

## **Análisis físico-químico de las aguas de los manantiales del Balneario Cervantes**

M<sup>a</sup> ESPERANZA TORIJA ISASA, MERCEDES GARCÍA MATA,  
M<sup>a</sup> TERESA ORZÁEZ VILLANUEVA, M<sup>a</sup> DOLORES TENORIO  
SANZ, Y JOSÉ MANUEL DE PRÁDENA LOBÓN

*Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología.  
Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.*

### **RESUMEN**

En este trabajo se hace referencia a las características de las aguas del Balneario Cervantes, Manantiales «Villa Rosa» y «Pozo Bilbao», incluyendo los antecedentes analíticos y datos obtenidos más recientemente; por último se hace una clasificación de las aguas en función de sus características.

**Palabras clave:** Aguas mineromedicinales.- Análisis físico-químico.- Balneario Cervantes.

### **ABSTRACT**

#### **Physico-chemical analysis of the minero-medicinal water of Cervantes Spa.**

The physical and chemical characteristics of the Cervantes Spa waters have been analyzed in our laboratory. We have compared our results with those obtained by former researchers. Finally we have classified the Cervantes Spa waters according to the Spanish standards for this category of waters.

**Key words:** Minero-medicinal water.- physico-chemical analysis.- Cervantes Spa.

### **INTRODUCCIÓN**

En la provincia de Ciudad Real, en la comarca de La Mancha, próxima a Valdepeñas se encuentra la localidad de Santa Cruz de Mudela, a cuyo término municipal pertenece el balneario Cervantes.

Próxima a esta zona se asentó la Orden de Calatrava, que da nombre a la comarca «Campo de Calatrava», que se caracteriza por sus terrenos con actividad volcánica. González Cárdenas y Gosálvez Rey (1), en un trabajo sobre hidrovulcanismo en el campo de Calatrava, dicen que la presencia de gases en el subsuelo ha dado lugar a fenómenos de emisiones excepcionales de CO<sub>2</sub>, asociados a sondeos profundos. La cercanía de estos gases repercutirá en las características de las aguas del Balneario Cervantes.

González Cárdenas (2) comenta que los manantiales de estas tierras se caracterizan porque en sus aguas, en las que aparecen diversos elementos minerales (como el hierro) en cantidades importantes, y por su temperatura pueden incluirse dentro de la categoría de fuentes termales, que se conocen desde época romana y se han utilizado a lo largo del tiempo con fines terapéuticos. Este autor indica, además, que en las Relaciones Topográficas de Felipe II (1575), ya se mencionaban las «*fuentes agrias*» existentes en Bolaños, Puertollano (la más conocida) y Valenzuela. Añade que respecto a «las cosas notables y dignas que deben saberse», en una encuesta a los vecinos de Bolaños dicen: «... *tiene agua agria no se hace cuenta de la dulce para beber aunque la hay buena, a la parte del Oriente están las venas del hierro do dicen que viene agua agria, es maravilla que en este pueblo no hay hombre natural gordo son en extremo sueltos y no amigos de mucho vino, entiendo que debe ser por el agua tan gustosa*» y más adelante: «...*están dos fuentes que llaman hoy los Hervideros en el término del Pozuelo o Almagro junto al río Xabalón... (el agua) es aherrumbrada, tiene las mismas ampollas para arriba*».

En relación con la presencia de CO<sub>2</sub>, debemos comentar que según IQB (3) en la región se localizan fuentes de aguas subterráneas que en algunos casos brotan con un alto contenido de anhídrido carbónico, por lo que se denominaron «*aguas agrias*»; tal es el caso de las aguas de «Hervideros de Fuensanta» «Villar del Pozo» o «Puertollano».

En el pasado y aún hoy, muchas de estas aguas se aprovecharon en forma de balnearios, en los que las aguas se utilizaban de diferentes formas, para uso externo o interno.

## ORÍGENES

Como se describe en el capítulo de los Drs. Villanúa y Francés de esta Memoria, la existencia de las aguas del Balneario Cervantes se conoce desde el siglo XVII según consta en los Archivos de la Orden de los PP Camilos. En 1911 (Manantial Villarrosa) y en 1929 (Manantial de Baños) las aguas de los dos manantiales fueron declaradas de Utilidad Pública. A lo largo del tiempo las aguas de Villarrosa se han definido como *Bicarbonatadas, clorurado sódicas y radiactivas; bicarbonatadas mixtas*. Las de Baños, lo han sido como *Alcalinas, bicarbonatadas litínicas y ferruginosas* o simplemente *ferruginosas*. De forma general se ha dicho de ellas que son: *Bicarbonatadas, litínicas, radiactivas, alcalinas y ferruginosas. Bicarbonatadas, ferromanganosas, cloruradas, silicatadas y radiactivas*.

## ANTECEDENTES ANALÍTICOS

Existe en el Balneario un valioso documento manuscrito del Dr. D. Enrique Ortega y Mayor (4), de 1906, en cuya portada consta lo siguiente: «*Análisis cualitativo y cuantitativo de las aguas mineromedicinales de Santa Cruz de Mudela practicado en el Laboratorio químico, Carretas – 14 por el Dr. D. Enrique Ortega y Mayor*» (Figura 1). Dicho documento nos fue facilitado por Dña. Dolores Llarío Ciudad, Directora del citado Balneario Cervantes.

