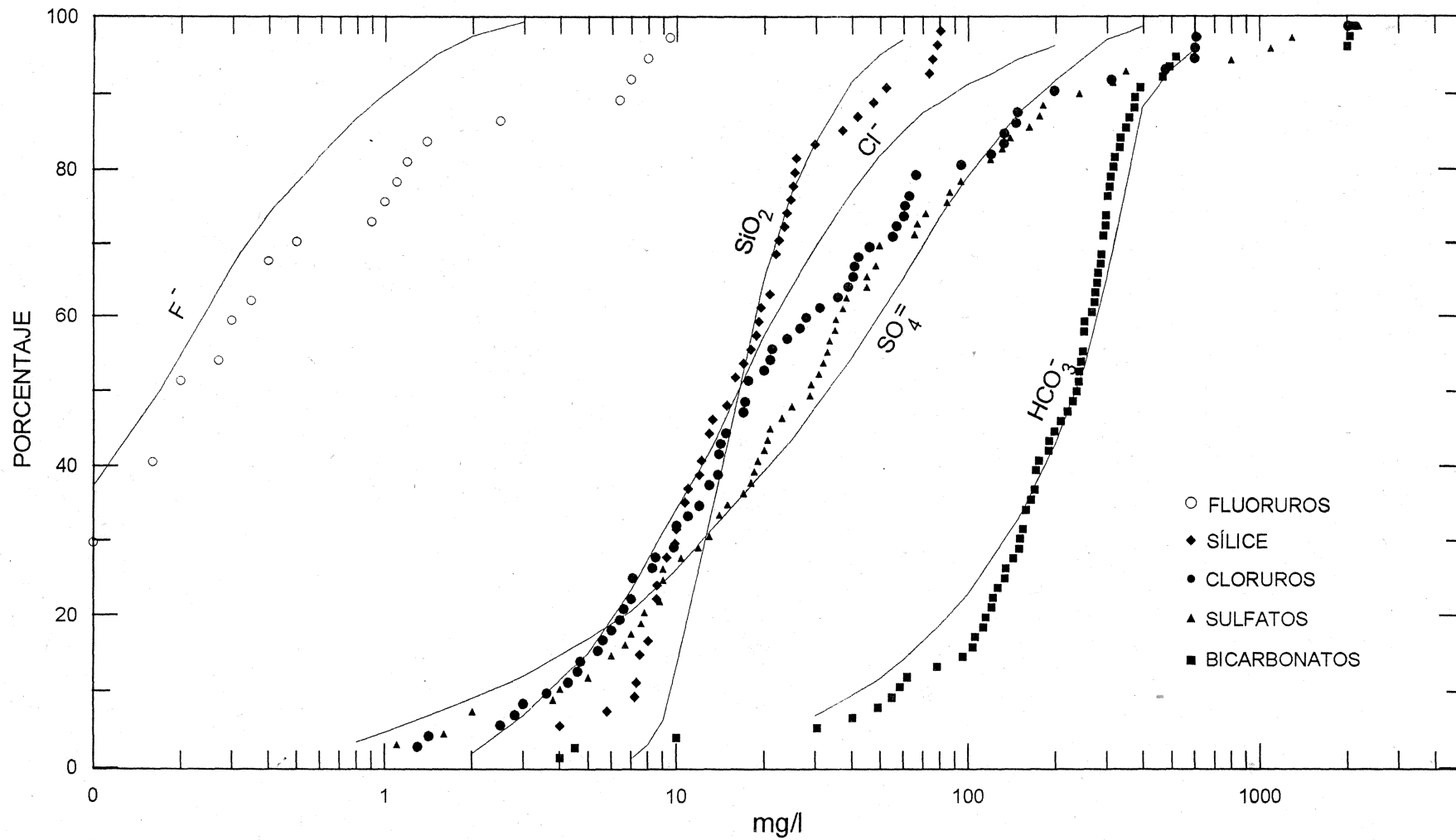


FIG. 2. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE ANIONES Y SÍLICE EN AGUAS ENVASADAS ESPAÑOLAS (SÍMBOLOS) COMPARADAS CON CURVAS DE AGUAS CONTINENTALES EN EE. UU., TOMADAS DE DAVIES Y DE WIEST (1966).

