

ESTUDIO II

Análisis Físico-Químico de las aguas

■ M. Esperanza Torija Isasa*, Mercedes García Mata y M. Dolores Tenorio Sanz

*Departamento de Nutrición y Bromatología II. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, España.
edicion@ranf.com*

RESUMEN

Existen pocos estudios referentes a las aguas del Balneario de El Raposo, que fueron declaradas de utilidad pública en 1926 y consideradas bicarbonatadas cálcicas. Actualmente se han estudiado las aguas en dos puntos denominados Manantial y Sondeo. De su análisis deducimos que se trata de aguas hipotermales, ya que surgen a una temperatura próxima a 17°C. Por su conductividad y el residuo seco, podemos concretar que se trata de aguas de mineralización media, ligeramente importante. La dureza, nos indica que son aguas duras, con predominio de calcio, en cantidades próximas a 130 mg/litro; de los aniones destacan especialmente los bicarbonatos, por lo que se pueden denominar cálcicas y bicarbonatadas.

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Badajoz, en la comarca de Zafra – Río Bodión, próximo a la localidad de Sancho Pérez se encuentra el Balneario de El Raposo. Su historia se remonta al último tercio del siglo XIX, en que como cuenta la tradición una cochinita enferma se separó de la piara en la que iba; al día siguiente, el pastor la encontró cubierta de lodo en una de las charcas del arroyo que pasa por el valle y cuando el animal se levantó se movía con toda agilidad porque estaba totalmente curado.

Este fue el motivo de que en un primer momento se diera el nombre de La Cochinita.

La noticia se extendió rápidamente y los habitantes de los cortijos de la zona y de los pueblos cercanos empezaron a acudir al lugar y a utilizar los fangos y charcos para bañar en ellos a toda clase de animales inutilizados por el reuma, los cuales curaban o encontraban gran alivio; la fama fue tal que numerosas personas con dolores reumáticos y articulares probaron las aguas y los lodos y encontraron siempre resultados muy satisfactorios.

Poco a poco aumentó el número de personas que acudían y se inició la explotación del Balneario que pasó a llamarse Balneario El Raposo, nombre con el que se conoce actualmente debido a que en la zona habitaban numerosos zorros (Francés y López, 2012 en esta misma monografía (1)).

Alcalde (2000) (2) indica que en la Comunidad Autónoma de Extremadura existen seis balnearios en funcionamiento, tres en Cáceres y tres en Badajoz, entre los que se encuentra El Raposo. Indica además que en esta Comunidad algunos balnearios, generalmente fuera de uso, tienen una historia relacionada con la cura de una cerdita o incluso su nombre se relaciona con otros animales, pero únicamente El Raposo sigue en activo y su historia está más documentada.

Aunque la tradición de la cerdita se localiza en 1860, en aquella época no se conocían oficialmente las aguas de este balneario.



Así, en la Monografía sobre aguas minerales y termales de España, publicada por el Ministerio de Fomento en el año 1892, cuyo autor es Federico de Botella y de Hornos (3), se hace una relación, por provincias, de las aguas minerales y termales (Figura 1). Entre ellas, se hace referencia a las aguas del Balneario de Alange y a otros manantiales de la provincia de Badajoz como son los de Burguillos en el Camino de Zafra correspondiente al término de Fregenal de la Sierra o en la propia Zafra, pero no se citan la de La Cochinita o El Raposo.

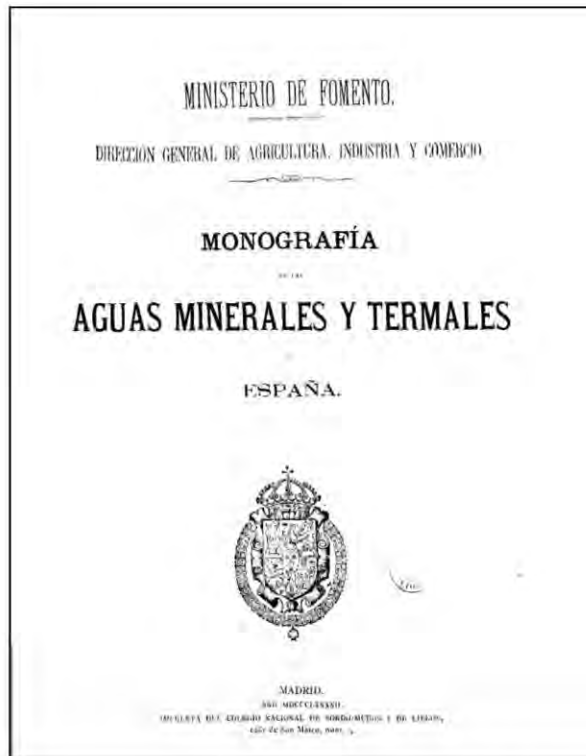


Figura 1.- Monografía sobre aguas minerales y termales de España. Portada.