Según indica el mismo Dr. Ortega, D. Vidal Arés le encarga el análisis de las aguas mineromedicinales de Santa Cruz de Mudela, pero no refleja el nombre del manantial. Con tal motivo se trasladó a Santa Cruz de Mudela para realizar los análisis a pie de manantial y tomar las muestras necesarias para los que debían realizarse en el laboratorio de Carretas, 15.

En relación con las propiedades físicas dice: «*Tienen esta agua sabor fuertemente ácido, son diáfanas, incoloras e inodoras y enrojecen el tornasol*». Indica que la temperatura de las aguas es de 11°C y la temperatura exterior, el día 6 de enero, de 9°C. Continúa diciendo que: «*Cuando se las recoge en un vaso, se ven a poco tiempo numerosas burbujas adheridas a las paredes, en tanto otras suben a la superficie. Estas burbujas son de ácido carbónico que el agua contiene*

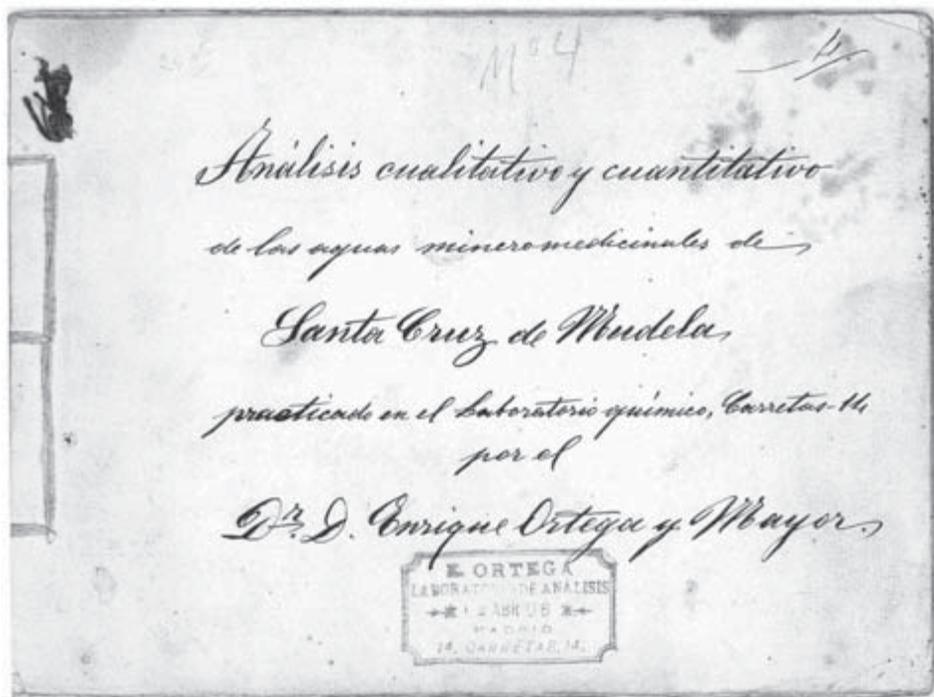


FIGURA 1. Portada del manuscrito del Dr. D. Enrique Ortega y Mayor (1906).

disuelto. Si se hierva el agua se produce un fuerte precipitado mucha parte del cual se adhiere fuertemente a las paredes de la vasija...». Indica que los gases que contiene el agua son CO<sub>2</sub> libre (859 c.c.), oxígeno y nitrógeno. En el laboratorio realiza análisis cuali y cuantitativos (Figura 2). Las clasifica como *radiactivas, bicarbonatadas mixtas variedad litínica*. Finalmente firma el documento en el que se recogen los datos, el día 12 de abril de 1906.

El mismo año, en el mes de noviembre, D. Pedro Sanz (5) (Médico) (que así figura), presenta una Memoria sobre las aguas minerales de «Los Agonizantes», en la que se incluyen datos de las aguas del manantial «... conocido con el nombre de «Fuente agria» o «Pozo de los Agonizantes» ... en terreno llano y fértil, rodeados de caseríos, viñas y olivares...», su historia y sus aplicaciones. La composición de las aguas que presenta es la obtenida por el Dr. D. Enrique Ortega Mayor en el estudio arriba mencionado. Se refiere a las propiedades físicas de la siguiente manera: «Observadas en el manantial antes de

Elemento/Acido	Valor	Unidad
Calcio	0,38300	gramos
Magnesio	0,28482	id.
Aluminio	0,00360	id.
Oxido ferrico	0,00076	id.
Sosa	0,34264	id.
Potasa	0,05292	id.
Litina	0,00428	id.
Cloro	0,18254	id.
Acido sulfúrico	0,01850	id.
Acido fosfórico	0,00054	id.
Acido silícico	0,00565	id.
Acido nítrico	0,00425	id.
Acido carbónico	2,40412	id.
Materia orgánica	indistinta	

FIGURA 2. Resultados de los análisis en el manuscrito del Dr D. Enrique Ortega y Mayor (1906)

haber sido agitadas presentan una ligera coloración blanquecina, desprendiendo infinidad de burbujas gaseosas al ser movidas. Tomadas en un vaso de cristal se las vé claras y transparentes observándose que no forman sedimento cuando son embotelladas y tapadas convenientemente, pero perdiendo, como todas las alcalinas, parte de sus propiedades cuando son aireadas o conservadas sin las condiciones antes dichas, dando muchas veces lugar a que estallen las vasijas y despidan los corchos cuando no tienen la debida consistencia. Son completamente inodoras y su sabor es agradable».

