

CALIDAD Y RASGOS HIDROGEOLOGICOS DE LAS FUENTES TERMALES ANDALUZAS ACTIVAS.

C. San José Arango*

J. L. Ordoñez Suarez**

RESUMEN:

Tras estudio de los datos disponibles se describen brevemente los once balnearios actualmente activos en Andalucía de acuerdo con las características químicas de sus aguas. Se bosqueja en cada manantial su contexto hidrogeológico, así como la calidad hidroquímica de las aguas según sus contenidos en elementos mayores y principales parámetros físicos. Además no se detectó contaminación microbiológica o de otro tipo en ninguna de las fuentes.

PALABRA CLAVE: Aguas minerales. Balneario.

RÉSUMÉ:

Après l'inspection des données disponibles, on se décrit les onze établissements thermals maintenant actifs en Andalousie. Ils sont classés d'accord avec la nature chimique des eaux. Le contexte hydrogéologique est décrit et la qualité hydrochimique de chacune des eaux évaluée selon des éléments chimiques principaux et des paramètres physiques. On est aussi conclu que pas de contamination était trouvée dans aucun des sources.

MOTS CLEFS: Eaux minérales, Etablissement Thermal.

SUMMARY:

After inspection of available data, the eleven spas active at present in Andalusia are briefly described according to their waters chemical nature. At each source the hydrogeological context is briefly depicted, as well as the hydrochemical quality of the waters after the major element contents and their main physical parameters. Also no contamination, microbiological or from any other type was found at any of the sources.

KEY WORDS: Mineral Waters, Healter Resorts.

Objetivos. Damos a conocer los rasgos hidro-

geológicos y estado de la calidad en los once balnearios andaluces actualmente activos.

Material y Método. Se recopiló información en el ITGE en Madrid y Sevilla, en las Facultades de Medicina de las Universidades: Complutense, Sevilla, Cádiz, Málaga y Granada. En el Rectorado de Sevilla, en las Reales Academias de Medicina de Sevilla, Cádiz y Granada; en las Bibliotecas de Temas Gaditanos (Cádiz), de Estudios Jienenses (Jaén), de la Real Academia de Farmacia de Granada, Ayuntamiento de Málaga, así como en los propios balnearios. In situ recogimos las surgencias de los manantiales de todos los balnearios estudiados, su perímetro de protección, y examinado sus análisis físico-químicos y bacteriológicos más recientes.

Resultados. Estos se exponen a continuación clasificados según la mineralización predominante de sus aguas:

1. Aguas predominantemente clorurado-sódicas:

BALNEARIO DE FUENTE AMARGA DE CHILANA (Cádiz).

El manantial de Fuente Amarga surge en calcarenitas y arenas del Mioceno Superior, que constituyen un acuífero de capas libres de permeabilidad media. Forma parte del acuífero detrítico Puerto Real-Conil en el contacto con arcillas triásicas impermeables.

Calidad: Estas aguas son de tipo "sole", cloruradas, alcalinas, también sulfuradas y sulfatado cálcicas, hipertónicas e hipotermas (SAN JOSE ARANGO, 1991). Predominan los Cl^- (1632 mg./l.), S^{2-} (25 mg./l.). Entre los cationes (5745 mg./l.) y el Ca^{++} (681 mg./l.). Entre los no ionizados destaca el H_2S (233 mg./l.) (LOPEZ AZCONA, Inst. Bromat. U. Complutense, 1985). Unos análisis por el ITGE (1990) dan Cl^- (11500 mg./l.), SO_4^{--} (1990 mg./l.), Na^+ (726 mg./l.) y una conductividad de 32800

(*) Area de Radiología y Medicina Física. Sevilla.

(**) Instituto Tecnológico y Geominero de España. Sevilla

$\mu\text{S/cm}$. Del análisis bacteriológico de las aguas de Fuente Amarga no se detectan agentes contaminantes ni aerobios ni anaerobios.