Domínguez (2006) (4) habla de remedios populares para distintas dolencias, utilizando productos alimenticios y diversas hierbas. Cita la importancia, en el caso concreto del reuma, de proceder a baños y/o lavados, con distintos líquidos o aguates, e incluso comenta que en el norte de Extremadura se recomienda revolcarse en el rocío de la

mañana. Indica que los baños de El Raposo y las aguas del río Matanchel tienen similar cometido.

En relación a los estudios de las aguas del Balneario de El Raposo, el primer análisis de las aguas fue practicado por el Dr. Enrique Ortega y Mayor, del Laboratorio Municipal de Higiene de Madrid, en 1925 quien calificó a las aguas como bicarbonatadas, cálcicas, magnésicas y radiactivas. Este análisis fue la base para que las aguas fueran declaradas de utilidad pública en julio de 1926.

En el Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas (2003) (5) y en el Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas (2010) (6), se hace referencia a las aguas motivo de estudio y se clasifican como: hipotermales, de mineralización media, muy duras, siendo los iones predominantes, bicarbonatos, cloruros, calcio y sodio. Existen otros estudios a los que iremos haciendo alusión en la exposición de resultados.

2. ANÁLISIS REALIZADOS

En el mes de febrero de 2012 se procedió a la recogida de muestras para la realización de los diferentes análisis. Se tomaron en dos puntos a los que denominamos “Manantial” y “Sondeo”, que coinciden con los estudiados en el capítulo de análisis microbiológico de esta misma monografía (de la Rosa..., 2012) (7).

Se realizaron una serie de análisis a pie de manantial; para las determinaciones que se realizan en el laboratorio se recogieron las muestras, que se conservaron en nevera y en frascos estériles las destinadas a la determinación del poder reductor y otros.

A pie de manantial se tomó la temperatura del agua y del ambiente; se hizo una determinación previa del pH y se cuantificó el anhídrido carbónico, realizando la preparación para la determinación del oxígeno disuelto. En todos los casos se utilizaron métodos oficiales o recomendados.



Dado que no existe normativa específica para las aguas mineromedicinales, los comentarios a los resultados los haremos en relación, principalmente, con el RD 1704/2002 (8), por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas y el RD 140/2003 (9) por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

2.1. Resultados de los análisis

A continuación iremos comentando los resultados obtenidos comparando con los aportados por otros autores y estableciendo las características de mayor interés que nos van a permitir establecer el tipo de aguas a las que pertenecen las del Balneario El Raposo. En la Tabla 1, correspondiente a las constantes físico-químicas, podemos apreciar una temperatura ambiente entre 13 y 16 °C.

Tabla 1.- Constantes físico químicas.

Parámetro	Unidades	Manantial	Sondeo
Temperatura ambiente	°C	13,6	15,5
Temperatura del agua	°C	16,5	18,1
pH	Unidades pH	7,5	7,8
Turbidez	FAU	< 1	< 1

La temperatura del agua fue de 16,5 °C en el Manantial y de 18,1 en el Sondeo. El Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas (2003) (5) cita 16,5°C y en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (2010) (6) se refiere una algo menor, de 16,3 °C.

La Legislación Alimentaria–Código Alimentario Español (2006) (10), indica que se consideran aguas frías aquellas cuya temperatura es inferior a 20 °C, e hipotermas las que

tienen una temperatura entre 20 y 30 °C. Otros autores como Casares et al. (1978) (11), Maraver (2003) (12), Armijo et al. (2003) (13), Corvillo et al. (2006) (14) y Maraver y Armijo (2010) (6) las clasifican como hipotermales ya que se trata de aguas con una temperatura inferior a 35°C que son las que corresponden a esta nomenclatura.

El pH encontrado fue superior a 7,0. En el Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas (2003) (5), se cita un pH igual a 7,0 y en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (2010) (6), de 6,9. La Legislación Española/CAE (2006) (10), al hablar de las aguas de consumo indica que su pH deberá estar comprendido entre 7,0 y 8,5.