En septiembre del año 1928, en el Instituto Provincial de Higiene, Brigada Sanitaria Provincial de Ciudad Real (6), se realiza un análisis de las aguas del Manantial Cervantes. Se especifica que es un «Análisis mineromedicinal de unas aguas» remitido por D. Benito Pérez y corresponden al Manantial Titulado «Cervantes». Define las

aguas como de «Sabor ácido ligeramente astringente, transparentes, aunque por la acción del tiempo se va formando un depósito de color pardo-rojizo debido a las sales de hierro y calcio que precipitan al desprenderse el ácido carbónico». El contenido de CO<sub>2</sub> libre es de 299 cc/l. De los elementos minerales, las cantidades por litro que citan son: Ca – 307,5 mg; Mg – 150,3 mg; Na – 128,5 y K – 49,5; para el Fe refieren 41 µg/l y se citan indicios de Li. En cuanto a aniones, dicen que los sulfatos son de 202,8 y los cloruros 139,5 mg/l. Definen a este agua como *alcalinas – bicarbonatadas – ferruginosas*.

En 1943 se establece en el Registro de la propiedad Intelectual la Marca (7). Más tarde, en febrero de 1956, se emite Certificado de Registro en el Registro de la Propiedad Intelectual – Marcas, con descripción de la marca y las siguientes inscripciones: «En la parte superior: AGUA VILLARROSA (Balneario Cervantes) y en la inferior: EXCELENTE AGUA DE MESA (como indicación del producto a registrar)» (Figura 3, tomada de un documento que se encuentra en el Balneario y facilitado por Dña. Dolores Llario Ciudad).

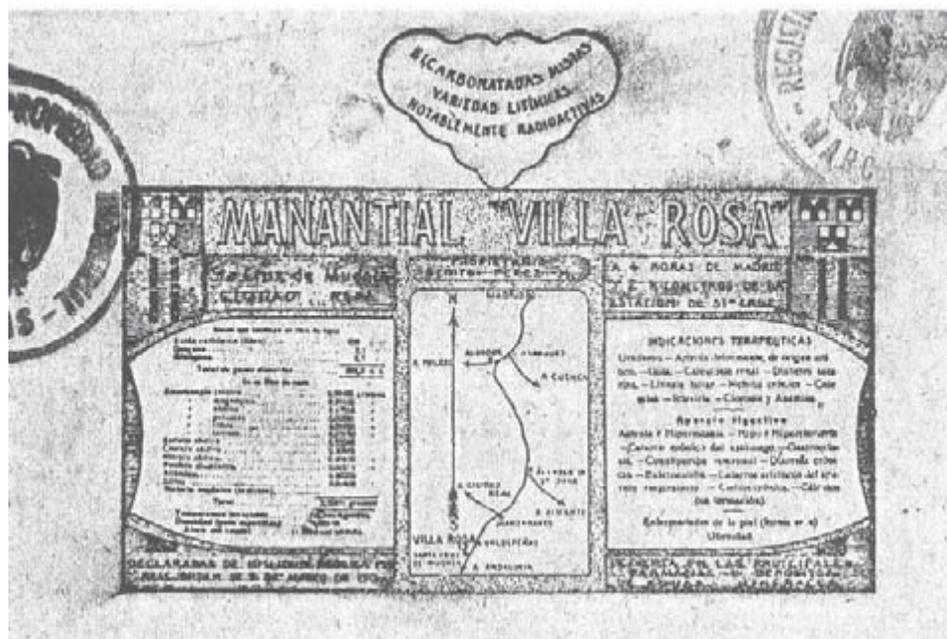


FIGURA 3. Marca con indicaciones del agua.

En la Figura 4 se pueden ver imágenes de las primeras botellas de agua del manantial Villa Rosa y en ellas, los datos analíticos corresponden a los obtenidos por el Dr. Ortega a principios de siglo.

En noviembre de 1945 se procede a su análisis, nuevamente, en el Instituto Provincial de Sanidad de Ciudad Real, Sección Análisis Higiénico – Sanitario (8). Se refiere al Manantial de «Villa Rosa» Santa Cruz de Mudela, remitido por la Jefatura Provincial de Sanidad. Indica, entre otros datos, que «Efectuado el análisis de COMPROBACIÓN...», el contenido de CO<sub>2</sub> es de 699 cc y el residuo seco de 2320 (no especifica unidades, ni temperatura a la que se realizó el análisis). Al emitir Informe, comenta: «Estudiados los resultados obtenidos en las aguas analizadas, estas pueden continuar clasificándose dentro del grupo en que lo están». Las firmas son ilegibles.