La curva de distribución del bicarbonato en aguas envasadas prácticamente se solapa con la de las aguas continentales, siendo éste el principal anión. Su fuerte pendiente, posiblemente, es un reflejo de que el contenido de esta especie está controlada por la solubilidad de la calcita. Igualmente hay una buena concordancia en el caso de las dos curvas de sílice. Para el caso de los sulfatos y los cloruros, aunque no hay una correspondencia tan buena (especialmente el Cl⁻), tampoco hay unas diferencias de salinidad notables siendo el sulfato el segundo anión mayoritario en la mayoría de los análisis. A partir del porcentaje del 90 % (coincidiendo con la disminución de pendiente de la curva del T.S.D.) las curvas del cloruro y sulfato en las aguas envasadas sobrepasan la del bicarbonato, coherentemente con la clásica serie de Chevotarev: a medida que un agua aumenta su salinidad, pasa de bicarbonatada a sulfatada y en el último estadio a clorurada.

En síntesis, las aguas envasadas minerales naturales y minero-medicinales de los acuíferos del territorio peninsular tienen una composición química análoga al de aguas continentales: facies bicarbonatada cálcica predominante y una salinidad inferior a 1000 mg/l en más del 90 % de los casos. Los procesos geoquímicos que controlan la evolución de la salinidad también parecen ser los mismos a tenor de la similitud de pendientes entre las curvas de aguas envasadas españolas y continentales americanas.

La comparación efectuada no implica necesariamente que las aguas calificadas tradicionalmente como minero-medicinales sean en conjunto análogas químicamente al global de las aguas continentales. En primer lugar muchas aguas reciben la consideración de minero-medicinales por contenidos en especies que únicamente suelen aparecer en cantidades importantes en los acuíferos y no en las aguas superficiales (salvo por contaminación) como: hierro, especies reducidas de azufre o altos contenidos en CO₂, que no han sido tomados en consideración en este trabajo. Por otro lado la base de datos realizada se limitaba a aguas envasadas, no a aguas minero-medicinales en general. Aquéllas, aunque tengan la denominación de minero-medicinal, generalmente se comercializan como simples aguas de mesa: aguas de baja salinidad en las que no se aprecie el sabor de las sales disueltas. Las aguas minero-medicinales de alta salinidad y carácter sulfatado o clorurado tienen pocas probabilidades de comercializarse como aguas de mesa.

CONCLUSIONES

El contenido en especies mayoritarias disueltas de las aguas envasadas (minerales naturales y minero-medicinales) de la España peninsular es bastante similar al del conjunto de las aguas continentales naturales potables. Las aguas envasadas son, mayoritariamente, de facies bicarbonatada cálcica y con un bajo contenido de sólidos disueltos, menor de 1000 mg/l en el 85 % de los casos. Igualmente, los procesos geoquímicos que controlan su salinidad parecen ser los mismos que para el conjunto de las aguas continentales.

AGRADECIMIENTOS

A los numerosos buenos amigos que colaboraron en la tarea de recopilación de etiquetas, destacando por su entusiasmo D. Cristóbal Ribera. Igualmente agradecemos al Instituto Tecnológico y GeoMinero de España las facilidades prestadas en la consulta del ANPAM y de los diversos informes de su fondo documental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALBERT, J.F. (1979). "Estudio geotérmico preliminar de Navarra". II Simposio Nacional de Hidrogeología. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, V, 511-531. PAMPLONA.

ANPAM. Archivo Nacional de Puntos de Aguas Minero-Medicinales, Minero-Industriales y de Bebida Envasada del Instituto Tecnológico Geominero de España.