En relación a los gases disueltos, existen en una pequeña cantidad. El contenido de oxígeno es del orden de 2,0 mg/L en ambos puntos y el de anhídrido carbónico se encuentra próximo a los 1,0 mg/L, también en ambas muestras.

En la Tabla 2 se recogen las características generales. Los valores de conductividad eléctrica están muy próximos a 1.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, entre 950 y 1.040 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Para establecer de qué tipo de agua se trata, podemos considerar lo expuesto por Rodier (1998) (15), para quien las aguas con una conductividad eléctrica CE 666–1.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ son de mineralización importante.

El Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas (2003) (5) menciona una conductividad de 1016 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (a 25°C) y en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (2010) (6) se indica 1080 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. La Junta de Extremadura (2003) (16), por su parte, refiere una menor conductividad, de 794 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

La cantidad total de sales, expresada como residuo seco se determina actualmente a 180 °C, pero anteriormente la determinación se realizaba a 110 °C, por lo que cuando comparemos nuestros datos con otros o en relación a la clasificación de nuestras aguas, haremos referencia a ambas temperaturas.

Tabla 2.- Características generales.

Parámetro	Unidades	Manantial	Sondeo
Conductividad eléctrica a 20°C	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	1036,43	951,83
Residuo seco a 180°C	mg/L	320,0	276,0
Oxidabilidad al permanganato	mg O ₂ /L	1,6	2,65

Las aguas del Balneario de El Raposo presentan un residuo seco próximo a los 300 mg/L, algo inferior en el punto denominado Sondeo. Por estos datos, podemos clasificarlas como de *mineralización débil* según la Legislación Española/CAE (2006) (10), ya que en ella se indica que las aguas con un residuo seco, obtenido a 110°C, entre 250 y 500 mg/L se consideran de tal mineralización. Similar denominación aparece en el RD 1074/2002 (sobre aguas envasadas) (8). El Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas (2003) (5) también se refiere al residuo obtenido dando dos valores en función de la temperatura de su determinación: a 180°C da un valor de 591 mg/L. Rodier (1998) (15) comenta que las aguas con un residuo seco inferior a 500 son de buena calidad. La baja oxidabilidad al permanganato, de 1,6 mg de oxígeno por litro en el Manantial y de 2,65 en el Sondeo, nos indica la buena calidad de estas aguas, ya que se trata de valores inferiores al de 3,5 mg/L, límite establecido para aguas de consumo (RD 140/2003 para calidad de las aguas de consumo humano) (9). Este valor está de acuerdo con los obtenidos al determinar los compuestos nitrogenados, ya que el contenido de nitratos (Tabla 4) es muy bajo y hay ausencia de nitritos y amoníaco.

La dureza de las aguas nos indica el contenido de sales de calcio y magnesio, por lo que en la Tabla 3 se incluyen estos valores. En la Figura 2 se representan los valores de dureza, calcio y magnesio de las aguas de El Raposo y se comparan nuestros datos con otros recogidos de la bibliografía.

Tabla 3.- Dureza, calcio y magnesio.

Parámetro	Unidades	Manantial	Sondeo
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	229,0	186,0
Calcio	mg/L	59,6	48,4
Magnesio	mg/L	19,2	15,6

La dureza de las aguas del Balneario El Raposo se encuentran entre 185 y 230 mg de CaCO₃/L. Según Rodier (1998) (15) las aguas con una dureza entre 150 y 300 mg de CaCO₃/L son de dureza media. Casares et al. (1978) (11) las aguas algo duras 220 - 320 mg CaCO₃/L. No obstante, Armijo et al. (2003) (13), Armijo et al. (2008) (17) y Maraver y Armijo (2010) (6), se refieren a la clasificación de las aguas dada por Girard en 1973, en la que se incluyen como aguas blandas aquellas con un contenido de 100–200 mg de CaCO₃/L y aguas duras las que presentan entre 200 y 300 mg de CaCO₃/L.

Por todo lo dicho, clasificaríamos nuestras aguas como duras. Como vemos en la Figura 2 los valores citados por IGME (1980) (18) y en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (2010) (6) son superiores a los encontrados en este trabajo.

El calcio y el magnesio, responsables de la dureza de las aguas, se encuentran, lógicamente, en cantidades importantes. El primero dio valores próximos a 50 mg/L y el segundo del orden de 15-20 mg/L. En la Figura 2 se observan nuestros datos en comparación con los de IGME (1980) (19) y con los que aparecen en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (2010) (6).