Se efectuaron otros análisis, algunos de los cuales se citan en el trabajo realizado por los Dres. San Martín y Valero que se incluyen en esta memoria, por lo que no vamos a incluirlos aquí. Citamos algún otro, como los de la Consejería de Sanidad de Ciudad Real (9) en 1998, correspondientes al «Manantial de Baños» y «Fuente San Camilo». El realizado en el centro de Análisis de Aguas AGMA (10) en el año 2003, correspondientes a Cervantes Mina, Cervantes Villa Rosa o San Camilo.



FIGURA 4. Algunas botellas de mediados del siglo XX del manantial Villa Rosa.

Los análisis efectuados por diferentes entidades se refieren a los manantiales con nombres distintos, lo que dificulta el estudio. La diversidad de denominaciones incluye el nombre dado a las fuentes en el BOE de 19 de diciembre de 2000, referente a la Comunidad de Castilla – La Mancha (11), en el que se hace referencia al perímetro de protección de dos captaciones pertenecientes al balneario Cervantes, denominadas, la primera, *Aguas de manantial Cervantes, reconocidas de utilidad pública en 1929*, destinadas a uso externo en baños del antes denominado balneario de El Salobral. La segunda, *Aguas del manantial Villa Elena o Santa Elena, reconocidas de utilidad pública en 1911, clasificadas como aguas bicarbonatadas mixtas litínicas radiactivas* con aprovechamiento para consumo humano, lo que nos hace pensar que este segundo manantial es el que se corresponde con Villa Rosa. (Este nombre, Santa Elena, aparece citado en el capítulo de los Dres. Villanúa y Francés).

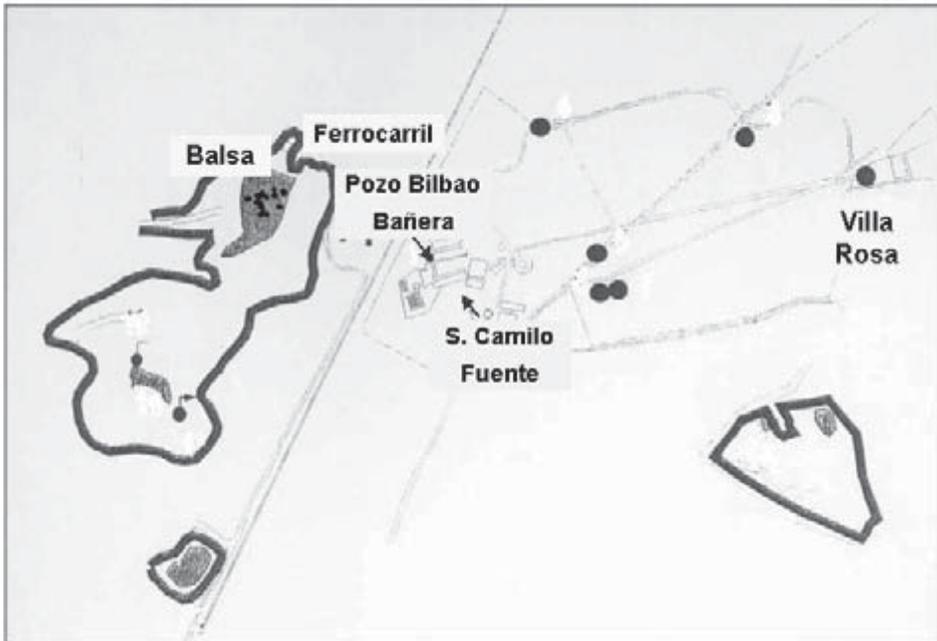
## CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS

En el mes de septiembre de 2004 se procedió a visitar el Balneario Cervantes para realizar los análisis previos de las aguas de los manantiales que nos ocupan. Como se ha podido observar al referirnos a los antecedentes analíticos, llama la atención los distintos nombres que se han dado a los manantiales cuando se procedió a su estudio, por lo que más adelante definiremos claramente los nombres utilizados por nosotros.

Pudimos constatar que la zona en la que se encuentra ubicado el Balneario Cervantes es una zona rica en agua que aflora en distintos puntos más o menos próximos a las instalaciones del citado Balneario.

En la Figura 5 se muestra el plano de localización del Balneario (12). En ella se pueden ver dos puntos de interés, denominados por nosotros *Ferrocarril* y *Balsa*, cuyas aguas también se analizaron, por ver si se trataba del mismo acuífero, pero de cuyos datos sólo se incluyen algunos en esta memoria por no corresponder estrictamente a los manantiales del Balneario.

En nuestro caso, y ya desde el principio, debemos concretar que hay dos surgencias. La denominada Manantial Villa Rosa, que pos-

FIGURA 5. *Puntos de muestreo.*

teriormente corresponde, después de su conducción, a las fuentes de San Camilo o la propia fuente que existe dentro del balneario, destinadas a bebida. La segunda corresponde al denominado antiguamente Manantial de Baños o Pozo Bilbao, muy próximo al edificio del balneario y cuyas aguas se utilizan para uso externo.

Las tomas de muestra para los análisis de estas aguas se efectuaron en mayo y noviembre de 2005, aunque con anterioridad se realizaron los análisis previos. Los puntos (ver Figura 5) corresponden a las siguientes denominaciones:

Manantial Villa Rosa	Villa Rosa
Fuentes correspondientes a este Manantial	
Exterior al Balneario	San Camilo
Dentro del Balneario	Fuente
Manantial «Pozo Bilbao» (Manantial de Baños)	
Exterior al Balneario	Pozo Bilbao
Dentro del Balneario	Bañera

## ANÁLISIS PREVIOS

En el mes de septiembre de 2004 se procedió a realizar unos primeros análisis que nos orientaran sobre la calidad de las aguas de los manantiales Villa Rosa y Pozo Bilbao.