APPELO, C.A.J. & POSTMA, D. (1993). "Geochemistry, groundwater and pollution". 536 pp. A.A. Balkema Publishers. ROTTERDAM.

ARMJO, M. (1968). "Compendio de Hidrología médica". Editorial Científico-Médica. 484 pp. BARCELONA.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO de 26 de julio de 1991. Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Aguas de Bebida Envasadas. Boletín nº 178, pp. 24819-24825.

CERÓN, J.C.; PULIDO-BOCH, A. y SÁNCHEZ MARTOS, F. (1993). "Thermodynamic equilibria and base temperatures of the karstic waters in the middle and lower Andarx (Almeria, Spain)". in "Some Spanish Karstic Aquifers", pp. 211-223. Universidad de Granada.

CUSTODIO, E. (1983). "Temperatura del agua. Aguas minerales y aguas termales". Capítulo 10.11 del libro "Hidrología Subterránea". CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. [coordinadores], 2ª edición, pp. 1064-1077, Editorial Omega. BARCELONA.

DAVIS, S.N. & De WIEST, R.J.M. (1966). "Hydrogeology". Traducción al castellano en 1971, Ed. Ariel, 563 pp. BARCELONA.

FERNÁNDEZ RUBIO, R.; MORENO, I.; CUESTA, M. y TORRES, J.A. (1983). "Captación de aguas subterráneas mediante sondeos horizontales en Lanjarón". III Simposio Nacional de Hidrogeología. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, IX, 397-406. MADRID.

GÓMEZ, E.; ALFÁGEME, S.; MORÁN, A.; ALLER, A. y MARTÍNEZ, O. (1992). "Las aguas minerales, termales y minero-medicinales de León". Colección Conocer León, 128 pp. Ediciones de la Universidad de León.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1985). "*Estudio de las manifestaciones termales de Extremadura-Salamanca-Aragón y Rioja orientadas a su posible explotación como recurso geotérmico*". Informe interno número 747. MADRID.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1986). "Informe sobre las aguas minero-medicinales, minero-industriales y de bebida envasadas existentes en España. Estudio preliminar". Colección Informe. 134 pp. MADRID.

LÓPEZ AZCONA J.M. (1978). "Consideraciones sobre el manantial minero-medicinal de Solán de Cabras". *Ann. R. Ac. Farmacia*, 44 (4); 593-611. MADRID.

LÓPEZ AZCONA J.M. (1981). "Consideraciones sobre el grupo de manantiales minero-medicinales de Carabaña". *Ann. R. Ac. Farmacia*, 47 (3), 313-326. MADRID.

MARCOS, L.A. (1986). "*Estudio hidrogeoquímico de los acuíferos del entorno de Andujar (Jaén)*". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma. MADRID.

RODRÍGUEZ GORDILLO, J.; VELILLA, N. y FERNÁNDEZ RUBIO, R. (1981). "Hidroquímica y termalismo de las aguas de Lanjarón". *I Simposio del Agua en Andalucía*, T.1, pp. 501-515. GRANADA.

SAN MARTÍN, J. y ARMUJO, F. (1984). "Balnearios y manantiales de aguas minerales en la provincia de Teruel. Estudio histórico científico y proyección social y turística". pp. 49-94.

SÁNCHEZ, J. (1992). "Guía de establecimientos balnearios de España". Ediciones del M.O.P.T., 357 pp. MADRID.

SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS-DIPUTACIÓN FORAL DE NAVARRA. "Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto Hidrogeológico". 229 pp. BURLADA (NAVARRA).

STUMM, W. & MORGAN, J.J. (1981). "Aquatic chemistry". 2nd ed. Wiley & Sons, 780 pp. NEW YORK.

SUÁREZ CABALLERO, F. (1990). "Una fuente de salud", en "El manantial. El libro del agua". Menfis Editores, pp. 48-69.

YEPES, J. (1990). "*Síntesis hidrogeológica general de las aguas minerales de España*". Tesis de Licenciatura. Memoria 161 pp. Facultad de Geología. Universidad Complutense. MADRID.