En relación al contenido de estos dos cationes, según el RD 1074/2002 (8), las aguas minerales naturales con un contenido de calcio superior a 150 mg/L pueden ser consideradas cálcicas y las que contienen más de 50 mg/L de magnesio podrán considerarse magnésicas. Por ello, las aguas de El Raposo no pueden ser consideradas como tales, si bien el catión mayoritario es el calcio lo que permitiría denominarlas como aguas cálcicas.

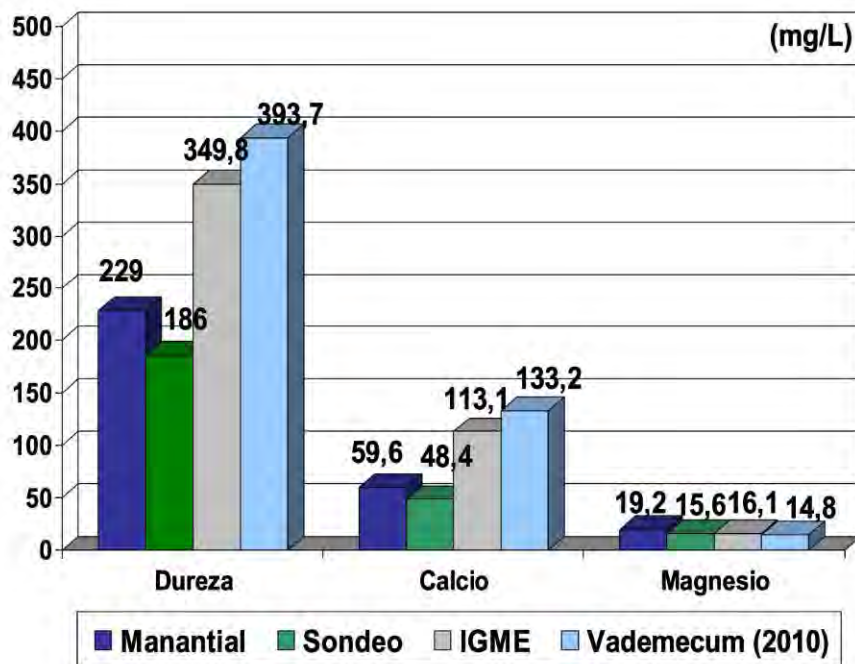


Figura 2.- Datos comparativos de dureza (CaCO_3), calcio y magnesio del Balneario El Raposo.

La Tabla 4 recoge los valores de aniones y en la Figura 3 se representan de modo comparativo algunos de nuestros datos y los obtenidos del Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas 2010 (6).

Tabla 4.- Aniones.

Parámetro	Unidades	Manantial	Sondeo
Bicarbonatos	mg/L	168,2	156,2
Cloruros	mg/L	84,9	64,5
Nitratos	mg/L	13,5	10,7

Los bicarbonatos dieron valores próximos a 150–170 mg/L. Actualmente, estas aguas no se pueden considerar como bicarbonatadas ya que no alcanzan los 600 mg/L que se indican en el RD 1074/2002 (8) que permitiría clasificarlas como tal, en base a lo establecido para aguas minerales naturales; sin embargo se trata de los aniones mayoritarios, por lo que se podrían denominar bicarbonatadas.

Los cloruros se encuentran entre 64 y 85 mg/L, valores que tampoco permiten su denominación como aguas cloruradas ya que no alcanzan los 200 mg/L que lo harían posible, según RD 1074/2002 (8) o según la normativa para aguas de consumo humano (RD 140/2003) (9).

En la Figura 3 se observa que en bibliografía se citan datos superiores a los nuestros.

De los cationes, en la bibliografía (6,16,18) se cita que el sodio se encuentra en torno a 40 mg/L y los sulfatos entre 15 y 25 mg/L. En cuanto a los compuestos nitrogenados, aunque ya los citamos más arriba, tenemos que decir que se trata de aguas de muy buena calidad, con ausencia de amoníaco y nitritos y cifras bajas de nitratos, próximas a 10 mg/L, bastante inferiores a las citadas por Maraver y Armijo (6), que indican 41,4 mg/L o por Corvillo et al. (14), quienes indican 38,9 mg/L.