La temperatura ambiente en este mes era del orden de 26°C, estando la del agua en torno a los 20°C. El pH próximo a 7,0 y la densidad del agua de Villa Rosa 1,0011 y la del Pozo Bilbao 1,0023.

En estos primeros análisis pudo verse claramente la importante cantidad de CO<sub>2</sub> que caracteriza a las aguas del Balneario Cervantes, ya que los valores eran superiores a 500 mg/l de CO<sub>2</sub>. La cantidad total de sales, expresada como residuo seco fue superior a los 1000 mg/l y la conductividad a 20°C mayor de 2000 µS/cm. Por su parte la dureza, expresada en CaCO<sub>3</sub>, también superó los 500 mg/l. Dentro de las sales, se observó la presencia en cantidad elevada de bicarbonatos, sulfatos y cloruros, que han definido y caracterizado estas aguas a lo largo del tiempo. Los principales elementos eran sodio y magnesio.

En lo referente a las características de contaminación, la oxidabilidad al permanganato (en torno a 3,5 mg O<sub>2</sub>/l) y las sales nitrogenadas (nitratos en cantidad inferior a 3,0 mg/l, indicios de nitritos y ausencia de amonio) indicaron que se trataba de aguas de buena calidad, lo que se mantuvo en los análisis posteriores. En todos los casos, las cifras se encuentran por debajo del máximo señalado en el RD 140/2003 (13) para calidad de las aguas de consumo humano.

Por todo ello, en los análisis realizados a lo largo de 2005 se procedió a investigar más profundamente los parámetros de mayor interés.

### MANANTIALES «VILLA ROSA» Y «POZO BILBAO»

En primer lugar comentaremos las características generales. La densidad de las aguas del manantial Villa Rosa es de 1,0011 y de las del Pozo Bilbao, de 1,0023. La turbidez del primero fue de – 1,0 FAU y la del segundo, de 12,0 FAU. La temperatura ambiente fue de alrededor de 28°C en el mes de mayo y de 15°C en noviembre.

En la Tabla 1 se recogen los valores obtenidos para temperatura y pH el agua y contenido de sales expresado como residuo seco, dureza y conductividad.

TABLA 1. *Características generales de las aguas de Cervantes*

Parámetro	Unidades	Villa Rosa		Fuente	Pozo Bilbao		Bañera
		Mayo 2005	Nov 2005	Nov 2005	Mayo 2005	Nov 2005	Nov 2005
Temperatura del agua	°C	15,3	18,5	7,0	18,8	17,6	19,1
pH		7,56	7,5	6,63	7,68	6,68	6,61
Residuo seco	mg/l	2152,0	1892,0	1882,0	2204,0	1982,0	2122,0
Dureza total	mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	1122,0	1398,0	880,0	1125,0	1372,0	1165,0
Conductividad eléctrica a 20°C	µS/cm	2413,0	2165,99	3446,23	2366,15	3475,11	3484,74

Según el CAE (14), las aguas cuya temperatura es inferior a 20°C permite considerarlas como frías, lo que se corresponde con las aguas estudiadas. Se aprecia una temperatura bastante menor en la Fuente del Balneario (7°C), lo que es lógico, ya que existe un enfriador. El pH permite clasificarlas como aguas alcalino - acídulas.

La cantidad total de sales, expresada como residuo seco (a 180°C), nos indica que son aguas de mineralización fuerte; Rodier (15) considera que aquellas aguas potables de uso doméstico cuyo residuo esté comprendido entre 1000 y 2000 mg/l son aguas de tipo mediocre. Según el RD1164/1991 sobre aguas minerales naturales, actualmente RD 1074/2002 (16) sobre aguas de bebida envasadas, se las incluiría en aguas de mineralización fuerte.

Su conductividad, superior en todos los casos a 2000 µS/cm, indica que son aguas de mineralización excesiva si se tratara de aguas potables; no obstante, y más especialmente las del Pozo Bilbao y la Bañera, son destinadas a uso externo.

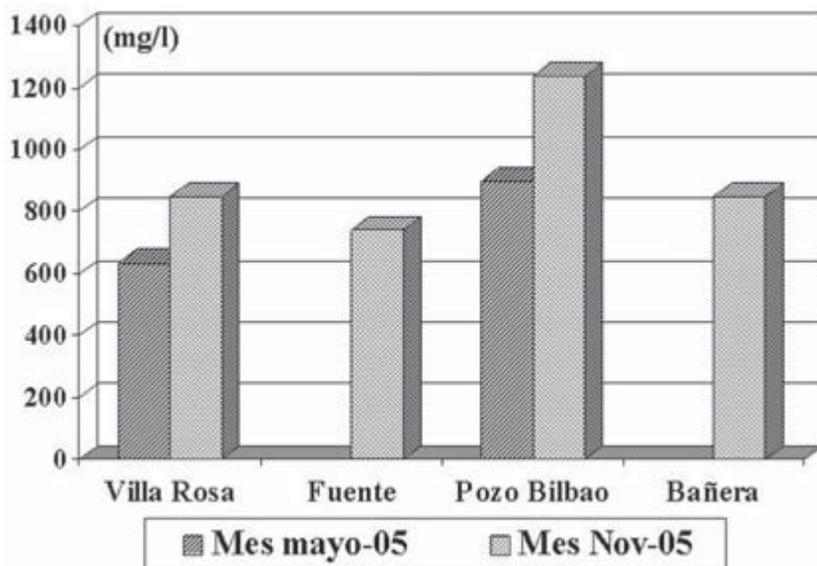
La menor dureza corresponde a las aguas de Villa Rosa en noviembre de 2005, pero en todos los casos fue superior a 800 mg