2. Balnearios de aguas bicarbonatadas:

2.1. BALNEARIO DE SIERRA ALHAMILLA (Almería)

Su contexto geológico son los contactos tectónicos (fallas) de formaciones dolomíticas con filitas y cuarcitas (mantos Alpujarrides del Trias), que a su vez cabalgan mármoles y micaesquistos de los mantos Nevado Filábrides.

Los terremotos de 1865 influyeron en dicho manantial, duplicando su caudal y elevando la T^a 6°C (LOPEZ DE AZCONA, 1971).

Calidad: Predominan el CO_3H^- y el Na^+ . También cuentan con menores cantidades de otros cationes como Ca^{++} y Mg^{++} , así como de los aniones SO_4^- y Cl^- (FRESENIUS, 1986).

Tienen un contenido en Rn de $119,7 \text{ Bq/l}$. (MARTIN y cols, 1993). Su conductividad eléctrica es de $1,4 \mu\text{S/cm}$. Son aguas de mineralización media, su residuo seco a 110°C es de 1050 mg/l . Emergen a una T^a de 53°C , por lo que son hipertermales y tienen un pH neutro (7,3). Atendiendo a su concentración osmótica se consideran hipotónicas. Los análisis microbiológicos no indican existencia de contaminantes.

2.2. BALNEARIO DE LANJARON (Granada)

Lanjarón se localiza en la extremidad suroeste de Sierra Nevada, en el contacto entre el Complejo de Sierra Nevada y el Complejo Alpujarride. Las aguas de Lanjarón están relacionadas con la estructura en mantos de la zona, que determinan la superposición de rocas con un marcado grado de metamorfismo a otras menos metamórficas (ALDAYA y cols., 1979). La intensa fracturación en el manto del Mulhacén (micaesquistos), justo al norte de Lanjarón, es el condicionante de la circulación de las aguas desde la zona de infiltración a la de surgencia. Algunas de estas surgencias a Temperatura de hasta 30°C lo que evidencia circulación de aguas profundas (LOPEZ AZCONA, 1980). Caben destacar los travertinos sobre los que se asienta Lanjarón. Estos están ligados a la presencia de aguas con elevado contenido en CO_2 , a veces termales, bicarbonatadas, con hierro y manganeso. Las distintas litologías condicionan las composiciones de las aguas.

Calidad: Lanjarón tiene gran complejidad crenotermal con siete manantiales usados para fines terapéuticos.

Entre ellos los de Capuchina, Capilla, Salud I y II, San Vicente o Gómez y El Salado como más destacados. En Capilla, Salud I y II y San Vicente predominan los CO_3H^- sobre los Cl^- , mientras que en los de Capuchina y El Salado predomina lo opuesto. Entre los cationes destacan Na^+ , Ca^{++} , y Mg^{++} en todas las fuentes.

Capuchina, es el más importante con aguas cloruradas y bicarbonatadas sódico-cálcicas, hipertónicas, residuo seco a 105°C de 17141 mg/l , T^a de surgencia de 16°C y un caudal de 1360 l/h . Son aguas frías. (ARMIJO CASTRO, 1993). El de Capilla, con aguas bicarbonatadas y clorado sódico-cálcicas, mediominales, un caudal de 382 l/min . (los caudales varían según la época del año) y una T^a de emergencia de $19,21^{\circ}\text{C}$. Las aguas de Salud son bicarbonatado-cálcicas, con una cantidad de CO_2 libre de 139 mg/l , un residuo seco de 184 mg/l , es decir oligominerales, una conductividad de $219 \mu\text{S/cm}$, un pH de 6,2, una temperatura de surgencia de 18°C y un aforo de 9 l/min . (SAN JOSE ARANGO, 1988). Las aguas de San Vicente o Gómez, son bicarbonatado-cálcicas y sulfatado-sódicas, de débil mineralización (residuo seco de 231 mg/l), caudal de 1189 l/h . y T^a de 17°C . El Salado ferruginosas, con residuo seco de 5132 mg/l , con T^a de 27°C y caudal de 31400 l/h .

Los análisis microbiológicos de los diversos manantiales indican unos parámetros dentro de la normalidad.

2.3. BALNEARIO DE MARMOLEJO (Jaén).

Los manantiales surgen a través de calizas sobre pizarras. (CARVAJAL, 1991). El más caudaloso es el de Fuente Agria, en la orilla del río Guadalquivir. Las aguas surgen entre pizarras Cámbricas. Según MANZANAQUE (1932), brotan en forma de "hervidero". La Fuente de San Luis, conectada con Fuente Agria, a 15 m . de aquella, se descubrió por el desprendimiento gaseoso.

Calidad: Son aguas bicarbonatadas cálcico-sódicas o bicarbonatadas mixtas de mineralización media. Los análisis físico-químicos presentan una concentración de aniones CO_3H^- 701 mg/l , Cl^- de 60 mg/l , SO_4^- de 54 mg/l . y entre los cationes destacan el Ca^{++} con 150 mg/l , Na^+ con 108 mg/l . y el Mg^{++} con 48 mg/l . El residuo seco a 110°C es de 840 mg/l . y el pH casi neutro (6,9). Hay ausencia de contaminantes microbiológicos.

2.4. BALNEARIO DE SAN ANDRES DE CANENA (Jaén)

Por la temperatura de emergencia de sus aguas y su característica mineralización se infiere que son

aguas de infiltración que brotan a través de fallas sin relación necesaria con fenómenos ígneos; su caudal varía con la pluviometría; su mineralización procede de las sales solubles de los terrenos sedimentarios. También arrastran materia orgánica, acompañada de CO_2 y O_2 . Es precisamente el CO_2 el que les facilita su disolución, especialmente de las calizas. El caudal es de 130 l/mn.

Calidad: Son bicarbonatadas sódico-cálcicas o mixtas, de mineralización media, hipotónicas e hipotermas. En su composición química predominan el CO_2 , y de Na^+ y Ca^{++} . La concentración de gases es de 54 cc./l., predominando el H_2CO_3 libre (35,7 cc./l.), seguido de N_2 (16 cc./l.) Y O_2 disuelto (2,3 cc./l.). El residuo seco a 110° C es de 884 mg./l. Entre las características físicas de estas aguas señalaremos su T^a de emergencia de 21 °C, su pH de su presión osmótica de 0,44 atm. De los análisis microbiológicos del manantial se deduce que no existe contaminación bacteriológica alguna.

3. Balnearios de aguas sulfuradas.

3.1. BALNEARIO DE CARRATRACA (Málaga).

Las aguas con un caudal de 10 l/s, brotan al pie de rocas calcáreas y dolomíticas mesozoicas con vetas de yeso. Emergen a una T^a de 17,5 °C, arrastran arenas dolomíticas y pizarrosas del Trias (Keuper). Por su origen geológico se trataría de aguas mixtas, hipotermas o frías con elementos (S^+ , H_2) procedentes de los sulfuros metálicos. A este respecto es de notar que en las cercanías de Carratraca aflora un gran macizo ultramáfico con sulfuros. Por otra parte, ARMIJO y SAN MARTIN (1994), mantienen que en su origen, este tipo de aguas sulfuradas cálcicas serían originalmente de infiltración y no aguas juveniles. Esto vendría avalado por ser aguas frías y superficiales y por su relación geológica con formaciones mesozoicas, de las que disolverían los iones minerales y luego reducirían, en ambientes con C apropiados (pizarras negras carbonosas).

Calidad: Las aguas de Carratraca son sulfuradas y bicarbonatocálcicas. En el siglo pasado se clasificaron por la Comisión del Anuario Oficial como sulfuradocálcicas. Entre sus propiedades organolépticas destaca el que son incoloras, con fuerte olor a huevos podridos, untuosas al tacto y transparentes, enturbiándose ligeramente al contacto con el aire, aunque pronto recobran su transparencia por la precipitación del azufre y otros elementos no disueltos (GILBERT Y CARNOT, 1915). Su residuo seco es de 500 mg./l. y se consideran como aguas mediominerales.

De los análisis microbiológicos no se ha detectó

indicio alguno de contaminación orgánica ni bacteriana.

4. Balnearios de aguas sulfatadas.

4.1. BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA

Los manantiales Alhama Viejo y Alhama Nuevo se asientan sobre terrenos Tortonienses. No se conoce si dichos manantiales están conectados con materiales Jurásicos del Subbético o lo están con formaciones más profundas de dolomías Alpujarrides (Bético). El de Alhama Nuevo surgió con los terremotos del 25 de Diciembre de 1884 (ARNOZAN, 1914). Son aguas hipotermas de origen profundo. El caudal es muy abundante, siendo el aforo del de Alhama Viejo de 7 M l/día y el del Nuevo algo menor.

Calidad: Son aguas hipotermas, sulfatocálcicas, con 195 mg./l. de SO_4^{--} en el Baño Nuevo y 175 mg./l. en el Baño Viejo, el Ca^{++} con 121 mg./l. en el primero y de 111 mg./l. en el segundo. El Cl^- con 71 mg./l. y el Mg^{++} con 43 y 29 mg./l. respectivamente. El residuo seco en las del Baño Nuevo es de 791 mg/l y en las del Viejo de 707 mg/l.

Se trata por tanto de aguas de mineralización media. Su temperatura de emergencia es de 49 °C y 47°C respectivamente es de 7 aproximadamente (Análisis Depto. de Nutrición y Bromatología, Facultad de Farmacia, Granada, 1989). No se ha detectado contaminación orgánica o bacteriológica.

4.2. BALNEARIO DE ALICUN DE LAS TORRES (Granada).

Las numerosas urgencias termas están relacionadas con zonas tectonizadas que ponen en contacto el acuífero de calizas Jurásicas con margas Cretácicas. También hay travertinos cuya génesis estaría ligada a las urgencias de aguas termas, al precipitar las sales en la superficie al variar las condiciones físico-químicas (P y T^a).

Los manantiales tienen un aforo total de unos 90 l/s. y una T^a de surgencia de permaneciendo ambos parametros casi constantes durante todo el año. Se trata de aguas profundas mesotermas.

Calidad: Por su composición química pertenecen al grupo de las sulfatadas y bicarbonatadas cálcico-magnésicas, o sulfatadas mixtas. Su residuo seco es de 2236 mg./l., el contenido en SO_4^{--} de 1012 mg./l., Ca^{++} y Mg^{++} con 416 mg./l. y 71 mg./l. respectivamente. El contenido de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ es de 380 mg./l. y el de $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 32 mg./l. El pH de 6,7, su conductividad de 1671 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y su T^a de 34,5°C. Por tanto son próximas a la neutralidad y mesotermas.

Los análisis microbiológicos de estas aguas no indican contaminación bacteriológica alguna.

4.3. BALNEARIO DE SAN NICOLAS o ALHAMA DE ALMERIA.

Geológicamente los manantiales están relacionados con las dolomías del Manto de Lujar (Alpujárrides del Bético) y favorecidas por la presencia de fracturas y contactos tectónicos. La T^a de surgencia es de 46 °C (aguas hipergeotermas), y su caudal es de 900 l/min.

Calidad: Son sulfatadas y bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, de mineralización media. Organolepticamente son aguas claras, transparentes, inodoras y de sabor acidulo. Al enfriarse depositan sedimento. Los análisis revelan una cantidad de H_2CO_3 libre de 162 cc./l., $CaSO_4$ (150 mg./l.), $MgSO_4$ (71 mg./l.), $Ca(HCO_3)_2$ (66 mg./l.), $Mg(HCO_3)_2$ (21 mg./l.) y $MgCl_2$ con 39 mg/l. El residuo seco de las fuentes a 110 °C es de 520 mg./l. y 630 mg./l. respectivamente.

5. Balnearios de aguas oligometálicas:

5.1. BALNEARIO DE GRAENA (Granada).

Los manantiales de aguas acratotermas, oligometálicas se ubican sobre conglomerados y arenas Neógenas, sin embargo su origen es más profundo, relacionado con calizas y dolomías Triásicas de los mantos Alpujárrides y de sus contactos tectónicos. Son hipergeotermas con T^a de emergencia de 44 °C y de considerable caudal (CRUZ CANTERO, 1986).

Calidad: Los iones dominantes, aunque en pequeña cantidad son SO_4^- , HCO_3^- , Ca^{++} y Fe^{++} . Su residuo seco a 110° C es de 100 mg./l.

5.2. BALNEARIO FUENTE AMARGOSA DE TOLOX (Málaga),

Brota en una zona de peridotitas, de un batolito ultramáfico que se ha alterado superficialmente en serpentina. Las diseminaciones de metales formadas al consolidarse el batolito, junto con la existencia de silicatos de K, Na, Li, Mg, Al, Fe y Ra explicarían su presencia en las aguas del manantial. Las fallas producidas bien en el enfriamiento magmático, bien por efectos tectónicos establecieron sus vías de circulación. El caudal es de 14500 l/d.

Calidad: Los Cl^- con 54 mg./l., Na^+ con 45 mg./l., CO_3^{--} con 42 mg./l. y Mg^{++} con 12 mg./l. El residuo seco es de 281,6 mg./l. El pH=10,4 (básico). Surgen a una T^a constante de 21°C. Además del caudal líquido hay 9.500 cc. de gases/día. En cuanto a las determinaciones microbiológicas más recientes no se observan signos de contaminación bacteriológica.

CONCLUSIONES.

De los datos obtenidos en su momento se deduce que las aguas de los manantiales de los balnearios andaluces asociadas a unos contextos geológicos particulares presentan un estado satisfactorio, no habiéndose detectado, salvo últimos acontecimientos, agentes contaminantes inorgánicos, orgánicos y bacteriológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDAYA, F.; GARCIA DUEÑAS, V. (1980): "Memoria del Mapa Geológico de España. E. 1.200.000. Síntesis de la Cartografía existente." NQ 84-85, Almería-Garrucha. IGME. Madrid.
- ARMIJO CASTRO, F.; LEAL, M.; MARAVER EYZAGUIRRE, F. (1993): "Análisis actual y consideraciones sobre las aguas de La Capuchina (Lanjarón)". Comunicación presentada en las "II Jornadas Andaluzas de termalismo". Inédita.
- ARMIJO VALENZUELA, M.; SAN MARTIN BACAICOA, J. (1994): "Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia. Helioterapia". Ed. Complutense. Madrid.
- ARNOZAN, X. (1914): "Hidrología Médica". Imprenta Casa Vidal. Madrid, 3-10.
- CARVAJAL NUÑEZ, V. (1991): "Estudio científico del Balneario de Marmolejo y su entorno". Tesis Doctoral inédita de la Facultad de Medicina de Sevilla.
- CRUZ CANTERO, J. (1986): "España. Balnearios. Guía de Estaciones Termas". Improtur. Secretaría General de Turismo.
- GILBERT, A.; CARNOT, P. (1915): "Crenoterapia, climatoterapia, talasoterapia". Ed. Salvat. Barcelona.
- LOPEZ AZCONA, J. M. (1971): "Memoria Histórica de las Aguas Mineromedicinales de Sierra Alhamilla, Almería." Real Academia de Farmacia. Madrid.
- ITGE (1990): "Evaluación del estado actual de la calidad de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía" ITGE-JUNTA DE ANDALUCÍA.
- MANZANAQUE, M. (1932): "Estudio químico de las aguas medicinales de Marmolejo". Imprenta Juan Bravo. Madrid.
- SAN JOSE ARANGO, C. (1988): "Memoria del Balneario y las Aguas de Lanjarón (Granada)". Inédita. Biblioteca de la Escuela de Hidrología Médica e Hidroterapia. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense. Madrid.
- SAN JOSE ARANGO, C. (1991): "Estudio hidrológico del Balneario de Fuente Amarga de Chiclana (Cádiz)" Tesis doctoral en edición microfilmada. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.