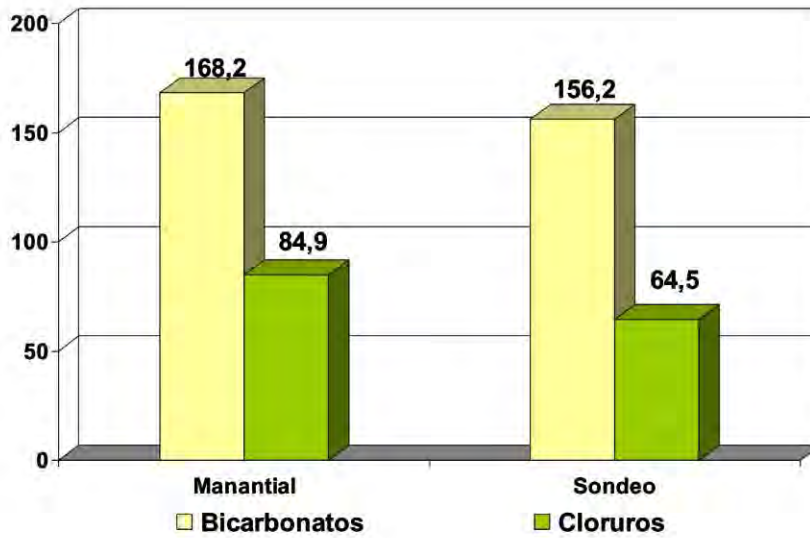


Figura 3.- Aniones en las aguas del Balneario El Raposo

CONCLUSIONES

Como se deduce de los resultados obtenidos, podemos concluir que las aguas del Balneario de El Raposo se pueden considerar aguas hipotermales, de mineralización media/importante, duras, siendo predominantes el calcio, entre los cationes, y los bicarbonatos, entre los aniones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Francés, M^a.C. y López. (2012) “El balneario de El Raposo. Historia y generalidades”. En el estudio de este balneario.
2. Alcalde Molero, C. (2000) Las aguas minerales de Extremadura. En: Panorama actual de las aguas minerales y minero-medicinales en España. J.A. López Geta y J.I. Pinuaga Espejel. Instituto Tecnológico GeoMinero de España (Madrid). Coslada Madrid. Instituto Tecnológico GeoMinero de España (Madrid), Instituto Tecnológico Geominero de España, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.
3. Botella, de y de Hornos, F. (1892) Monografía de las Aguas Minerales y Termales de España. Ministerio de Fomento. Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio. Imprenta del Colegio Nacional de Sordo-mudos y de ciegos. Madrid.
4. Domínguez Moreno, J.M. (2006) Traumatología popular extremeña. Revista Folklore. N^o 304. Pág. 111-119.
5. Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas (2003) Ed. Instituto de Salud Carlos III. Madrid.
6. Maraver Eyzaguirre, F. y Armijo de Castro, F. (2010) Vademécum II de aguas. Mineromedicinales españolas Editorial Complutense, S.A.
7. De la Rosa, M^a. C. y Mosso, M^a. A. (2011) En el estudio de este balneario.
8. 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.

9. REAL DECRETO 140/2003 BOE nº 45 de 21 de febrero de 2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. 2003.
10. Legislación Alimentaria. (2006) Código Alimentario Español y disposiciones legales complementarias. 7ª edición actualizada. Ed. Tecnos (Grupo Anaya S.A.). Madrid.
11. Casares López, R; García Olmedo, R; Valls Payés, C. (1978) Tratado de Bromatología. 5ª ed. Pub. Dpto. Bromatología, Toxicología y Análisis Químico Aplicado. UCM. Madrid.
12. Maraver Eyzaguirre, F. (2003) “*Importancia terapéutica de las aguas mineromedicinales*”. En: Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas. Edita Instituto de Salud Carlos III. Madrid.
13. Armijo, F.; Hurtado, I.; Maraver, F. (2003) “*Aguas mineromedicinales españolas*”. En: Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas. Edita Instituto de Salud Carlos III. Madrid.
14. Corvillo Martín, I.; Morer Liñán, C.; Martín Megías, A.; Aguilera López, L. (2006) Estudio analítico de las aguas minerales empleadas en la maduración de los peloides españoles. Anales de Hidrología Médica. Vol. 1. Pág 119 – 133.
15. Rodier, J. (1998) Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3ª ed. Ed. Omega Barcelona.
16. Junta de Extremadura. (2003) Recursos Mineros de Extremadura. Las aguas minerales.
17. Armijo, F.; de Michele, D.; Giacomino, M.; Belderrain, A.; Corvillo, I.; Maraver, F. (2008) Análisis de las aguas minerales de la provincia de Entre Ríos, Argentina. Balnez nº 4, 55– 84.
18. IGME. (1980) Las aguas minerales de España. Aguas de Extremadura.