CaCO<sub>3</sub>/l. Según Rodier (15) las aguas con más de 600 mg CaCO<sub>3</sub>/l son difícilmente utilizables cuando se trata de aguas potables de uso doméstico. Casares *et al.* (17) por su parte, clasificarían estas aguas como muy duras. En alguno de los análisis consultados aparece la dureza expresada en Grados franceses (cg CaCO<sub>3</sub>/l) En cualquier caso estas aguas podrían plantear problemas en las conducciones debido a su gran dureza.

En relación con los gases disueltos es de destacar la ausencia de oxígeno, frente a la importante cantidad de CO<sub>2</sub> característico de las aguas de la zona, que hace que se las denomine como «Agua agria» por los pobladores del entorno. En la Gráfica 1 se representa el contenido de CO<sub>2</sub> de las aguas en los diferentes análisis.

Según el RD 1074/2002 (16), son aguas aciduladas las que contienen más de 250 mg de CO<sub>2</sub>/l, lo que ocurre en todas nuestras muestras. Se aprecia la disminución del CO<sub>2</sub> desde el manantial a la fuente de bebida o la Bañera, lo que es lógico dado que se va perdiendo en el recorrido.

En la Tabla 2 se incluyen los datos correspondientes a los aniones.



GRÁFICA 1. CO<sub>2</sub> en las aguas del Balneario Cervantes.

TABLA 2. Aniones en las aguas de Cervantes.

Parámetro	Unidades	Villa Rosa		Pozo Bilbao	
		Mayo - 05	Nov - 05	Mayo - 05	Nov - 05
Bicarbonatos	mg/l	1178,5	1190,3	1107,8	1068,7
Bromatos	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Carbonatos	mg/l	446,0	—	530,0	—
Cianuros	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Cloruros	mg/l	294,34	309,4	271,7	256,6
Fluoruros	mg/l	0,13	0,13	0,19	0,19
Nitratos	mg/l	2,6	2,0	2,5	2,0
Nitritos	mg/l	Indicios	Indicios	Indicios	Indicios
Sílice	mg/l	4,39	—	4,54	—
Sulfatos	mg/l	599,0	770,0	990,0	735,0

La cantidad de bicarbonatos fue en todos los casos superior a 1000 mg/l, lo que según RD 1074/2002 (16) permite incluirlas en el grupo de aguas (minerales naturales) bicarbonatadas. Existen carbonatos, debido a la importante cantidad de CO<sub>2</sub> característica de estas aguas.

Respecto a los cloruros, han sido superiores a 250 mg/l, lo que explica la denominación de cloruradas RD 1074/2002 (16). Según Rodier (15), la Reglamentación francesa y las normas americanas sugieren que las aguas potables deben contener menos de la cifra señalada, pero debemos recordar que este agua tienen un destino diferente.

Los sulfatos (599,0 – 990,0 mg/l), en cantidades mayores de 200 mg/l (RD 1074/2002 (16)), dan idea de que se trata de aguas sulfatadas, denominación con la que se las conoce desde antiguo, igual que las denominaciones clorurada y bicarbonatada. La presencia de sílice es mínima y a este respecto también se trata de un agua de buena calidad.

En la Tabla 3 se recogen los contenidos de cationes. En ella no se ha incluido el amonio porque en todas las ocasiones dio 0.

Destaca, fundamentalmente, la elevada cantidad de sodio y magnesio, también característicos de estas aguas. El calcio en aguas

TABLA 3. *Cationes en las aguas de Cervantes*

Parámetro	Unidades	Villa Rosa		Pozo Bilbao	
		Mayo 2005	Nov 2005	Mayo 2005	Nov 2005
Calcio	mg/l	319,2	272,0	304,0	294,8
Magnesio	mg/l	144,0	110,7	150,0	85,1
Potasio	mg/l	13,0	17,0	25,0	18,0
Sodio	mg/l	360,0	245,0	286,0	162,0

potables de buena calidad debe estar entre 100 – 149 mg/l, que correspondería a una dureza de 250 – 350 mg CaCO<sub>3</sub>/l; si el calcio se encuentra por encima de 200 mg/l puede plantear problemas a la hora del uso del agua (15). Según la Directiva Comunitaria 80/777 (18) y el RD 1074/2002 (16), las aguas minerales naturales con un contenido de calcio superior a 150 mg/l son cálcicas, lo que se corresponde con las nuestras. Del mismo modo son magnésicas aquellas que tienen más de 50 mg/l de magnesio, que también es nuestro caso. El sodio por encima de 200 mg/l (RD 1074/2002 (16)), que hemos encontrado en casi todos nuestros análisis, da idea de que son aguas sódicas.

La Tabla 4 recoge los datos obtenidos para los elementos minerales minoritarios.

Es importante resaltar las diferencias encontradas para algunos elementos en las aguas de los manantiales Villa Rosa y Pozo Bilbao. Se trata de antimonio, hierro y manganeso, principalmente, aunque en menor medida también se observan para el plomo. Para los tres primeros, los contenidos son superiores en las aguas del Pozo Bilbao.

El hierro dio valores muy elevados en el Pozo Bilbao, especialmente en el mes de noviembre de 2005, lo que se observaba a simple vista en forma de una turbidez rojiza que puede aparecer en aguas cuyo contenido de hierro sea mayor de 50 mg/l. Según la cantidad encontrada y teniendo en cuenta que en el RD 1074/2002 (16) se indica que un contenido superior a 1 mg/l de hierro bivalente es el que hace que un agua mineral natural sea considerada ferruginosa, la correspondiente al manantial Villa Rosa no se podría considerar

TABLA 4. Elementos minerales en las aguas de Cervantes

Parámetro	Unids.	Villa Rosa		Fuente	Pozo Bilbao		Bañera
		Mayo 2005	Nov 2005	Nov 2005	Mayo 2005	Nov 2005	Nov 2005
Aluminio	µg/l	10,8	12,2	6,9	3,0	5,2	36,1
Antimonio	µg/l	8,0	9,8	9,8	240,0	91,7	87,7
Arsénico	µg/l	2,3	1,7	1,7	4,0	7,3	4,8
Boro	µg/l	< 0,1	0,70	0,1	< 0,1	0,1	0,1
Cadmio	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cobre	µg/l	18,0	25,0	173,0	9,0	84,0	7,0
Cromo	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hierro	µg/l	98,0	37,0	87,0	1172,0	3674,0	3250,0
Litio	µg/l	—	1,7	1,7	—	2,0	2,0
Manganeso	µg/l	34,0	4,0	4,0	760,0	754,0	687,0
Mercurio	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Níquel	µg/l	6,0	6,7	40,2	34,0	42,8	32,1
Plomo	µg/l	< 0,1	< 0,1	3,0	3,0	7,0	4,0
Selenio	µg/l	5,4	5,4	5,4	2,5	4,3	5,3
Zinc	µg/l	—	29,0	180,0	—	98,0	25,0

como tal y en el caso del Pozo Bilbao habría que realizar un estudio más profundo.

### FUENTES Y BAÑERA

Se hicieron algunos análisis de las aguas de la Fuente San Camilo y la Fuente que está situada en el interior del Balneario, así como del agua destinada a uso externo en la muestra que denominamos Bañera.

En San Camilo: el pH fue de 7,2; el residuo seco de 1256,0 mg/l; la conductividad a 20°C, 2261,48 µS/cm y la dureza, 500 mg/l de CaCO<sub>3</sub>. La oxidabilidad al permanganato de 3,53 mg O<sub>2</sub>/l está dentro de los límites establecidos para aguas potables.

En lo que respecta a la Fuente que se encuentra en el interior del Balneario destaca (como ya dijimos más arriba) la baja temperatura,

debida al enfriador existente. El pH de la Fuente es de 6,63 siendo algo superior a 7,0 en San Camilo (análisis previos, 7,5).

El residuo seco y la dureza son elevados y de acuerdo al obtenido en Villa Rosa, aunque algo mayor en la Fuente del Balneario que en San Camilo, alcanzando en la Fuente una dureza de 1125 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Por su parte en la Bañera se alcanzó una conductividad de 3484,74 µS/cm y un residuo de 2122 mg/l de acuerdo, también, con el agua del manantial del que proceden manantial Pozo Bilbao.

El CO<sub>2</sub> en la Fuente es de 740,52 mg/l y en la Bañera 849,42 mg/l, en noviembre de 2005 (Gráfica 1), totalmente en concordancia con los manatales de origen, aunque algo menor que en ellos, como ya dijimos.

## OTROS ANÁLISIS

Ya indicamos más arriba, que, aunque no son datos característicos de los manatales que nos ocupan, se hicieron unos análisis orientativos de las aguas que denominamos «Ferrocarril» y «Balsa», situadas fuera del Balneario aunque en su entorno (al otro lado de la vía del ferrocarril) (Figura 5) para conocer algo más las aguas de esta zona, dado su elevado contenido mineral.

La muestra que denominamos Ferrocarril procede de un pozo (se tomó en mayo de 2005) y la de la Balsa de un afloramiento (tomada en mayo y noviembre de 2005). En la primera se obtuvo una importante cantidad de CO<sub>2</sub>, 1956 mg/l lo que se observaba claramente al tomar la muestra o una vez en el envase, por medio del desprendimiento de burbujas, tan bien descrito por el Dr. Ortega en 1906 (4).

En ambos casos se trata de aguas de elevada conductividad, de 2161,51 y 2599,11 µS/cm respectivamente, lo que está de acuerdo con el residuo seco de 1920 mg/l y una dureza de 1466,0 mg CaCO<sub>3</sub>/l en Ferrocarril y con un valor medio de residuo de 1092,0 mg/l y de 655,2 mg CaCO<sub>3</sub>/l en la Balsa. Los bicarbonatos son superiores en Ferrocarril (1367,1 frente a 235,7 mg/l en la Balsa) y los cloruros algo superiores en la Balsa (286,8 frente a 181,1 mg/l en Ferrocarril).

De los elementos minerales destaca un mayor contenido de Na y K en Ferrocarril y especialmente una cantidad muy superior de Fe

en esta muestra (611,0 mg Fe/l) frente a la correspondiente a la Balsa (92 mg Fe/l).

En conjunto, podemos decir que ambas son aguas de muy elevada concentración de sales y con un cierto parecido a las de los manantiales del Balneario.

## CONCLUSIONES

Al estudiar las aguas de los manantiales Villa Rosa y Pozo Bilbao del Balneario Cervantes, podemos concluir que según el CAE se trataría de aguas frías, aciduladas por contener más de 250 mg CO<sub>2</sub>/l; alcalinas por el predominio de iones sodio y bicarbonatos; amargas por el predominio de iones sulfato, sodio, magnesio y con sabor perceptible.

Según el RD 1074/2002 para aguas envasadas, sería un agua de mineralización fuerte. Acidulada por el contenido de CO<sub>2</sub>. Por las sales, sería bicarbonatada, clorurada, sulfatada. Por los elementos minerales, serían aguas sódicas, cálcicas y magnésicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ CÁRDENAS, M<sup>a</sup>.E. y GOSÁLVEZ REY, R.U. (2004) «Nuevas aportaciones al conocimiento del hidrovulcanismo en el Campo de Calatrava (España). VIII Reunión Nacional de Geomorfología. Toledo. 2006. <http://www.uclm.es/dep/geot/b2.htm>
- (2) GONZÁLEZ CÁRDENAS, M<sup>a</sup>.E. (2006). Los volcanes. Los gases. 2006. <http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/gases.htm>
- (3) IQB. INSTITUTO QUÍMICO BIOLÓGICO. (2006) MEDCICLOPEDIA. Diccionario de Terminología Médica. <http://www.iqb.es>
- (4) ORTEGA Y MAYOR, E. (1906) «Análisis cualitativo y cuantitativo de las aguas mineromedicinales de Santa Cruz de Mudela practicado en el Laboratorio químico, Carretas – 14 por el Dr. D. Enrique Ortega y Mayor».
- (5) SANZ, P. (1906) Memoria Sobre aguas minerales de «Los Agonizantes». Copia del original; documento mecanografiado.
- (6) INSTITUTO PROVINCIAL DE HIGIENE. (1928) Brigada Sanitaria Provincial de Ciudad Real Análisis mineromedicinal de unas aguas. Copia del documento mecanografiado.
- (7) REGISTRO PROPIEDAD INTELECTUAL-MARCAS. (1943) Copia del documento.

- (8) INSTITUTO PROVINCIAL DE SANIDAD. (1945) Ciudad Real. Sección de Análisis Higiénico-Sanitario. Análisis de Aguas Minero-Medicinales. Copia del documento original.
- (9) CONSEJERÍA DE SANIDAD. (1998) Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha. Boletín de Análisis de Agua para consumo. Copia del documento original.
- (10) AGMA, S.L. (2003) Agua y Medioambiente Asesoría Industrial, S.L. Análisis ed Aguas. Granada.
- (11) COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA-LA MANCHA. (2000) Anuncio de la Delegación Provincial de Industria y Trabajo de Ciudad Real de la Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha por el que se somete a información pública la solicitud de perímetro de protección del balneario Cervantes en término municipal de Santa Cruz de Mudela. BOE n° 303. 19 de diciembre de 2000.
- (12) AGMA, S.L. (2004) Inventario y Caracterización de puntos de agua. Agua y Medioambiente Asesoría Industrial, S.L. Granada.
- (13) REAL DECRETO 140/2003 BOE n° 45 de 21 de febrero de 2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- (14) CÓDIGO ALIMENTARIO ESPAÑOL (1991) 6<sup>a</sup>ed. Madrid: Ed. Boletín Oficial del Estado. Colección Textos Legales.
- (15) RODIER, J. (1998) Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3<sup>a</sup> ed. Ed. Omega Barcelona.
- (16) REAL DECRETO 1074/2002, de 18 de octubre de 2002, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de BEBIDA envasadas. Refunde en un texto único y substituye al REAL DECRETO 1164/1991 de 22 de julio, modificado por el REAL DECRETO 781/1998 de 30 de abril, y las disposiciones relativas a las aguas de bebida envasadas de la DIRECTIVA 98/83/CE. 2002.
- (17) CASARES LÓPEZ, R.; GARCÍA OLMEDO, R.; VALLS PAYES, C. (1978) Tratado de Bromatología. 5<sup>a</sup> ed. Pub. Dpto. Bromatología, Toxicología y Análisis Químico Aplicado. UCM. Madrid.
- (18) DIRECTIVA COMUNITARIA. (1980) 80/777/CEE del Consejo de 18 de julio de 1980, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales.