Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68:

Balnearios de Alhama de Granada. Historia y generalidades

LEÓN VILLANÚA FUNGAIRIÑO

Comisión para el estudio de los manantiales de aguas minero-medicinales.

Real Academia Nacional de Farmacia. Calle Farmacia 11.- 28004 MADRID (España)

RESUMEN

Se hace una breve reseña de la situación geográfica de la villa de Alhama de Granada y de los Balnearios existentes, con una breve historia de diversas vicisitudes por las que han pasado y sus generalidades.

Palabras Clave: Agua minero-medicinal. Balnearios de Alhama de Granada. Alhama de Granada.

SUMMARY

Spa of Alhama (Granada)

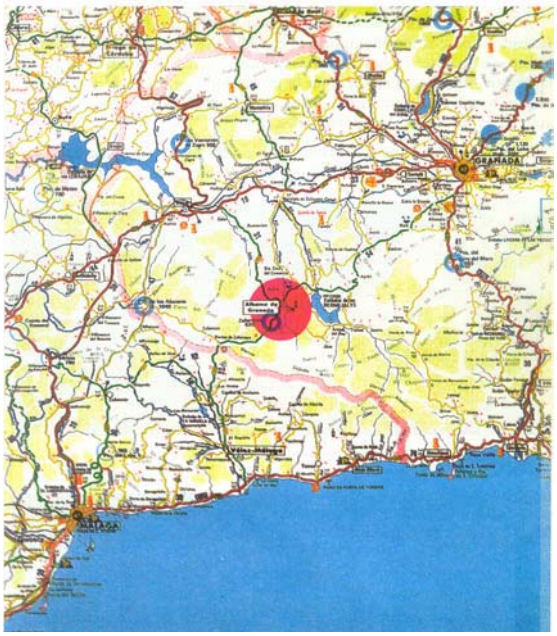
An account of the geographical position of the Alhama village (Granada) and their Spa is given, including a brief history of the different vicissitudes inferred and their generalities.

Key words: Minero-medicinal water. Spa of Alhama (Granada)

Alhama de Granada.

En la provincia de Granada, se encuentra la villa de Alhama que pertenece al Partido Judicial de Loja, Audiencia Provincial de Granada y Tribunal Superior de Justicia de Andalucía y asimismo pertenece a la Diócesis Eclesiástica de Granada.

La situación geográfica corresponde a 37º 0,18" de latitud Norte a 3º 59' 55" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 850 m sobre el nivel medio del mar Mediterráneo en Alicante. El núcleo de la población está situado en coordenadas X-U.T.M 412500 Y-U.T.M 409600.



Alhama se encuentra en la carretera de Alcalá la Real a Torre del Mar a 58 kms. de Granada capital, a 49 kms. del litoral Mediterráneo en

Torre del Mar (Málaga), a 79 kms. de Málaga (capital) y a 26 kms. de la Autovía A-92, (Salidas: 197 Salar/Alhama y 211 Moraleda de Zafayona/Alhama).

Sobresale el singular fenómeno erosivo de los impresionantes "tajos" por los que discurre el río Alhama (o Río Merchan) que atraviesa la ciudad. Al sur-este, a 12 kms., se encuentra el Pantano de Los Bermejales. Al sur de la villa de Alhama se encuentra el Parque Natural de las Sierras Tejeda y Almijara.

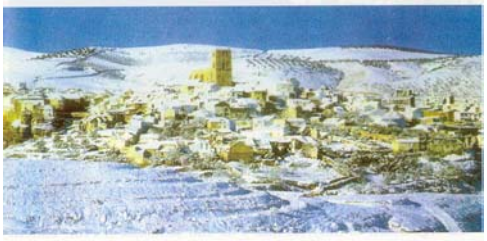
El entorno comarcal de Alhama está constituido por Agrón, Arenas del Rey, Cacín, Chimeneas, Escúzar, Játar, Jayena, La Malahá, Santa Cruz del Comercio, Ventas de Huelma, Ventas de Zafarraya y Zafarraya.

La vegetación es muy variada y de ella se ocupa el Prof. Ladero en el capítulo correspondiente de esta memoria.

A unos 6 kilómetros, antes de llegar a Alhama, los ríos Cerezal y Nacimientos se unen formando el río Alhama (ó Merchan) abundando en sus márgenes hermosas y frondosísimas alamedas. Antes de pasar por Alhama, el río origina la presa del "Ventorro de Bernardo", la que, a través de un túnel, traslada el caudal excedente del Merchan al Pantano de los Bermejales.

Tiene un clima mediterráneo, que es estudiado por Blanca Martínez del Amo en el capítulo correspondiente de esta Memoria.

Los célebres e impresionantes "tajos".



La villa de Alhama nevada.

El origen de la villa de Alhama está demostrado por los estudios arqueológicos y los textos históricos de Plinio, Ptolomeo y el Anónimo de Rávena que destacan la importancia de Alhama en la Edad Antigua.

Alhama, en tiempos de Plinio se denominaba Artigi aunque en ediciones modernas de los textos de Plinio (Venecia 1472) pone Stici y Hardinno en otra edición pone Stigi.

Alhama perteneció a los túrdulos, y estuvo adscrita al Convento Jurídico Cordubense. Al hacerse cargo los árabes del territorio, esta población continuó destacando en importancia, pero los árabes sustituyeron el nombre de Artigi por el de Alhama, que llegó a ser una de las mejores fortalezas del territorio, de lo que quedan algunos vestigios.

En el año 886, el príncipe Al Mundir, hijo del emir Muhammad con motivo de una expedición contra los "rebeldes del sur" sitió en Alhama a Harith ben Hamdun, jefe de los Bann Rifa. El príncipe, que rechazó una vigorosa salida de los sitiados, tuvo que abandonar el asedio y trasladarse a Córdoba por la muerte de su padre y hacerse cargo del trono.

Hacia el primer tercio del siglo XIII el rey Fernando III el Santo en una de sus incursiones en territorio árabe llegó hasta Alhama donde produjo bastantes bajas entre la población, llevándose cautivos un elevado número de sus habitantes.

Después de que el Rey de Granada tomara por asalto la descuidada fortaleza de Zahara, los cristianos tomaron toda clase de precauciones. Entre tanto el caballero don Diego de Merlo, asistente de Sevilla y don Rodrigo Ponce de León, Marqués de Cádiz, proyectaron tomar a los árabes alguna fortaleza importante y enviaron exploradores para que reconociesen algunas villas de la frontera enemiga y estudiar las posibilidades de una sorpresa. Eran los últimos días de febrero de 1482, cuando, caminando de noche, a pesar del excesivo frío y ocultándose al rayar el alba llegaron los cristianos a un valle cercano a Alhama, que hoy se llama Dona. Allí el Marqués de Cádiz reveló a los soldados el objetivo de la expedición. Seguidamente mandó que descabalgasen trescientos escuderos, que provistos de escalas y bajo las órdenes del Comendador Martín Galindo siguieron a Juan Ortega de Prado, capitán de escaladores. Al anochecido, cuando los escaladores llegaron a las murallas de Alhama, guiados por Ortega de Prado, las tomaron al asalto y posteriormente se precipitaron

sobre la descuidada villa. Amanecía el 1 de marzo cuando los soldados de Ortega descendieron desde la alcazaba a la ciudad abriendo una de sus puertas por las que entró el ejército cristiano tomando posesión de la villa para la corona de Castilla.

Tal pesadumbre produjo en el rey granadino, la toma de Alhama, por los cristianos, que reunió inmediatamente y atacó varias veces la villa para recuperarla a toda costa, sin conseguirlo. Por ello resolvió, quitarles el agua a los cristianos desviando el curso del río. Agotados los depósitos de agua, la situación se agravó. Pero la hidalguía de otro caudillo cristiano, el duque de Medinasidonia a pesar de su enemistad con el marqués de Cádiz, acudió en su socorro y los árabes tuvieron que levantar el cerco. Asegurada la fortaleza, se marchó el marqués de Cádiz, quedando como jefe de la guarnición y primer alcaide Diego de Merlo.

Cuando los Reyes Católicos comenzaron a realizar su plan para arrojar de la península a los árabes, la toma de Alhama fue el hecho más trascendental e importante, pues tuvo como consecuencia posterior la conquista de Granada en 1492.

Tras la rendición de Granada, la historia de Alhama corrió paralela a la del Reino. Años de esplendor y grandeza siendo una ciudad importante y elogiada incluso por Miguel de Cervantes.

El día 2 de febrero de 1810 fue ocupada la ciudad por las tropas francesas de Napoleón, que penetraron a sangre y fuego. Muchas fueron las víctimas de esta invasión. Una contribución de cien mil reales, pedida de puerta en puerta salvó la vida a muchos alhameños pendientes de ser fusilados. El 17 de agosto de 1812 abandonaron Alhama los franceses entrando días más tarde las guerrillas del general Ballesteros.

En el año 1884, el 25 de diciembre, cuando se celebraba la Navidad se registró el terrible terremoto que destruyó 1479 casas causando más de 300 muertos y 500 heridos. A los pocos días llegó el rey Alfonso XII acompañado de los ministros de la Gobernación y de la Guerra para impulsar los trabajos de reconstrucción de Alhama y de su comarca que estaba igual o en peores condiciones.

Alhama se destacó a lo largo de los siglos por su lucha y hechos en contra de la injusticia, sobresaliendo en los sucesos conocidos por "Motines del hambra" (1647-1652), proclamando la necesidad de concor-

dia entre todas las culturas y pueblos, lo que se refleja en la Proclama de Alhama que se redactó con motivo del DX Aniversario de la Toma de Alhama por la corona de Castilla.

Mudos testigos de la historia de Alhama de Granada son los vestigios y monumentos del pasado que se conservan desde la Prehistoria hasta nuestros días: Hombre del Neolítico Antiguo, íberos, fenicios, cartagineses, romanos, visigodos, musulmanes... todos han dejado importantes huellas de su paso y permanencia en Alhama de Granada:

Vestigios del Neolítico en las márgenes del río Merchan, la Cueva de la Mujer donde se han encontrado importantes materiales arqueológicos de una época comprendida entre el año 3.500 y el 1.500 (antes de Jesucristo) .

La Cueva del Agua, situada junta a la anterior, ocupada desde el Neolítico, piezas de cerámica, cuchillos de sílex, hachas pulimentadas y brazaletes de calcita.

La sima de Enríquez en la que se han encontrado enterramientos prehistóricos así como la Virgen de la Dona (siglo XV).

El Puente Romano, de un solo arco, que data del Siglo I (antes de Jesucristo), situada a unos cien metros del nuevo puente del Balneario, que durante siglos formaba parte de la histórica ruta para llegar a Alhama.

El Barrio árabe es un núcleo de la villa constituido por calles, plazuelas y rincones de puro estilo musulmán. En la parte más antigua de este Barrio existen unas cavidades abiertas en la roca, que fueron destinadas, en la época nazarí, tanto a silos para granos como a mazmorras en algunas ocasiones.

Las fortificaciones fueron célebres a través de los tiempos y actualmente se pueden ver algunas torres vigías en los alrededores de la ciudad, como la de Torresolana. Lo principal de dichas fortificaciones es el Castillo que se levantó sobre el que construyeron los árabes, siendo de gran presencia en el mismo corazón de la ciudad.

Isabel la Católica dispuso la fundación de tres iglesias en las principales mezquitas de la ciudad. En la actualidad Alhama de Granada dispone de varias iglesias: Iglesia de la Encarnación (siglos XV a XVI), la Iglesia del Carmen (Siglos XVI a XVIII). Las iglesias de las Angustias y

la de los Remedios que se conserva como reliquias pudiendo apreciar la belleza que tuvieron.

El convento de San Diego que se levantó sobre la antigua ermita de la Virgen de la Cabeza.

El hospital de la Reina, que fue el primer Hospital de Sangre del Reino de Granada: Se inició su construcción hacia 1485, en plena Guerra de Granada, terminándose hacia 1540.

También se conservan la Casa de la Inquisición restaurada. Es una muestra representativa del gótico isabelino. Y la Cárcel, que aunque en la fachada indica que es de la época de Carlos III, es del siglo anterior.

El Acueducto del Río, que se conoce con el nombre del "Arco romano" se construyó verdaderamente en el siglo XVI.

La fuente denominada Caño Wamba es quizá la más antigua, fue construida en el siglo XVI y se conservan en ella los escudos de los Reyes Católicos y del Emperador Carlos I.

Por los distintos lugares de la ciudad se pueden contemplar muchos blasones que pertenecieron a personajes de alto linaje que nacieron, residieron y murieron en Alhama.

El escudo de Alhama de Granada (véase página). Según Raya (3): "la fecha exacta de su creación escapa por el momento a nuestro conocimiento, su origen se pierde en la historia y no conocemos documentación que permita precisarla con exactitud, aunque, como veremos seguidamente, se puede situar en las postrimerías del siglo XV.

En 1514, la Reina Juana, confirma a Alhama el Fuero nuevo que tenía aprobado la ciudad de Vélez-Málaga, pues este era igual, aquel se había perdido en uno de tantos pleitos que mantuvo el Concejo. Este Fuero, cuya fecha es de 7 de junio de 1495, recoge ya la existencia de unas armas en el pendón de Alhama: **"..... hordenamose mandamos que aya pendón pintado con las armas del concejo que nos le dieremos, el qual lleve cuando fuere menester salir el pendón con la gente de cibdad, el agualzilmaior...."**. De lo anteriormente dicho se derivan dos observaciones: la primera es que la creación de este escudo dimana directamente de la voluntad real, contenida en la reglamentación concejil tras la creación

del cabildo. Y la segunda es que para el 28 de septiembre de 1514 Alhama ya ostentaba pendón con las armas de la ciudad.

En cuanto a la descripción del escudo: "En campo de azur, castillo de sable, surmontado de granada en oro y gules, traspasada por una flecha: en las almenas, dos brazos que empuñan sendas llaves en su color; y tres escalas, dispuestas en los flancos diestro y siniestro, con una tercera en punta. Por timbre, corona de los Infantes de España; y en divisa, los títulos de **Muy Noble y Leal Ciudad."**

LOS BALNEARIOS

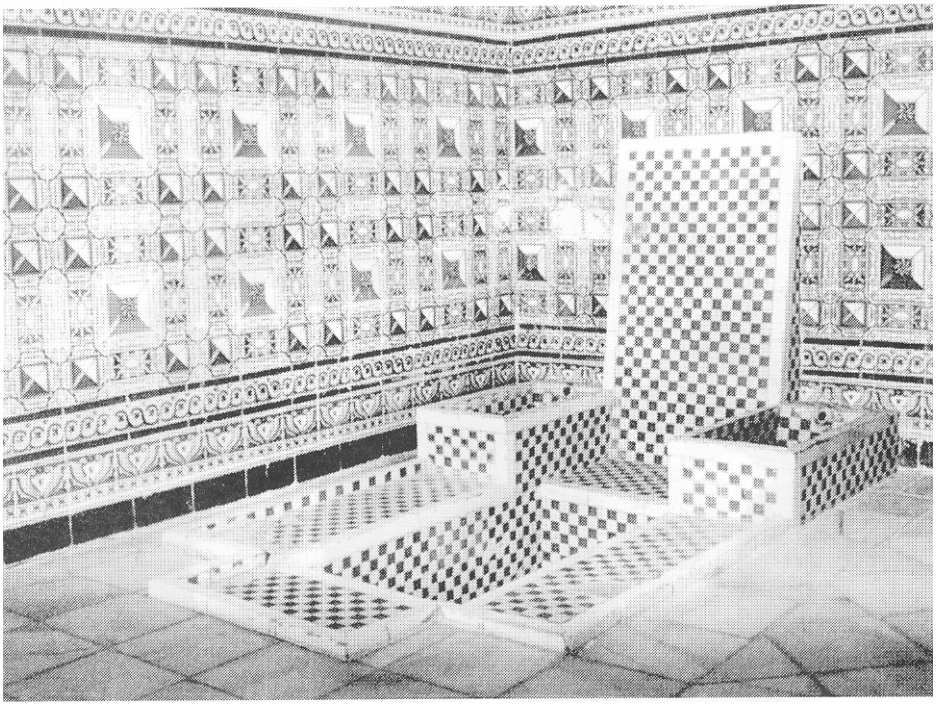
A unos tres kilómetros de distancia, al Norte de Alhama, tras penetrar por un hermosísimo paisaje que constituye el conjunto de tajos, vegetación y carretera tendiendo al fondo el cauce del río, se llega a donde se encuentran los dos manantiales de aguas minero-medicinales (termales). Balnearios de Alhama de Granada. En la actualidad es propietaria de los Balnearios la sociedad denominada Balnearios de Alhama de Granada, S.A., aunque con el trascurso del tiempo los accionistas hayan cambiado y ya no sean los descendientes de los que constituyeron la Sociedad, que actualmente está dirigida por Dña. Asunción Rodríguez Ros (Farmacéutica).

Los manantiales están descritos en detalle, por primera vez, por D. Alfonso Limón Montero en su libro "Espejo cristalino de las aguas de España" haciendo un análisis exhaustivo de las propiedades terapéuticas de sus aguas.

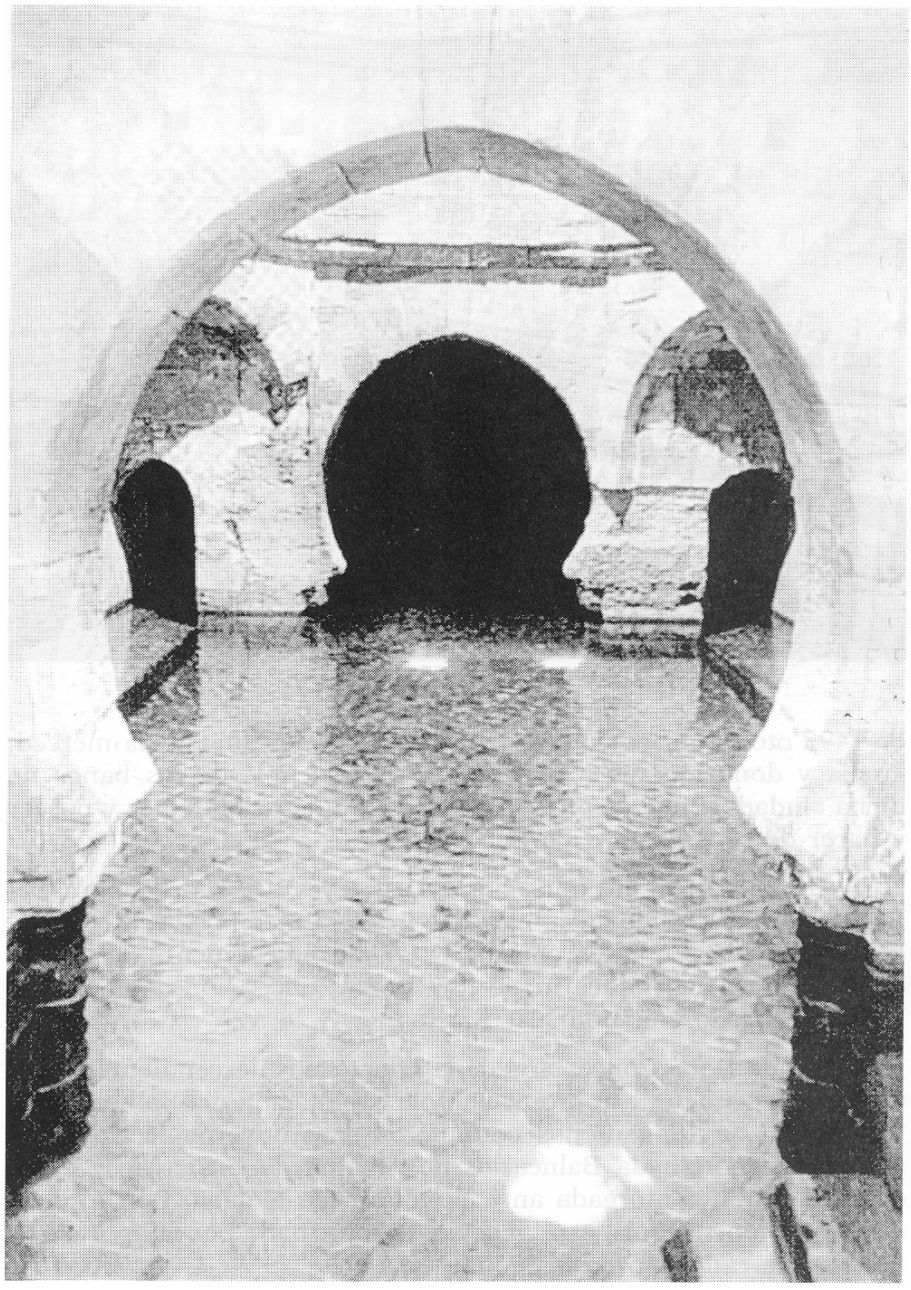
Los dos manantiales independientes, distan entre sí unos 600 a 750 metros junto a una serie de establecimientos que más adelante detallaremos. Todo ello constituye una finca de una extensión superficial de 42.000 metros cuadrados sita en el término municipal de Alhama de Granada.

Baño viejo

Baño viejo y Baño nuevo tienen distinta época de origen, mientras que el Baño viejo ya existía en Artigi, cuando los túrdulos y cuando los romanos, que le cambiaron el nombre de Artigi por el de Artigi Juliensis y construyeron un edificio cuya base todavía se conserva como basamenta de la zona del manantial (Siglo I d.c.). Por el contrario el manantial del **Baño nuevo** surgió a raíz del terremoto que asoló la región el 25 de diciembre de 1884.



Pero son los árabes los que dan al poblado túrdulo el nombre de Alhama, en atención al manantial de agua caliente, que junto al mismo existe. Y son también los que realizaron en el siglo XII, sobre la basamenta romana la construcción del baño, que hoy se considera como una joya del arte nazarí.



A finales del siglo XV, los Reyes Católicos (Isabel y Fernando) incorporaron Alhama a la Corona de Castilla y el 10 de noviembre de 1495 otorgaron por una carta al Concejo de Alhama "la merced, gracia y donación pura, perfecta y no revocable de los baños de dicha ciudad, como propios de ella y para que pueda tener y poseer y hacer de ellos propios de la ciudad".

En el año 1836, en aplicación de las leyes desamortizadoras, el Balneario fue vendido en subasta pública, al único postor, D. José de la Fuente Vida. En 1884, con motivo de su fallecimiento, le sucede en el dominio del Balneario, su hija Doña Concepción de la Fuente Romero, casada con Don José Martos.

Fallecida Doña Concepción de la Fuente, sus descendientes mantienen un régimen de la propiedad y la explotación del Balneario. El 7 de junio de 1944 dichos comuneros constituyeron la Sociedad anónima denominada Balnearios de Alhama de Granada, S.A., en escritura pública otorgada ante el Notario de Málaga, Don Alfonso de Miguel Martínez. El capital social está formado por la aportación indivisa de cada uno de los comuneros.

La Declaración de Utilidad Pública del Balneario de Baño Viejo se concedió el 16 de abril de 1869 siendo publicado en la Gaceta de Madrid en dicha fecha. Asimismo el manantial termal figura como tal en el Anexo del Decreto Ley de 25 de abril de 1928.

En cuanto al Balneario de Baño Nuevo, tras el terremoto y afloramiento de las aguas en 1884, compra los terrenos donde se hallaba el manantial, Don Rafael Calle, de quien, en fecha ignorada, los adquiere Doña Concepción de la Fuente quedando los mismos integrados en la Comunidad de bienes antes citada, para posteriormente, en 1944 pasar a formar parte también de la Sociedad de Balnearios de Alhama, S.A. a la que nos hemos referido antes que reúne los dos manantiales: el Baño viejo y el Baño nuevo.

Respecto a la Declaración de Utilidad Pública del Baño nuevo está incluido en el Anexo del Real Decreto-Ley de 25 de abril de 1928.

El Perímetro de protección de los Balnearios era el que estableció el artículo 9º del Real Decreto Ley de 25 de abril de 1928: Cuadrilátero de nueve hectáreas, que tomando como centro la fuente, (pozo o manantial) se extiende a 150 metros por cada uno de los puntos cardinales.

En noviembre de 1999, se solicitó a la Junta de Andalucía (Consejería de Trabajo e Industria) una ampliación del Perímetro de protección, actualmente por Resolución de 1 de marzo de 2001, se amplió el Perímetro a ocho cuadrículas mineras (240 hectáreas aproximadamente).

Dirección médica

Aunque los datos que constan en los archivos de la Sociedad Balnearios de Alhama, S.A. son muy deficientes y confusos, debido a que los auténticos fueron destruidos durante la Guerra Civil (1936-1939) a continuación indicamos el nombre de algunos de los médicos directores:

- Año 1760 D. José Fernández Mieres: Médico titular de Alhama y sus baños.
- Año 1855 D. Juan Perales que fue autor de la Memoria de Hidrología Médica de los Baños de Alhama de Granada editada en Granada (imprenta de Gerónimo Alonso).
- Años 1887-1889 D. José Sánchez Rodríguez
- Año 1890 D. Benito Mingorance Cabezas.
- Años 1891-1893 D. Francisco Gallegos
- Años 1894-1895 D. José Barrientos
- Años 1896-1898 D. Aquilino Reyes Escribano
- Años 1899-1919 D. Miguel Peña López
- Años 1920-1926 D. Antonio Álvarez Cienfuegos y Cobos
- Años 1927-1929 D. Arturo Daza
- Año 1929 D. José María Casado
- Años 1948-1959 D. Manuel Alemany
- Años 1960-1981 D. Emilio Muñoz Fernández.
- Años 1982-1988 D. Germán Castillo Prados

- ❖ Años 1989-1996 D. José Luis Ramos Peña
- ❖ Años 1997-1998 Dña. Nuria Gonzalo García
- ❖ Años 1999 y siguientes D. Juan Carlos Arcos Sánchez que actualmente es quien desempeña dicho cargo.

Alojamientos:

Cada una de las estaciones termales de Alhama de Granada conocidas desde antaño como "Baño viejo" y "Baño nuevo" tienen su propio manantial, gabinete de baños y hotel denominados respectivamente Hotel Balneario Baño viejo *** y Hotel Balneario Baño Nuevo*, separados entre sí, como ya dijimos, unos 600 a 750 metros, por un parque de exuberante arbolado, con un camino que les une, en perfecto estado de conservación. Cada uno de los Hoteles dispone en su interior con su propio gabinete de baños e instalaciones para mayor comodidad de los enfermos.

En primer lugar se encuentra situado en el **Hotel Balneario Baño Viejo *** ** que consta de un edificio, con un cuerpo principal con un patio central y un ala lateral a la derecha de aquél. Tiene edificadas tres alturas, la planta baja más dos pisos superiores. Dispone de dos ascensores que dan acceso a las tres plantas y al gabinete de baños.

El hotel cuenta con 116 habitaciones (106 dobles y 10 individuales), lo que hace un número total de 222 plazas disponibles.

Dispone de los servicios de comedor, lavandería, cafetería, salones de estar, televisión con mando a distancia y teléfono en todas las habitaciones, calefacción central, capilla, aparcamiento vigilado, servicio de habitaciones, peluquería, telepago, custodia de valores y piscina termal exterior.

El gabinete de baños está situado en la planta baja del edificio, junto al manantial. En la planta primera, encima del gabinete de baños, se encuentran las consultas médicas, y los departamentos de inhalaciones, fisioterapia, parafangos y masajes.

El **Hotel Balneario Baño Nuevo*** consta igualmente de un cuerpo principal con un patio central y un ala lateral. Tiene edificadas dos al-

turas: la planta baja más una planta superior solamente, teniendo también un ascensor que da acceso a las plantas y al gabinete de baños.

Cuenta con un total de 66 habitaciones (64 dobles y 2 individuales) lo que hace un total de 130 plazas disponibles.

Dispone de los servicios de comedor, dos salones de televisión exterior.

El gabinete de baños se encuentra en la planta baja del edificio junto a la consulta médica y el departamento de inhalaciones.

Como ya hemos dicho antes, en el parque de la finca se encuentra situada la piscina termal al aire libre, que se alimenta solamente con agua del manantial, contando con las instalaciones reglamentarias: depuración, vestuarios de señoras y caballeros, aseos y bar.

Agradecimiento:

Como Presidente de esa Comisión deseo expresar nuestro agradecimiento a Doña Asunción y Doña Mercedes Rodríguez Ros, de los Balnearios de Alhama de Granada, por las atenciones y facilidades que han dado a los miembros de esta Comisión, autores de los capítulos de esta Memoria, que se desplazaron en su día para cumplir su cometido. Les agradezco asimismo la Bibliografía y documentos que nos han facilitado.

BIBLIOGRAFÍA

(1) *Información facilitada por Dña. Mercedes Rodríguez Ros.* Administradora de los Balnearios de Alhama de Granada.

(2) GARCÍA MALDONADO, A. – *Alhama de Granada, Tierra de Belleza e Historia*. (Guía turística publicada por el Ayuntamiento de Alhama de Granada). Impresa en Gráficas San Pancracio S.L.- Málaga.

(3) RAYA RETAMERO, S.- *El Blasón Heráldico de la Muy Noble y Leal Ciudad de Alhama de Granada*. Copy Centro Granada S.L. Granada 1977.

(4) GARCÍA MALDONADO, A.- *La Comarca de Alhama, Pueblo a pueblo.* (Editado por la Mancomunidad de Municipios de la Comarca de Alhama. (1999). Gráficas San Pancracio, S.L. Málaga).

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68

Análisis físico-químico de las aguas del Balneario de "Alhama de Granada" (Granada)

Mª ESPERANZA TORIJA ISASA; Mª TERESA ORZÁEZ VILLANUEVA; MERCEDES GARCÍA MATA; Mª. DOLORES TENORIO SANZ Y JOSE MANUEL PRADEÑA LOBÓN

Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología. Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 – Madrid

RESUMEN

En la primera parte de este trabajo se recogen los antecedentes analíticos que se refieren a las aguas del balneario de "Alhama de Granada", sito en la población del mismo nombre (Granada). A continuación se incluyen los datos obtenidos en los diferentes análisis efectuados recientemente, y se establece la clasificación de las aguas motivo del trabajo.

Palabras clave: Agua minero medicinal; análisis físico-químico, balneario de "Alhama de Granada"

SUMMARY

Physico-chemical analysis of the minero-medicinal water of "Alhama de Granada" (Granada)

First shy, a brief historical review of the chemical analysis water performed by different autors has been done. Then the results obtained of the physico-chemicals analy-

sis of the water of "Alhama de Granada" baths in 2002 are reported by the autors of this paper.

Key words: Minero-medicinal water; physico-chemical analysis; "Alhama de Granada" baths.

Introducción

España es un país que cuenta con una gran variedad de aguas minero – medicinales que se han aprovechado a lo largo de los siglos en las más variadas instalaciones, en forma de balnearios o estaciones termales, y que en la actualidad están adquiriendo enorme interés como nueva forma de turismo o como modo de escape ante la agitada vida moderna.

El descubrimiento de las virtudes medicinales de las aguas es muy antiguo y los romanos tuvieron una parte muy importante en la difusión de su uso (1). A lo largo de más de veinte siglos dichas aguas se han utilizado y apreciado en numerosos pueblos, como los citados romanos o los árabes, que coincidieron en resaltar la función social de tomar las aguas (2). Pero, no será hasta los siglos XVI – XVII, cuando florezca en nuestro país un cierto interés por las aguas medicinales, entre las clases aristocráticas, que se interesan por el termalismo y, más aún, por la terapia de las aguas (3). En la actualidad han surgido en torno a los Manantiales de Aguas Minero – Medicinales, Estaciones termales, con el fin de ofrecer a sus clientes – pacientes la posibilidad de una mejora en la salud (2).

Según comenta Sánchez Ferré (3), aunque con antecedentes en la época romana, se conocen las descripciones efectuadas por el médico R. Tomé en su Tratado de 1791, sobre algunos modestos establecimientos para la toma de baños medicinales en los distintos Reynos, Señoríos y Principados del país; entre ellos destacan: Fuencaliente, Trillo, *Alhama de Granada*, Archena, Fitero, etc.

Así pues, entre los balnearios de nuestro país, destaca el Balneario de Alhama de Granada, situado en la provincia de igual nombre, a una altura de 800 metros, a 56 Km de Granada y 80 de Málaga, como se indica en el tríptico de propaganda del propio balneario.

Según consta en las descripciones de este balneario, se aprecia su clara influencia árabe. De hecho, Alhama es palabra árabe que significa

aguas calientes, y que delata con su presencia los lugares donde fluyen aguas termales.

Las aguas del balneario que nos ocupa tuvieron uso medicinal desde el Neolítico. Los restos prehistóricos hallados en las cercanías (Cueva de la Mujer) demuestran la antigüedad de asentamientos humanos en la zona. También hay claros indicios del uso que los romanos hicieron de las aguas de Alhama, y en su época (s. I d.C.), se construyó la basamenta del actual balneario. Posteriormente, los árabes consolidaron la población cerca del manantial y edificaron sus baños. La alberca almohade del siglo XII, que se conserva en el balneario, es buena muestra de ello. Sus hermosos arcos califales descansan sobre cimentación romana y están cubiertos por un techo abovedado, debajo del cual brota el manantial más antiguo de Alhama de Granada. El nuevo, que brota a pocos metros, se descubrió siglos después, en 1884, tras un terrible terremoto cuyo epicentro pudo localizarse cerca de la zona. (Ver trabajo del Dr. Villanúa).

En lo que se refiere a las características de sus aguas, se indica que se trata de aguas medicinales, bicarbonatadas, magnésicas, sulfatadas y radiactivas (4) o bien, sulfatado cálcico-magnésicas, bicarbonatadas, radiactivas, con una enorme posibilidad en cuanto a tratamientos e indicaciones terapéuticas a los que se pueden aplicar dichas aguas (5). En el tríptico del propio balneario se dice que son: sulfatadas, cloruradas, cálcicas y magnésicas.

Antecedentes analíticos

En una publicación del año 1911, titulada "*Guía oficial de las aguas minero – medicinales y establecimientos balnearios de España*" se trata de aguas minerales salinas termales y se indican datos de las de Alhama de Granada (Baños de). En primer lugar se describe la situación, diciendo que "*esta ciudad se halla situada en la provincia de Granada, partido de su nombre (Alhama), á los 37º de latitud N. Y 1º 50´de longitud oriental del meridiano de Madrid, en una grande elevación sobre el*

río Merchan o Riofrío, que la baña y nace á una legua de distancia ..." y más adelante "*El manantial que los surte* (los baños) *nace con gran ruido de una roca caliza, y da la cantidad de 2,840 arrobas por hora. Según Ayuda, en el arco de frente de la puerta de los baños habia, y él leyó, una inscripción que decía: "El día del terremoto del año 1755 se aumento el caudal una mitad"*

Se dice que el agua es clara, transparente, inodora, insípida y después de enfriada queda como la mejor potable, siendo su temperatura de 36ºR.

Los análisis a los que se hace referencia se deben a D. Juan de Dios Ayuda, y se dice textualmente que sesenta libras del agua de Alhama contienen:

Gas ácido carbónico	corta cantidad
" sulfidrico	bastante
Cloruro magnésico	4 granos
" sódico	30 "
Sulfato magnésico	20 "
" cálcico	10 "
Carbonato magnésico	15 "
Ácido silícico	3 "

Más adelante cita que "*La análisis hecha por el profesor de química de Oxford Mr. Dauveny, en 1843, merece mas confianza, y su resultado fue el siguiente: Doce libras castellanas de agua mineral dan un residuo de 42 granos de peso, que contiene: ...*" los datos que se incluyen a continuación:

Gas ázoe	
" ácido carbónico	cantidad indeterminada
Hidroclorato magnésico	7 granos
" cálcico	3 "

Sulfato magnésico	10	“
“ cálcico	8	“
Carbonato cálcico	8	“
Acido silícico	2	“
Pérdida	4	“

Y continúa: “*Dícese que después de los terremotos ocurridos en aquel país en 1835, se saturaron mas las aguas de principios sulfurosos, pero la análisis de Dauveny lo contradice, y en el día la falta de olor y sabor sulfurosos y la de todo sedimento viene en apoyo de la opinión de este profesor. Así, pues, y mientras otros trabajos analíticos no fijen definitivamente su naturaleza, las consideraremos por su temperatura como termales, y por su composición química como salinas*”.

En la Agenda del químico (6) se indica que para convertir una libra de agua en pulgadas cúbicas hay que multiplicar por 27,68, o para convertir en pies cúbicos, habría que hacerlo multiplicando por 0,016033; en ambos casos, posteriormente se podría hacer la conversión a centímetros cúbicos.

En la información de un tríptico (que no tiene fecha), para la difusión y divulgación de las características de los Balnearios de Alhama de Granada se indica que son “*Las aguas mas termales y azoadas de Andalucía*” y se citan datos sobres sus características. Así, se dan cifras de gases, asociación hipotética de los iones, análisis cuantitativo y composición cuantitativa, según se incluye a continuación (se ha respetado la nomenclatura).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

UNIONES (-)	CATIONES (+)
Sulfúrico	Cálcico
Carbónico	Magnésico
Cloro	Sodio
Silícico	Ferroso
Nítrico	Amónico
Fosfórico	Potasio
Flúor	Aluminio

COMPOSICIÓN CUANTITATIVA

Sulfúrico	(SO_4)	0,173755	0,001802	molfones
Carbónico	(CO_3)	0,120215	0,002003	"
Cloro	(CL)	0,058800	0,001658	"
Silicico	(SiO_3)	0,069400	0,000911	"
Nítrico	(NO_3)	0,003031	0,000050	"
Fosfórico	(PO_4)	0,001815	0,000019	"
Flúor	(F)	Indicios		
Calcio	(Ca)	0,067649	0,001696	"
Magnesio	(Mg)	0,027600	0,001131	"
Sodio	(Na)	0,001992	0,001992	"
Ferroso	(Fe)	0,000011	0,000011	"
Amónio	(Nh_4)	0,000048	0,000048	"
Potasio	(K)			
Alumino	(Al)	Indicios		

GASES

Composición de los que se desprenden espontáneamente.

Cada 100 volúmenes contienen:

Anhídrido carbónico	2,30
Nitrógeno	97,70

ASOCIACIÓN HIPOTÉTICA DE LOS IONES

Cada litro de agua contiene

Sulfato cálcico	0,184096
Sulfato magnésico	0,033380
Sulfato sódico	0,024491
Bicarbonato cálcico	0,102912
Bicarbonato magnésico	0,074561
Bicarbonato ferroso	0,001277
Cloruro sódico	0,072801
Cloruro magnésico	0,018477
Acido metasilicico	0,041932
Metasilicato sódico	0,048421
Nitrato amónico	0,003910
Fosfato trisódico	0,003103
Materia orgánica	0,001561
Sal potásica – Sal aluminica y fluoruros	Indicios

El propio Balneario elabora y difunde un tríptico en el que se incluyen análisis realizados en el Departamento de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de Granada, del mes de noviembre de 1989. En él se indican las características de las aguas de los baños, que se incluyen a continuación.

	BAÑO VIEJO	BAÑO NUEVO
Caracteres organolépticos		
Turbidez	0,5	0,7
Caracteres físico-químicos		
pH	7,0	7,3
Conductividad en microS/cm	1017	1106
Cloro libre ppm	0,0	0,0
Amoniaco	Ausencia	Ausencia
Nitritos	Ausencia	Ausencia
Nitratos	4 mg/l	4 mg/l
Oxidabilidad al permanganato	1,6 mg/l	0,6 mg/l
Cloruro mg/l	69,5	70,9
Sulfatos mg/l	174,7	195,5
Calcio mg/l	111,2	120,8
Magnesio mg/l	29,4	42,2
Dureza total mg/l (en CO_3Ca)	40ºFr	48ºFr
Residuo seco mg/l	707 mg/l	791 mg/l

Mas adelante, en 1999, se realizan los análisis normales de potabilidad del agua en los laboratorios de Gestión Sanitaria del Agua, de Granada, nuevamente referidos a los dos balnearios o baños y a solicitud del Balneario de Alhama de Granada.

Los datos obtenidos para ambos baños son los que se recogen más adelante. En ambos está recogida la fecha y hora de toma de las muestras, la localización con su clave y el nombre del analista con su número de colegiado, indicando además el valor límite señalado en la Reglamentación Técnico-Sanitaria (7) para aguas potables, como referencia. Además de los datos físico-químicos, se incluyen los correspondientes a los microbiológicos, que no incluimos en este trabajo.

Por último aparece la firma de la directora técnica, que es ilegible.

Balneario Viejo			
Parámetros	**Resultados**	**Unidad**	**Valor límite**
pH	7,40	pH	Mín: 6,50/Máx: 9,50
Conductividad a 20ºC	858,00	µS/cm	Guia: 400
Temperatura	40	ºC	Máximo: 25
Cloruros	56,7	mg/l Cl	Guía: 25
Calcio (en Ca^{++})	68,13	mg/l	Guía: 100
Magnesio (en Mg^{++})	31,6	mg/l	Máximo:50
Aluminio (en Al^{+++})	ND	mg/l	Máximo: 0,2
Hierro	0,03	mg/l	Máximo: 200
Manganeso	ND	mg/l	Máximo: 50
Cobre	ND	mg/l	Guía: 100
Materias suspensión		mg/l	Guía: Ausencia
Residuo seco	655	mg/l	Guía: 1500
Dureza total (en Ca)	120	mg/l	Ablandadas: 60
Alcalinidad (en HCO_3^-)	189	mg/l	Ablandadas: 30
Cloro Residual Libre	0,00	mg/l	Min: 0,20/ Máx: 0,80
Amonio (en NO_4^+)	ND	mg/l	Máximo: 0,50
Nitritos (en NO_2^-)	ND	mg/l	Máximo: 0,10
Nitratos (en NO_3^-)	1,8	mg/l	Máximo: 50
Oxidabilidad ($KMnO_4$)	1,28	mg/l O_2	Máximo: 5
Sulfatos (en $SO_4^=$)	144	mg/l	Máximo: 250
Olor	Normal		Normal

Sabor	Normal		Normal
Turbidez	0	UNF	Máximo: 6

Balneario Nuevo

Parámetros	Resultados	Unidad	Valor límite
pH	7,46	pH	Mín: 6,50/Máx: 9,50
Conductividad a 20ºC	979,00	µS/cm	Guia: 400
Temperatura	40	ºC	Máximo: 25
Cloruros	78	Mgl/l Cl	Guía: 25
Calcio (en Ca^{++})	96,7	mg/l	Guía: 100
Magnesio (en Mg	16	mg/l	Máximo:50
Aluminio (en Al^{+++})	0,04	mg/l	Máximo: 0,2
Hierro	ND	mg/l	Máximo: 200
Manganeso	ND	mg/l	Máximo: 50
Cobre	ND	mg/l	Guía: 100
Materias suspensión		mg/l	Guía: Ausencia

Residuo seco	1046	mg/l	Guía: 1500
Dureza total (en Ca)	122	mg/l	Ablandadas: 60
Alcalinidad (en HCO_3^-)	164	mg/l	Ablandadas: 30
Cloro Residual Libre	0,00	mg/l	Min: 0,20/Máx: 0,80
Amonio (en NO_4^+)	ND	mg/l	Máximo: 0,50
Nitritos (en NO_2^-)	ND	mg/l	Máximo: 0,10
Nitratos (en NO_3^-)	1,66	mg/l	Máximo: 50
Oxidabilidad ($KMnO_4$)	1,28	mg/l O_2	Máximo: 5
Sulfatos (en $SO_4^=$)	140	mg/l	Máximo: 250
Olor	Normal		Normal
Sabor	Normal		Normal
Turbidez	0	UNF	Máximo: 6

Actualización de los análisis

En el mes de julio (día 3) de 2001 a las 10 horas, se tomaron las muestras para efectuar los análisis correspondientes a la caracterización de las aguas de los baños de Alhama de Granada. Para ello, un equipo del Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, se trasladó a la localidad de Alhama de Granada para proceder a dicha toma de muestras de las aguas de los citados manantiales. Las muestras se denominaron "Baño árabe" (denominado en otros casos Baño viejo) y "Baño nuevo".

En función de los datos mencionados, vamos a intentar establecer sus características.

Si observamos la temperatura de las aguas motivo de análisis, al comparar con el Código Alimentario Español (CAE) (8) en su clasificación de las aguas minerales y de mesa, vemos que las de los baños de Alhama de Granada son aguas mesotermales (entre 30 y 50ºC). En lo que se refiere a la conductividad eléctrica (Tabla 1), según Rodier (9) las aguas analizadas son de mineralización importante, ya que da un margen entre 666 y 1000 μS/cm para dicho tipo de aguas.

Tabla 1.- Constantes físico - químicos

Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO
Temperatura ambiente	ºC	28,0	29,0
Temperatura del agua	ºC	40,5	42,5
Densidad	g/cc	1,0014	1,0014
pH	Unidades pH	6,8	7,4
Conductividad eléctrica a 20ºC	μS/cm	815,6	967,6

Este mismo autor indica que las aguas cuyo residuo seco a 180ºC se encuentra entre 500 y 1000 mg/L son de potabilidad pasable, por lo que nuestras aguas entrarían dentro de este grupo (Baño árabe 605,8 mg/L y Baño nuevo 814,8 mg/L, Tabla 2). Por su parte el CAE (8), en su clasificación de las aguas minerales y de mesa, en función de su residuo seco a 110ºC, las habría incluido en las de mineralización media (entre 500 y 1000 mg/L) y la Directiva comunitaria 80/777/CE, sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales (10) las clasificaría como de mineralización "casi fuerte".

Rodier (1998) comenta que, respecto a la dureza, las aguas de calidad aceptable deberán contener menos de 500 mg/L de carbonato cálcico, y si se superan los 600 mg/L son difícilmente utilizables. En nuestro caso, las aguas del Baño nuevo, superan ligeramente la cifra de 500 mg/L (515 mg/L de $CaCO_3$, Tabla 2).

Respecto al hidrógeno sulfurado en Rodier (9) se cita la cifra señalada por la normativa europea, en la que se considera que la cantidad de dicho compuesto debe ser inferior a 0,05 mg/L y que un agua con varias decenas de μg/L tendría olor característico (en nuestro caso entre 5 y 8 mg/L, Tabla 3).

Tabla 2.- Características generales

Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO
Residuo seco a 180ºC	mg/L	605,8	814,8
Dureza total ($CaCO_3$)	mg/L	415,0	515,0
Turbidez	FAU	< 1	< 1
Oxidabilidad al permanganto	mg O_2/L	3,03	3,90

Tabla 3.- Gases disueltos

Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO
Oxígeno	mg/L	0,77	0,47
Anhídrido carbónico	mg/L	5,5	5,1
Hidrógeno sulfurado	mg/L	6,0	7,7

Al observar los aniones (Tabla 4), Rodier (9) se refiere a los sulfatos, y comenta que en los terrenos cuya mineralización no es importante, el contenido estará entre 30 y 50 mg/L y en zonas con yeso puede llegar hasta 300 mg/L; nuestras aguas contienen entre 150 y 210 mg/L. La Directiva 80/777/CE (10) señala como agua sulfurosa la que contenga más de 200 mg/L de sulfatos, por lo que las del Baño nuevo (205,10 mg/L) entrarían dentro de esta categoría.

Tabla 4.- Cationes

Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO
Calcio (Ca^{2+})	mg/L	98,0	114,0
Magnesio (Mg^{2+})	mg/L	31,4	41,0
Sodio (Na^{+})	mg/L	60,0	75,0
Bario	µg/L	38,8	28,8
Estroncio	mg/L	2,3	3,1
Potasio (K^{+})	mg/L	7,8	10,4
Amonio (NH_4^{+})	mg/L	N.D.	Indicios (< 0,5 ppm)

La indicada Directiva comunitaria (10), al referirse a los iones, indica que un agua bicarbonatada contendrá más de 600 mg/L de este ión; un agua clorurada más de 200 mg/L de ión cloruro, para el cual Rodier (9) indica que en las aguas naturales el contenido es inferior a 50 mg/L. Nuestros datos son, para los bicarbonatos de 176,78 y 165,00 mg/L, y de cloruro de 63,58 y 77,70 mg/L, para los Baños árabe y nuevo, respectivamente.

Para que se considere, según la Directiva 80/777/CE (10), un agua fluorurada, deberá contener más de 1 mg/L de fluor; podemos decir, a este respecto, que se trata de aguas flururoruradas en los dos Baños (más de 2,0 mg/L).

En cuanto a los cationes (Tabla 5), la Directiva 80/777/CE (10) señala que un agua cálcica debe contener más de 150 mg/L de calcio para ser considerada como tal; más de 50 mg/L de magnesio para poder denominarla magnésica y más de 200 mg/L de sodio para poder definirla como sódica. Nuestros datos se encuentran en los tres casos por debajo de la cifra indicada para poder darles estas denominaciones.

Tabla 5.- Aniones

Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO
Bicarbonatos (CO_3H^-)	mg/L	176,8	165,0
Cloruros (Cl^-)	mg/L	63,6	77,7
Sulfatos (SO_4^{2-})	mg/L	158,2	205,1
Nitratos (NO_3^-)	mg/L	1,28	0,34
Nitritos (NO_2^-)	mg/L	N.D.	N.D.
Fluoruros (F^-)	mg/L	2,2	2,1
Sílice (Si)	mg/L	11,4	13,3

Entre los microelementos (Tabla 6) el que se encuentra en mayor proporción es el zinc, seguido del hierro, en el Baño nuevo. Rodier (9) comenta que en las aguas termales este elemento puede encontrarse hasta 10 mg/L; el arsénico se encuentra en una cantidad intermedia entre los dos elementos citados y el resto. El CAE (8), al tratar de las aguas minerales y de mesa indica que un agua arsenical es aquella que contiene más

de dos décimas de miligramo de arsénico inorgánico por litro de agua. Será fluorurada si contiene más de dos miligramos de flúor por litro.

Tabla 6.- Microelementos

Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO	Parámetro	Unidades	BAÑO ÁRABE	BAÑO NUEVO
Hierro	µg/L	11,0	45,0	Vanadio	µg/L	0,4	0,4
Manganeso	µg/L	13,4	0,4	Cromo	µg/L	1,2	1,1
Cobre	µg/L	0,3	0,4	Cobalto	µg/L	0,1	0,1
Zinc	µg/L	55,0	48,5	Níquel	µg/L	0,2	0,2
Plomo	µg/L	0,0	0,0	Arsénico	µg/L	28,3	23,8
Cadmio	µg/L	0,0	0,0	Molibdeno	µg/L	0,6	0,2
Aluminio	µg/L	0,5	1,5				

El CAE indicaba que las aguas arsenicales contienen más de 200 µg/L de este elemento y en nuestro caso el contenido es muy inferior: 23,8 (Baño nuevo) y 28, 3 (Baño árabe).

No se encontraron los contaminantes plomo y cadmio y el mercurio no pudo determinarse por encontrarse a niveles inferiores al límite de detección.

Comparando las aguas de los dos baños, podemos ver que las del Baño nuevo tienen un pH ligeramente superior, así como la temperatura y la conductividad eléctrica, lo que se traduce en un mayor contenido salino y dureza. En cuanto a los gases, el agua del Baño árabe tiene un contenido algo superior de oxígeno disuelto y algo menor de hidrógeno sulfurado. Los nitratos, sin embargo, aparecen en mayor cantidad en este último Baño.

Los microelementos también diferencian las aguas de los dos baños motivo de estudio; así el hierro es bastante superior en el Baño nuevo;

en lo que se refiere a este elemento, Rodier comenta que en las aguas termales este elemento puede encontrarse hasta 10 mg/L. Otros elementos que también se encuentran en mayor proporción en el agua del Baño nuevo son: aluminio y el estroncio.

Una vez comentados los resultados obtenidos en estas aguas, debemos resaltar que su clasificación no coincide con la denominación más ampliamente extendida, si consideramos las normas vigentes para aguas minerales naturales; no obstante esta normativa no debe aplicarse a las aguas que nos ocupan, ya que así se especifica en la misma (10) y deberemos esperar a la nueva normativa, a punto de salir, o a reglamentaciones específicas, para poder clasificarlas correctamente.

Bibliografía

(1) DEL MORAL CRESPO,J. *Contribución socio – económica de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Galicia* En Panorama actual de las aguas minerales y minero – medicinales en España. Editores J.A. López Geta y J.L. Pinuaga Espejel. Madrid. 2000.

(2) GRANDE HERRANZ, Mª. T. *Una visión de conjunto de las estaciones termales de España.* En: En Panorama actual de las aguas minerales y minero – medicinales en España. Editores J.A. López Geta y J.L. Pinuaga Espejel . Madrid. 2000.

(3) SÁNCHEZ FERRÉ, J. *Necesidad de conservación de nuestro patrimonio balneario.* En: Panorama actual de las aguas minerales y minero – medicinales en España. Editores J.A. López Geta y J.L. Pinuaga Espejel . Madrid. 2000.

(4) Página web: www.turismoynaturaleza.com/Balnearis/4981_1.htm

(5) Página web: www.balnearios.org/alhama_de_granada.html

(6) BLAS, L. *Agenda del químico*. M. Aguilar Editor. Madrid. 1942.

(7) REAL DECRETO 1138/90. Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. *BOE* nº 226 de 20 de septiembre de 1990.

(8) Código Alimentario Español. *1967*.

(9) RODIER, J. *Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar.* 3ª ed. Ed. Omega Barcelona. 1998.

(10) Directiva sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales (80/777/CE*). DOCE* nº 229 de 30 de agosto de 1980.

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68

Análisis de la Radiactividad en aguas de los Balnearios de Alhama de Granada

JUAN PALOMARES LÓPEZ / MILAGROS POZUELO CUERVO

Departamento de Impacto Ambiental de la Energía (CIEMAT)

Avda. Complutense, 22 – 28040 Madrid

RESUMEN

Se ha realizado el estudio radiológico del agua del manantial del Balneario de Alhama de Granada.

Este estudio ha consistido en la determinación cuantitativa de los radionúclidos naturales más significativos existentes en las aguas de los balnearios viejo y nuevo.

La medida del contenido radiactivo de las aguas constituye un tema cuyo estudio resulta de gran interés. Las aguas con elementos radiactivos disueltos pueden producir, como consecuencia directa de su consumo, dosis de irradiación interna tanto por ingestión como por inhalación de estos elementos. Debido a esto es necesario, en algunos casos, proceder al análisis y posterior evaluación de la dosis asociada a este consumo.

Palabras clave: Radiactividad.- Radionúclido.- Período de semidesintegración.- Series radiactivas.

SUMMARY

Radioactivity analysis of the spring water of Alhama de Granada Spa Town

Radioactivity analysis of the spring water of Alhama de Granada were carried out by the CIEMAT Laboratory of Environmental Radioactivity.

With this aim the most important natural radionuclides were determined in water from the old and new spa.

The measurement and knowledge of radioactivity level in water is an interesting and convenient topic. The consumption of water which has dissolved some radionuclides could lead to internal irradiation both by ingestion and by inhalation. Therefore it is necessary, in some cases, to determine the water radioactivity level in order to assess the dose.

Key words: Radioactivity.- Radionuclides.- Half live.- Radioactive series

1.- INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía, CIEMAT, ha realizado un estudio de la radiactividad en las aguas del manantial del Balneario de Alhama de Granada. Este trabajo está englobado dentro de un estudio más amplio sobre las características generales de los balnearios españoles en el que se incluye las características radiológicas de sus aguas mineromedicinales.

Las aguas subterráneas que circulan por la corteza terrestre constituyen agentes fundamentales en los procesos geológicos de formación. Siendo un solvente natural complejo y dinámico, el agua participa tanto en los procesos de disolución y transporte como en las reacciones químicas y en la transferencia de calor, gases y elementos químicos. Como consecuencia de ello es el principal medio de dispersión y transporte de los elementos radiactivos naturales a través de la biosfera y de los niveles tróficos hasta alcanzar al hombre.

2.- ANÁLISIS DE RADIACTIVIDAD

Los elementos radiactivos que habitualmente se encuentran presentes en el agua, excepción hecha del K-40, proceden de las series radiactivas naturales de los radionúclidos primarios U-238, U-235 y Th-232, que se encuentran distribuidos abundantemente, aunque de forma desigual, en la corteza terrestre.

Estos radionúclidos cabeza de las series radiactivas son denominados radionúclidos primogénicos, ya que proceden de los primitivos materiales que se acumularon en la formación de la tierra y por sus largos períodos de semidesintegración están aún presentes. La mayor parte de los otros radionúclidos miembros de las series son de períodos más cortos y se están produciendo continuamente por la desintegración de sus precursores de períodos largos.

La mayor o menor concentración de estos radionúclidos en las aguas viene condicionada no sólo por la mayor abundancia en el terreno sino también por las características físico-químicas de cada uno de ellos individualmente (solubilidad, etc.). Ello hace que los equilibrios radiactivos seculares entre los radionúclidos existentes en los terrenos se alteren radicalmente en las aguas que los disuelven y acumulan. Un caso típico es el Rn-222, cuya actividad en agua suele ser mucho mayor que la de su progenitor el Ra-226, de características físico-químicas distintas, a pesar de su período de semidesintegración mucho más corto.

2.1.- INDICES DE ACTIVIDADES TOTALES

Una estimación del contenido de la radiactividad en el agua nos la proporcionan los llamados índices de radiactividad alfa total, beta total y beta resto, cuya medida es simple y rápida y que nos permite decidir sobre la necesidad de realizar determinaciones cuantitativas e individualizadas de los posibles radionúclidos presentes.

Estas medidas son, como su nombre indica, unos índices y por tanto proporcionan unos valores orientativos, los cuales se expresan refiriendo toda la actividad alfa como si fuera Am-241 y la actividad beta como Sr-90 en equilibrio con el Y-90. La actividad beta resto se determina restando a la actividad beta total la contribución debida por el K-40.

La determinación de los citados índices se ha realizado siguiendo los procedimientos normalizados en el laboratorio [1][2].

Los equipos utilizados han sido un contador de centelleo de sulfuro de cinc (Ag), modelo 2007P de la firma "Canberra", para la medida de la actividad alfa, y un contador proporcional de flujo de gas, modelo Berthold 6B-770/2, para la medida de la actividad beta. La determinación de K-40 se ha realizado a partir de una valoración del contenido de potasio total en el agua por absorción atómica.

2.2.- DETERMINACIÓN DE RADIONÚCLIDOS

La selección de los radionúclidos a determinar se ha basado fundamentalmente en criterios de peligrosidad radiológica, según su contribución a las dosis del hombre por ingestión o inhalación. Según este criterio se ha elegido en primer lugar el Rn-222 y su progenitor el Ra-226 que son los principales contribuyentes de la radiactividad de la serie del U-238, debido a sus descendientes de período de semidesintegración corto, con los cuales alcanza rápidamente el equilibrio. Los restantes radionúclidos seleccionados han sido fundamentalmente aquellos de período de semidesintegración largo, que son los únicos que se pueden determinar en la práctica, aunque se haya roto el equilibrio radiactivo entre los diferentes radionúclidos de la serie.

Los radionúclidos seleccionados han sido los siguientes:

Rn-222

En general, el mayor porcentaje de radiactividad de las aguas subterráneas se debe a la presencia de Rn-222. Debido a sus propiedades físico-químicas se produce una acumulación de radón en el agua que da lugar a valores de actividad muy superior a la debida al simple equilibrio radiactivo con su progenitor. Así mismo, la presencia de Rn-222 juega un papel primordial en la actividad total de las aguas, no sólo por su propia radiactividad sino porque es el precursor de una serie de radionúclidos de períodos de semidesintegración cortos, tales como el Pb-214 (T½= 26,8 minutos) y Bi-214 (T½= 19,8 minutos), que contribuyen en gran medida a los valores de actividad encontrada en las aguas.

El Rn-222 pertenece a la serie radiactiva del U-238, forma parte de los gases nobles, grupo de elementos químicos de muy poca reactividad química, por lo que su disolución y arrastre por el agua se realiza mediante procesos físicos.

Los métodos de medida "in situ" en el propio manantial son menos sensibles y precisos que los métodos de determinación de radón en el laboratorio, que es como se han realizado. Para ello se requiere una toma de muestra de agua en el balneario sin pérdidas de radón, utilizando para la misma un recipiente herméticamente cerrado.

La determinación del Rn-222 se realiza por medida directa del envase que contiene la muestra por espectrometría gamma. El cálculo de la actividad se realiza sobre los fotopicos del Pb-214 y Bi-214, en equilibrio con el Rn [(3)]. El equipo utilizado es un detector de germanio intrínseco "reverse" (ReGe) con su correspondiente cadena electrónica asociada. El detector está rodeado con un blindaje de plomo de 10 cm. de espesor para reducir el fondo.

El envase utilizado para la toma, transporte y medida directa de la actividad ha sido tipo "Marinelli", con el que se obtiene un máximo de sensibilidad analítica.

Ra-226

El Ra-226 es un radionúclido emisor alfa con un período de semidesintegración T½=1600 años y es el precursor del Rn-222. Su determinación en agua se realiza según el procedimiento normalizado [4] mediante una separación radioquímica del radio utilizando portador de bario. Las medidas se realizan con un detector de sulfuro de cinc a distintos intervalos de tiempo, a partir del momento de separación y mediante el planteamiento y resolución de un sistema de ecuaciones simultáneas se obtienen las actividades de Ra-226 y Ra-224.

U-238, U-235, U-234

Los isótopos de uranio se han determinado utilizando la técnica de espectrometría alfa, previa separación radioquímica y deposición electrolítica sobre un disco de acero inoxidable, utilizando como patrón interno el U-232 [5].

Th-230

El Th-230 pertenece a la serie radiactiva natural del U-238 y tiene un período de semidesintegración T½=80.000 años. Su determinación es muy importante por tratarse de un radionúclido muy restrictivo desde el punto de vista de protección radiológica, dado que es un emisor alfa con un período de semidesintegración muy largo. La técnica utilizada es la espectrometría alfa [6] previa separación radioquímica y utilizando como patrón interno el Th-229.

Pb-210

El Pb-210 es un emisor beta con un período de semidesintegración T½= 22 años. Su determinación [7] se realiza previa separación radioquímica del mismo y posterior medida (transcurrido un mes) cuando alcanza el equilibrio con su descendiente, el Bi-210, en un contador proporcional de flujo de gas.

Po-210

El Po-210 es un emisor alfa con un período de semidesintegración de T½= 138,4 días. Se ha determinado [8] por espectrometría alfa. La deposición electrolítica del mismo se realiza sobre un disco de plata de forma espontánea debido al diferente potencial redox existente entre los mismos. Para la cuantificación de la medida se utiliza un patrón interno de Po-209.

CONCLUSIONES

1. Todos los radionúclidos que han sido determinados en las aguas por encima de los límites de detección son naturales: K-40 y los pertenecientes a las series radiactivas naturales del U-238, U-235 y Th-232.
2. El nivel de radiactividad total encontrada en las aguas del balneario (excepto Rn-222) es bajo. Un orden de magnitud superior al determinado en los balnearios de Caldas de Bohí, Alange y Blancafort, y entre uno y dos órdenes de magnitud inferior al encontrado en los balnearios de La Toja y Lugo.

3. Aunque se ha detectado la presencia de Rn-222 en las aguas, su actividad es baja o inferior a los valores habituales encontrados en las aguas subterráneas, tanto en España como en otros países.
4. Los valores encontrados para los índices de actividad alfa y beta total son muy bajos y solamente en el caso del índice de actividad alfa se supera ligeramente el valor mencionado como niveles guía en el BOE del 20 de septiembre de 1990 para aguas potables.
5. El Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, publicado el 20 de septiembre en el BOE y la Directiva Europea 98/83/EC de 4 de noviembre de 1998 sobre la calidad del agua para consumo humano no se aplican a aguas naturales mineromedicinales.

ANÁLISIS DE RADIACTIVIDAD EN AGUAS DEL BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA **RESULTADOS OBTENIDOS**		
TIPO DE ANÁLISIS	ACTIVIDAD **Bq/l**	
	BALNEARIO VIEJO	**BALNEARIO NUEVO**
ALFA TOTAL	0,47 ± 0,02	0,48 ± 0,02
BETA TOTAL	0,45 ± 0,03	0,43 ± 0,03
BETA RESTO	0,17 ± 0,03	0,22 ± 0,03
H-3	< 0,64	< 0,60
K-40	0,20 ± 0,04	0,19 ± 0,04
Pb-210	0,02 ± 0,01	< 0,01
Po-210	$(1,9 \pm 0,3)\ 10^{-3}$	$(11,6 \pm 0,8)\ 10^{-3}$
Ra-226	0,18 ± 0,03	0,19 ± 0,03
Rn-222	8,17 ± 0,90	9,21 ± 0,88
Th-230	$(5,8 \pm 0,7)\ 10^{-3}$	$(16,6 \pm 0,9)\ 10^{-3}$
U-238	$(8,8 \pm 1,3)\ 10^{-3}$	$(5,8 \pm 0,5)\ 10^{-3}$
U-235	$(0,4 \pm 0,3)\ 10^{-3}$	$(0,4 \pm 0,2)\ 10^{-3}$
U-234	$(10,1 \pm 2,1)\ 10^{-3}$	$(6,6 \pm 0,5)\ 10^{-3}$

Procedimiento para la determinación de la actividad alfa total en muestras de agua por precipitación. Procedimiento

BIBLIOGRAFÍA

(1) Específico *CIEMAT*, PR-X-2-11.

(2) Procedimiento para la determinación de actividad beta total en muestras ambientales de diversa naturaleza. Procedimiento específico *CIEMAT,* MA-13.

(3) Procedimiento de determinación de emisores gamma en muestras ambientales. Procedimiento específico *CIEMAT,* MA-06.

(4) Procedimiento para la determinación de Ra-226 y Ra-224 en aguas mediante separación radioquímica. Procedimiento específico *CIEMAT,* PR-X2-04.

(5) Procedimiento para la separación radioquímica y determinación mediante espectrometría alfa de uranio en aguas. Procedimiento específico *CIEMAT*, PR-X2-09.

(6) Procedimiento para la determinación de Th-230 en aguas. Procedimiento específico *CIEMAT,* PR-X2-07.

(7) Procedimiento para la determinación de Pb-210 en aguas. Procedimiento específico *CIEMAT*, PR-X2-05.

(8) Procedimiento para la determinación de Po-210 en agua. Procedimiento específico *CIEMAT*, PR-X2-10.

(9) Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre, *BOE* de 20 de septiembre de 1990.

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002,

Microbiología del agua mineromedicinal de los Balnearios de Alhama de Granada

MOSSO, M. A., SÁNCHEZ, M. C. Y DE LA ROSA, M.C.

Depto. de Microbiología II. Facultad de Farmacia.
Universidad Complutense. 28040. Madrid.

RESUMEN

Se ha estudiado la diversidad microbiana del agua y de los tapetes microbianos de los manantiales "Baño Árabe" y "Baño Nuevo" del Balneario de Alhama de Granada (España). El número de microorganismos totales es alto (10^5 ml^{-1}) y en su mayoría están vivos (93,2%). El número de bacterias heterótrofas aerobias y esporuladas ha sido inferior a 100 ufc por ml y corresponden a bacilos Gram positivos (49,1%), cocos Gram positivos (30,2%) y bacilos Gram negativos (20,7%), predominando los géneros *Bacillus, Corynebacterium, Micrococcus, Staphylococcus, Pseudomonas* y *Stenotrophomonas.* No se han encontrado indicadores fecales ni microorganismos patógenos. Los microorganismos proteolíticos, amilolíticos y amonificantes se han detectado en número medio (10^2-10^3/100 ml) y los nitrificantes, celulolíticos, halófilos y hongos en número bajo (menos de 10^2/100ml). En ambos manantiales se han encontrado bacterias sulfato reductoras y oxidantes del azufre y en el "Baño Árabe" bacterias fototrofas verdes y púrpuras. El tapete del "Baño Nuevo" está constituido por bacterias incoloras del azufre (*Thiobacillus, Thiobacterium, Beggiatoa, Thiothrix*). Los tapetes del "Baño Árabe" son complejos, formados por bacterias fototrofas verdes, cianobacterias, diatomeas, protozoos, bacterias quimiolitotrofas (*Thiovulum, Achromatium*), bacterias fototrofas púrpuras y bacterias sulfato reductoras.

Palabras clave: Manantial termal sulfatado.- Balneario Alhama de Granada.- Microbiología. Tapetes microbianos.

SUMMARY

Microbial diversity of the mineral water springs of Alhama de Granada Spa town.

The microbial diversity of the water and the microbial mats from the mineral water springs of the "Baño Árabe" and "Baño Nuevo" in the Spa town of Alhama de Granada (Spain) was studied. There was a high total number of microorganisms (10^5 ml^{-1}) most of which were alive (93.2%). The number of heterotrophic aerobic bacteria and sporulated bacteria were lower than 100 cfu per ml and correspond to Gram-positive microorganisms (49.1%), Gram-positive cocci (30.2%) and Gram-negative bacilli (20.7%), with a predominance of the genera *Bacillus, Corynebacterium, Micrococcus, Staphylococcus, Pseudomonas* and *Stenotrophomonas*. No faecal indicators or pathogenic microorganisms were detected. The microorganisms proteolytic, amylolytic and ammonifiers were detected in moderate numbers (10^2-10^3/ 100 ml) and nitrifiers, cellulolytic, halophiles and fungi in a reduced number (less than 10^2/100ml). In both springs, sulphite reducing bacteria and sulphur oxidizers were detected and in the "Baño Árabe" green and purple phototrophs. The microbial mats from the "Baño Nuevo" is comprised of colourless sulphur bacteria (*Thiobacillus, Thiobacterium, Beggiatoa, Thiothrix*). The mats from the "Baño Árabe" are complex, comprised of green phototrophs, cyanobacteria, diatoms, protozoa, chemolithotrophs (*Thiovulum, Achromatium*), purple phototrophic bacteria and sulphate reducing bacteria.

Key words: Hot sulphated spring.- Alhama de Granada Spa town.- Microbiology.- Microbial mats.

INTRODUCCIÓN

Los balnearios de Alhama de Granada se encuentran situados en el municipio del mismo nombre a 850 m de altitud y al borde de un impresionante cañón, por cuyo fondo discurren las aguas del río Marchan o Alhama, afluente del Genil.

En la actualidad existen dos balnearios en funcionamiento que utilizan las aguas de dos manantiales. El más antiguo se encuentra a 1,4 km de la ciudad, sobre el manantial denominado " Baño Árabe". A un km de este lugar se encuentra el Balneario Nuevo que utiliza las aguas del manantial "Baño Nuevo", surgido en el terremoto de 1884.

Estas aguas se clasifican como hipertermales ya que emergen a temperaturas de 44ºC y 47ºC, neutras y, por su composición química, sulfatadas cálcicas, bicarbonatadas, oligometálicas y ligeramente sulfhídricas. Algunas de estas características fueron ya descritas por Limón Montero, en 1697, en estos términos: "*De gran suavidad por participar los minerales de poca cantidad, con algo de sabor a azufre aunque más se percibe por el olor que por el gusto. En cuanto al calor alcanza el tercer grado que sin llegar a abrasar calienta intensamente"* (1).

Por los vestigios arqueológicos encontrados en los alrededores se supone que estas aguas termales fueron utilizadas desde tiempos inmemoriales, habiendo constancia de su uso por los romanos que, en el siglo I, construyeron la edificación primitiva de la alberca en la que aún hoy se recoge el agua. En la época árabe alcanzaron su máximo apogeo tomando la ciudad el nombre de Alhama que significa "agua caliente" o "el baño", en honor a ellos. Fueron los árabes los que, en el siglo XI, crearon junto al manantial un inigualable lugar de descanso y cura, construyendo la arcada de la alberca que aún se conserva, con arcos califales y bóvedas provistas de lucernas en forma de estrella por donde penetran los rayos solares y se evapora el vapor. Después de la toma de Alhama por los cristianos, en 1482, los Reyes Católicos ceden su propiedad al concejo en 1495 y parece que los baños siguieron utilizándose "*para curar muchas enfermedades"*, como describe Pedro de Medina en 1548. En este mismo siglo la magna obra *Civitates Orbis Terrarum*, da una detallada descripción de estas aguas y de su frecuente uso: "P*orque sirve tanto a los que gozan de buena salud... como para los que padecen una enfermedad",* para lo que existían unas excelentes instalaciones (2). En el siglo XVII gozaban de gran fama por lo que Limón Montero las considera "*aguas muy excelentes y eficaces para curar muchas dolencias"* (1). En los siglos XVIII y XIX continuó la actividad balnearia, realizándose diversas obras para mejorar las instalaciones y evitar las inundaciones del manantial por el agua del río. La emergencia a finales del XIX de un nuevo manantial y la construcción de otro edificio, contribuyó a que estos balnearios fueran, a principios del siglo XX, unos de los mas importantes de Andalucía, con diversas instalaciones balneoterápicas y hoteleras (3). En la actualidad por la constante modernización de sus instalaciones, su agradable clima y la exuberante

vegetación de los alrededores, los han hecho un lugar idóneo para el tratamiento de enfermos y el descanso.

El objetivo de este trabajo ha sido investigar la microbiota de estos manantiales, tanto los microorganismos de interés sanitario que puedan suponer un riesgo para la salud de los usuarios, como los microorganismos autóctonos que tienen como hábitat estas aguas y cuya diversidad depende de sus propiedades fisicoquímicas. Además se han estudiado varios tapetes microbianos, ya que estos manantiales sulfurados poseen condiciones favorables para el crecimiento de los mismos, compuestos por diversos grupos de procariotas y eucariotas, dependiendo de la temperatura, pH , intensidad de luz y concentración de sulfhídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se han realizado dos muestreos con un año de intervalo, el 22 y el 20 de octubre de 2000 y 2001. En el manantial "Baño Árabe" las muestras se tomaron en el punto de emergencia, situado en el ángulo izquierdo de la alberca árabe, y de la canalización de la zona de baños. El manantial "Baño Nuevo" está protegido por una pequeña construcción, situada junto al edificio del balneario. El punto de emergencia se encuentra en el fondo de un pozo seco a donde se accede por una escalera. En cada punto se tomaron dos muestras, recogiendo 1,5 l de cada una, en recipientes estériles de plástico que se trasladaron a temperatura ambiente y en oscuridad al laboratorio, realizándose los análisis microbiológicos antes de 24 h.

Además, se han tomado muestras de tres tapetes microbianos, uno de aspecto blanco-grisáceo gelatinoso que se encuentra sobre la superficie del agua en la arqueta de mezclas del manantial "Baño Nuevo". Los otros dos corresponden al manantial "Baño Árabe" y se han tomado de la alberca árabe, uno de la superficie del agua es de color anaranjado-marrón, poco consistente y otro epilítico, adherido a las paredes de piedra y de

gran consistencia. Este último presenta tres capas, la superior verde-marrón, la intermedia anaranjada-marrón y la inferior negra. Las muestras se han recogido por duplicado, en recipientes estériles de plástico de 100 ml y una de ellas se ha estabilizado con formol al 4%.

Métodos

Observación microscópica. Las muestras de los tapetes se han observado en microscopio de campo claro, campo oscuro, contraste de fases (Nikon) y confocal (Biorad). La microscopía confocal utiliza cómo fuente de luz un láser de Argon que permite detectar la fluorescencia natural de los pigmentos que contienen las bacterias fototrofas. Además, se han realizado observaciones con microscopio de fluorescencia (Nikon), tiñendo con naranja de acridina al 0,1 %.

Microorganismos totales y vivos. El recuento de estos microorganismos se ha realizado por dos métodos: epifluorescencia y citometría de flujo. Para el recuento por epifluorescencia se han teñido las muestras con naranja de acridina (0,1%) durante 10 min, filtrando por un filtro de 0,20 μm (Nucleopore) y observando con objetivo de inmersión en un microscopio de fluorescencia (Nikon). El recuento por citometría de flujo se hizo con un citómetro Bryte HS (Biorad), tiñendo con isotiocianato de fluoresceína (50 μm/ml) y yoduro de propidio (0,005%) que tiñen las células vivas y muertas, respectivamente.

Bacterias heterótrofas aerobias viables y esporuladas. El recuento de las bacterias viables se ha realizado por el método de dilución en placa en los medios, agar recuento en placa (PCA) (4) y agar R_2A (5), incubando a 22º durante 5 días, y a 37º y 45ºC 2 dias. Para el recuento de las bacterias esporuladas se calentó la muestra a 80ºC, 10 min, sembrando por el mismo método en los medios anteriores, adicionados con 0,1% de almidón e incubando a las mismas temperaturas.

Microorganismos de interés sanitario. El recuento de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos se ha realizado por la técnica del número mas probable (NMP), según los métodos de las aguas de bebida

envasadas (6). También se han seguido estos métodos para el recuento de esporas de *Clostridium* sulfito reductores, investigación de *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Pseudomonas aeruginosa.* La detección de *Staphylococcus aureus* se ha realizado por filtración, enriqueciendo en caldo triptona soja y aislando en agar Baird-Parker (4), incubando a 37ªC, 24-48 h. La investigación de *Legionella pneumophila* se realizó por la técnica descrita por Pelaz y Martín (7).

Microorganismos de interés ecológico. Las bacterias proteolíticas, amilolíticas, celulolíticas, amonificantes, nitrificantes y sulfato reductoras, se determinaron por la técnica del NMP, utilizando los medios descritos en Pochon y Tardieux (8) y el medio de Starkey (9) para las últimas, e incubando a 30ºC, 15 d. El recuento de las bacterias halófilas moderadas y los hongos se realizó por el método de filtración, utilizando agar halófilo con 15% de cloruro sódico (10) y agar Sabouraud con cloranfenicol (0,05g %) (4), respectivamente. Las bacterias se incubaron a 30º y 45ºC durante 3 y 2 d y los hongos a 22ºC, 5 d. Los actinomicetos se determinaron por dilución en placa en el medio para actinomicetos (Difco), incubando a 30ºC, 5 d.

La investigación de las bacterias del hierro se hizo en el medio Duchon-Miller (11) y las bacterias que oxidan el azufre en medios con tiosulfato (12; 13), incubando a 30ºC, 15 d. La presencia de bacterias fototrofas verdes y púrpuras, algas y cianobacterias se ha realizado en los medios descritos por Stanier (12), incubando en estufa con iluminación a 24ºC, 30 d.

Identificación de los microorganismos. Las cepas de bacterias heterótrofas se identificaron por características morfológicas (tinción de Gram y esporas), fisiológicas (tipo respiratorio, crecimiento en anaerobiosis y a distintas temperaturas, producción de pigmentos) y bioquímicas (oxidasa, catalasa, ureasa, reducción de nitratos, hidrólisis de gelatina y almidón) (14). Además, los bacilos Gram negativos no fermentadores se inocularon en galerias API 20 NE, los bacilos Gram positivos esporulados en API 50 CH y 20 E, los no esporulados en API Coryne y los cocos Gram positivos en API Staph (bioMérieux).

La identificación de los microorganismos autótrofos y fototrofos se ha realizado por las siguientes características: morfología, tamaño, movilidad, pigmentos, localización de los gránulos de azufre, crecimiento en anaerobiosis y con fuentes de carbono. Para la clasificación se siguieron los criterios del Manual de Bergey (15).

Los hongos filamentosos se han identificado por la morfología de las colonias y la observación microscópica de las hifas, esporangios y esporas, siguiendo los criterios de Pitt y Hocking (16). Las levaduras se han inoculado en API Aux (bioMérieux) y se ha realizado un microcultivo en agar harina de maíz (Difco) para observar la formación de pseudomicelio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados son la media de las cuatro muestras analizadas en cada uno de los manantiales

Microorganismos totales y vivos

Los dos manantiales presentan, en el punto de emergencia, un número de microorganismos totales alto (10^5 ml^{-1}), estando la mayoría vivos (Tabla 1). Por el método de citometría de flujo el número ha sido inferior que por epifluorescencia lo que ya ha sido observado anteriormente en otros manantiales mineromedicinales (17;18). En estudios de correlación de estos dos métodos diversos autores han encontrado variaciones similares en el recuento de poblaciones planktónicas en aguas dulces y marinas (19; 20).

TABLA 1

Microorganismos totales y vivos (n°/ml)

Método	Baño Árabe				Baño Nuevo	
	Manantial		Canalización		Manantial	
	Totales	Vivos (%)	Totales	Vivos (%)	Totales	Vivos (%)
Epifluorescencia	$1,8.10^6$	88,8	$7,6.10^5$	85,5	$1,4.10^6$	92,8
Citometría de flujo	$1,8.10^5$	94,8	$1,4.10^5$	88,8	$3,0.10^5$	96,6
Media	$9,7.10^5$	91,8	$4,5.10^5$	87,1	$8,5.10^5$	94,7

Los recuentos obtenidos por estas técnicas suelen ser 10^2 a 10^3 veces mayores que por las técnicas de cultivo, debido a que permiten la detección de todos los microorganismos, incluidas las bacterias de pequeño tamaño, muchas de las cuales no pueden cultivarse en medios de laboratorio ya que se trata de células con el equipo enzimático alterado o corresponden a microorganismos con requerimientos fisiológicos desconocidos. Estos datos son semejantes a los encontrados en otros manantiales

españoles fríos (17) y termales (21) y así como en aguas marinas (22) y dulces (23).

En el manantial del "Baño Árabe", después de la canalización, el número ha descendido ligeramente y el porcentaje de microorganismos vivos es menor (87,1%) al del punto de emergencia.

Bacterias aerobias viables y esporuladas

El número de bacterias aerobias viables del agua de los dos manantiales ha sido bajo, inferior a 100 ufc por mililitro, siendo aún menor el de bacterias esporuladas. En el agua canalizada del manantial "Baño Árabe" el número de bacterias es insignificante (Tabla 2). Este número es similar a los encontrados por nosotros en otros manantiales españoles termales (24) y fríos (25) e indica una buena protección. Otros autores también han encontrado recuentos bajos de bacterias en manantiales de aguas minerales envasadas (26; 27).

TABLA 2

Número de bacterias heterótrofas aerobias, viables y esporuladas (ufc/ml)

Bacterias aerobias	**Tª (ºC)**	**Medio cultivo**	**Baño Nuevo**	**Baño Árabe**	
			Manantial	Manantial	Canalización
Viables	22	PCA	26	2	1
		R_2A	90	43	3

	37	PCA	14	1	<1
		R_2A	32	6	<1
	45	PCA	7	4	<1
		R_2A	40	18	1
Esporuladas	22	PCA	6	5	-
		R_2A	8	10	-
	37	PCA	<1	3	-
		R_2A	<1	<1	-
	45	PCA	<1	5	-
		R_2A	<1	2	-

Se han detectado mayor número de colonias en el medio con escasa cantidad de carbono (R_2A) que en el medio rico en nutrientes (PCA) lo que demuestra que la mayoría de la micropoblación es oligotrófica, típica de hábitats acuáticos pobres en materia orgánica. No se han encontrado diferencias significativas entre las tres temperaturas de incubación, lo que nos lleva a suponer que la micropoblación de estos manantiales hipertermales es mesófila y se ha adaptado a vivir en estas temperaturas de 44º a 47ºC.

La correlación entre los recuentos de microorganismos totales y viables es baja con diferencias de tres unidades logarítmicas y refleja la selectividad de los medios para el crecimiento de las especies heterótrofas que se encuentran en estas aguas.

Se han aislado e identificado 53 cepas de bacterias heterótrofas que corresponden a bacilos Gram positivos (49,1%), cocos Gram positivos (30,2%) y bacilos Gram negativos (20,7%) (Tabla 3). En los manantiales hipertermales predominan las bacterias Gram positivas a las Gram negativas debido a que tienen una mayor resistencia a la temperatura y concentración de sales (28). Las cepas pertenecen a los géneros: *Bacillus, Kurthia, Corynebacterium, Arthrobacter, Cellulomonas, Micrococcus, Staphylococcus, Pseudomonas, Stenotrophomonas, Alcaligenes, Burkholderia,* y *Acinetobacter* (Tabla 3). Estos microorganismos son ubicuos, algunos forman parte de la población autóctona y otros se encuentran en el suelo y aguas superficiales y desde estos hábitats pueden llegar al manantial.

No ha habido diferencia entre la población bacteriana de los dos manantiales, siendo similar a la encontrada en otros manantiales sulfurados y sulfatados termales (10; 21) y fríos (17).

Las cepas aisladas del género *Bacillus* corresponden a las especies: *B. cereus B. subtilis* y *B. sphaericus*. Los cocos Gram positivos pertenecen a los géneros *Staphylococcus y Micrococcus.* Las especies identificadas son: *S. saprophyticus, S. sciuri, S. warneri, M. lylae* y *M. halo-*

bius. Estas especies se encuentran en la piel del hombre y animales y en hábitats naturales (29) y han sido aislados en otros manantiales (18; 25).

Las bacterias Gram negativas no fermentadoras se han identificado como *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia, Burkholderia cepacia* y *Alcaligenes faecalis.* Estas especies también han sido aisladas en aguas minerales naturales de diferentes procedencias geográficas (30; 31).

TABLA 3

Géneros de bacterias heterótrofas (% cepas)

Microorganismos	**Baño Nuevo** (nº=26)	**Baño Árabe** (nº=27)	**Total** (nº=53)
- Bacilos Gram positivos	**46,1**	**51,9**	**49,1**
Bacillus	15,4	11,1	13,2
Kurthia	7,7	3,7	5,7
Corynebacterium ANF	3,8	7,4	5,7
Arthrobacter	-	7,4	3,8
Cellulomonas	3,8	3,7	3,8
Bacilos regulares no esporulados	15,4	18,6	16,9
- Cocos Gram positivos	**23,1**	**37,0**	**30,2**
Micrococcus	7,7	22,2	15,1
Staphylococcus	15,4	14,8	15,1
- Bacilos Gram negativos	**30,8**	**11,1**	**20,7**
Pseudomonas	11,7	-	5,7

Stenotrophomonas	3,8	7,4	5,7
Burkholderia	7,7	-	3,8
Alcaligenes	3,8	3,7	3,8
Acinetobacter	3,8	-	1,7

Microorganismos de interés sanitario

En el análisis realizado en Octubre de 2001, tanto en los puntos de emergencia de los dos manantiales como en la muestra canalizada del "Baño Árabe", no se han encontrado indicadores fecales (*E. coli*, enterococos y *Clostridium* sulfito reductores) ni bacterias patógenas (*Salmonella*, *Legionella, y S. aureus*) en 250 mililitros de agua.

En el punto de emergencia del "Baño Nuevo" se ha detectado *Pseudomonas aeruginosa* en número bajo (NMP: 23 por 100 ml). Esta bacteria es muy ubicua y se puede encontrar en aguas superficiales contaminadas con aguas residuales y en los suelos. El poder patógeno de estas cepas ambientales ha sido cuestionado en personas sanas, aunque es un patógeno oportunista y puede producir diversas infecciones en personas inmunodeprimidas. Por esta razón la normativa española y europea no permite su presencia en aguas minerales envasadas (32; 33) ni debe encontrarse en establecimientos balnearios (34). La presencia de *P. aeruginosa* en este manantial, en ausencia de indicadores fecales y de otros patógenos, puede ser debida a una contaminación antigua y transitoria por filtraciones del agua del río, próximo al punto de emergencia. Este microorganismo es capaz de vivir con escasos nutrientes y a temperaturas de 42ºC, lo que ha hecho posible su supervivencia en estas aguas. Consideramos necesaria su eliminación mediante un total aislamiento de la captación para evitar las filtraciones de aguas superficiales y suelo, así como la limpieza y desinfección de la arqueta y de las canalizaciones.

Microorganismos de interés ecológico

Se han detectado bacterias proteolíticas, amilolíticas y amonificantes en número medio (10^2-10^3/100 ml) y bacterias nitrificantes, celulolíticas y halófilas moderadas, mohos y levaduras, en bajo número (menos de 10^2/100 ml) (Tabla 4). La presencia de estos microorganismos también ha sido descrita en otros manantiales termales con temperatura de emergencia y composición química semejantes (21), en manantiales fríos (18) y en otros hábitats acuáticos (22; 35).

TABLA 4

Número de microorganismos de interés ecológico

Microorganismos	Baño Nuevo	Baño Árabe
- NMP / 100 ml		
Proteolíticos	$1,8.10^2$	$1,1.10^3$
Amilolíticos	$5,0.10^2$	$1,4.10^3$
Amonificantes	$6,3.10^3$	$1,4.10^3$
Nitrificantes	< 3	$4,0.10^1$
Celulolíticos	$2,0.10^1$	$8,7.10^1$
- UFC / 100 ml		
Bacterias halófilas		
30ºC	$3,0.10^1$	$4,5.10^1$
45ºC	< 5	$3,5.10^1$
Mohos	$2,0.10^1$	$0, 5.10^1$

Levaduras	$2{,}2.10^1$	< 5

Las bacterias proteolíticas y amilolíticas aisladas de los dos manantiales pertenecen, principalmente, a los géneros: *Bacillus*, *Micrococcus y Pseudomonas*. Las bacterias amonificantes son *Bacillus* y *Pseudomonas* y las bacterias celulolíticas corresponden al género *Cellulomonas.* Las bacterias nitrificantes, que sólo se han detectado en el "Baño Árabe", se han identificado como *Arthrobacter.* Estas comunidades microbianas que se encuentran en las aguas naturales desempeñan un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos del C y N, transformando los compuestos orgánicos, proporcionando los nutrientes esenciales para la viabilidad y equilibrio del ecosistema asi como contribuyendo a la depuración de los contaminantes orgánicos. Se ha demostrado que, en ambientes con concentraciones bajas de compuestos orgánicos, son las bacterias oligotróficas las que tienen una mayor capacidad para utilizarlos, reciclando el carbono (22).

No se han detectado actinomicetos, bacterias del hierro, cianobacterias ni algas en 100 ml de agua.

Los microorganismos halófilos encontrados en los dos manantiales, son facultativos y corresponden a cepas de los géneros *Staphylococcus* y *Micrococcus* que se han adaptado a las condiciones de salinidad media de estas aguas.

Los mohos aislados corresponden a *Mucor, Aspergillus* ("Baño Árabe") *Penicillium, Cladosporium, Syncephalastrum* y *Ulocladium* ("Baño Nuevo"). Las levaduras, que sólo se han encontrado en el "Baño Nuevo", se han identificado como *Candida lusitania, C. guillermondii* y *Rhodotorula rubra.* No es muy frecuente encontrar levaduras en ambientes con temperaturas superiores a 45ºC ya que se considera la temperatura límite del crecimiento; Esta puede ser la causa por la que no hemos encontrado estos microorganismos en el "Baño Árabe". Los hongos son

muy ubicuos y diversos autores han encontrado mohos (10) y levaduras en manantiales termales (28; 36) y aguas dulces (22).

Debido a la composición química de estas aguas, sulfatadas y sulfhídricas, hemos estudiado las bacterias del ciclo del azufre. En ambos manantiales se han encontrado bacterias sulfato reductoras que producen sulfhídrico y bacterias quimioautótrofas (*Thiobacillus*, *Thiovulum* y *Beggiatoa*) (Figuras 1-4), que oxidan compuestos inorgánicos del azufre (SH_2, S^o, tiosulfato) transformandolos en sulfatos. También se han aislado bacterias heterótrofas (*Pseudomonas* y *Bacillus)*, capaces de oxidar tiosulfato a tetrationato (Tabla 5). Algunos autores señalan la importancia de estas bacterias heterótrofas en el ciclo del azufre por su contribución a la oxidación del tiosulfato en los hábitats naturales, tanto en aguas dulces como marinas (37). Estos microorganismos del ciclo del azufre están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se han aislado de suelos, aguas dulces y sedimentos marinos (13; 38).

En los manantiales sulfatados las bacterias que reducen los sulfatos producen sulfhídrico que es oxidado por una gran variedad de microorganismos: arqueas y bacterias autótrofas y heterótrofas. Esta oxidación puede realizarse en condiciones aerobias por las bacterias quimiotrofas o en condiciones anóxicas por las bacterias fototrofas, con producción de azufre elemental. Los glóbulos de azufre se depositan dentro o fuera de las células y, en ausencia de sulfhídrico lo oxidan lentamente a sulfato, contribuyendo así a la deposición biológica de éste elemento.

TABLA 5

Presencia de microorganismos de interés ecológico

Microorganismos	Baño Nuevo	Baño Árabe
Bacterias sulfato reductoras	+	+
Bacterias que oxidan el azufre		
Autótrofas: *Thiobacillus*	+	-

Thiovulum	-	+
Beggiatoa	+	+
Heterótrofas*: Bacillus*	+	+
Pseudomonas	+	-
Bacterias fototrofas verdes		
Chloroflexus	-	+
Bacterias fototrofas púrpuras		
Rhodomicrobium	-	+
Rhodospirillum	-	+
Rhodopseudomonas	-	+

Las bacterias oxidantes del sulfhídrico detectadas en estos manantiales, pertenecen a las bacterias incoloras del azufre que comprenden un grupo de microorganismos muy heterogéneo, capaces de oxidar compuestos inorgánicos reducidos del azufre en la oscuridad, aerobios y en su mayoría autótrofos. Entre estas bacterias se encuentra el género *Thiobacillus*, cuyas especies pueden vivir en un rango amplio de pH (1,9-8,5) y temperaturas (25-50ºC) y se han aislado del suelo, aguas dulces y marinas y manantiales sulfurosos, como *Thiobacillus tepidarium* en los baños romanos de Bath (Inglaterra) (15). En el manantial del "Baño Nuevo" se han encontrado cepas de *Thiobacillus,* mesófilas que viven a pH neutro y producen una ligera acidez en la oxidación del tiosulfato. Acumulan azufre elemental fuera de la célula, produciendo una película en la superficie del agua que posteriormente sedimenta (Figura 1).

FIGURAS

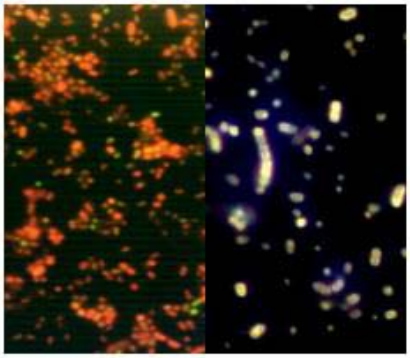


Figura 1.- Baño Nuevo. *Thiobacillus*. Observación por microscopía de: a) epifluorescencia (Naranja de acridina), b) campo oscuro. Objetivo 100X.

Figura 2.- Baño Nuevo. *Beggiatoa*. Observación por microscopía de campo oscuro. Objetivo 100X.

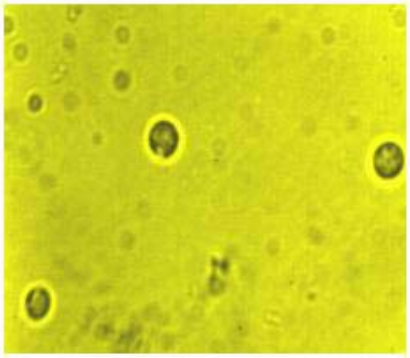


Figura 3.- Baño Árabe. *Thiovulum*. Observación por microscopía de contraste de fases. Objetivo 40X.

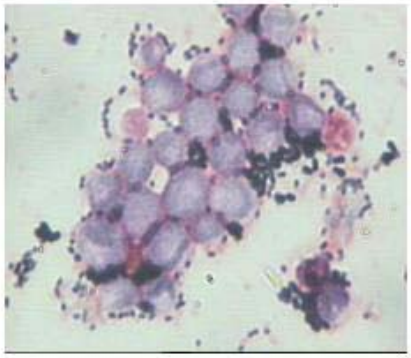


Figura 4.- Baño Árabe. *Thiovulum*. Observación por tinción de Gram. Objetivo 100X.

En el "Baño Árabe" se ha detectado *Thiovulum* que tiene una morfología poco frecuente en procariotas, células esféricas de gran tamaño (5-10 μm). Esta bacteria también acumula azufre en su interior, a veces en un extremo o en toda la célula y no se puede cultivar en cultivo puro (Figura 3 y 4). Para su metabolismo requiere sulfhídrico y oxígeno por lo cual se desarrolla en la interfase entre la zona óxica y anóxica donde compite con *Beggiatoa* (39; 40).

En los dos manantiales se ha encontrado *Beggiatoa*, una bacteria filamentosa, microaerófila, que vive en fuentes sulfurosas. Es muy versátil en su metabolismo, oxida el sulfhídrico y acumula gránulos de azufre en su interior (Figura 2).

En el manantial "Baño Árabe" también se han detectado bacterias fototrofas verdes y púrpuras. Los lucernarios de la cúpula de la alberca de los baños, situada en el punto de emergencia, permiten la penetración de la luz solar que actúa como fuente de energía para estos microorganismos. Las bacterias fototrofas verdes se han identificado como *Chloroflexus*, bacteria filamentosa que se desarrolla en aguas termales con bajo contenido de sulfhídrico (Figura 5 y 6). Las bacterias fototrofas púrpuras detectadas producen un pigmento marrón rojizo y corresponden a los géneros *Rhodomicrobium, Rhodospirillum y Rhodopseudomonas*. Se denominan "no del azufre" pero pueden utilizar el sulfuro en ecosistemas en los que esté a baja concentración (15).

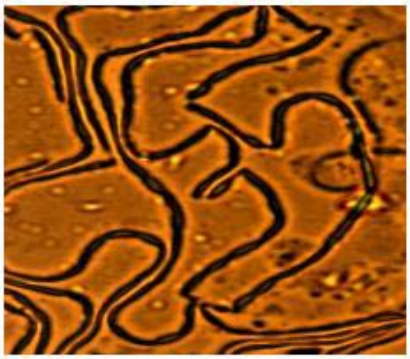


Figura 5.- Baño Árabe. *Chloroflexus*. Observación por microscopía de contraste de fases. Objetivo 40X.

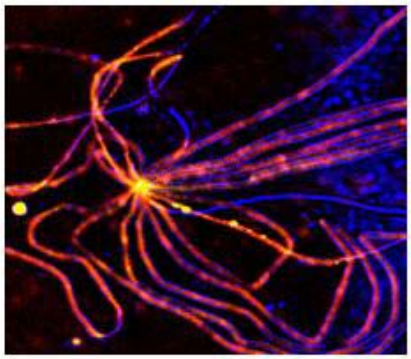


Figura 6.- Baño Árabe. *Chloroflexus*. Observación por microscopía confocal. Objetivo 40X.

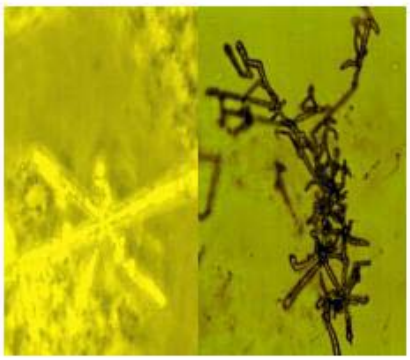


Figura 7.- Baño Nuevo. *Thiothrix*. Observación por microscopía de: a) contraste de fases, b) campo claro. Objetivo 40X.

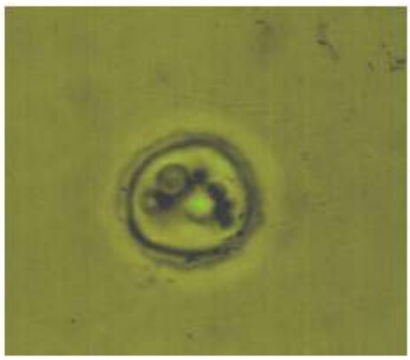


Figura 8.- Baño Árabe. *Achromatium*. Observación por microscopía de contraste de fases. Objetivo 100X.

Tapetes microbianos

Los resultados del estudio microbiológico realizados por observación microscópica y cultivo están en la tabla 6.

El tapete del "Baño Nuevo" está formado por bacterias quimiolitotrofas aerobias del azufre, denominadas bacterias incoloras del azufre. Los géneros *Beggiatoa* y *Thiothrix* son filamentosos, el último forma rosetas, y acumulan gránulos de azufre en su interior (Figura 7). Los otros géneros detectados *Thiobacillus y Thiobacterium* lo depositan en el exterior. *Thiobacterium* es un bacilo que se encuentra embebido en masas gelatinosas que junto con los organismos filamentosos dan la consistencia al tapete, la gran cantidad de azufre acumulada confieren al mismo una coloración blanco grisácea. La ubicación de la arqueta de mezclas, en el fondo de un pozo, impide la penetración de la luz solar por lo que no se han encontrado microorganismos fototrofos.

En el tapete de la superficie del "Baño Árabe" también se han detectado bacterias incoloras del azufre *Thiobacterium* y *Thiovulum* en asociación con bacterias fototrofas púrpuras y verdes (*Chloroflexus* y *Chlorobium*). Estas bacterias fototrofas forman colonias de color anaranjado-marrón que flotan sobre la superficie del agua, formando el tapete. *Chloroflexus* (Figura 6 y 7) tiene gran versatilidad metabólica y ha sido detectado en tapetes microbianos de manantiales sulfurados fríos (17) y termales salinos (41).

TABLA 6

Microbiología de los tapetes microbianos

Tapete Baño Nuevo	**Tapete Baño Árabe**	
Superficie	Epilítico	Superficie
Bacterias quimiolitotrofas del S	Bacterias quimiolitotrofas del S	
- *Thiobacillus*	- *Thiobacterium*	- *Thiobacterium*
- *Thiobacterium*	- *Thiovulum*	- *Thiovulum*
- *Beggiatoa*	- *Achromatium*	
- *Thiothrix*	- *Beggiatoa*	
	Bacterias fototrofas verdes	
	- *Chloroflexus*	- *Chloroflexus*
	- *Chlorobium*	- *Chlorobium*
	- *Oscillochloris*	
	Bacterias fototrofas púrpuras	
	- *Rhodomicrobium*	- *Rhodospirillum*
	- *Rhodopseudomonas*	- *Rhodopseudomonas*
	Cianobacterias	
	- *Anabaena*	

Algas

- *Euglena*
- Diatomeas

Protozoos

- Tecameba

El tapete epilítico del "Baño Árabe" presenta una mayor complejidad y diversidad que los anteriores. En la superficie se encuentran las bacterias fototrofas verdes (*Chloroflexus, Oscillochloris y Chlorobium*), asociadas con cianobacterias (*Anabaena*) y bacterias quimiolitotrofas del azufre (*Thiovulum* y *Achromatium*). *Thiovulum* ha sido detectado también en el agua y en el tapete de la superficie, pero en menor proporción. *Achromatium* es un microorganismo de tamaño grande (Figura 8), algo superior a *Thiovulum* que se desarrolla en los mismos hábitats y puede acumular azufre y carbonato cálcico en su interior (15). Las bacterias filamentosas, *Chloroflexus, Oscillochloris y Anabaena,* proporcionan una matriz que da cohesión y favorece el desarrollo de los tapetes microbianos unidos a las paredes de piedra de la alberca. En la capa intermedia se han encontrado bacterias fototrofas púrpuras (*Rhodomicrobium* y *Rhodopseudomonas*), de forma bacilar, anaerobias que viven en aguas con niveles bajos de azufre. La capa inferior de color negro contiene bacterias reductoras de sulfato. En este tapete también se han detectado diatomeas y protozoos. Las comunidades microbianas encontradas en éste tapete son semejantes a las de otros tapetes desarrollados en manantiales sulfurosos, termales (42; 43) y fríos (17; 44).

Las diferencias encontradas en la microbiota de los tapetes estudiados se deben a la distinta concentración de SH_2 y aporte de luz. La oscuridad del punto de emergencia del manantial "Baño Nuevo" influye en que la diversidad microbiana sea menor en este tapete, lo que está de acuerdo con otros autores (43).

En los hábitats acuáticos se forman biopelículas o tapetes que flotan sobre el agua o están adheridas a una superficie. Estas comunidades microbianas pueden ser más o menos complejas, dependiendo de las características ambientales del medio acuático. Los tapetes epilíticos se desarrollan formando una sucesión que se inicia con la colonización de una superficie por las bacterias del agua, mediante la adsorción de compuestos orgánicos e inorgánicos. La producción de polímeros extracelulares y la movilidad de las bacterias es importante para la colonización. Se forman agregados de células y a partir de aquí se desarrollan sucesivas capas de bacterias. En estas comunidades las asociaciones entre microorganismos filamentosos (algas y cianobacterias) y bacterias son muy frecuentes porque aportan nutrientes y favorecen la unión. El crecimiento y la actividad de los microorganismos modifican temporal y espacialmente las condiciones ambientales, con cambios continuos en sus gradientes físico-químicos por lo que la comunidad evoluciona con el tiempo y las poblaciones son sustituidas por otras mejor adaptadas. Los últimos en adherirse a la superficie, son los organismos de mayor tamaño, como algas filamentosas, diatomeas, protozoos y larvas (22).

CONCLUSIÓN

Los manantiales presentan un número de bacterias heterótrofas bajo y no contienen microorganismos patógenos ni indicadores de contaminación fecal, por lo que desde un punto de vista sanitario cumplen la normativa microbiológica de las aguas potables. Las bacterias heterótro-

fas corresponden a bacilos y cocos Gram positivos y bacilos Gram negativos. Además se han detectado bacterias autótrofas que oxidan el azufre.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la inestimable ayuda de D. Alberto Álvarez y Dª Amalia Vázquez del Centro de Citometria de la Universidad Complutense, en los estudios de citometría de flujo y microscopía confocal.

BIBLIOGRAFÍA

(1) LIMÓN MONTERO, A. (1697): *Espejo cristalino de las aguas de España. Alcalá de Henares*. Edición facsímil 1979. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

(2) GARCÍA, A. (1999): *Los baños de Alhama y la apología de Fernando de Vergara. Alhama Comunicación* y Balnearios de Alhama de Granada. Málaga.

(3) RAYA, S. (1992): *Historia de Alhama y sus monumentos*. Márquez. Granada.

(4) PASCUAL, M.R. (1982): *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos y bebidas.* Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid.

(5) REASONER, D.J. and GELDREICH, E.E. (1985): A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 1-7.

(6) ANÓNIMO. (1987): Orden de 8 de mayo de 1987. Métodos oficiales de análisis microbiológicos para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. *BOE* 114: 13964-13973.

(7) PELAZ, C. y MARTÍN, C. (1993): *Legionelosis. Datos de España, diagnóstico de laboratorio y recomendaciones para su prevención y control en instalaciones de edificios*. Instituto de Salud Carlos III. Madrid.

(8) POCHON, J. *et* TARDIEUX, P. (1956): *Techniques d´analyse en microbiologie du sol*. De la Tourelle. St. Mandé (Seine).

(9) RODINA, A. G. (1972): *Methods in aquatic microbiology.* University Park Press. Baltimore.

(10) DE LA ROSA, M.C.; MOSSO, M.A.; VIVAR, M.C.; MEDINA, M.R.; ARROYO, G. y DÍAZ, F. (1993): *Microbiología de las aguas mineromedicinales del Balneario de la Toja.* Memoria nº 19. Real Academia de Farmacia. Madrid.

(11) GUINEA, J.; SANCHO, F. y PARÉS, R. (1979). *Análisis microbiológico de aguas: aspectos aplicados.* Omega. Barcelona.

(12) STANIER, R.; ADELBERG, E. y INGRAHAM, J. (1984). *Microbiología*. Reverté. Barcelona.

(13) TESKE, E.; BRINKHOFF, T.; MUYZER G.; MOSER D.P.; RETHMEIER J. and JANNASCH, H.W. (2000): Diversity of thiosulfate-oxidizing bacteria from marine sediments and hydrothermal vents. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 3125-3133.

(14) BARROW, G.I. and FELTHAM, R.K.A. (1993): *Cowan and Steel´s. Manual for the identification of medical bacteria*. Cambridge University Press. Cambridge.

(15) STALEY, J.T.; BRYANT, M.P.; PFEENING, N. and HOLT., J.G. (1989): *Bergey´s Manual of Sistematic Bacteriology.* Vol. III. Williams & Wilkins. Baltimore.

(16) PITT, J.I. and HOCKING, A.D. (1997): *Fungi and food spoilage*. 2ª edic. Blackie Academic and Professional. London.

(17) DE LA ROSA, M.C.; MOSSO, M.A.; PRIETO, M.P. y ULLÁN, C. (1999): Microbiología del manantial mineromedicinal de Carratraca. *Anal. Real Acad. Farm*. 65: 439-456.

(18) DE LA ROSA, M.C.; MOSSO, M.A. y PRIETO, M.P. (2001): Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario "El Paraiso" de Manzanera. (Teruel). *Anal. Real Acad. Farm*. 67: 173-183.

(19) MONFORT, P. and BALEUX, B. (1992): Comparison of flow cytometry and epifluorescence microscopy for counting bacteria in aquatic ecosystem. *Cytometry* 13: 188-192.

(20) GASOL, J.M.; ZWEIFEL, U.; PETERS, F.; FUHRMAN, J.A. and HAGSTRÖM, A. (1999): Significance of size and nucleic acid content heterogeneity as measured by flow cytometry in natural planktonic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 4475-4483.

(21) MOSSO, M.A.; DE LA ROSA, M.C.; VIVAR, M.C.; ARROYO, G. y DÍAZ, F. (1994): *Microbiología de las aguas mineromedicinales del Balneario de Lugo*. Monografía nº20. Real Academia de Farmacia. Madrid.

(22) ATLAS, R.M. and BARHA, R. (2001*): Ecología microbiana y microbiología ambiental.* Addison Wesley. Madrid.

(23) PORTER, J.; DIAPER, J.; EDWARDS, C. and PICKUP, R. (1995): Direct measurements of natural planktonic bacterial comunity viability by flow cytometry. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 2783-2786.

(24) DE LA ROSA, M.C.; MOSSO, M.A.; VIVAR, M.C. y ARROYO, G. (1995): *Microbiología de las aguas mineromedicinales del Balneario de Blancafor*t.Memoria nº 21. Real Academia de Farmacia. Madrid.

(25) MOSSO, M.A.; DE LA ROSA, M.C. y VIVAR, M.C. (1998): Microbiología del manantial Hervideros del Balneario de Cofrentes. *Anal. Real Acad. Farm.* 64: 53-63.

(26) FERREIRA, A.C.; MORAIS, P.V. and DA COSTA, S. (1994): Alterations in total bacteria, iodonitrophenyltetrazolium (INT) positive bacteria and heterotrophic plate counts of botttled mineral water. *Can. J. Microbiol*. 40: 72-77.

(27) LECLERC, H. (1994): Les eaux minerales naturelles: flore bacterienne native, nature et signification. *Eaux Minérales* 94: 49-60.

(28) MOSSO, M.A.; DE LA ROSA, M.C.; VIVAR, M.C and MEDINA, M.R (1994): Heterotrofic bacterial population in the mineral waters of thermal springs in Spain. *J. Appl. Bacteriol.* 77: 370-381.

(29) SNEATH, P.A.; MAIR, N.S.; SHARPE, M.E. and HOLT, J.G. (1986): *Bergey´s Manual of Sistematic Bacteriology*. Vol. II. Williams & Wilkins. Baltimore.

(30) DEFIVES, C.; GUYARD, S.; OULARÉ, M.M.; MARY, P. and HORNEZ, J.P. (1999): Total counts, culturable and viable, and non-culturable microflora of a French mineral water: a case study. *J. Appl. Bacteriol.* 86: 1033-1038.

(31) JAYASEKARA, N.Y.; HEARD, G.M.; COX, J.M. and FLEET, G.H. (1998): Populations of pseudomonads and related bacteria associated with bottled non-carbonated mineral water. *Food Microbiol*. 15: 167-176.

(32) ANÓNIMO. (1991): Real Decreto 1164/1991 de 22 de julio de 1991. Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. *BOE* 178: 24818-24825.

(33) ANÓNIMO. (1998): Directiva del Consejo 98/83/CE de 3 de noviembre de1998 relativa a la calidad de las aguas de consumo humano. *DOCE* L330: 32-54.

(34) ANÓNIMO. (1990): Decret 262/1990 de 23 de octubre de 1990. Requisits técnico-sanitaris que han de complir els establisments balnearis. *DOGC* 1365: 5005-5006.

(35) RHEINHEIMER, G. (1991): *Aquatic Microbiology*. Wiley. New York.

(36) RIKHVANOV, E. G.; VARAKINA, N. N.; SOZINOV, D. YU. and VOINIKOV V. K. (1999): Association of bacteria and yeasts in hot springs. *Appl. Environ. Microbiol*. 65: 4292-4293.

(37) PETRI, R.; PODGORSEK, L. and IMHOFF, J.F. (2001): Phylogeny and distribution of the *sox*B gene among thiosulfate-oxidizing bacteria. *FEMS Microbiol. Lett.* 197: 171-178.

(38) DAS, S.K.; MISHRA, A.K.; TINDALL, B.J.; RAINEY, F.A. and STACKEBRANDT, E. (1996): Oxidation of thiosulfate by a new bacterium, *Bosea thiooxidans* (strain BI-42) gen. Nov., sp. Nov.: Analysis of phylogeny based on chemotaxonomy and 16S ribosomal DNA sequencing. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46: 981-987.

(39) JORGENSEN, B.B. (1982): Ecology of the bacteria of the sulphur cycle with special reference to anoxic-oxic interface environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 298: 543-561.

(40) THAR, R. and FENCHEL, T. (2001): True chemotaxis in oxigen gradients of the sulfur-oxidizing bacterium *Thiovulum majus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 67: 3299-3303.

(41) NÜBEL, U; BATESON, M.M.; MADIGAN, M.T.; KÜHL, M. and WARD, D.M. (2001): Diversity and distribution in hypersaline microbial mats of bacteria related to *Chloroflexus* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* 67: 4365-4371.

(42) REYSENBACH, A. L. and CADY, S.L. (2001): Microbiology of ancient and modern hydrothermal systems. *Trends Microbiol.* 2: 79-86.

(43) SKIRNISDOTTIR, S.; HREGGVIDSSON, G.O.; HJORLEIFSDOTTIR, S.; MARTEINSSON, V.T.; PETURSDOTTIR, S.K.; HOLST, O. and KRISTJANSSON, J.K. (2000): Influence of sulfide and temperature on species composition and community structure of hot spring microbial mats. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 2835-2841.

(44) MARTÍNEZ, A.; PIBERNAT, I.; FIGUERAS, J and GARCIA-GIL, J. (1997): Structure and composition of freshwater microbial mats from a sulfur spring (Font Pudosa, Spain). *Microbiología SEM* 13: 45-56.

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68

Climatología del Balneario de Alhama de Granada

BLANCA MARTÍNEZ DEL AMO

Servicio de Desarrollos Medioambientales. Subdirección de Programas Especiales e Investigación Climatológica. Instituto Nacional de Meteorología.

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un estudio climatológico del emplazamiento del Balneario de Alhama de Granada. Básicamente, se ha limitado a las variables meteorológicas de las que se tienen medidas en el emplazamiento del Balneario o en los alrededores, como la temperatura y la precipitación.

Palabras Clave: Climatología.- Meteorología.- Bioclimatología.

SUMMARY

Climatology of the Alhama de Granada Spa site

This paper examines the Alhama de Granada Spa site. A climatological study is made taking account of the meteorological variables measured in this site or in its surroundings, such as temperature and rainfall.

Key words: Climatology,- Meteorology.- Bioclimatology.

INTRODUCCION

La localidad de Alhama de Granada está situada en una zona muy montañosa; al NW se encuentra la Sierra de Loja, con alturas como el Piso de Víboras (1571 m) y el de Cabras (1642 m); al sur la Sierra de Almijara, que sobrepasa los 2000 m en el pico Maroma y cuyas estribaciones se extienden hacia el norte, alcanzando los 1075 m en Las Pedrizas, al NE de Alhama de Granada.

El extenso pantano de Bermejales se encuentra situado al este de Alhama de Granada; en sus proximidades está enclavada la estación termopluviométrica, cuyos datos son los que han servido para este estudio.

Las coordenadas de esta estación son 0º 12´ W, 37º 00´ N y su altitud es de 800 m; dista del balneario unos 8 o 10 km aproximadamente y su diferencia de altitud es escasa, por lo que se pueden considerar unos datos suficientemente representativos, aunque la presencia del embalse puede moderar las temperaturas extremas.

Los datos que han servido de base para este estudio corresponden al periodo 1970-1999, tanto en lo relativo a la precipitación como a la temperatura.

1. - ESTUDIO TERMOMÉTRICO

a) **Temperatura media, mensual y anual; temperatura máxima media, mensual y anual; temperatura mínima media, mensual y anual y temperaturas máximas y mínimas absolutas.**

En el cuadro I se muestran las temperaturas máximas y mínimas absolutas, máximas y mínimas medias, así como la temperatura media de Alhama de Granada.

Desde el punto de vista termométrico, la temperatura máxima absoluta de todo el periodo estudiado fue de 42ºC correspondiente al mes de julio de los años 1994 y 1995. La temperatura mínima absoluta fue de –12ºC, alcanzando valores mínimos desde el mes de octubre hasta abril.

Los valores medios mensuales superan los 10ºC a lo largo de ocho meses, desde abril hasta noviembre, superando los 20ºC en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

La media de las temperaturas máximas registradas durante el periodo de estudio tiene un valor medio anual de 21,7ºC, siendo los meses de julio y agosto los que registran los índices máximos con 34,6ºC y 32,9ºC respectivamente.

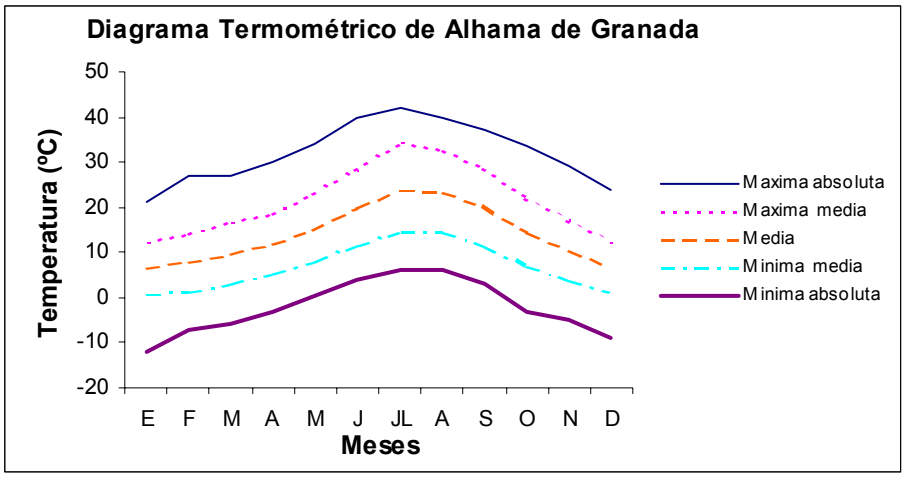
El valor medio anual para la temperatura mínima media es de 6,9ºC, siendo el mes de enero, con una media de 0,9ºC, el mes de las mínimas más bajas, mientras que julio con una media de 14,6ºC es el de las mínimas más elevadas.

CUADRO I

	Temperatura Máxima Absoluta	Temperatura máxima Media	Temperatura media	Temperatura mínima media	Temperatura mínima absoluta
ENERO	21,0	12,3	6,6	0,9	-12,0
FEBRERO	27,0	14,3	7,8	1,3	-7,0
MARZO	27,0	16,6	9,8	3,1	-6,0
ABRIL	30,0	18,5	11,9	5,2	-3,0
MAYO	34,0	22,8	15,2	7,9	0,5
JUNIO	40,0	28,4	20,0	11,6	4,0
JULIO	42,0	34,6	23,8	14,6	6,0
AGOSTO	40,0	32,9	23,6	14,4	6,0
SEPTIEM-BRE	37,0	28,6	20,1	11,6	3,0
OCTUBRE	33,5	22,0	14,6	7,1	-3,0
NOVIEM-BRE	29,0	17,0	10,5	4,1	-5,0
DICIEMBRE	24,0	12,5	6,9	1,3	-9,0
ANUAL	42,0	21,7	14,2	6,9	-12,0

En la figura 1 se representa gráficamente la trayectoria seguida por la temperatura media, máxima y mínima absoluta así como las temperaturas medias de las máximas y mínimas. La diferencia entre la temperatura del mes más cálido (23,8ºC), y la del mes más frío (6,6ºC), es de 17,2ºC. La oscilación media diurna es mayor en verano que en invierno, alcanzando su máximo en el mes de julio, en el que la diferencia entre la media de las máximas y la media de las mínimas es de 20ºC. El valor mínimo corresponde a diciembre, con 11,2ºC de oscilación media.

FIG.1



b) **Número de días de helada, bochorno, días con Tmáxima >25º, >30º y días con Tmínima < - 5ºC (cuadro II).**

Se considera día de helada, aquel en que la temperatura mínima es igual o inferior a los 0ºC. El cuadro II muestra que los meses de diciembre, enero y febrero son los que cuentan con mayor número de días de helada, en noviembre, marzo y abril también se contabilizan días de helada, no registrándose nunca entre los meses de mayo y octubre.

Son escasos los días con temperatura mínimas iguales o menores de –5ºC, dándose un promedio inferior a un día en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo; en los restantes meses del año no se alcanzan nunca estas temperaturas.

Durante los meses de julio y agosto se registra un promedio de prácticamente tres días con temperaturas mínimas superiores o iguales a 20ºC (días de bochorno).

Los días en que la temperatura máxima es igual o superior a 25ºC se dan en los meses estivales, si bien excepcionalmente también se dan en los meses primaverales de marzo a abril, y en los meses otoñales de octubre y noviembre.

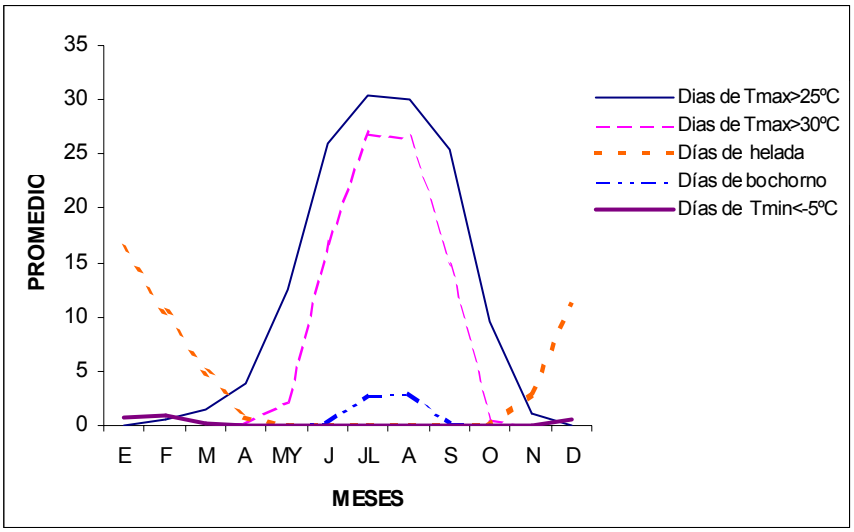
Los días calurosos, con temperaturas que alcanzan o superan los 30ºC se dan fundamentalmente en los meses de junio a septiembre, aunque también con menor frecuencia en los meses de abril, mayo y octubre.

CUADRO II

	Promedio días Tmax>25ºC	Promedio días Tmax>30ºC	Días de helada	Días de bochorno	Días de Tmin<-5ºC
ENERO	0,0	0,0	16,2	0,0	0,8
FEBRERO	0,5	0,0	10,3	0,0	0,9
MARZO	1,4	0,0	4,7	0,0	0,2
ABRIL	3,8	0,1	0,8	0,0	0,0
MAYO	12,6	2,2	0,0	0,0	0,0
JUNIO	25,9	16,7	0,0	0,2	0,0
JULIO	30,4	26,9	0,0	2,8	0,0
AGOSTO	30,0	26,6	0,0	2,9	0,0
SEPTIEM-BRE	25,4	14,7	0,0	0,2	0,0
OCTUBRE	9,6	0,6	0,0	0,0	0,0
NOVIEM-BRE	1,1	0,0	2,9	0,0	0,06
DICIEMBRE	0,0	0,0	11,0	0,0	0,6
ANUAL	140,7	87,8	45,1	5,9	2,6

En la figura 2 se muestran gráficamente el número de días de helada, días con Tmáxima >25ºC, >30ºC, así como los de Tmínima < -5ºC.

FIG 2



c) Estaciones térmicas

Las cuatro estaciones del año, establecidas astronómicamente, difieren de las establecidas según criterios meteorológicos.

Las temperaturas medias nos indican el comienzo y la duración real de cada estación, que según los valores térmicos se establecen de la siguiente manera:

PRIMAVERA temperatura media de 10° a 17°C
VERANO temperatura media > 17ºC
OTOÑO temperatura media de 17° a 10°C
INVIERNO temperatura media < 10°C

De acuerdo con este criterio, se ha obtenido el cuadro III donde se refleja el comienzo y la duración de cada una de las estaciones del año de Alhama de Granada.

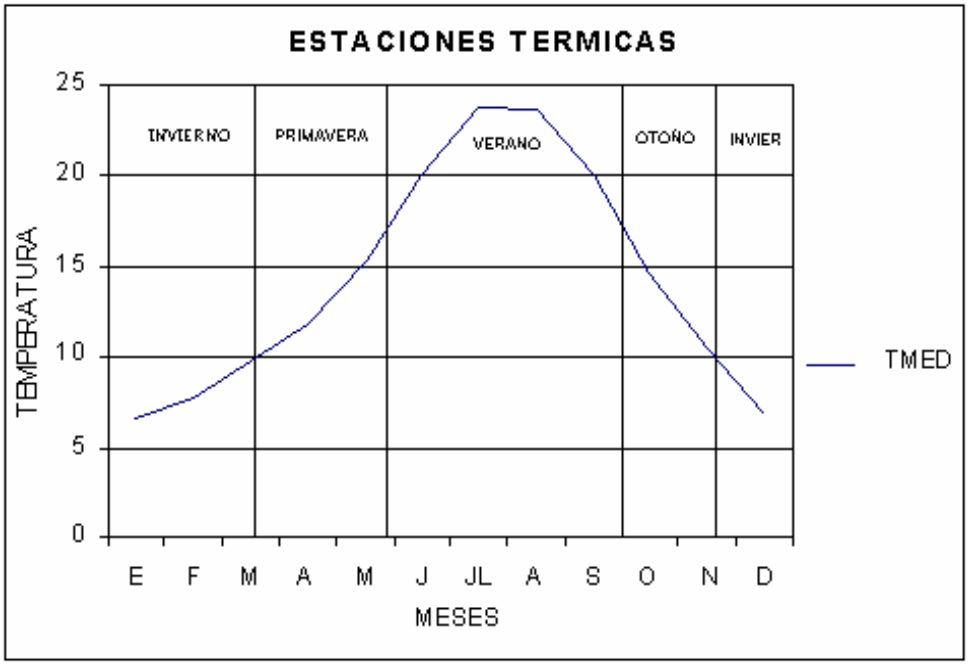
CUADRO III

ESTACION	COMIENZO	FINAL	PORCENTA-JE
PRIMAVERA	20 de marzo	25 de mayo	18,3
VERANO	26 de mayo	30 de sept.	35
OTOÑO	1 de octubre	20 de nov	14
INVIERNO	21 de nov	19 de marzo	32,7

En la figura 3, se representa gráficamente, la amplitud de estas estaciones térmicas así como el desarrollo descrito por la temperatura media.

La primavera tiene una duración de dos meses, siendo el otoño la estación más escasa con una duración de mes y medio; el verano y el invierno son las estaciones de más larga duración, con cuatro meses cada una.

FIG.3



2. - ESTUDIO PLUVIOMETRICO

El término precipitación engloba todas las formas de agua liquida o sólida que caen de las nubes, tales como lluvia, nieve, granizo, etc.

La mayor parte de las precipitaciones de Alhama de Granada son en forma de lluvia, existiendo pocas precipitaciones en forma de nieve o granizo.

Desde el punto de vista pluviométrico, se observa que la precipitación anual es de 403,5 mm, siendo los meses más lluviosos noviembre, diciembre y enero, seguidos de marzo y abril; el más seco es agosto con un promedio de 4,3mm (cuadro IV).

CUADRO IV

	Precipitación Total	**Precipitación Máxima**
ENERO	61,1	65
FEBRERO	35,3	28
MARZO	40,9	35,5
ABRIL	39,2	30
MAYO	35,7	38,0
JUNIO	19,8	27,5
JULIO	5,9	34
AGOSTO	4,3	29

SEPTIEMBRE	16,6	26,5
OCTUBRE	38	78
NOVIEMBRE	53,5	86
DICIEMBRE	53,2	64,5
ANUAL	403,5	86

El número medio anual de días de lluvia es de 55,6, siendo los meses desde diciembre a mayo los más lluviosos, con un promedio de 6 días; los meses más secos corresponden a julio y agosto, con un promedio inferior a 1 día de lluvia cada uno.

El promedio anual de días de nieve es de 1,1; la nieve aparece desde el mes de diciembre hasta marzo, con un promedio inferior a un día de nieve al mes; en el resto de los meses del año no aparece la nieve.

De acuerdo con los datos disponibles, el granizo prácticamente no existe en esta localidad, ya que sólo se registra en el mes de noviembre.

El promedio anual de días de tormenta es de 6,4, siendo el mes de septiembre donde se registran mayor numero de tormentas.

La niebla hace su aparición desde el mes de octubre hasta mayo, con un promedio anual de 6,2dias; durante los meses estivales no se registran nieblas.

El rocío es un fenómeno frecuente, con una media anual de 26,4 días, siendo el mes de mayo el que posee mayor numero de días con rocío junto con el mes de marzo. Es el mes de enero en el que se da con menor frecuencia este fenómeno.

La escarcha también se produce en muchas ocasiones, hasta un promedio anual de 32 días, siendo los meses de diciembre y enero los que

registran mayor numero de días con escarcha. Durante los meses estivales este fenómeno no ocurre (cuadro V).

CUADRO V

	Nº de días lluvia	**Nº de días nieve**	**Nº de días granizo**	**Nº de días tormenta**	**Nº de días niebla**	**Nº de días Rocío**	**Nº de días escarcha**
ENERO	6,8	0,1	0	0,1	1,3	0,5	8,5
FEBRERO	6,4	0,4	0	0,3	0,8	1,5	5,8
MARZO	6,1	0,2	0	0,2	0,5	4	4,2
ABRIL	6,5	0	0	0,8	0,4	2,2	1,3
MAYO	6,4	0	0	0,8	0,4	4,3	0,2
JUNIO	2,6	0	0	0,5	0	0,8	0
JULIO	0,6	0	0	0,4	0	0,3	0
AGOSTO	0,4	0	0	0,8	0	1,4	0
SEPTIEMBRE	2,1	0	0	1,3	0	3,5	0
OCTUBRE	5,1	0	0	0,7	0,5	3,3	0,5
NOVIEMBRE	5,9	0	0,2	0,4	1,5	2,7	4,6
DICIEMBRE	6,7	0,4	0	0,1	0,8	1,9	6,9
ANUAL	55,6	1,1	0,2	6,4	6,2	26,4	32

El promedio anual de días de precipitación igual o superior a 1mm es de 55,3. Como nos indica el cuadro VI, las menores frecuencias se dan durante los meses de julio y agosto, con menos de un día de promedio, seguidos de los meses de junio y septiembre

CUADRO VI

	Nº de días pp> 1mm	**Nº de días pp> 10mm**	**Nº de días pp> 30mm**
ENERO	6,3	1,7	0,1
FEBRERO	6,2	1,1	0
MARZO	5,3	0,9	0
ABRIL	6,6	0,7	0,1
MAYO	6,4	1	0,1
JUNIO	2,2	0,7	0
JULIO	0,6	0,2	0,1
AGOSTO	0,4	0,2	0
SEPTIEM-BRE	2,5	0,7	0
OCTUBRE	5,2	1,3	0,1
NOVIEM-BRE	6	1,9	0,3

DICIEMBRE	7,6	1,5	0,3
ANUAL	55,3	11,9	1,1

Los datos de precipitación se representan gráficamente en la figura 4, que permite seguir la marcha anual de las precipitaciones medias. Se observa que existe un máximo en los meses de diciembre y enero y un mínimo en los meses estivales de julio y agosto.

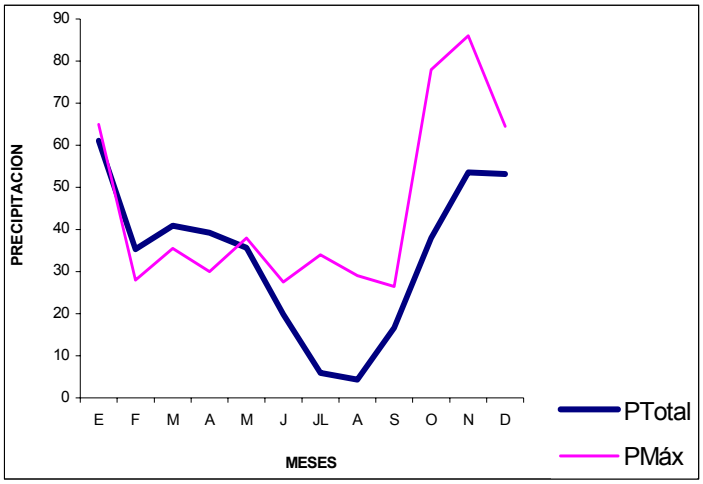


FIG. 4

En el cuadro VII se recogen los promedios de precipitación por estaciones astronómicas así como el del numero de días de precipitación obteniendo los siguientes valores:

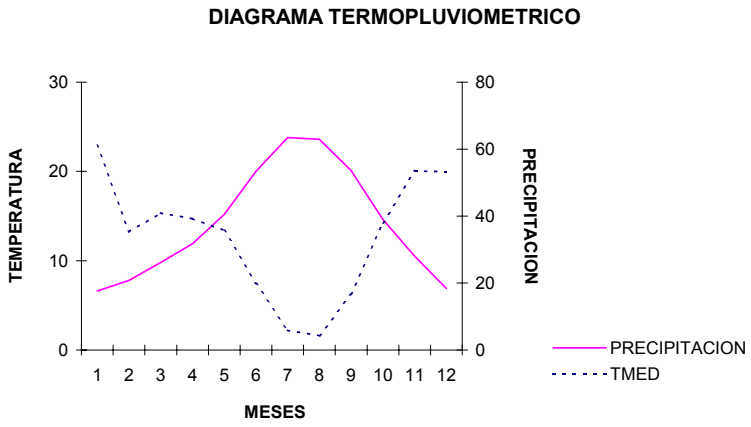
CUADRO VII

	Días de precipitación	Precipitación total	Porcentaje de precipitación
PRIMAVERA	19	115,8	28,7
VERANO	3,6	30	7,4
OTOÑO	13,1	108,1	26,8
INVIERNO	19,9	149,6	37,1
AÑO	55,6	403,5	100

A través de estos datos, se observa que la precipitación correspondiente a la primavera y el otoño es muy parecida y representan conjuntamente el 55,5% de la precipitación total del año con un promedio de días de precipitación de 32,1; son los meses de invierno los que concentran mayor numero de días de precipitación y mayor porcentaje de esta, concretamente se registra un promedio de casi 20 días de precipitación y un porcentaje de 37,1. Son los meses estivales los que registran menor numero de días de precipitación, únicamente 3,6, que representa un 7,4%.

El promedio de precipitación anual es de 55,6 días, registrándose 403,5 l/m2.

3. - DIAGRAMA TERMOPLUVIOMETRICO



En el diagrama termo pluviometrico se observa la existencia de meses en los cuales la temperatura es superior a la precipitación, como ocurre en los meses de enero a abril y noviembre y diciembre, en el resto de los meses es la precipitación la que supera a la temperatura.

Cuando la temperatura es superior a la precipitación, supone la existencia de déficit de humedad en el suelo, ya que existe mucha evapotranspiracion; en cambio cuando la precipitación es superior a la temperatura, existe superávit de humedad en el suelo, como ocurre en los meses de primavera, verano y parte del otoño.

4. - VALORES DE ALGUNOS INDICES CLIMATOLOGICOS

En el cuadro VIII se indican los valores del Índice de Continentalidad de GOREZYNSKI (K), el índice de aridez de LANG (L), el índice de aridez de MARTONNE (M), así como el índice termo pluviométrico de DANTIN Y REVENGA (I).

Estos índices se definen de la siguiente manera:

$K = 1.7(A/\text{sen } \vartheta) - 20.4$

$L = R/T$

$M = R/(T+10)$

$I = 100\ T/R$

Donde R es la precipitación media anual

T es la temperatura media anual

A es la temperatura media del mes más cálido menos la temperatura media del mes más frío.

ϑ Es la latitud geográfica.

A mayor valor del índice de Gorezynski mayor continentalidad; a menor índice mayor oceanidad. Alhama de Granada posee un valor de K de 28,3, que según la graduación realizada por Gorezynski corresponde a un clima continental.

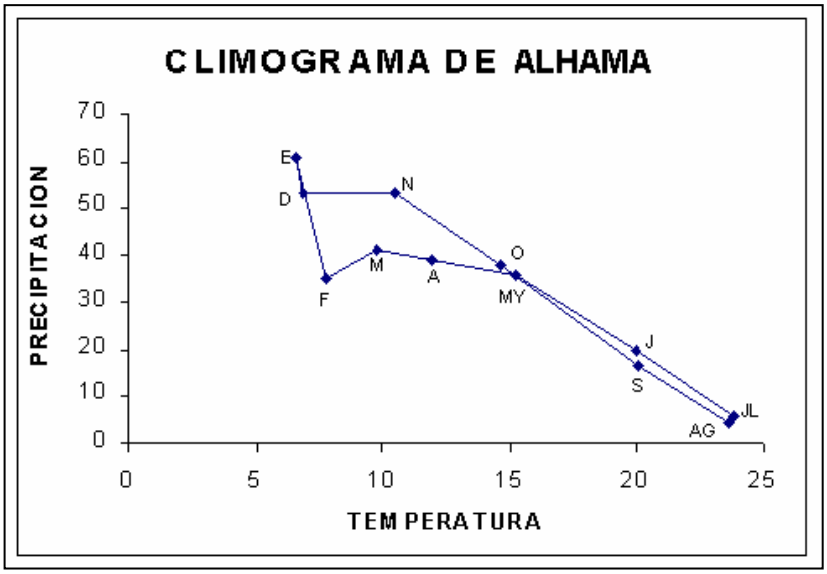
A mayor índice de Lang, mayor humedad. El valor de este índice es de 28,4 correspondiente a una zona árida.

Con arreglo al índice de aridez de Martonne, Alhama de Granada posee un valor de 16,7 estando incluido en la zona semiárida.

CUADRO VIII

Índice de Gorezynski	**Índice de Lang**	**Índice de Martonne**	**Índice de Dantin-Revenga**
28,3	28,4	16,7	3,5
Continental	Árida	Semiárida	Árida

5.- CLIMOGRAMA DE ALHAMA DE GRANADA



El climograma es un gráfico que da una idea de conjunto del clima de un lugar. Consiste en un sistema de ejes coordenados en el cual, sobre el eje de abscisas se indican las temperaturas medias mensuales y en el de ordenadas, la cantidad de precipitación media mensual. Así, cada mes viene representado por un punto, cuyas coordenadas son los valores medios del mes.

6. - ESTUDIO BIOCLIMATOLOGICO

El hombre esta afectado por el tiempo y el clima en multitud de maneras distintas. Algunos efectos son reconocidos como sensaciones de calor o frío. Para calcular estos efectos sobre el hombre se utilizan indicadores de sensación. Estos indicadores se derivan de estudios de sensaciones de calor y frío en humanos, con medidas simultaneas de parámetros climáticos efectivos, suministrando una relación directa con el medio ambiente térmico.

Así pues, las sensaciones de calor y frío ejercen su influencia sobre el bienestar y la conducta humana.

El indicador utilizado para el estudio bioclimatico de Alhama de Granada ha sido la Temperatura Efectiva definida por Missenard, en la que se incluyen la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento.

Numerosos estudios biológicos sugieren que la TE de 24°C suministra un limite critico de carga de calor; por encima de esta temperatura existe un limite máximo de confort humano que ronda los 30°C.

El bienestar térmico depende de las condiciones fisiológicas de cada persona (producción de calor, difusión de calor por la piel, secreción de sudor, ventilación pulmonar, etc.), de su vestimenta y nivel de actividad, que influye en las funciones anteriores, y de las condiciones ambientales.

La clasificación bioclimatica de acuerdo con el criterio de Missenard es la siguiente:

	>	30°C	MUY CALUROSO
24,1°C	a	30°C	CALOR MODERADO (CM)
18,1°C	a	24°C	CALOR AGRADABLE (CA)
12,1°C	a	18°C	SUAVE (S)
6,1°C	a	12°C	FRESCO (f)
0,1°C	a	6°C	MUY FRESCO (Mf)
- 11,9°C	a	0°C	FRIO (F)

a) Índices y sensación de confort

Los índices de confort se calculan aplicando la formula de TE de Missenard. Las sensaciones de confort se deducen de dicho índice, donde a cada intervalo de la temperatura efectiva le corresponde una sensación térmica.

El concepto de sensación de confort pretende caracterizar la reacción fisiológica ante estímulos provenientes del medio ambiente atmosférico, de forma que al hablar de confort o bienestar nos referimos a un medio cuyas características permiten el intercambio normal de calor con un mínimo esfuerzo termorregulador.

CUADRO IX

	ENE	FEB	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INDICE DE CONFORT	1.18	2.6	5.26	7.62	12.3	18.3	22.4	22.1	18.5	11.8	6.11	1.98
SENSA-CION CONFORT	Mf	Mf	Mf	f	S	CA	CA	CA	CA	f	f	Mf

De acuerdo con el cuadro IX la sensación térmica muy fresco, se da en los meses de diciembre a marzo; es fresca en los meses de abril, octubre y noviembre. La sensación de calor agradable se distribuye en los meses de junio a septiembre.

CUADRO X

	MF	F	Mf	F	S	CA	CM
Granada aeropuerto	0	0	121	91	31	122	0

El cuadro X representa la distribución anual de sensaciones climáticas del aeropuerto de Granada. Así, existe un numero de días de calor agradable y muy frescos prácticamente igual, 122 y 121 respectivamente.

No existe ningún día donde dicha sensación sea de mucho frío, frío, o de calor moderado.

b) Climograma de temperatura-humedad

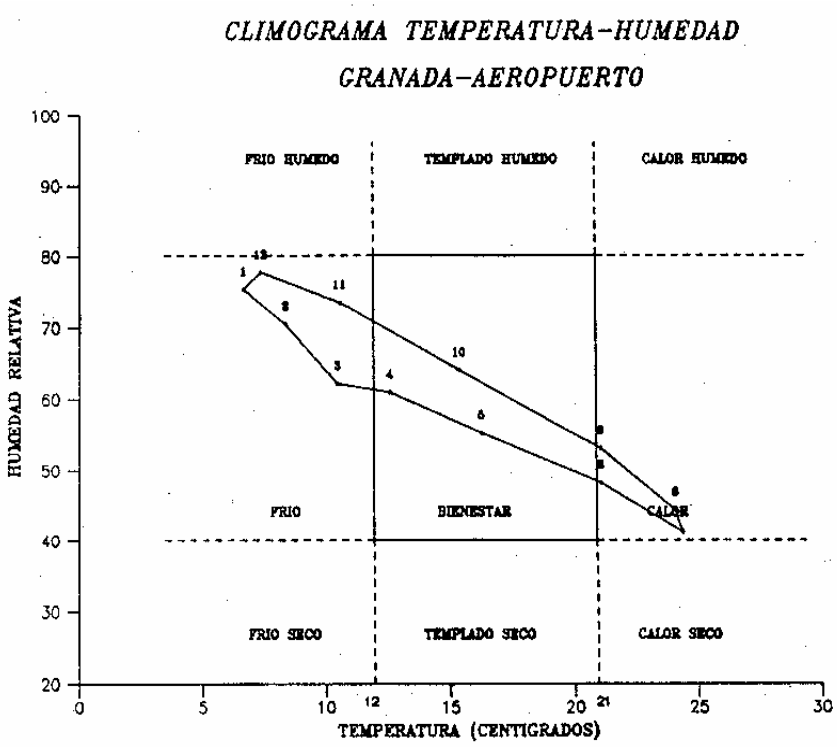
Para dar una idea del confort relativo (para una persona vestida y actividad normal), se ha fijado el siguiente índice:

Tmedia: 12°C a 21°C

HR media: 40% a 80%

Gracias a este índice y con los datos climatológicos del periodo 1961-1990, se ha representado el climograma del aeropuerto de Granada, donde la abscisa representa la temperatura media mensual y la ordenada la humedad relativa media.

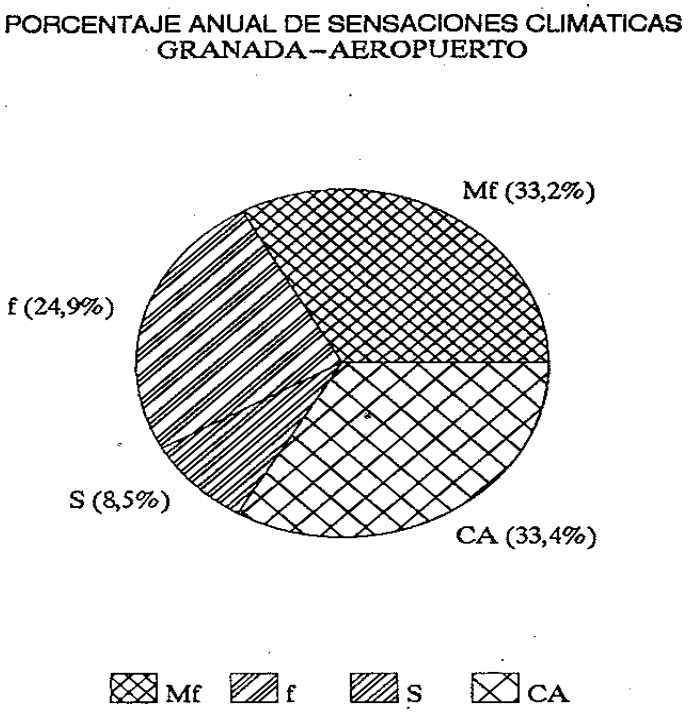
La zona de bienestar climático abarca los meses de abril a junio y octubre y noviembre; la sensación de frío se distribuye en el invierno y finales del otoño; por último son los meses de junio a septiembre donde se concentra la sensación de calor.



C) Distribución anual de sensaciones climáticas

Se representan gráficamente las proporciones de cada una de las sensaciones climáticas, así se registra en mayor proporción la sensación de calor agradable y muy fresco con un 33,4 % y 33,2% respectivamente. Los

días donde se registra la sensación de fresco suponen el 24,9% y la sensación de calor suave en un 8,5%.



Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68

Estudios sobre la vegetación del entorno del Balneario de Alhama de Granada (Granada)

MIGUEL LADERO *, ALFREDO ASENSI **, BLANCA DÍEZ-GARRETAS ** y FRANCISCO VALLE ***

** Dpto. de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca .Tfno (923)-294534. Fax (923)-294484*

*** Dpto. de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Tfno. (952)-131950. Fax. (952)-131944.*

**** Dpto. de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Tfno. (958)-243234. Fax. (958)-243254*

RESUMEN

Se estudian los aspectos más significativos sobre la bioclimatología, biogeografía, geología y edafología del entorno del Balneario de Alhama de Granada (Granada, España), señalando la vegetación climática y sus principales etapas de sustitución. Se incluye un conjunto de referencias históricas.

Palabras clave: Vegetación. Alhama de Granada (Granada). Balnearios.

SUMMARY

Study about the surroundings of Alhama de Granada Baths

A study of the main bioclimatic, biogeographic, geological, edaphic and historics aspects of the neighbourhood of the Alhama de Granada (Granada) Baths was made. The climax vegetation and its main substitution stages are also indicated.

Keywords: Vegetation.- Alhama de Granada (Granada). Baths.

INTRODUCCIÓN Y REFERENCIAS HISTÓRICAS

El conocimiento histórico de las fuentes termales o Baños de Alhama de Granada se remonta a tiempos inmemoriales. Restos encontrados cerca de los baños pertenecientes al Paleolítico y otros del Neolítico hallados en las Cuevas de la Mujer y del Agua, a menos de trescientos metros del nacimiento, avalan la hipótesis de que los primitivos pobladores de este territorio conocieron y probablemente usaron estas aguas (GARCÍA MALDONADO 1999).

Es también razonable que las sucesivas civilizaciones y culturas que se asentaron en este entorno la siguieran utilizando, caso de los fenicios, cuya presencia en la zona viene avalada por los restos encontrados en el Cerro de los Baños, datados del siglo VII a. C. (GARCÍA MALDONADO *op. cit.*).

Sobre la obra de fábrica de los primitivos baños existen algunas controversias referidas a su origen en época romana, que no analizaremos aquí, aunque trabajos de diversos autores hacen referencia explícita a su existencia en época de Trajano (AVILA GRANADOS 1949, CEA BERMÚDEZ 1832, MANZANO MARTOS 1958), con diversas construcciones y adiciones a la obra en periodos posteriores.

La literatura que se conoce de la época árabe sobre los Baños de Alhama es abundante. En el verano de 1349, Abu Abd Allah Mohammed, conocido como Ibn Batutah o "el viajero", nos da una referencia, quizás la más antigua sobre estos baños, en el viaje que realiza desde Málaga a Granada por el antiguo camino real nazarí:

"*Desde Málaga me dirigí a Béllech* (Vélez), *que está a la distancia de veinticuatro millas. Es una hermosa ciudad que tiene una bonita mezquita; abundante en uvas, frutas e higos, a la manera de Málaga. Salimos de Béllech para Alhammah, o las Termas de Alhama, villa pequeña con una mezquita muy bien situada y muy bien construida. Posee una fuente de agua caliente a la orilla de su río, y a la distancia de cerca de una milla de la población. Se ve allí una casa para los baños de los hombres y otra para los de las mujeres*".

En 1465, el viajero egipcio Abd al-Bäsit ben Jalil ben Sáhin al Malatti, recorriendo el Reino de Granada, llega hasta Alhama de la que dice lo siguiente:

"*...llegamos a otro país llamado al-Hämma que es uno de los países mas amenos y bellos. En sus alrededores había dos edificios construidos encima de dos manantiales, de los cuales brotan dos chorros de agua, y de eso el país ha tomado el nombre de Alhama: uno de los dos edificios está destinado a los hombres y el otro a las mujeres, y en todo el país he visto otros baños que estos dos, los cuales fluyen naturalmente; y se encuentra allí para lavarse y para tomar el baño caliente sin pagar nada. Y vi la construcción admirable, bien fabricada, agradable...*".

Es innegable que en aquellos años los Baños de Alhama disfrutaban de gran predicamento entre los Reyes de Granada, que solían ir con frecuencia para disfrutarlos y descansar. Diversos testimonios ponen en evidencia el aprecio que la clase dirigente de Granada tenían de Alhama y sus baños que fue elegida como zona de descanso y recreo. La noticia de su conquista por los cristianos se recibió con gran tristeza. Muley Hacen hizo todo lo que es-

tuvo a su alcance para reconquistarla y Boabdil, cuando tuvo que entregar Granada intentó que le se concediese a cambio, Alhama.

Entre septiembre de 1494 y febrero de 1495, el doctor en Medicina, geógrafo y astrónomo alemán, Jerónimo Münzer, viaja por España, llegando a Alhama a finales de octubre. Su impresión es la siguiente:

"*El día 27 de octubre salimos de la gloriosa ciudad de Granada. Caminando primero por una deleitosa vega luego por un terreno montuoso, llegamos al fuerte castillo de Alhama situado en lo alto de un cerro. No lejos de éste hay unas termas de agua purísima y bastante caliente que no tiene otro sabor, según advertí al probarla, que el que pueda tener el agua de más exquisita calidad. El Rey de Granada mandó hacer allí un baño muy suntuoso, con piso de mármol tres soberbios arcos y lucernas en la parte superior*" (GARCÍA MERCADAL 1952).

En el otoño de 1564 el pintor flamenco Joris Hoefnagel, en *Civitates Orbis Terrarum*, efectúa el dibujo panorámico de mayor importancia histórica que se conoce sobre la ciudad de Alhama y su entorno, destacando muy especialmente el balneario.

Las referencias a Alhama en los siglos posteriores es constante y raro es el visitante, más o menos ilustrado, que no recoge en una crónica o referencia su paso por este territorio y hace mención a sus baños.

En lo estrictamente botánico, la primera referencia, que hemos encontrado, sobre la flora y vegetación del territorio nos la proporciona Juan de Dios Ayuda que en 1798 escribía lo siguiente:

"*... La tierra inmediata a los baños como la del cerro que los domina y toda la de los contornos de la ciudad es de aquellas fuertes, que resultan de la mezcla de la greda y arcilla, tan conocidas en Andalucía en unas partes como bugeo y en otras como huedo y en todas temible por los grandes atascaderos que se hacen en años lluviosos*". Más adelante continua: "*Pero, si la dicha tierra tiene esta nulidad, la recompensa grandemente con la ventaja, que también logra de ser feracísima, criando en ella si le acuden las*

lluvias unas siembras como montañas, que a su mucho dar juntan la recomendación de ser el grano de la mejor calidad, sucediendo otro tanto con las plantas bravías que se crían en ella, que no pueden ser ni más lozanas ni robustas".

Estos suelos de carácter vértico (vertisoles), albergaron y albergan una cultura de carácter olivarera y cerealista que contrasta con los litosoles y regosoles calcáricos que se encuentran en las proximidades y que conservan restos, algunos muy bien conservados, de la vegetación potencial del territorio. El mencionado autor nos indica:

"*A lo que no se ha dado allí acogida es a los árboles, sintiendo lástima y enojo al asomarse por cualquier parte que se descubre la ciudad, viéndola en aquel sequero, tan desamparada de frondosidad y no encontrándose cosa verde por todos sus contornos después que se alzan los panes. Pues, aunque hay algo en el río, ni es lo que debía ni se descubre estando todo tan reducido a algunas huertas que ponen de hortalizas con tal cual moral y frutales de mala calidad*".

Pero lo más interesante del relato de Juan de Dios Ayuda, según la transcripción que hace RAYA RETAMERO (1999), es la relación de plantas que observa en el entorno del balneario:

"*Anagallis arvensis et monelli, Anethum foeniculum, Antirrhinum viscosum, Apium graveolens, Asplenium ceterach, Calendula arvensis, Cardamine petrea, Centaurea scoparia, Cerastium viscosum, Cheiranthus annus, Chenopodium viride, Convolvulus arvensis, Cotyledon umbilicus, Cucubalus behen, Echium vulgare, Epilobium palustre, Eryngium vulgare, Erysimum vulgare, Fumaria officinalis, Galium aparine, Geranium sanguineum, Gladiolus communis, Gnaphalium stoechas, Herniaria hirsuta, Hesperis africana, Hyoscyamus albus, Hypecoum procumbens, Lamium amplexicaule, Matricaria parthenium, Medicago sativa, Melisa fruticosa, Miagrum perfoliatum, Papaver rhoeas, Parietaria officinalis, Phlomis herbaventi, Plantago*

lanceolata, Potentilla reptans, Poterium sanguisorba, Rumex aquaticus, Salvia aethiopis, Samolus valerandi, Saponaria officinalis, Scandix pectens-veneris, Scilla maritima, Scrophularia aquatica, Senecio linifolia, Sisymbrium nasturtium-aquaticum, Solanum dulcamara, Thlaspi bursa-pastoris, Thlaspi aliaceum,Trifolium melilotus, officinale et strictum, Urtica urens et pilulifera, Verbascum thapsus, Veronica anagallis-aquatica, Veronica arvensis, Zizifora hispanica, *con algunos de espino prieto, cornicabra, almendro y otras que al no estar floridas y no conocerlas de antemano, no se pudieron determinar*".

El ginebrino Charles Edmond Boissier, en su "Voyage Botanique dans le Midi de l'Espagne pendant l'annèe 1837", obra magistral y de extraordinaria belleza recogida en dos volúmenes, nos narra con detalle todos los sucesos ocurridos en su viaje. En lo que respecta a su paso por Alhama recogemos lo siguiente:

" *Tras haber recorrido más o menos legua y media, llegamos al borde de un valle más profundo y Pedro me dijo que íbamos llegar a Alhama. Esta ciudad enteramente escondida en un pliegue del terreno, solo se ve cuando se llega a sus puertas, es una de las últimas ciudades que los moros abandonaron y conserva aún su carácter oriental*".

En lo referente a la descripción del territorio, su flora y vegetación, escribe:

"*Alhama está situada a casi 3000 pies de altitud por encima de la costa y era fácil darse cuenta de ello por la diferencia de temperatura; el día de mi llegada, hacía mas bien frío y por la noche cayó una lluvia abundante, lo que no ocurre en el litoral en esa época* (el relato se desarrolla en el mes de junio). *La nieve cae aquí cada invierno y persiste a menudo durante varios días. La semana siguiente salí hacia Granada, al pie de la ciudad crucé un río, profundamente encajonado entre unas rocas verticales, que baja de Sierra Tejeda y va al norte a desembocar en el Genil. Después volví a subir sobre unas amplias mesetas que se apoyan al sur de las Sierras Tejeda y de Almijara; se extienden hasta el valle de Granada sobre una distancia de seis*

leguas y sus aspecto monótono solo está alterado por uno barrancos transversales al fondo de los cuales algunos pequeños arroyos van a unirse al Genil. Parte de esta extensión está ocupada por unos trigales que dan, según dicen, unas bellas cosechas en los años húmedos, pero que son de pobre rendimiento a causa de la sequedad del suelo cuando falta la lluvia en primavera. Estas tierras son de una naturaleza fuerte y arcillosa, en los barbechos crecían en abundancia Cirsium syriacum, Echium glomeratum, Phlomis herbaventi y grandes matas de alcaparros salvajes. Las partes baldías y de matorral presentaban la misma vegetación que las llanuras entre Alhama y Sierra Tejeda; observé además romero, Ulex australis, Genista biflora, Sideritis hirsuta, Cynara alba, aún sin flor, y la Stipa pubescens muy abundante dejaba ondular al capricho del viento sus barbas parecidas a unos cabellos que alcanzan un pie de largo".

DESCRIPCIÓN DEL TERRITORIO

El entorno del Balneario se encuentra situado en las Cordilleras Béticas, en la denominada Depresión de Granada, cuenca sedimentaria de desarrollo posterior a la orogenia alpina y que ha actuado como cuenca de sedimentación con facies marinas y continentales donde se localizan gran cantidad de materiales neógenos y cuaternarios.

La comarca de Alhama de Granada se encuentra ubicada a continuación de un poljé de excepcional valor morfológico, el de Zafarraya, situado entre Sierra Gorda y Alhama de Granada, por encima del río Cacín, sobre la unidad de Zafarraya que cabalga hacia el norte de Sierra Gorda, reafirmando el soporte megatectónico.

Los 70 m de relleno estudiados en Ventas de Zafarraya presentan alternancia de gravas calcáreas, arcillas, gelifractos y limos arcillosos, con amplio espectro de illitas y kaolinitas, y un modelado de cono rocoso que plantean una evolución acumulativa sostenida durante todo el Cuaternario, refle-

jando los niveles de limos y gravas, las oscilaciones climáticas del Pleistoceno medio y superior.

En el entorno del Balneario y pueblo de Alhama destacan los Tajos de Alhama, que por su belleza paisajística se han constituido en uno de los lugares más visitados del territorio. El modelado fluvial ha dado origen a unas impresionantes paredes verticales. Se trata de materiales del Cuaternario y Terciario (Mioceno) constituidos por arenas, limos, calcarenitas bioclásticas y conglomerados que afloran en el fondo del río, con un ambiente de sedimentación fluvial o marina. Encierran en su interior una gran cantidad de restos de animales y vegetales fósiles que han servido para datar su historia natural. Se le asigna una edad Serravaliense-Tortoniense inferior ya que los fósiles se pudieron haber depositado en una zona costera. Entre los restos fosilíferos se recogen algunos briozoarios, algas coralináceas, equinodermos, lamelibranquios, foraminíferos bentónicos y algunos planctónicos.

El análisis climático y su correspondiente transcripción bioclimática se ha realizado en base a los datos suministrados por las estaciones termopluviométricas más próximas a la localidad de Alhama que son el Pantano de los Bermejales y Loja, cuyos datos se encuentran recogidos en la Tabla1 [altitud (Alt.), temperatura media anual en grdos centígrados (T), precipitación media anual en mm (P), índice ombrotérmico (Io), índice de termicidad compensado (Itc)]. En la caracterización bioclimática se ha seguido la propuesta de RIVAS-MARTÍNEZ & LOIDI (1999).

Tabla 1

Estación	Alt.	T	P	Io	Itc	Termotipo	Ombrotipo
Pantano Bermejales	800	13,7	423	2,6	309	meso inferior	seco
Loja	480	7	509	2,5	342	meso inferior	seco

De los datos analizados podemos concluir que el territorio objeto de estudio participa de un bioclima de carácter mediterráneo pluviestacional-oceánico, correspondiendo el termotipo al mesomediterráneo inferior y el ombrotipo al seco.

Siguiendo la tipología y terminología biogeográfica propuesta por RIVAS-MARTÍNEZ et al. (1999), Alhama de Granada y su entorno pertenecen al distrito Alfacarino-Granatense (sector Malacitano-Almijarense, provincia corológica Bética). El borde sur de este distrito contacta con el distrito Almijarense.

VEGETACIÓN

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la vegetación climatófila del territorio corresponde a la amplia serie mesomediterránea bética basófila de la encina o *Quercus rotundifolia* (*Paeonio coriaceae-Querco rotundifoliae S.*) si bien en amplias zonas con suelos de carácter vértico (vertisoles), la imposibilidad del desarrollo del encinar daría paso a formaciones de acebuchales mesomediterráneos donde *Olea europaea* subsp. *sylvestris* adquiriría un papel preponderante. La ancestral utilización del territorio impide recono-

cer este tipo de vegetación, los acebuchales, tan característicos de las tierras de bujeo.

Los encinares pueden observarse en algunos cerros próximos a Alhama en lo que corresponde a la Cañada Real que va desde las Ventas de Zafarraya hasta el mencionado pueblo. La vegetación climácica (*Paeonio-Quercetum rotundifoliae*) está en algunas zonas bien representada y en estado aceptable de conservación.

La orla, prebosque o primera etapa de sustitución de estos encinares son los coscojares con majuelos *(Crataego monogynae-Quercetum coccifera*e) donde son frecuentes *Quercus coccifera, Crataegus monogyna, Pistacia lentiscus, P. terebinthus, Ephedra fragilis, Retama sphaerocarpa, Rhamnus alaternus, Cytisus grandiflorus, Osyris alba*, etc. En algunas zonas (entre Loja y Alhama), donde afloran materiales de carácter dolomítico, el matorral lleva táxones como *Lavandula lanata, Genista cinerea* subsp. *speciosa, Ulex parviflorus*, etc. (*Ulici parviflori-Genistetum speciosae*). En suelos aún profundos se pueden reconocer espartales (*Thymo gracile-Stipetum tenacissimae*).

La acción del hombre sobre el paisaje vegetal ha sido muy intensa siendo frecuente encontrar pinares de repoblación fundamentalmente de *P. halepensis*, con algunos pies de *P. pinaster*.

La vegetación de carácter edafófilo (edafohigrófila), se restringe al fondo y riberas del río Cacín, donde la presión antrópica ha constreñido este tipo de formaciones. La primera banda ripícola, en contacto con el agua, presenta sauces arbustivos como *Salix purpurea* subsp. *lambertiana* y *S. neotricha* (*Salicetum neotrichae*) que se instala delante de la chopera blanca (*Rubio tinctorum-Populetum albae*) en la que son frecuentes algunos álamos (*Populus alba*), con otras especies como *Ficus carica* y *Celtis australis* o en ocasiones falsas acacias (*Robinia pseudoacacia*).

Cuando la sauceda se aclara adquieren mayor preponderancia los zarzales (*Rubo ulmifolii-Coriarietum myrtifoliae*) constituidos por escaramujos

(*Rosa canina, R. pouzinii*), zarzas (*Rubus ulmifolius*)y emborrachacabras (*Coriaria myrtifolia*) o los herbazales nitrófilos de suelos húmedos (*Urtico-Smyrnietum olusatri*) en los que destacan el apio de los caballos (*Smyrnium olusatrum*) y ortigas (*Urtica membranacea*).

En la presa o pantaneta de Alhama, la comunidad dominante es un espadañal con carrizos y juncos (*Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*) dominado por grandes helófitos rizomatosos que ocupan los márgenes del río y pantaneta. Las especies presentes son aneas o espadañas (*Typha dominguensis, T. latifolia*), carrizos (*Phragmites australis*), juncos (*Juncus subnodulosus*), juncos churreros (*Scirpus holoschoenus*) y junquillos (*Cyperus longus, Carex divisa, C. hispida*). En algunas zonas se pueden apreciar saucedas predominantemente arbustivas que constituyen la primera banda de vegetación. Los sustratos sobre los que se asientan son básicos, formadores de suelos aluviales bastante evolucionados que tienen una gran capacidad de retención y una textura gruesa. Destacan especies como *Salix purpurea* subsp. *lambertiana* y *S. neotricha* (*Salicetum neotrichae*). Cuando los suelos adquieren una textura aún más gruesa estas especies son sustituidas por *Salix eleagnos* subsp. *angustifolia* y *S. atrocinerea* (*Salicetum discoloro-angustifoliae*). En el borde nitrificado del río son frecuentes las comunidades presididas por *Conium maculatum* (*Galio aparine-Conietum maculati*) y en situaciones parcialmente sumergidas los herbazales densos de suelos ricos en materia orgánica y aguas más o menos nitrificadas (*Scrophulario auriculatae-Epilobietum hirsuti*).

Los roquedos verticales de los Tajos de Alhama llevan como especies características, para estos medios inhóspitos y extraplomados con fuerte nitrofilia, por los pájaros, *Sarcocapnos pulcherrima* (*Sarcocapnetum pulcherrimae*) y otros táxones como *Linaria anticaria*, *Umbilicus rupestris* y *Antirrhinum graniticum.*

En lo que respecta a la vegetación mesícola del territorio, fundamentalmente en los olivares, son constantes táxones como: *Diplotaxis virgata, Erodium malacoides, Muscari comosum, Convolvulus althaeoides, C. trico-*

lor, Urospermum picroides, Fumaria parviflora, F. officinalis, Bromus diandrus, Hordeum leporinum, Senecio vulgaris, Lamium amplexicaulis, Avena barbata, Anacyclus clavatus, Hedypnois cretica, Rhagadiolus stellatus, Silene colorata, Chrysanthemum segetum, Galium tricornutum, Filago pyramidata, Anchusa azurea, Coleostephus myconis, Eryngium campestre, Lathyrus cicera, Bupleurum lancifolium, Fedia cornucopia, Ridolfia segetum, etc. (*Fedio cornucopiae-Sinapietum mairei*).

En los bordes de la carretera son frecuentes los herbazales (*Inulo viscosae-Oryzopsietum miliaceae*) y en taludes o sobre suelos profundos básicos, los cardales de *Scolymus maculatus, Carduus bourgeanus, Nothobasis syriaca, Carlina corymbosa,* etc. (*Nothobasio syriacae-Scolymetum maculati*). Son también reconocibles las comunidades megafórbicas, dominadas por *Silybum marianum*, características de medios muy nitrificados (*Carduo bourgeani-Silybetum mariani*).

EL JARDÍN O PARQUE DEL BALNEARIO

Desconocemos cuando fue diseñado el jardín del Balneario pero la concepción del mismo responde al patrón romántico del siglo XIX. Está estructurado en un paseo central amplio con dos laterales más estrechos y paralelos al anterior, uno de ellos circundando el borde del río. De estos paseos laterales salen otros perpendiculares al central, que le confiere un dibujo geométrico en rectángulos simétricos con setos de duranta (*Duranta repens*) y boj (*Buxus sempervirens*) entremezclados.

En el estrato arbóreo, poco diversificado, destaca el conjunto de plátanos orientales (*Platanus orientalis*) de extraordinario porte y vigor, así como el híbrido (*Platanus x hispanica*). Algunas rodales de pino piñonero (*Pinus pinea*) sirven de cobijo y alimentación a una abundante colonia de ardillas (*Sciurus vulgaris*). Son también frecuentes algunos ejemplares de olmos (*Ulmus minor*), morales (*Morus alba*), árboles del cielo (*Ailanthus altissima*),

nogales (*Juglans regia*), magnolios (*Magnolia grandiflora*), tilos (*Tilia sp.*), ciprés de Cartagena (*Tetraclinis articulata*), granados (*Punica granatum*), laureles (*Laurus nobilis*), nísperos del Japón (*Eriobotrya japonica*), espireas (*Spirea x cantoniensis*), adelfas (*Nerium oleander*), yedras (*Hedera helix*), celindos (*Philadelphus coronarius*), bambúes (*Phyllostachys aurea*), aligustres (*Ligustrum lucidum, L. ovalifolium*), acalifas (*Acalypha wilkesiana*), etc. En el estrato herbáceo aparecen algunos ejemplares de acantos (*Acanthus mollis*), pervinca de Madagascar (*Catharanthus roseus*), salvia escarlata (*Salvia splendens*), etc.

ESQUEMA SINTAXONÓMICO DE LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN MENCIONADAS EN EL TEXTO

Siguiendo la propuesta de RIVAS-MARTÍNEZ et al. (2001) y la Addenda a este trabajo (RIVAS-MARTÍNEZ & IZCO (in press), se relacionan en un esquema sintaxonómico ordenado de acuerdo con la progresión ecológica, fisionómica, estructural y dinámica, las distintas unidades de vegetación mencionadas con anterioridad.

PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klika & Novák 1941

\+ *Phragmitetalia* Koch 1926

* *Phragmition communis* Koch 1926

** *Phragmitenion communis*

Typho angustifoliae-Phragmitetum australis (Tüxen & Preising 1942) Rivas-Martínez, Báscones, T.E. Díaz, Fernández González & Loidi 1991

PETROCOPTIDO PYRENAICAE-SARCOCAPNETEA ENNEAPHYLLAE Rivas-Martínez, Cantó & Izco 2002

+ *Sarcocapnetalia enneaphyllae* Fdez Casas 1972

* *Sarcocapnion pulcherrimae* Fdez. Casas 1972 corr. Rivas-Martínez, Cantó & Izco 2002

Sarcocapnetum pulcherrimae Cuatrecasas ex Esteve & F. Casas 1971 corr. Rivas-Martínez, Cantó & Izco 2002

ARTEMISIETEA VULGARIS Lohmeyer, Preising & Tüxen ex von Rochow 1951

+ *Agropyretalia repentis* Oberdorfer, Müller & Görs in Oberdorfer, Görs, Korneck, Lohmeyer, Müller, Philippi & Seibert 1967

* *Bromo-Orysopsion miliaceae* O. Bolòs 1970

Inulo viscosae-Oryzopsietum miliaceae O. Bolòs 1957

+ *Carthametalia lanati* Brullo in Brullo & Marcenó 1985

* *Onopordion castellani* Br.-Bl. & O. Bolòs 1958 corr Rivas-Martínez 2001

Notobasio syriacae-Scolymetum maculati Rivas Goday ex Ladero, Socorro, Molero, M. López, Zafra, Marín, Hurtado & Pérez Raya 1981

* *Silybo-Urticion* Sissingh ex Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

Carduo bourgeani-Silybetum mariani Rivas-Martínez ex Rivas-Martínez, Costa & Loidi 1992

STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer & Preising ex von Rochow 1951

CHENOPODIO-STELLARIENEA Rivas Goday 1956

+ *Thero-Brometalia* (RivasGoday & Rivas-Martínez ex Esteve 1973) O. Bolòs 1975

* *Cerintho majoris-Fedion cornucopiae* Rivas-Martínez & Izco ex Peinado, Martínez Parras & Bartolomé 1986

Fedio cornucopiae-Sinapietum mairei Peinado, Martínez Parras & Bartolomé 1986 corr. Rivas-Martínez et al. 2001

GALIO-URTICETEA Passarge ex Kopecky 1969

+ *Galio aparines-Alliaretalia petiolatae* Görs & Müller 1969

* *Galio-Alliarion petiolatae* Oberdorfer & Lohmeyer in Oberdorfer, Görs, Kornek, Lohmeyer, Müller, Philippi & Seibert 1967

** *Smyrnienion olusatri* Rivas Godoy ex Rivas-Martínez, Fernández González & Loidi 1999

Urtico membranaceae-Smyrnietum olusatri A. & O. Bolòs in O. Bolòs & Moliner 1958

* *Conio maculati-Sambucion ebuli* (O. Bolòs & Vigo ex Rivas-Martínez, Báscones, T.E. Díaz, Fernández González & Loidi 1991) Rivas-Martínez & Costa 2002

Galio aparines-Conietum maculati Rivas-Martínex ex G. López 1978

+ *Convolvuletalia sepium* Tüxen ex Mucina 1993

* *Convolvulion sepium* Tüxen ex Oberdorfer 1957

Scrophulario auriculatae-Epilobietum hirsuti Ríos & Alcaraz 2002

LYGEO-STIPETEA Rivas-Martínez 1978

+ *Lygeo-Stipetalia* Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

* *Stipion tenacissimae* Rivas-Martínez 1978

Thymo gracilis-Stipetum tenacissimae Pérez Raya & Molero 1988

RHAMNO-PRUNETEA Rivas Godoy & Borja ex Tüxen 1962

+ *Prunetalia spinosae* Tüxen 1952

* *Pruno-Rubion ulmifolii* O. Bolòs 1954

** *Pruno-Rubenion ulmifolii*

Rubo ulmifolii-Coriarietum myrtifoliae O. Bolòs 1954

SALICI PURPUREAE-POPULETEA NIGRAE (Rivas-Martínez & Cantó ex Rivas-Martínez, Báscones, T.E. Díaz, Fernández González & Loidi) Rivas-Martínez & Cantó 2002

+ *Populetalia albae* Br.-Bl. ex Tchou 1948

* *Populion albae* Br-Bl. ex Tchou 1948

** *Populenion albae*

Rubio tinctorum-Populetum albae Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

+ *Salicetalia pupureae* Moor 1958

* *Salicion triandro-neotrichae* Br.-Bl. & O. Bolòs 1958

Salicetum discoloro-angustifoliae Rivas-Martínez ex G. López 1976 corr. Alcaraz, P. Sánchez, De la Torre, Ríos & J**.** Alvarez 1991.

Salicetum neotrichae Br.Bl. & O. Bolòs 1958

QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. ex A. & O. Bolòs 1950

+ *Quercetalia ilicis* Br.-Bl. ex Moliner 1934 em. Rivas-Martínez 1975

**Quercion broteroi* Br.-Bl., P. Silva & Rozeira 1956 em. Rivas-Martínez 1975 corr. Ladero 1974

** *Paeonio broteroi-Quercenion rotundifoliae* Rivas-Martínez in Rivas-Martínez, Costa & Izco 1986

Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae Rivas-Martínez 1965

+ *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaternis* Rivas-Martínez 1975

* *Genisto spartioidis-Phlomidion almeriensis* Rivas Goday & Rivas-Martínez 1969

Ulici-Genistetum speciosae Rivas Goday & Rivas-Martínez 1969

* *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae* Rivas Godoy ex Rivas-Martínez 1975

Crataego monogynae-Quercetum cocciferae Martínez Parras, Peinado & Alcaraz 1984

FLORA MEDICINAL

Como en ocasiones anteriores al estudiar el entorno botánico de un balneario, hemos creido conveniente incluir las plantas medicinales que crecen o se cultivan en la Comarca de Alhama de Granada y en general de Las Almijaras . Dentro de este listado hemos separado de una parte, las plantas que crecen de manera natural en el territorio estudiado y de otra, aquellas que se cultivan tradicionalmente . No podemos olvidar la gran tradición que el uso de las plantas medicinales tienen para los habitantes de las distintas comarcas granadinas .

PLANTAS MEDICINALES QUE CRECEN DE FORMA NATURAL EN LA COMARCA DE ALHAMA DE GRANADA

Acanthus mollis L.

Adiantum capillus-veneris L.

Agrimonia eupatoria L.

Agropyrum repens Beauv.

Apiun nodiflorum (L.) Lag.

Arbutus unedo L

Arctium minus Bernh

Arundo donax L.

Asplenium trichomanes L. subsp. *quadrivalens* D. E. Meyer

Berberis vulgaris subsp. *australis*

Borogao officinalis L.

Bryonia dioica Jacq.

Calendula arvensis L. subsp. *arvensis*

Capsella bursa-pastoris (L.) Medik

Castanea sativa Miller

Centaurea ornata Willd. Subsp. *ornata*

Centaurium erythraeae Rafin

Ceterach officinarum Willd

Chamaemelun nobile (L.) All

Cichorium intybus L.

Cistus ladanifer L.

Convolvulus arvensis L.

Crataegus monogyna Jacq.

Cynodon dactylon (L.) Pers.

Daucus carota L.

Digitalis obscura L.

Digitalis purpurea L. subsp. *purpurea*

Ephedra fragilis Desf.

Ephedra nebrodensis Tineo ex Guss. subsp. *negrodensis*

Epilobium hirsutum L.

Equisetum arvense K

Erigeron canadensis L.

Eryngium campestre L.

Foeniculum vulgare Miller

Fumaria officinalis L.

Galium verum L.

Geranium robertianum L.

Geum urbanum L.

Glycyrrhiza glabra L.

Hedera helix L.

Helichrysum italicum (Roth.) G. Don fil. Subsp. *serotinum* (Boiss) P. Fourn.

Helichrysum stoechas (L.) Moench

Herniaria glabra L.

Hieracium pilosella L. subsp. *tricholepium* Naegeli & Peter

Hyoscyamus niger L.

Hypericum perforatum L.

Juniperus communis L. subsp. *hemisphaerica* (K. Prel) Nyman

Lavandula latifolia Medicus

Lavandula stoechas L.

Lithodora fruticosa (L.) Griseb.

Lythrum salicaria L.

Malva sylvestris L.

Marrubium vulgare L.

Matricaria chamomilla L.

Medicago sativa L.

Mentha pulegium L.

Micromeria graeca (L.) Bentham ex Reichenb.

Myrtus communis L.

Olea europaea L. var. *sylvestris* Brot.

Papaver rhoeas L.

Parietaria judaica L.

Paronychia argenteea Lam

Phyllitis scolopendrium (L.) Newman

Pinus pinaster Aiton subsp. *acutisquama* (Boiss) Rivas-Martinez, & col.

Pinus sylvestris L.

Pistacia lentiscus L.

Plantago lanceolata L.

Plantago major L.

Plantago ovata Forskal.

Polygala rupestris Pourret

Polygonum aviculare L.

Polypodium cambricum L. subsp. *cambricum*

Polypodium vulgare L.

Populus alba L.

Populus nigra L.

Portulaca oleracea L.

Potentilla reptans L.

Prunus spinosa L.

Quercus rotundifolia Lam.

Rhamnus alaternus L.

Rhamnus myrtifolius Willk

Rorippa nastrutium-aquaticum (L.) Hayek

Rosa canina L.

Rosmarinus officinalis L.

Rubus ulmifolius Schott

Ruscus aculeatus L.

Salix purpurea L.

Salvia oxyodon Webb. & Heldr.

Sambucus nigra L.

Sanguisorba verrucosa (Link ex G. Don) Ces.

Santolina chamaecyparissus L.

Saponaria officinalis L.

Satureja obovata Lag.

Sedum algum L.

Sideritis hirsuta L.

Silybum marianum (L.) Gaertner

Sinapis alba L. subsp. *alba*

Sisymbrium officinale (L.) Scop

Smilax aspera L.

Tanacetum parthenium (L.) Schultz

Taraxacum obocatum (Will.) DC.

Thymus baeticus Boiss.

Thymus zygis L. subsp. *gracilis* (Boiss.) R. Morales

Tribulus terrestris L.

Trifolium pratense L.

Urginea maritima (L.) Baker

Urtica dioica L.

Urtica urens L.

Verbascum thapsus L.

Verbena officinalis L.

Viola odorata L.

Vitis vinifera L. subsp. *sylvestris* (C.C. Gmelin) Hegi

PLANTAS MEDICINALES CULTIVADAS EN LA COMARCA DE ALHAMA DE GRANADA

Aesculus hippocastanum L.

Allium cepa L.

Allium sativum L.

Apium graveolens L.

Avena sativa L.

Brassica nigra (L.) Koch.

Brassica oleracea L.

Calendula officinalis L.

Citrus aurantium L. var. *amara*

Citrus aurantium L. var. *dulcis*

Citrus limonum Osb.

Coriandrum sativum L.

Corylus avellana L.

Cucurbita maxima Duchesne
Cucurbita pepo L.
Cuminum cyminum L.
Cupressus sempervirens L.
Cynara scolymus L.
Eschscholzia californiana Cham.
Eucalyptus globulus Labill.
Ginkgo biloba L.
Hederum vulgare L.
Helianthus annuus L.
Jasminum officinale L.
Juglans regia L.
Laurus nobilis L.
Lilium candidum L.
Lippia citriodora (Ort.) H.B.K.
Melissa officinalis L.
Mentha x piperita L.
Nasturtium officinale R. Br.
Ocimum basilicum L.
Origanum vulgare L.
Petroselinum sativum Hoffm.
Phaseolus vulgaris L.

Pimpinella anisum L.

Prunus avium L.

Prunus cerasus L.

Ribes nigrum L.

Viola tricolor L.

Zea mays L.

BIBLIOGRAFÍA

(1) AVILA GRANADOS, J. (1949). *Manantiales de aguas termales en la antigüedad clásica*. Madrid.

(2) BOISSIER, E. (1839/1845). *Voyage botanique dans le midi de l´Espagne pendant l´année 1837*. París.

(3) CEA BERMÚDEZ, J. A. (1832). *Sumario de las antigüedades romanas que hay en España.* Madrid.

(4) GARCIA MALDONADO, A. (1999*). Los Baños de Alhama y la apología de Fernando de Vergara*. Grupo Alhama Comunicación y Sociedad Balnearios de Alhama de Granada. Málaga.

(5) GARCIA MERCADAL, J. (1952). *Viajes de extranjeros por España y Portugal. Desde los tiempos más remotos hasta fines del siglo XVI*. Aguilar S. A. Madrid.

(6) MANZANO MARTOS, R. (1958). El baño termal de Alhama de Granada. *Al-Andalus*, 23: 410. Granada.

(7) MÜNZER, J. (1987). *Viaje por España y Portugal* (1494). Ed. TAT. Granada.

(8) RAYA RETAMERO, S. (1999). Reseña histórica de los Baños termales de la muy noble y leal ciudad de Alhama de Granada*. Australis Publishers*, Granada.

(9) RIVAS-MARTINEZ S. & LOIDI J. (1999). Bioclimatology of the Iberian Península in ivas-Martínez et al. Iter Ibericum A.D. MIM. *Itinera Geobot.* 13: 41-47.

(10) RIVAS-MARTINEZ S. & IZCO, J. (2002). Addenda to the syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobot* (in press.).

(11) RIVAS-MARTINEZ S., ASENSI A., DIEZ-GARRETAS B., MOLERO MESA J. & VALLE F. (1997). Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain). *Journal of Biogeography* 24: 915-928.

(12) RIVAS-MARTÍNEZ, S., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F. LOIDI, J, LOUSA, M. & PENAS, A. (2001). Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobot.* 14: 5-341

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002

Geología, Hidrogeología y Protección del Balneario de Alhama de Granada

PINUAGA ESPEJEL, J.I.

Instituto Geológico y Minero de España (IGME).- C/ Ríos Rosas, 23.

28003 Madrid. Teléfono: 91 349 57 00. Fax: 91 349 57 42

RAMÍREZ ORTEGA, A.J.

Académico correspondiente de la Real Academia de Farmacia.

C/ Farmacia, 11. 28004 Madrid. Teléfono 91 531 03 07.

RESUMEN

El Balneario de Alhama de Granada se encuentra en la franja de contacto entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas, en un área en la que existen pequeños afloramientos de materiales calcáreos pertenecientes a la edad Jurásica y formaciones lutíticas con conglomerados y brechas de cantos calizos, recubiertos a veces por calcarenitas bioclásticas, del Mioceno superior postorogénico de facies marina y continental de la Depresión de Granada, así como depósitos de ladera y de arrastre del río pertenecientes al Cuaternario superior u Holoceno, en el cauce del río Alhama y sus orillas.

La estructura geológica que se observa junto al Balneario es la de un anticlinal con vergencia sur, cuyo flanco meridional está volcado unos 15º S. Este macizo calcáreo está cortado por una falla de dirección N 70º E, a la que están asociadas las surgencias de agua termal.

La surgencia de los Baños Viejos se produce a favor de una fractura subvertical de dirección E-O, en la intersección de un sistema de fracturas de dirección E-O y NNO-SSE, en calizas jurásicas pertenecientes a la denominada Dorsal Bética o Zona Circumbética, en las inmediaciones del borde más meridional de la Depresión de Granada, y los

Baños Nuevos, situados dentro del afloramiento lutítico tortoniense, suprayacentes a las calizas de la Dorsal, están asociados también a fracturas profundas, aunque su traza no sea visible en superficie.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona en que se sitúan las surgencias presenta una gran heterogeneidad y anisotropía junto a una tectónica compleja que dificultan el conocimiento preciso de los fenómenos hidrodinámicos implicados en el proceso de surgencia e impiden el establecimiento de una correlación de datos fiable entre las precipitaciones en las diferentes zonas que potencialmente pueden constituir áreas de infiltración del agua de lluvia (Aluvial, Cuaternario, calizas jurásicas, y conglomerados, calcarenitas y microconglomerados tortonienses) y los caudales de surgencia aforados, de forma que dicho desfase tiende a indicar la existencia de una zona de alimentación lejana, que podría corresponder a los materiales alpujárrides de Sierra Tejeda, situada a unos 5 km al sur de los Baños.

Palabras clave: Balneario Alhama de Granada.- Aguas minero-medicinales.- Geología.- Hidrogeología.- Protección.

SUMMARY

Geology and Hydrogeology on Alhama de Granada Baths

The Alhama Spa of Granada is situated in between the contact strip and intern and extern Zones of the Betic Mountains in area in which we find small outcrops of calcareous materials belonging to the Jurassic age and lutite formations with conglomerates of breccia limestone covered sometimes by bioclastic calcarenites superior Miocene post-orogenic of marine facies and continental of the Granada depression, such as deposits of slope draggings of the river, belonging to the superior Quaternary or Holocene, in the river bed Alhama and its banks.

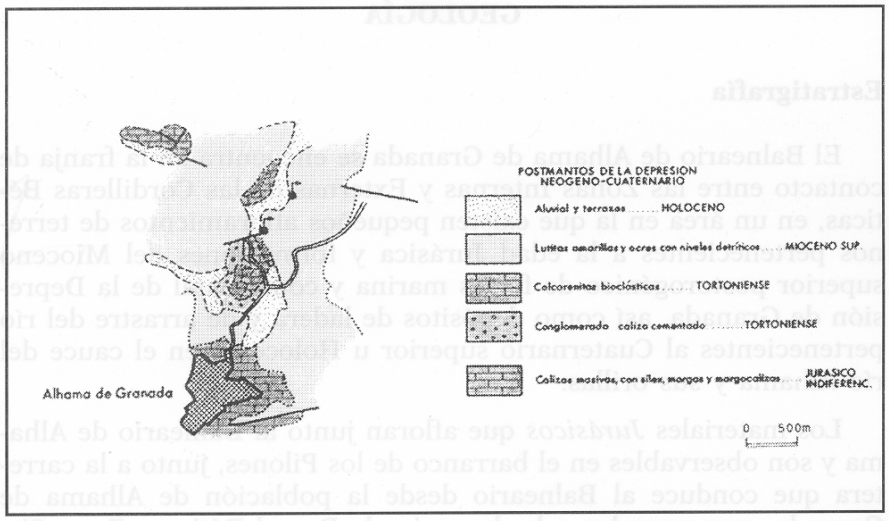
The geological structure seen next to the Spa is the anticline with southern vergence which southerner flank it's dropped about 15º S. This calcareous mountain cut by a direction fault N 70º E, to which the sources of thermal water is associated.

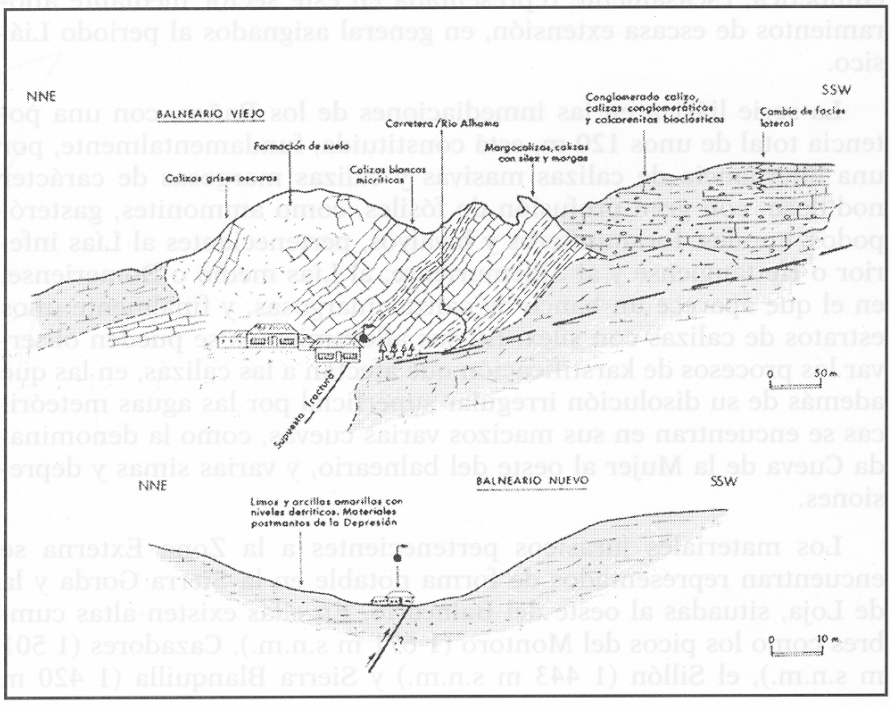
The source of the Old Baths is produced in favour of a subvertical fracture direction E-O, in the intersection of a system of fractures direction E-O and NNO-SSE, in the Jurassic limestone belonging to the named Betic Dorsal or a cicumbetic zone, near the edge of the southerner depression of Granada, and the New Baths, situated inside the lutitetic outcrops tortonien, supralying the Dorsal lime stones, also associated with deep fractures, although its plan is not visible in the surface.

From the hydrogeologic point of view, the area where the sources are situated presents a big heterogeneity and anisotropy next to a complex tectonic which difficults the precise knowledge of the hydronamics accidents involved in the process of source

and obstructing the establishment of a link of reliable facts between the precipitations in the different zones that can potentially construct areas of infiltration of rain water (Alluvial, Quaternary, Jurassic limestones, and conglomerates, calcarenites and tortonien microconglomerates) and the gauged source flow, so that the mentioned phase tends to indicate the existence of a far feeding area, that could correspond to the alpujarrides materials of Sierra Tejeda, situated about 5 km southern from the Baths.

Key words: Alhama Spa of Granada.- Mineral-medicinal waters.- Geology.- Hydrogeology.- Protection.


POSTMANTOS DE LA DEPRESION NEOGENO-CUATERNARIO
Aluvial y terrazas ..... HOLOCENO
Lutitas amarillas y ocres con niveles detríticos ..... MIOCENO SUP.
Calcarenitas bioclásticas ..... TORTONIENSE
Conglomerado caliza cementado ..... TORTONIENSE
Calizas masivas, con sílex, margas y margocalizas ..... JURASICO INDIFERENC.
Alhama de Granada
0 500m


NNE
BALNEARIO VIEJO
Formación de suelo
Calizas grises oscuras
Calizas blancos micríticas
Carretera/Río Alhama
Margocalizas, calizas con sílex y margas
Conglomerado caliza, calizas conglomeráticas y calcarenitas bioclásticas
Cambio de facies lateral
SSW
0 50 m
Supuesto fractura
NNE
BALNEARIO NUEVO
SSW
Limos y arcillas amarillos con niveles detríticos. Materiales postmantos de la Depresión
0 10 m

GEOLOGÍA

Estratigrafía

El Balneario de Alhama de Granada se encuentra en la franja de contacto entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas, en un área en la que existen pequeños afloramientos de terrenos pertenecientes a la edad Jurásica y formaciones del Mioceno superior postorogénico de facies marina y continental de la Depresión de Granada, así como depósitos de ladera y de arrastre del río pertenecientes al Cuaternario superior u Holoceno, en el cauce del río Alhama y sus orillas.

Los materiales *Jurásicos* que afloran junto al Balneario de Alhama y son observables en el barranco de los Pilones, junto a la carretera que conduce al Balneario desde la población de Alhama de Granada, corresponden a la denominada Dorsal Bética o Zona Circumbética, escasamente representada en éste sector mediante afloramientos de escasa extensión, en general asignados al periodo Liásico.

La serie liásica en las inmediaciones de los Baños, con una potencia total de unos 120 m, está constituida, fundamentalmente, por una alternancia de calizas masivas y calizas margosas de carácter noduloso, con gran profusión de fósiles, como ammonites, gasterópodos, corales, foraminíferos y bivalvos, pertenecientes al Lías inferior o Hettangiense y al Sinemuriense, al Lías medio o Domeriense, en el que aparece un banco de calizas margosas, y finalmente unos estratos de calizas con sílex. En sus afloramientos se pueden observar los procesos de karstificación que afectan a las calizas, en las que además de su disolución irregular superficial por las aguas meteóricas se encuentran en sus macizos varias cuevas, como la denominada Cueva de la Mujer al oeste del balneario, y varias simas y depresiones.

Los materiales jurásicos pertenecientes a la Zona Externa se encuentran representados de forma notable en la Sierra Gorda y la de Loja, situadas al oeste del Balneario. En ellas existen altas cumbres como los picos del Montoro (1 671 m s.n.m.), Cazadores (1 501 m s.n.m.), el Sillón (1 443 m s.n.m.) y Sierra Blanquilla (1 420 m s.n.m.). Su naturale-

za es también calcárea, de tamaño de grano muy fino, con abundancia de restos fósiles de foraminíferos, lamelibranquios, gasterópodos y algunas algas del Lías medio y superior o Toarciense. Su potencia es superior a los 800 m.

En Sierra Gorda, el Subbético interno está presentado por un conjunto de materiales que abarcan edades comprendidas desde el Triásico al Eoceno-Oligoceno, caracterizados por dolomias, calizas blancas oolíticas nodulosas brechoides y por margas y margocalizas rosadas con intercalaciones turbidíticas.

En el sector de Sierra Tejeda, el Complejo alpujárride constituye un gran conjunto dentro del cual se han diferenciado varias unidades que, a su vez, están constituidas por diversos mantos de corrimiento superpuestos. Desde el punto de vista estratigráfico, la unidad de Sierra Tejeda está definida por un potente conjunto basal, caracterizado fundamentalmente por micaesquistos de diversas tonalidades con intercalaciones anfibolíticas y cuarcíticas, y una cobertera representada por una potente formación carbonatada definida por mármoles dolomíticos con numerosas intercalaciones de calcoesquistos y micaesquistos, en los que se observan frecuentes cambios laterales de facies. Su potencia supera los 1 500 m.

Los depósitos del *Mioceno superior,* que comienzan en el Tortoniense, son de origen marino y constan de conglomerados y brechas de cantos calizos de muy diferentes tamaños, unidos por un cemento calizo y una matriz calcarenítica. Por su estructura sedimentológica se deduce que se depositaron en áreas emergidas o de poco fondo, seguramente de acantilados. Existen afloramientos de estos conglomerados al sudoeste del Balneario, en el mismo barranco de Los Pilones, en su confluencia con el río Alhama, donde se observa la discordancia de esta formación miocénica con la jurásica; también aparece al noroeste de la ciudad de Alhama de Granada.

Dichos conglomerados, recubiertos a veces por calcarenitas bioclásticas compuestas por arenas de cuarzo con restos de fragmentos de fósiles marinos, como brioozos, algas, equínidos, gasterópodos y lamelibranquios, presentan una estratificación cruzada que muestra una situación costera con una gran actividad de las corrientes de las mareas. Sus

afloramientos son extensos, aunque estén recubiertos en algunas zonas por terrenos más modernos, siendo observables en las paredes verticales producidas por la erosión del río Alhama, que limita la ciudad de Granada por el sudeste, y también en el borde suroriental de la Sierra Gorda, donde muestra su carácter transgresivo sobre el substrato de toda la cuenca marina de la Depresión de Granada.

Los más extensos afloramientos de los alrededores del Balneario corresponden a lutitas ocres con niveles detríticos, compuestas por margas y arcillas arenosas con niveles de arenas finas a gruesas, de facies distal de un delta, procedentes de la erosión postorogénica, es decir se trata de molasas. Esta formación pasa lateralmente, hacia el norte y el oeste de la zona, a unas margas azuladas, que representan una facies marina más profunda, que tiene continuidad hasta finales del Tortoniense. Esta formación muestra siempre un relieve suave dada su composición fundamentalmente arcillosa. En el Tortoniense superior existe también una formación o Unidad Evaporítica inferior compuesta por yesos alabastrinos con lutitas, depositada en un ambiente marino restringido.

De edad turoliense aparecen unas extensas franjas de lutitas ocres y azuladas con intercalaciones de calizas y areniscas con yeso detrítico, que muestran un carácter continental lacustre. Suprayacente a las mismas se encuentra una unidad de facies evaporítica en la que se observan niveles de yesos con lutitas y algunas finas capas de calizas; todo el conjunto presenta una periodicidad, debida sin duda a las variaciones cíclicas del clima.

A finales del Turoliense se depositaron margas y margocalizas con niveles de lignito y ocasionalmente brechas calcáreas. Los lignitos proceden de formaciones lacustres someras en las que se desarrollaron turberas. Sobre esta última formación y, también lateralmente, aparecen calizas de grano muy fino y margocalizas con abundantes gasterópodos, seguidas de brechas calcáreas que muestran la gran inestabilidad que sufrió esta cuenca lacustre. La morfología de esta formación es muy parecida a la de las calizas del Páramo, formando un gran número de mesetas, como la denominada de Carbonera, que tiene una cota de 1 067 m s.n.m.

Los materiales pliocenos que rellenan la gran Depresión de Granada y aparecen al norte de la zona del Balneario de Alhama corresponden a conglomerados depositados en un ambiente fluvial y lacustre, junto con limos y arenas alternantes con las gravas. Con posterioridad a esta formación se depositaron sedimentos de precipitación química constituidos por margas y calizas con gasterópodos y en algunos lugares arcillas negras con lignitos.

Durante el *Holoceno,* ya en el *Cuaternario,* se formaron depósitos de ladera o coluviones procedentes de la erosión y deslizamiento de los taludes de mayor relieve de la zona, con estructuras de solifluxión y reptación, como los que aparecen en las laderas del cauce del río Alhama, aguas abajo del Balneario.

Finalmente, a lo largo del río Alhama se observan franjas más o menos amplias de aluviones con algunas terrazas, cuyos materiales proceden de la denudación de los terrenos pertenecientes a las Zonas Internas Béticas. En su parte superior existen limos y arenas, bajo los cuales hay gravas poco rodadas con intercalaciones de arenas y arcillas. La mayor parte de estos materiales detríticos proceden de la erosión de las formaciones colindantes al mismo, especialmente de la Zona Interna.

Tectónica

Toda la cordillera Bética está afectada por la Orogenia Alpina que dio lugar a dos alargadas fracturas de dirección N 70º E, que limitan la depresión del Guadalquivir: una, septentrional, que se extiende de sudoeste a nordeste, desde Huelva hasta Cullera en la costa valenciana; y otra, meridional, que empieza en Cádiz y termina en Alicante. En la zona Interna, situada al sur de esta última fractura, predominan las fallas de dirección N 70º E y N 150º E, junto con algunas N 20º E y E-O.

En el barranco del río Alhama situado junto al Balneario, la estructura que se observa es la de un anticlinal con vergencia hacia el sur, cuyo flanco meridional está volcado unos 15º S. Este macizo calcáreo está

cortado por una falla de dirección N 70º E, que sin duda debe dar lugar a la surgencia de las aguas termales.

La morfología del Subbético interno representado en Sierra Gorda es, a grandes rasgos, un domo elongado en dirección N-S, resultado de la superposición de dos fases tectónicas que originaron pliegues de dirección N 150º E –pliegues anticlinales asimétricos vergentes al sudoeste- y N 30-50º E – pliegues abiertos-. Los materiales del complejo Alpujárride en este sector (Sierra Tejada) se hallan intensamente plegados en varias fases, siendo en su mayor parte pliegues anteriores a la inversión del contacto mármoles-micaesquistos.

HIDROGEOLOGÍA

Las aguas termales de los dos manantiales que dan lugar al Balneario de Alhama de Granada, denominados Baños Viejos y Baños Nuevos, estos últimos aparecidos a un kilómetro escaso del primitivo manantial, tras el gran terremoto que afectó a Andalucía el 25 de diciembre de 1884, están localizados en el paraje de "Los Baños" en la llamada Haza de Zamora, a 1,8 km al norte de Alhama de Granada y a 40 km al sudoeste de Granada capital. Sus cotas topográficas de surgencia son de 784 y 783 m s.n.m., respectivamente.

La surgencia de los Baños Viejos se produce a favor de una fractura subvertical de dirección E-O, en la intersección de un sistema de fracturas de dirección E-O y NNO-SSE, en calizas jurásicas pertenecientes a la denominada Dorsal Bética o Zona Circumbética, en las inmediaciones del borde más meridional de la Depresión de Granada, mientras que los Baños Nuevos están situados dentro del afloramiento lutítico tortoniense, suprayacentes a las calizas de la Dorsal, asociados a fracturas profundas.

Desde el punto de vista hidrogeológico, en ésta zona existen diversos acuíferos, entre los que cabe citar el de Sierra Gorda, Alpujárride y los

correspondientes a la Dorsal y a la Depresión, que pueden estar relacionados con los manantiales de los Baños.

El acuífero kárstico de Sierra Gorda tiene unos 300 km^2 de superficie y está constituido esencialmente por calizas y calizas dolomíticas liásicas notablemente kártificadas de potencia desconocida, rodeado por formaciones geológicas impermeables de la Depresión, que lo individualizan hidrogeológicamente, salvo en su borde oriental en el que el Lías desaparece bajo su cobertera mesozoica y neógena.

El acuífero alpujárride está caracterizado en su parte superior por una superficie permeable de 90 km^2 de mármoles de la Unidad de Sierra Tejeda y en la inferior por una secuencia de naturaleza esquistosa que constituye el muro impermeable y lo separa de las unidades carbonatadas de Camillas de Albaida, las Alberquillas y la Herradura.

Al oeste, desde Canillas de Aceituno hasta el norte de Alcaucín, los esquistos del manto de los Guajares sellan el acuífero alpujárride, al igual que sucede en su contacto norte con los materiales impermeables del Manto de Guajar. Sin embargo, en su extremo oriental, sector de Játar, el sistema acuífero queda delimitado por el contacto con el Terciario de la Depresión de Granada, a través del cual podría existir comunicación hidrogeológica y alimentación subterránea hacia los manantiales.

La alimentación del sistema se efectúa principalmente a través de la infiltración directa del agua de lluvia y, en menor medida, de las aguas procedentes del deshielo; la descarga se produce a través de numerosos manantiales, como el de Játar, la Fajára, el Alcázar, etc., localizados, la mayor parte, en sus bordes. En la vertiente norte destaca como punto de drenaje el nacimiento del río Alhama a una cota de surgencia de 970 m s.n.m., con un caudal medio representativo de 235 L/s.

El acuífero de la Dorsal, constituido por calizas de edad jurásica con signos evidentes de karstificación, como la denominada Cueva de la Mujer, al oeste de los Baños Viejos, y algunas cuevas más existentes en el afloramiento central del Complejo de la Dorsal, presenta una escasa representación dada su reducida extensión y potencia. Las calizas, que afloran de forma pseudocircular en un radio de unos 250 metros en torno a los Baños y también en pequeñas áreas en dirección norte, conforman el re-

lieve más abrupto de la zona, aunque hay que indicar que las mismas constituyen el substrato geológico infrayacente del resto de la serie, como se pone de manifiesto en las columnas litoestratigráficas correspondientes a los sondeos de Huerta Rodero y Barranco de los Pilones, situados a poca distancia de los Baños, en los que se detecta el substrato calizo a partir de los 44 y 94 metros de profundidad.

Por otro lado, los afloramientos de conglomerados y calcarenitas bioclásticas tortonienses de la Depresión se comportan como un acuífero mixto, poroso y fisurado, incluso kárstico, cuya permeabilidad por porosidad intergranular puede estimarse como alta, dando lugar a la llamada Mesa del Baño. No obstante, al igual que en el caso del acuífero de la Dorsal, tiene una extensión reducida y se conocen pocos datos acerca de sus características y funcionamiento hidráulico.

En torno a estos afloramientos se dispone un conjunto lutítico-arcilloso, de carácter impermeable a poco permeable, que actúa como límite hidrogeológico de las calizas y conglomerados antes mencionados, aunque no debe descartarse una posible conexión hidráulica con las zonas permeables de las calizas del Complejo de la Dorsal y los conglomerados tortonienses infrayacentes.

En consecuencia se puede decir que la zona en que se sitúan las surgencias presenta una gran heterogeneidad y anisotropía junto a una tectónica compleja que dificultan el conocimiento preciso de los fenómenos hidrodinámicos implicados en el proceso de surgencia. Las descargas visibles de los Baños Viejos (0,95 hm^3 /a) y de los Baños Nuevos (0,07 hm^3/a), no quedan justificadas sólo por la infiltración del agua de lluvia en los afloramientos permeables cercanos (Aluvial, Cuaternario, calizas jurásicas, y conglomerados, calcarenitas y microconglomerados tortonienses), al existir un desfase entre aportación por lluvia útil y drenaje del orden de 0,88 y 0,09 hm^3 /a, respectivamente.

En todo caso, la escasez de datos impide el establecimiento de una correlación de datos fiable entre las precipitaciones en las diferentes zonas que potencialmente pueden constituir áreas de infiltración y los caudales de surgencia aforados, aunque dicho desfase tiende a indicar la existencia de una zona de alimentación lejana, que podría corresponder a los mate-

riales alpujárrides de Sierra Tejeda, situada a unos 5 km. al sur de los Baños.

HIDROGEOQUÍMICA

Según los análisis físico-químicos de las aguas del Balneario, realizados por el Departamento de Nutrición y Bromatología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid y los realizados en el año 1990 por el Instituto Geológico y Minero de España, las aguas de los Baños Viejos y Nuevos son sulfatadas-bicarbonatadas-cloruradas cálcico-magnésico-sódicas y presentan perfiles hidroquímicos totalmente paralelos.

El predominio en estas aguas termales del anión sulfato, junto con el cloruro, tiene que provenir de su recorrido subterráneo a través de formaciones salinas ricas en Yeso, Anhidrita y también en Halita. Esta clase de formaciónes evaporíticas solamente existen, en esta zona, en los pisos Tortoniense y Turoliense de la serie del Mioceno superior, como se ha indicado en la descripción estratigráfica.

El anión bicarbonato procede de la reacción del anhídrido carbónico de la atmósfera con el agua, formando ácido carbónico que, a posteriori, producirá con la caliza, mediante el proceso denominado carbonatación, bicarbonato cálcico y, de existir dolomías, también magnésico. En este sentido hay que indicar que tanto en las formaciones liásicas como miocenas se encuentran niveles carbonatados.

Los cationes calcio y magnesio proceden de rocas carbonatadas: el primero, que es el más abundante en estas aguas, se encuentra fundamentalmente en los yesos del Mioceno. Además, este último mineral, originado en un ambiente geológico evaporítico, está asociado a veces, como en este caso, a sulfatos de estroncio (Celestina) y de bario (Baritina). Precisamente el mineral Celestina, asociado con Baritina, se explota a unos 35 km al nordeste de Alhama de Granada, en la población de Escúzar, en terrenos pertenecientes al Tortoniense.

PROTECCIÓN

La vulnerabilidad medio-alta a la contaminación de las calizas del Complejo de la Dorsal y de los conglomerados y calcarenitas tortonienses, con evidentes procesos de karstificación, aflorantes en el área del Balneario, junto a la existencia más que probable de procesos de mezcla de aguas termales y frías, estas últimas procedentes de los acuíferos localizados en las proximidades de los Baños, así como el hecho de que el río Alhama atraviese fracturas relacionadas con los manantiales a la altura de los Baños, hacía aconsejable el establecimiento de un perímetro de protección en las zonas inmediata y próxima de los Baños con el fin de asegurar la no implantación de actividades químicas contaminantes o de elevada toxicidad o radiactivas o difícilmente controlables.

Con ese fin, la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico de la Comunidad Autónoma de Andalucía, previo informe del Instituto Geológico y Minero de España, dictó Resolución con fecha 1 de marzo de 2001 (Boletín Oficial del Estado núm. 110, de 8 de mayo de 2001), en la que se designaba como perímetro de protección de los manantiales del Balneario de Alhama de Granada el constituido por los vértices, cuyas coordenadas en proyección UTM, Huso 30, Elipsoide Internacional de Hayford, Datum europeo, eran las siguientes:

1	412020,232	4096628,850
2	413503,077	4096613,572
3	413521,969	4098462,588
4	412039,448	4098477,869

BIBLIOGRAFÍA

(1) IGME (1988*): Hoja Geológica nº 1.025 (Loja) del Mapa Geológico de España.* Escala 1:50.000. Segunda Serie- Primera edición. Memoria y mapa. 53 p.

(2) IGME (1979): *Hoja Geológica nº 1.040 (Zafarraya) del Mapa Geológico de España.* Escala 1:50.000. Segunda Serie- Primera edición. Memoria y mapa. 64 p.

(3) IGME (1982*): Rasgos hidrogeológicos generales del borde occidental de las Sierras Tejeda y Almijara.*

(4) IGME (1983*): Investigación hidrogeológica de la Cuenca Sur de España (Sector occidental).* Informe técnico nº 9. Sistema acuífero nº 40. Mesozoico calizo-dolomítico de la Sierra Gorda.

(5) IGME (1984): *Estudio geológico-geotérmico de la Depresión de Granada y área de Lanjarón.*

(6) ITGE- COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA (1990-91): *Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía*. Estudios de detalle de la provincia de Granada. Tomo 2. Pág. 228-250.

(7) LÓPEZ GETA, J.A. Y PINUAGA ESPEJEL, J.I. (2000*): Panorama actual de las aguas minerales y minero-medicinales de España*. Instituto Tecnológico Geominero de España. 407 p.

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68

Los Suelos del Término Municipal de Alhama de Granada

DR. FRANCISCO MONTURIOL

Profesor de Investigación del C.S.I.C.

RESUMEN

En este trabajo se hace un breve repaso a los llamados factores formadores del suelo, como son la topografía, clima ,litología y vegetación, presentes en el término municipal de Alhama de Granada. Se hace referencia a los procesos relacionados con la formación y evolución de los suelos existentes en el término y se enumeran y describen, incluyendo sus características y propiedades siguiendo las normas publicadas por la F.A.O. El trabajo termina con una referencia a los cultivos y aprovechamiento de estos suelos y a la capacidad de uso potencial que presentan.

Palabras clave: Suelos.-Factores formadores.-Procesos.-Cultivos.-Uso del suelos.- Capacidad de uso de los suelos.

SUMMARY

The soils of municipal term of Alhama of Granada.

In this study it is made a brief review of the called factors of soil formation, like the topography, climate, lithological materials and vegetation that reign in the municipal term of Alhama. Reference is made to the processes related to the formation and evolution of the present soils in the region and they are enumerated and described, including its characteristics and properties, following the norms published by the F.A.O. The work concludes with a reference to cultivations and Land use of the soils and the analysis of the Land capability that have different studied soils.

Key words: Soils.-Factors of soil formation.-Processes.-Cultivations.-Land use.- Land capability.

Generalidades: El Término Municipal de Alhama de Granada, con una extensión de 40.643 hectáreas según el Anuario confeccionado por la Confederación de Cajas de Ahorro (1), o de 38.136 Has. según el Ministerio de Agricultura (2),(3), ya que seguramente no están incluidas principalmente las 1993 Has. correspondientes a la pedanía de Ventas de Zafarraya. Está situado al sur de la provincia de Granada lindando con la de Málaga y tiene forma de un triángulo casi perfecto con el vértice superior hacia el norte cerca de la población de Moraleda de Zafayona. El lado occidental de este triángulo limita con los términos de Salar, Loja y Zafarraya, todos de la provincia de Granada, el lado oriental con los de Cacín, Arenas del Rey, Jatar,Otivar y Jayena todos también de Granada y el lado meridional representa el límite con la provincia de Málaga . Dentro de este gran término y al norte de la población de Alhama de Granada queda englobado el término municipal de Santa Cruz de Alhama o del Comercio de 1736 hectáreas pero que no están incluidas en la superficie total del término de Alhama de Granada.

Factores formadores: Siendo los suelos el producto final de la acción de unos procesos (4), físicos, químicos y fisicoquímicos sobre un conjunto natural de elementos que llamamos factores formadores (5), a continuación vamos a hacer una breve reseña de algunos de ellos, como la climatología y la vegetación ya tratados más ampliamente por otros especialistas y extendiéndonos algo más en los aspectos de la topografía y la litología, que personalmente apreciamos en este término municipal.

Respecto a la topografía, dentro del término distinguimos dos zonas muy distintas, una muy accidentada situada al oeste y sur del término y otra de relieve no tan vigoroso que se corresponde con el resto del término. En la primera zona, la región occidental corresponde a las estribaciones de la Sierra Gorda y Sierra de Loja con altura media de 1200 metros y altitudes que superan los 1500, Las Navazuelas 1539 m., Cerro de los Surcos 1523m. y Pico Cazadores 1510m, y la región meridional ocupada por la Sierra de Tejada y Sierra de Almijara con altitud media de 1400 m. y presentando alturas que superan los 1600 m (Maroma 2066m., Lucero 1779 m. y Cerro del Collado 1731m.). La segunda zona está situada en el centro y norte del término y posee una topografía mucho me-

nos accidentada representada por un paisaje de lomas suaves con una altura media de 850 metros, superando en pocas ocasiones los 1000 m como en el Pico del Almendral con 1043 metros. Dentro de este termino de Alhama, en conjunto muy accidentado, destacan sin embargo dos tipos de relieves planos originados por procesos kársticos y que nos interesan mucho por su relación con determinadas formas de suelos. El primero de estos tipos está representado por unas depresiones kársticas o Poljes como los que encontramos en los Llanos de Dona y en los de Pilas Dedil. Estas depresiones están rellenas de materiales coluviales y arcillas de descalcificación procedentes tanto de calizas secundarias como de materiales neógenos. El otro relieve plano está representado por niveles de aplanamiento kárstico que se resuelven en auténticos relieves residuales y cuyo desarrollo corresponde seguramente a un Pleistoceno antiguo puesto que sobre ellos ha vuelto a desarrollarse otro sistema de dolinas y lapiaces (6).

En cuanto a la litología, y como introducción y a la manera de un encuadre geológico general, diremos que el término de Alhama de Granada se localiza en la Cordilleras Béticas y más concretamente en la zona Subbética en el sentido de Fallot (7), cordilleras que representan el extremo más meridional y occidental del conjunto de cadenas alpinas europeas, pero aflorando también ampliamente los materiales neógenos y cuaternarios de la Depresión de Granada.

Las litologías más importantes que describen los mapas geológicos de la zona a escalas 1:50.000 y 1:200.000 (6),(8),(9) y que nosotros hemos observado en el campo son las siguientes : Incluidas en el Cuaternario, aluviales y terrazas modernas, depósitos y derrubios de ladera y arcillas procedentes de la descalcificación y erosión de antiguos niveles calizos. Materiales terciarios correspondientes al Plioceno, limos, arcillas y margas con conglomerados. Pertenecientes al Mioceno, lutitas con calizas, areniscas y margocalizas a veces con brechas, calizas y margocalizas, yesos con lutitas y carbonatos, calcarenitas y molasas y conglomerados calizos, seguramente ya estos últimos del Tortoniense. Entre los materiales correspondientes al Secundario tenemos margas y margocalizas del Cretácico, margas, margocalizas y calizas a veces con silex y calizas blancas del Jurásico y dolomías, calizas dolomíticas y mármoles del Trias. Por último dentro del Paleozoico distinguimos micaesquistos y

cuarzo esquistos, esquistos verdes de grano fino, esquistos pardos obscuros y filitas.

Al tratarse por su finalidad de un estudio de síntesis y de reconocimiento general, hemos reducido todos los materiales geológicos antes enumerados a unos cuantos que por su mayor extensión tienen una correlación muy clara con los principales tipos de suelos encontrados en el término de Alhama de Granada. Estas litologías más representativas son arenas, limos y derrubios (aluviales y coluviales) en lechos de inundación, terrazas bajas y laderas y arcillas rojas y pardas formando rellenos de descalcificación, todo ello correspondiente al Cuaternario. Al Terciario pertenecen margas, calizas y molasas; margas y limos con yesos; margas con conglomerados y conglomerados calizos. Incluidos en el Secundario tenemos calizas margosas; calizas; calizas y dolomías y mármoles. Y por último pertenecientes al Paleozoico encontramos micaesquistos; esquistos verdes y negros y filitas. De todas estas litologías seguramente los materiales más abundantes son los margosos que posiblemente superan el 40% de la superficie total del término.

Respecto a la **climatología,** diremos que de la aportación que hace la Dra. Martínez del Amo en el capítulo correspondiente de esta Memoria, deducimos que el clima del término de Alhama es "Mediterráneo continental cálido" con unos índices climáticos que confirman esta definición. De los datos termopluviométricos expuestos en ese capítulo y empleando la clasificación de Papadakis (10), podemos definir la situación agroclimática de este término, como unos inviernos del tipo "Avena cálido" ya que la temperatura media de las mínimas del mes más frio es mayor de -4º C y la media de las máximas de dicho mes es mayor de 10º C., mientras que el tipo de verano corresponde con el llamado "Algodón" ya que el número de meses libres de heladas es superior a 4'5. En esta situación agroclimática pueden darse el cultivo de los cereales tanto de invierno como de primavera, leguminosas, cultivos industriales y forrajeros, frutales y el cultivo de la vid y el olivo. En consonancia con esta posible utilización del suelo y empleando los datos del estudio climático hemos elaborado la potencialidad agroclimática del término empleando el índice de Turc (11),obteniendo valores entre 5 y 15 para el secano y entre 45 y 60 para el regadío, con una equivalencia media de unas 6 Tm de materia seca por hectárea y año en secano y de 35 en regadío. En estudios

sobre otros balnearios, ya hemos indicado la importancia que para el estudio del suelo y así lo recogen algunas clasificaciones, tienen los regímenes de humedad y temperatura del mismo, que por supuesto están en relación con los de precipitación y temperatura de la zona y en este sentido Lázaro (12) y colaboradores presentaron en su estudio unas conclusiones de las que nosotros deducimos que en el término de Alhama de Granada el régimen de temperatura del suelo es de tipo "mésico" porque la temperatura media local anual es de 8º C o mayor, pero siempre inferior a los 15º C y la diferencia entre las medias de verano e invierno supera los 5º C tomadas a 50 cm. de profundidad. Por otro lado el régimen de humedad del suelo es de tipo "xérico" porque la sección control permanece seca por lo menos 45 días consecutivos durante los cuatro meses siguientes al solsticio de verano y húmeda al menos 45 días consecutivos en los 4 meses siguientes al solsticio de invierno.

Respecto a la **vegetación**, poco podemos decir nosotros después del brillante y docto capítulo que sobre la misma ha escrito el profesor Ladero. Solamente diré que la vegetación forestal tanto natural como de repoblación es escasa debido sobre todo al poco espesor del suelo particularmente en las zona más meridional y occidental del término. Quizá la masa forestal más extensa y densa es la ocupada por el Pino pinaster con unas 3.000 hectáreas, pero sin duda la mayor extensión es la superficie ocupada por pastizales y matorrales entre los que se sitúa un arbolado de encinas de muy pequeña densidad. Son estas encinas el reflejo de la vegetación potencial propia de este término y que siguiendo al profesor Rivas Martínez (13), corresponde a la Serie mesomediterránea bética, marianense y araceno pacense basófila de Quercus rotundifolia o encinar del Piso Mesomediterráneo. Esta Serie en su etapa madura es un bosque de talla alta en el que el Quercus rotundifolia es el dominante pero hoy en dia van siendo escasos los restos de estos carrascales sustituidos en su etapa de regresión por un matorral muy degradado constituido por Echinospartum boissieri, Phlomis erinita, Thymus baeticus y Digitalis obscura.

Suelos.- De los factores o elementos que de una manera u otra entran en la formación y posterior evolución de los suelos, es en estas zonas de clima "mediterráneo" el material geológico el de mayor peso específico de tal forma que a cada unidad litológica o alternancia concreta de

materiales corresponde un tipo de suelo o asociación concreta de unos determinados suelos. Estos materiales en condiciones determinadas de topografía, clima y vegetación experimentan una serie de procesos cuya intensidad es variable y que el tiempo define finalmente. De una forma muy sintética podemos reducir a tres grupos: procesos de desagregación física, procesos de desintegración y alteración química y procesos de descomposición de los restos vegetales para dar lugar al humus. En los procesos de alteración química es el agua el principal agente actuando en la hidratación, hidrólisis, disolución e iluviación de los distintos componentes. Independiente de estos procesos edáficos y en contraposición a los mismos tenemos los que destruyen y que englobamos en la palabra "erosión". Este proceso, muy activo en la actualidad en esta comarca, tuvo una importancia capital en épocas geológicas pasadas y queda reflejado en las grandes superficies de aplanamiento que encontramos y en los potentes rellenos a que dio lugar.

El resultado final de la interacción de elementos y procesos es la existencia de unos suelos que en los trabajos de prospección realizado por nosotros en el campo y en los consultados (14), hemos podido diferenciar distintos tipos de suelos, concretamente 25, para cuya descripción seguiremos, como en otros trabajos anteriores,(15),(16), la Clasificación sistemática, adoptada por la F.A.O.-U,N.E.S.C.O en 1989 (17). Estos 25 suelos distintos se encuentran agrupados en 8 de los 28 grandes grupos de suelos que esta clasificación contempla en el primer nivel. La representatividad de estos Grandes Grupos es muy variable pues tenemos grupos como los regosoles, leptosoles y cambisoles muy representados en tipos y extension y otros con representación casi testimonial como los antrosoles. Esto está en correlación con la importancia y extensión de los distintos materiales geológicos. Sintetizando mucho podríamos decir que regosoles, leptosoles y cambisoles se correlacionan estrechamente con las margas, calizas y esquistos respectivamente. Los 20 tipos de suelos encontrados a veces se disponen en unidades puras e independientes como a veces ocurre con los regosoles calcáricos, pero lo más frecuente es que al presentarse las litologías en alternancias distintas, distintas sean las asociaciones de suelos que se corresponden con ellas; por ejemplo una alternancia de margas y calizas margosas lleva aparejada la asociación de regosoles calcáricos y leptosoles rendsínicos. A título aproximativo po-

dríamos decir que los regosoles, solos o en asociaciones en las que son dominantes, sobre y a partir de margas y litologías en alternancia con ellas, representan dentro del conjunto del término de Alhama seguramente el 40% de la extensión; los leptosoles de un tipo u otro, solos o en asociación con otros suelos de parecido desarrollo, fundamentalmente a partir de calizas solas o en alternancia con litologías próximas o sobre esquistos y materiales similares pueden llegar a representar más del 30% de la superficie del término. Menor representación tienen ya otros Grandes Grupos como son los de los Cambisoles y Luvisoles y más bien escasa la de los restantes Grandes Grupos.

Siguiendo el orden marcado por la Clasificación F.A.O. empezaremos la descripción de los distintos suelos detectados en el término de Alhama de Granada, con el Grupo de los Fluvisoles. Son suelos profundos, desarrollados a partir de sedimentos aluviales recientes, que presentan escaso desarrollo edáfico pues solo muestra un delgado horizonte ,A, superficial pobre en materia orgánica. Son suelos bien drenados, de textura bien compensada, textura franca y con topografía llana. Como el aporte de material fresco por las inundaciones es periódico, puede encontrarse enterrado en estos suelos más de un horizonte orgánico. Estos suelos se localizan en la llanura de inundación del río Alhama que prácticamente atraviesa el término de norte a sur y en un pequeño sector del río Cacín. Al ser los materiales por donde discurren estos dos ríos preferentemente calizos y en menor medida esquistosos, el subtipo que domina es el "fluvisol calcárico" encontrando también en ocasiones el "fluvisol eútrico". Los primeros tienen contenido en carbonato cálcico del 40% con grado de saturación en bases del 100% y valores para el pH, próximos a 8, mientras que los segundos no son calizos entre 20 y 50 cms. de la superficie, tienen un grado de saturación superior al 50% y con pH alrededor de 7.

Regosoles.- Son suelos que se forman a partir de materiales geológicos no consolidados o poco consolidados que no tienen textura gruesa ni origen fluvial. Son los suelos desarrollados sobre margas, arcillas, lutitas, margocalizas y margas yesíferas. La característica fundamental de estos suelos es la erosionabilidad de sus materiales de partida y el escaso desarrollo edáfico que presentan, con un pequeño horizonte A, con bajo contenido en materia orgánica y un horizonte C, que es sólo alteración

física del material originario. Son suelos en general profundos, con texturas finas, pH elevado y contenido normalmente alto en carbonato cálcico.En Alhama de Aragón dominan muy ampliamente los "regosoles calcáricos" que son calizos en todo el perfil. Menos representación tienen los " regosoles eútricos" sin carbonato cálcico pero con una saturación en bases mayor del 50% y los "regosoles gypsicos" que son yesíferos al menos entre 20 y 30 cms. de la superficie. En Alhama de Granada es muy extensa la superficie ocupada casi exclusivamente por regosoles y mayor aún en asociación con otros suelos que luego describiremos como son los leptosoles, calcisoles y gypsisoles. Todas las suaves laderas que rodean la ciudad de Alhama están ocupadas por este tipo de suelo o con asociaciones en las que él está presente y dominante. Los "regosoles" en este término, son en general suelos con alta capacidad de uso.

Leptosoles.- Como su nombre indica, viene del griego "lepto" que significa delgado, son suelos de poca potencia, de poco espesor, pues son suelos que están limitados en profundidad por una roca dura continua, por la presencia de un material muy calcáreo con mas del 40% en carbonato cálcico o por la existencia de una capa dura cementada, costra, conglomerado etc y cualquiera de esas circunstancias han de darse dentro de los 30 primeros centímetros de profundidad. De aquí que su perfil edáfico queda reducido a la presencia de un horizonte A, de tipo ócrico o móllico según sea menor o mayor el contenido en materia orgánica.

De los "leptosoles" que señala la clasificación F.A.O., en este término de Alhama encontramos muy extendidos los "leptosoles líticos", es decir los "litosuelos" de casi todas las demás clasificaciones, y que son aquellos suelos que se encuentran limitados a 10 centímetros de profundidad por una roca dura continua. En el caso de Alhama estas rocas duras son fundamentalmente calizas, dolomías, conglomerados y en menor medida esquistos y se localizan al oeste y sur del término. Muy abundantes también son los "leptosoles rendsínicos" y los "leptosoles móllicos" que se corresponden con las "xerorendzinas" y "rendzinas" de antiguas clasificaciones.(18),(19). Presentan un horizonte A, de tipo móllico, es decir con contenido en carbono orgánico superior siempre al 0,6%,con una materia orgánica con valores próximos al 5% y en la que la relación carbono/nitrógeno es próxima a 10 lo que indica un buen grado de humificación. Se diferencian en que mientras los "leptosoles rensínicos" tienen

contenidos en carbonato cálcico muy altos, pudiendo pasar del 60% en los "leptosoles móllicos" este contenido es siempre inferior al 40%. Por último en algunas zonas del sur del término y casi siempre a partir de esquistos encontramos "leptosoles eútricos" e incluso "leptosoles dístricos", ambos tipos de suelos con horizonte A, de tipo ócrico, por su bajo contenido en materia orgánica y no tienen en el perfil carbonato cálcico, pero mientras los "eútricos" tienen un grado de saturación en bases superior al 50%, en los "dístricos" este valor es muy bajo y por supuesto siempre inferior al 50%. Los leptosoles aparecen en ocasiones en solitario ,representables en unidades cartográficas puras, como en el caso de los "lapiaz" ya mencionados. Pero muy frecuente es presentarse formando asociaciones con casi los demás tipos de suelos. En general son suelos de muy baja capacidad de uso y sólo en las condiciones más favorables podrían ser susceptibles de explotación forestal.

Cambisoles.- Son los suelos que después de los regosoles y leptosoles, mayor representatividad tienen en este término de Alhama ya que se desarrollan sobre muy variadas litologías y en distintas posiciones topográficas. La característica principal de estos suelos es la de presentar en su morfología, por debajo del horizonte A, un horizonte no de simple disgregación física sino de alteración química, horizonte B, llamado "cámbico" por el cambio que se aprecia entre este horizonte y el material de partida. Este cambio se refleja por la aparición de una estructura de suelo, por la formación o transformación progresiva de arcilla a partir de los silicatos primarios de las rocas o de la arcilla presente en los depósitos sedimentarios si no hay rocas, por la aparición de un color pardo más o menos rojizo por la presencia de óxido de hierro hidratado procedente de la alteración de los silicatos y por la evidencia de eliminación total o parcial de carbonato cálcico en comparación con el que tuviese el material de partida.

En Alhama de Granada son frecuentes los "cambisoles calcáricos" a partir de calizas margosas, alternancia de margas, molasas y calizas, sobre materiales coluviales y terrazas. Poseen un horizonte A, ócrico, pobre en materia orgánica, inferior al 2%, y un horizonte B, que como todo el perfil es calizo, con pH al agua entre 7 y 8 y saturación en bases muy alta, próxima a 100. Bastante extensión tienen también los "cambisoles eútricos" y "cambisoles dístricos", siempre sobre materiales no ca-

lizos y con un horizonte A, pobre en materia orgánica. No tienen carbonato cálcico y el pH es inferior siempre a 7, diferenciándose entre ellos en que en los dístricos el grado de saturación es inferior al 50%, mientras que en los eútricos es mayor del 50%. En algún espacio con bosque cerrado podemos encontrar muestras de "cambisoles húmicos" que se caracterizan además de poseer el típico horizonte B, por tener un potente horizonte orgánico, horizonte A, de tipo úmbrico con grado de saturación inferior al 50%. Por último en las grandes superficies de relleno con materiales sedimentarios arcillosos es posible encontrar cambisoles que presentan propiedades vérticas o gléicas dentro de su perfil, bien por poseer una arcilla expandible o por cierto encharcamiento del perfil. Los cambisoles realmente son los suelos y tierras pardas de antiguas clasificaciones y se corresponde con el orden de los Inceptisoles de la Soil Taxonomy americana (20).

En comparación con los suelos ya descritos, los pertenecientes a los demás grandes grupos y que se han detectado en este término de Alhama, tienen una representatividad muchísimo menor sobre todo en cuanto a su extensión. Entre ellos tenemos los **calcisoles** que son los suelos que desarrollados a partir de calizas, margocalizas, margas y molasas, muestran como distintivo la presencia de un horizonte cálcico, un horizonte con costra caliza o concentraciones de caliza pulverulenta dentro del perfil y que además pueden tener un horizonte A, pobre en materia orgánica e incluso un horizonte B, cámbico. Los más frecuentes son los "calcisoles háplicos" con caliza pulverulenta en su perfil y los "calcisoles pétricos" con costra caliza. En este término los calcisoles van muy unidos con los regosoles y también con los leptosoles rendsínicos y móllicos formando asociaciones con todos ellos y aunque se localizan preferentemente por la mitad norte del término también pueden encontrarse en otras regiones calizas.

Igualmente de extensión reducida y asociados siempre con los leptosoles rendsínicos y sobre todo con los leptosoles móllicos, tenemos el grupo de los **Phaeozems**, suelos con horizonte A, móllico, rico en materia orgánica, que carecen de horizonte cálcico o petrocálcico o de concentraciones de caliza pulverulenta dentro de los 125 primeros centímetros y que posen un grado de saturación mayor del 50%. Pueden presentar además algún otro tipo de horizonte B. Los localizamos en materiales

permeables, margas, molasas y sobre todo en derrubios calizos de ladera. Los más abundantes son los "phaeozems calcáricos" que son calizos por lo menos en los primeros 50 cms.

Aunque con una extensión pequeña pero presentes sobre diversos materiales principalmente calizos como calizas, dolomías, brechas y conglomerados calizos y a partir de materiales sedimentarios como terrazas y depósitos aluviales, e incluso sobre litologías no calizas, encontramos unos suelos muy interesantes desde el punto de vista edafológico e incluso geológico. Se trata de los luvisoles. Se caracterizan fundamentalmente por poseer un horizonte B, de tipo árgico. Este horizonte se corresponde con el horizonte B, argílico o textural de la Taxonomía americana. Este horizonte que es subsuperficial tiene siempre un contenido en arcilla mayor que el horizonte superior pero que no sea el orgánico. Esta diferencia textural se produce por una acumulación de arcilla iluvial, por una destrucción parcial de arcilla en el horizonte superior, por una erosón selectiva de arcilla, por una específica actividad biológica o a combinaciones de estos procesos. Esta presencia de arcilla en ese horizonte textural, indica que los luvisoles son suelos evolucionados y que su presencia marca unas condiciones especiales para su formación. Estos suelos cuando están sobre materiales calizos duros y consistentes y son de color rojo intenso se les identifica con lo que los geólogos denominan arcillas de descalcificación.

De los luvisoles que presenta la clasificación F.A.O., nosotros hemos podido constatar preferentemente "luvisoles crómicos" que además de poseer un horizonte B, árgico, con una capacidad de cambio catiónica de 24 miliequivalentes por 100 g. de arcilla y con un grado de saturación en bases superior al 50% el color del horizonte B, es de un rojo intenso y como ejemplo tenemos los luvisoles rojos que encontramos sobre brechas en el Puerto de Zafarraya en la carretera de Alhama a Ventas de Zafarraya. Otros luvisoles presentes en el término son los que pueden localizarse en esa misma carretera en la gran depresión rellena fundamentalmente de arcillas de descalcificación en las cercanías de ventas de Zafarraya. Aquí podemos encontrar "luvisoles cálcicos" con acumulaciones calizas, "luvisoles vérticos" con arcillas expansibles que se denotan por la presencia de agregados en forma de cuña , "luvisoles gléicos" que están saturados con agua alguna época del año y que presentan por lo

tanto manchas por procesos de reducción y por último "luvisoles háplicos" con horizonte pardo y sin ninguna otra característica que los distinga.

Finalmente en esta descripción somera de los suelos presentes en el término de Alhama de Granada, y como curiosidad, dada además su escasísima representación, mostramos unos suelos en los que la actividad humana dio lugar a modificación sustancial del suelo originario bien porque fuero enterrados, por remoción de los horizontes premigenios, por aporte secular de sustancias orgánicas o por riegos continuados durante mucho tiempo: son los llamados **antrosoles** y cuyo ejemplo más típico lo constituyan los magníficos jardines que rodean el balneario de Alhama.

Aprovechamiento y capacidad de uso.- Al referirnos al uso del suelo conviene distinguir por un lado lo que podríamos definir como "Aprovechamiento actual", es decir el que los suelos que hemos descrito, tienen actualmente y el que muchos investigadores definirían como "Uso potencial" que es aquel que cada suelo debería tener en función de sus cualidades intrínsecas y de las condiciones ecológicas en que se encuentran, conceptos que muchas veces no coinciden pero sí bastante en este término.

Respecto al aprovechamiento actual, diremos que de las 40.643 hectáreas que damos como superficie total del término de Alhama de Granada, el 46% corresponde a los distintos cultivos de los cuales el regadío ocupa 855 Has. es decir el 2,10% del total del término, mientras que al secano corresponden 17.865 Has. o sea el 43,90%, secano que se divide en labores extensivas 13.450 Has.,(33%), frutales (olivar y almendro) 3.900 Has,(9,60%) y el viñedo 520 Has. es decir el 1,30%. La superficie ocupada por los distintos tipos de matorral en asociación muchas veces con pastizales es de 14.420 hectáreas lo que representa el 35,50% del término, dedicándose al uso forestal unas 6.500 Has. Es decir el 16%. Como totalmente improductivo quedarían unas 1000 hectáreas lo que supone el 2,50 % de la superficie total del término.

Ya hemos dicho que en este término de Alhama de Granada existe un paralelismo muy notable entre el uso actual al que están destinados sus suelos y el uso potencial que podríamos establecer siguiendo las metodologías propuestas por Sánchez (21) y Monturiol (22), teniendo en cuenta

sus propiedades específicas y la presencia de factores limitantes que condicionan su productividad y por lo tanto su verdadero aprovechamiento. En este término de Alhama, los factores limitantes más importantes serían la erosión, (e), la pendiente, (p), el espesor del suelo, (x), la presencia de afloramientos rocosos, (r), las características físicas, (f) y la hidromorfía, (h). Según la intensidad de estos factores solos o asociados, se establecen las distintas clases desde la clase A sin factor limitante alguno a la clase E donde los suelos presentan nulo o muy bajo aprovechamiento. Para los suelos de este término de Alhama, podríamos decir que suelos perfectos, sin limitación alguna, clase A, creemos no encontrar ninguno. A la clase B, con muy pocas limitaciones, es decir muy buenos suelos, tendríamos todos los suelos dedicados al regadío dentro de los que diferenciaríamos los Bh con algún problema de drenaje y los Bf, quizá excesivamente pesados. El resto de los suelos cultivados en este término pertenecen a la clase C, suelos con pocas limitaciones y por lo tanto muy aprovechables agrícolamente y que suponen casi el 44% de la superficie del término. Los suelos incluidos en esta clase son fundamentalmente los "regosoles", solos o asociados con "cambisoles" y "calcisoles". En la mayor parte de estos suelos la limitación mayor es el grado de erosión que pueden presentar pero sobre todo el riesgo de erosión. Estos suelos, clase Ce, representan el 33% del término. Suelos de muy baja productividad en general son los que incluimos en la clase D, con fuertes limitaciones sobre todo por las pendientes y aún más por el escasa profundidad que tienen. Aquí hacemos una distinción entre los suelos de clase De, unas 6.500 Has, que a pesar de la pendiente tienen uso forestal, cambisoles y leptosoles y los de la clase Dx, prácticamente superficies sin suelo, leptosoles líticos fundamentalmente, ocupadas por los pastizales y matorrales y que suponen más del 35% de la extensión total del término dedicados a un pastoreo, cabras y ovejas, de baja rentabilidad pues seguramente no pueden soportar ni 0,25 oveja por hectárea. Por último totalmente improductivo es la clase E en la que se incluyen fundamentalmente los afloramientos rocosos.

BIBLIOGRAFÍA.

(1) CASAS TORRES, J.M. (1969). *Atlas e índices de los términos municipales españoles*. Confederación Españolas de Cajas de Ahorro. Madrid.

(2) MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION.(1981. *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos*. E.1:50.000. Hoja 1025 LOJA Direcc. Gen. de la Prod. Agr. Madrid

(3) MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION.(1980). *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos*. E.1:50.000. Hoja 1040 ZAFARRAYA. Direc. Gen. de la Prod. Agr. Madrid

(4) ALBAREDA, J. M. (1940). *El Suelo. Mem. de la Real Acad. de Ciencias Exact., Fis. y Nat. Serie de Ciencias Naturales* T. VII Madrid

(5) ALBAREDA, J. M. y HOYOS de CASTRO, A. (1955).*Edafología. SAETA*. Madrid

(6) IGME.(1988). *Mapa Geológico de España* E.1:50.000 Hoja 1025 LOJA. Servicio de Publicaciones, Ministerio de Industria y Energía. Madrid

(7) FALLOP, P.(1948*). Les Cordilléres Betiques. Estudios Geológicos* V: 8 pp: 83-172

(8) IGME. (1979). *Mapa geológico de España* E.1:50.000 Hoja 1040 ZAFARRAFA. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Madrid

(9) IGME.(1973). *Mapa Geológico de España*. E.1:2000.000 Síntesis de la cartografía existente. Hoja 83 Granada-Málaga. Dep. de Publ. del Inst. Geol. y Min. de España. Madrid

(10) PAPADAKIS, J.(1980) *Ecología y manejo de cultivos, pasturas y suelos*. Albatros. Buenos Aires

(11) TURC,L.(1961). *Evaluation des Besoins en Eau d'Irrigation. Evapotranspiration potentielle* .(Formule Climátique Simplifié et Mise a Jour). Ann.Agron. 12 (I) pp: 13-49

(12) LAZARO, F; ELIAS, F; NIEVES, M.(1978*). Régimen de humedad de los suelos de la España peninsular.* Mº de Agricultura. Inst. Nac. de Inv. Agrarias. Colección: Monografías I.N.I.A. nº 20 Madrid.

(13) RIVAS MARTINEZ, S. (1989). *Mapa de Series de Vegetación de España.* E.1:400.000 I.C.O.N.A. Madrid.

(14) PEREZ PUJALTE, A; PRIETO FERNANDEZ, P. (1980). *Memoria explicativa de los mapas de Suelos y Vegetación de la provincia de Granada. Estación Experimental del Zaidín*. C.S.I.C. Granada.

(15) MONTURIOL, F. *Los suelos del término municipal de Carratraca*. Anal. Real. Acad. Farm. 1999. 65: 515-534 Madrid

(16) MONTURIOL, F. *Los suelos del término municipal de Manzanera (Teruel).* Anal. Real. Acad. Farm. 2001. 67: 225-234 Madrid

(17) FAO-UNESCO. (1989) *Mapa Mundial de S. Leyenda revisada*. Informes sobre recursos mundiales de suelos nº 60 Versión en español. Roma

(18) GUERRA, A et al. (1968). *Mapa de Suelos de España*. península y Baleares. E.1:1.000.000 C.S.I.C. Madrid
(19) KUBIENA, W. L. (1952). *Claves sistemáticas de suelos*. C.S.I.C. Madrid
(20) SOIL SURVEY STAFF. (1975), *Soil taxonomy*. Handbook nº 436 Soil Conservation Service U.S.D.A. Washington
(21) SANCHEZ, J; RUBIO, J; MARTINEZ, V; ANTOLIN, C. (1984). *Metodología de la Capacidad de Uso de los Suelos para la cuenca mediterránea*. 1º Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. II: 837-848. Madrid
(22) MONTURIOL, F; ALCALA del OLMO, L. (1991). *Mapa de Capacidad Potencial de Uso Agrícola de la Comunidad de Madrid.* C.S.I.C. y Consejería de Agricultura y Cooperación de la Comunidad de Madrid. Madrid.

Anal. Real Acad. Nac. Farm. 2002, 68

Acción terapéutica de las aguas del Balneario de "Alhama de Granada"

JOSEFINA SAN MARTÍN BACAICOA

Catedrática de Hidrología Médica.- Facultad de Medicina.- Universidad Complutense.- 28040 Madrid.

AGUSTÍN VALERO CASTEJÓN

Médico del Cuerpo de Médicos de Baños e Inspectores de Balnearios.

RESUMEN

Se destaca la importancia que el Balneario de Alhama de Granada ha tenido a lo largo del tiempo. Sus aguas mineromedicinales fueron declaradas de Utilidad Pública en 1899; son hipertermales, de mineralización media, predominan los sulfatos y bicarbonatos, calcio y magnesio. Su principal vía de administración es la tópica. Se especifican los efectos de estas aguas sobre el organismo humano, señalando las indicaciones y contraindicaciones. Se hace referencia a las innovaciones de estos últimos años y se aportan datos sociodemográficos y clínicos de la población asistente al Balneario de Alhama, durante los últimos doce años, desde 1988 a 2000.

Palabras Clave: Aguas mineromedicinales.- Balneario.- Balneoterapia.

SUMMARY

The therapeutic actions of the waters of Alhama (Granada)

In this article we put forward the significance that the Alhama de Granada Spa has enjoyed throughout the years. Its mineral medicinal waters were declared of Public Utility in 1899. These waters are hyperthermal, and present a mean level of mineralization; sulphates and bicarbonates, calcium and magnesium are the predominant elements. These waters are mainly meant for external application. We specify their effects upon the human organism, and display their indications and contraindications. Reference is made to the latest innovations and we provide sociodemographic as well as clinical data of the population staying at the Alhama Spa during the last 12 years, from 1988 through year 2000.

Key words: mineral waters.- Spa.- Balneotherapy

BALNEARIO DE ALHAMA DE GRANADA

El Balneario de Alhama de Granada está situado a unos 1800 metros de la hermosa ciudad de Alhama. La denominación antigua fue "Artigi", la moderna "Alhama, que proviene de los árabes que así lo llamaron por los baños medicinales que allí existían. (1)

Ha sido reconocido desde antiguo como un balneario importante, como manifiestan numerosos escritos y hallazgos: la Cueva de la Mujer (habitat neolítico); restos romanos abundantes, encontrados en la llanura "Mesa del Baño" que parece ser el lugar que albergó la antigua "Artigi Juliensis", el puente romano (de difícil documentación) de un solo arco; la piscina romana para embalsar el agua y la sala del "Baño de la Reina" (2); de construcción musulmana el "Baño Fuerte" que ha permanecido en las distintas transformaciones realizadas en el balneario y que es el emblema del actual.

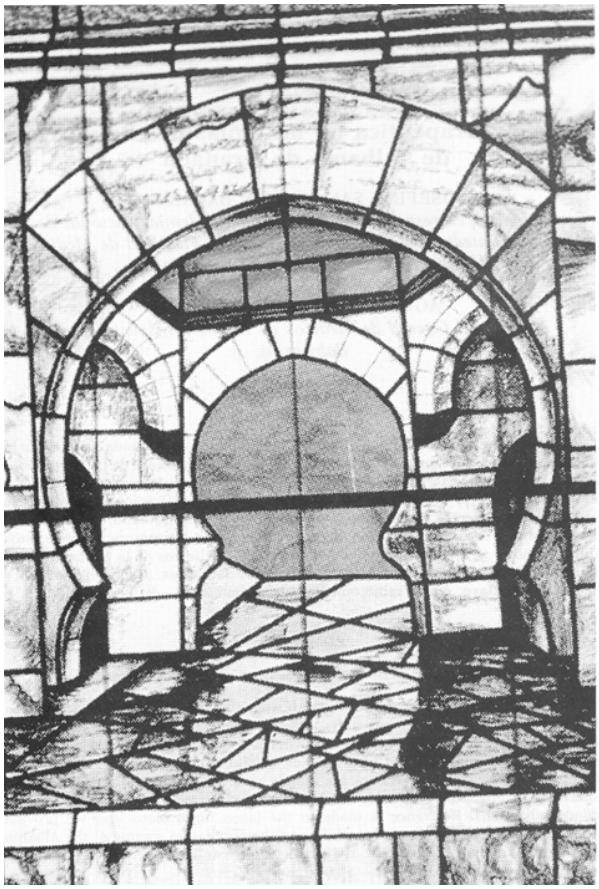


Figura 1.- Emblema

La contemplación del "Baño Fuerte" es impresionante. Se conserva en muy buen estado y así describe su estructura Raya Retamero (3). "El "Baño Fuerte" es de planta rectangular y se divide en tres tramos: el central, con una bóveda esquifada de ocho paños, con claraboya en la clave y trompas cilíndricas, es cuadrado; los dos tramos laterales son rectangulares y se cubren por sendas bóvedas de espejo y ternas de claraboyas estrelladas. Todos los arcos se encuentran realizados con sillares y dovelas de calizas o areniscas, poco usual en las construcciones musulmanas de la época, debido a que la elevada temperatura del interior y a veces bajísima exterior, al ser Alhama una de las regiones más frías de Granada, no hubiesen resistido materiales blandos." Se ha clasificado como una obra nazarí y fechada como perteneciente al siglo XIII.

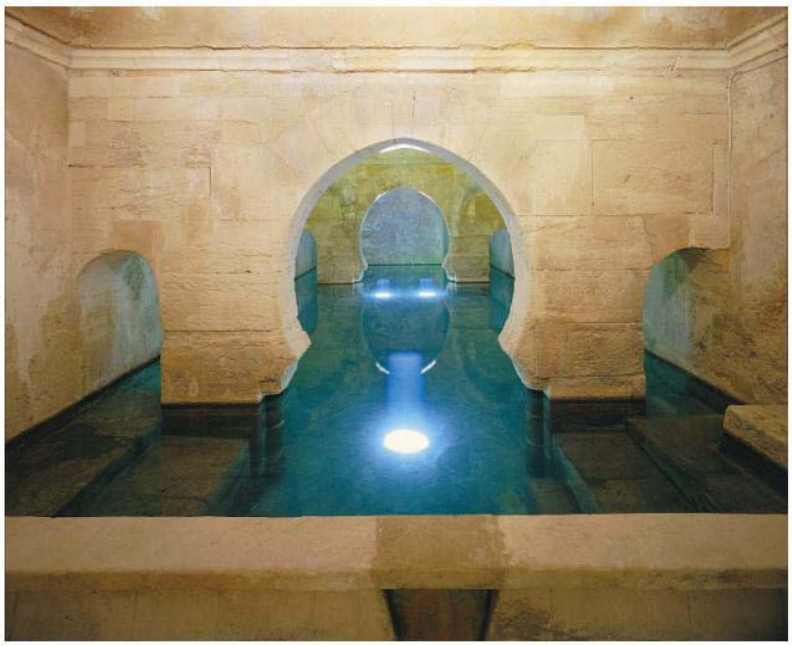


Figura 2

Por su gran belleza, queremos destacar el "Baño de la Reina" de construcción romana, de planta circular con banco corrido, cubierto por una cúpula pétrea semiesférica con claraboya central.

Figura 3

Algunas fuentes aducen que el Balneario de Alhama fue lugar de retiro y corte real, y es evidente que la realeza musulmana conociera estas aguas. La belleza de su paisaje, la fertilidad de sus campos y su clima saludable atraían a los forasteros para gozar de su estancia, y hasta los mismos reyes nazaríes la escogieron como segunda residencia y sede gubernamental (4). William H. Prescott (5) así lo afirma "Los reyes de Granada..., acostumbra-

ban a frecuentar con su corte aquella plaza, para tomar baños en sus deliciosas aguas; y así Alhama llegó a verse adornada con toda la magnificencia de un sitio real". Incluso, en época más moderna, el rey Alfonso XII se hospedó en las dependencias del Balneario en su visita en Enero de 1885 con motivo del terremoto (6)

Queremos señalar en este momento que, el terremoto de la Navidad de 1884 hizo que el manantial dejara de correr durante un corto periodo de tiempo, unas cuatro horas, para volver a aparecer con aumento de caudal y de 2° C su temperatura; también apareció un nuevo manantial con características y temperatura similares al antiguo, en un lugar cercano, donde se construyó un nuevo edificio que constituye hoy el Balneario Nuevo.

Es notorio el interés que ha despertado siempre el Balneario de Alhama de Granada, tanto desde el punto de vista histórico como arquitectónico e incluso científico médico; así lo demuestra las referencias de numerosos cronistas, historiadores, libros de viajes, literatos, médicos, que hacen referencia a este balneario.

Ya en el siglo XV, Gutiérrez de Toledo publicó normas sobre la utilización de los Baños de Alhama de Granada (7)

En 1636 se publica en Granada **"Apología por los Baños de la muy Noble y Leal Ciudad Alhama, contra el desengaño que de ellos escrivio Francisco Fregoso"** de Fernando Vergara Cabezas y que, en estos últimos años, ha sido recogido y comentado en numerosos estudios, entre los que destacamos una obra muy reciente de García Maldonado (8) y las de Raya Retamero (9).

Desde el punto de vista médico, queremos destacar una de las principales obras publicadas en España, conocida y consultada por nosotros, escrita en 1697 por Alfonso LIMON MONTERO **"Espejo cristalino de las aguas de España..."** y en la que dedica a las Aguas de Alhama de Granada el Capítulo IV del Lib.II, Trat.I. y lo titula **"De los baños de la Ciudad de Alhama, del Reyno de Granada, y de sus medicinas".** (10). Destaca la bondad de las

aguas y sus características, su abundante caudal; sus efectos; para qué males son útiles y *"a quales es dañoso dicho baño".*

"...Este baño, ó fuente dará de si tanta cantidad de agua, como el cuerpo de un hombre: tan suave al gusto ,y tan delgada , que sirve de mucho regalo,principalmente víandola fría; caliente como sale , se percibe algo de sabor a azufre, aunque mas se percibe por el olor que por el gusto..."

"...aprovechan a los que padecen ciática, gota y dolores por flatos o humores..." ; "...no se deben usar en las inflamaciones son dañosas como lo son todas las termales..."; "...son muy dañosas para los hidrópicos y que súbitamente les quita la vida..."; "... curan la esterilidad de las mujeres,... asma, y ronquera, y otros muchos."

Juan de Dios Ayuda, en su obra publicada en 1795 y titulada **"Examen de las aguas medicinales de más nombre que hay en las Andalucías"** (11), también defiende que se trata de aguas utilizadas con anterioridad a los árabes y se ampara, con especial énfasis, en la fábrica de los baños*: "...pues siendo la mejor de cuantas han quedado y he visto en la Andalucía de tiempos antiguos, no sólo está publicando el alto concepto en que llegaron a tenerlos, sino que quizá no serían los moros los que la construyeron."*

La arquitectura y construcciones que hoy día podemos admirar así lo evidencian como ya fueron señaladas en párrafos anteriores.

De lo dicho hasta ahora, se puede deducir la importancia que el Balneario de Alhama de Granada ha tenido a lo largo del tiempo, alcanzando en el siglo XIX su máximo esplendor. En la actualidad es uno de los balnearios más importantes en España y la temporada oficial de apertura del mismo se ha ido ampliando en estos últimos años, siendo durante el año 2000, del 1 de mayo al 31 de Octubre. Se están llevando a cabo reformas importantes, que más tarde comentaremos.

LAS AGUAS DE ALHAMA

Las aguas de Alhama de Granada fueron declaradas de Utilidad Pública en 1899.(12)

Existen dos manantiales, de características muy semejantes, uno ubicado en el Balneario antiguo, Baño Viejo y el otro manantial, el del Baño Nuevo que apareció como consecuencia del terremoto de 1884.

El caudal en los Balnearios de Alhama de Granada es muy abundante, 81 L/seg, siete millones de litros al día en el Baño Viejo y algo menos en el Nuevo, por lo que podrían ser incluidos en la categoría 3 de la clasificación de Meinzer.(13)

Según los datos analíticos reflejados en los análisis consultados, (I.T.G.E. y Lab. Gestión Sanitaria del Agua de Granada, Chicano) (14) y los aportados por la Dra. Toroja que se recogen y publican en el capítulo correspondiente de esta monografía y tomaremos como referencia, las aguas de los Balnearios de Alhama de Granada siguen siendo aguas **hipertermales** (42° C**), de mineralización media,** (655 mg/L en Baño Viejo y 815 mg/L en Baño Nuevo); hipotónicas; pH cercano a la neutralidad; en ambos manantiales predominan los aniones sulfatos y bicarbonatos y entre los cationes el calcio y el magnesio, en menor proporción figuran los cloruros y nitratos; por su contenido en fluoruros, mayor de 1,5 mg/L, pueden ser consideradas como **fluoradas.**

Se han detectado además, múltiples oligoelementos, hierro, manganeso, cobre, cinc, arsénico, bario, ...en concentraciones muy bajas, no significativas; destaca el estroncio por su alta concentración (2,308 mg/L). Ninguna legislación actual lo contempla. Sí lo hizo el CAE que consideraba aguas estróncicas a aquellas cuyo contenido superaba 10 mg/L.

De nuestra propia experiencia, podemos señalar que estas aguas son claras, transparentes, sin color ni olor especial, sabor ligeramente amargo,

fácilmente tolerable, no desagradable al paladar, que se da en otras aguas sulfatadas, por ser en estas, menor su mineralización y especialmente, por su contenido en calcio.

Las diferencias que se observan entre los análisis de las aguas del Baño Viejo y Baño Nuevo no son significativas; los datos proporcionados se encuentran dentro del +/- 20% admitido en cualquier proceso natural, por lo que podemos considerarlas semejantes y en nuestras consideraciones sobre sus acciones terapéuticas, haremos referencia conjuntamente a ambos.

ACCIONES DE LAS AGUAS - VIAS DE ADMINISTRACIÓN - INDICACIONES

Las aguas de los Balnearios de Alhama de Granada, aún siendo de media mineralización e hipotónicas, se les puede incluir entre las aguas sulfatadas cálcicas y sulfatado bicarbonatadas cálcicas, que constituyen un grupo de aguas que se comportan uniformemente sobre el organismo, y así, sobre el **aparato digestivo**, según Armijo Valenzuela (15), las acciones más características son: protección de la pared gástrica, antiflogística, inhibidora de la secreción, sedante y antiespasmódica.

Llegadas estas aguas al intestino, provocan reflejos gástricos, hepatobiliares y pancreáticos. La estimulación mecánica de la mucosa intestinal aumenta el volumen de la secreción del intestino delgado y estimula el peristaltismo, modificando reflejamente la función pilórica. Recordaremos también que el aumento de alcalinidad en el duodeno determina una mayor actividad del jugo pancrático.

Sobre otros sectores intestinales (yeyuno, íleon y colon) la acción predominante es la del calcio, ya que estas aguas no son purgantes, ni siquiera laxantes, actuando como anesosmóticas, sedantes, antiflogógenas y antitóxicas, acción esta última debida al poder precipitante y neutralizante de

toxialbúminas, productos de fermentación, etc.

Sobre el hígado y vías biliares producen los efectos característicos de los sulfatos, esto es: aumento de la secreción biliar, contracción vesicular y relajación del esfínter de Oddi. La posible acción hepatocelular es más problemática y de difícil interpretación, aunque se puede admitir la favorable acción del radical sulfato sobre la función hepática, siendo además bien sabido que la acción antitóxica y protectora se ejerce, en gran parte, por conjugar las sustancias tóxicas con el radical sulfato. También podría tener conexión con estos hechos la favorable acción de estas aguas en procesos de tipo disreaccional y alérgico.(16)(17).

Sobre el **aparato urinario** estas aguas de Alhama bicarbonatadas sulfatadas, de mineralización media, hipotónicas, pueden determinar diuresis hídrica, si bien no sea muy importante y de ordinario tardía. No obstante, el aumento del pH urinario, evita la precipitación de uratos y oxalatos y favorece la eliminación de ácido úrico y otros catabolitos, evitando la formación de sedimentos previniendo así la formación de cálculos .

Podrían tener utilidad en ciertos disturbios metabólicos tales como, las hiperuricemias y oxalemias, determinados cuadros de obesidad y otros trastornos en que pueda ser favorable la facilitación de la eliminación urinaria. (18)

En relación con los posibles efectos sobre el **sistema nervioso vegetativo** es de tener en cuenta que los iones calcio potencian la actividad del simpático, pero en muchos casos se comportan como reguladores del equilibrio neurovegetativo "simpatizando a los vagotónicos y vagotonizando a los simpaticotónicos". Se ha descrito en estas aguas una acción bifásica iniciada con una elevación del tono simpático que da paso a una segunda fase de predominio parasimpático que además es más persistente. Quizás estos efectos puedan explicar en parte, las acciones sobre la motilidad intestinal, función biliar, eliminación urinaria y presión arterial.

De estos efectos se deducen las principales **indicaciones** de las aguas

sulfatadas bicarbonatadas cálcicas, en afecciones del **aparato digestivo**, en particular: cuadros dispépticos con alteraciones del tono, la motilidad y la secreción; procesos hepatobiliares y sus manifestaciones satélites tales como migraña; discinesias biliares; trastornos residuales postcolecistectomía; afecciones biliares no litiásicas, en particular la estenosis de la papila y las del sifón vesicular con manifestaciones dolorosas locales y trastornos dispépticos.

En determinados cuadros anafilácticos, alérgicos, etc., estas aguas cálcicas pueden dar resultados muy favorables.

Como ya señalamos con anterioridad, estas aguas de Alhama de Granada contienen **fluoruros** en cantidad superior a 1,5 mg/L (2,2 mg/L), por lo que podría ser recomendada su ingestión para evitar la aparición de **caries** en la infancia y como complemento del tratamiento de la osteoporosis, si bien, es necesario advertir que la ingesta muy prolongada de aguas que contengan fluoruros en concentraciones superiores a 4 mg/L, pueden ser perjudiciales provocando la aparición de dientes moteados u otros signos de intoxicación.

Para obtener los efectos deseados en estas indicaciones, se administrarán las aguas por **vía oral** y es necesario ser muy cuidadoso en las dosis a administrar, teniendo en cuenta el proceso a tratar, la concentración y la respuesta individual. La dosis media de estas aguas de media mineralización y cálcicas, suele ser de 500 a 1000 ml al día, repartida en varias tomas, siendo aconsejable que la cura principal tenga lugar por la mañana en ayunas y se puede reforzar el tratamiento mediante la ingestión de una pequeña dosis una o dos horas antes de las principales comidas.

Todas estas acciones hasta aquí señaladas hacen referencia a la administración de estas aguas por vía oral, pero aún siendo esta vía de considerable interés, hoy día es poco utilizada en este Balneario de Alhama y, en la mayoría de los casos, como coadyuvante al tratamiento principal que constituye la vía tópica.

La **vía inhalatoria** tiene también cierto interés y es aplicada en este

Balneario de Alhama en forma de ducha y pulverización faríngeas, en afecciones de vías respiratorias altas, tales como, rinitis, rinosinusitis, laringitis, laringotraqueitis, hipertrofia e inflamación de las amígdalas. Se reserva la aerosolterapia para tratar procesos bronquiales crónicos, para lo cual es necesario obtener partículas de agua más pequeñas, del orden de 10 micras o menores si se quiere tratar sectores más profundos del árbol bronquial. El contenido en bicarbonatos y en calcio de estas aguas, puede explicar su acción antiespasmódica y descongestiva bronquial.

Aplicación Tópica

La principal vía de administración de estas aguas hipertermales de Alhama es la vía tópica, en forma de baños generales o parciales, duchas y chorros en todas sus modalidades.

La acción terapéutica derivada de la aplicación del agua sobre la piel, está relacionada con la composición química ya que el agua y sus elementos mineralizantes puede ser absorbidos a través de la piel y ejercer sus acciones a nivel local y general, pero la acción fundamental de la aplicación tópica se debe a las características físicas: mecánicas (factores hidrostáticos e hidrodinámicos) y térmicas (factores hidrotérmicos). La temperatura de emergencia es de 45°C por lo que es necesario enfriar el agua, para alcanzar la temperatura adecuada en cada técnica de aplicación.

Factores hidrotérmicos

Los efectos derivados del calor son bien conocidos y distintos según sea la temperatura del baño y la duración de la aplicación; cuando la temperatura es indiferente (35-37°C) o ligeramente superior, se producen **efectos**

vasculares, vasoconstricción inmediata, seguida de vasodilatación periférica prolongada, con activación de la circulación, apertura de nuevos capilares y arteriolas de los tejidos superficiales, con la consiguiente mejoría del trofismo celular.

Las aplicaciones de calor producen también una acción **sedante general** por su influencia sobre el sistema nervioso, elevan el umbral del dolor, dificultan la conducción de la sensibilidad dolorosa por atenuar o abolir la sensibilidad de los receptores periféricos, con la consiguiente repercusión sobre los centros modulares del dolor y liberadores de sustancias endorfínicas, todo lo cual induce a producir **analgesia.**

Se produce también una **relajación del tono muscular**, mejorando las contracturas musculares, lo cual facilita la movilidad articular.

Hay también que considerar, la **estimulación de los estratos celulares y terminaciones nerviosas de la piel** y mucosas, que conlleva la puesta en marcha de reflejos múltiples, en particular del sistema nervioso vegetativo, de amplia repercusión sobre el metabolismo general, el equilibrio endocrino, etc., llegando a determinar una **agresión o estrés capaz de activar los mecanismos de defensa del organismo.**(20)

Factores hidrostáticos e hidrodinámicos

En los baños de inmersión van a intervenir además otros factores físicos, hidrostáticos e hidrodinámicos que vamos a considerar resumidamente:

El Principio de Arquímedes o fuerza de flotación o de empuje, va a producir en el cuerpo sumergido una disminución aparente de su peso, tanto mayor cuanto mayor sea el nivel de inmersión, que va a tener como consecuencia la **facilitación de los movimientos** activos, siendo esto posible, has-

ta en los casos de músculos muy debilitados.

Existen otros **factores intrínsecos** al agua tales como: cohesión, viscosidad, tensión superficial, que actúan simultáneamente con **otros extrínsecos**: turbulencias, dirección y velocidad del movimiento, superficie a movilizar, etc., que pueden intervenir, siendo todos ellos **factores de resistencia al movimiento** dentro de agua.

Esta resistencia hidrodinámica va a permitir programar y realizar ejercicios muy variados desde los más facilitados a los más resistidos, cuya finalidad es **colaborar en la recuperación funcional, mejorar la movilidad articular y tonificar y potenciar la musculatura**, en aquellos pacientes que acusan dolor y limitación funcional, principalmente por afecciones reumáticas, secuelas postraumáticas, postquirúrgicas o neurológicas (21) y que supone el 90% del total de los pacientes que acuden a tratamiento en los Balnearios de Alhama de Granada.

La presión hidrostática, responsable del efecto de flotación o de empuje, y tanto mayor cuanto mayor es la profundidad y del mismo valor en cada uno de los puntos de cada plano horizontal, manifiesta su acción directa sobre el sistema venoso y las grandes cavidades corporales, y determina una **facilitación de la circulación de retorno** que va a obligar a una mayor actividad cardiaca.

Queremos destacar esta circunstancia, ya que es fácilmente superada en sujetos normales, pero, en personas de edad avanzada o con alteraciones circulatorias, en especial, dilataciones varicosas importantes, podría ocasionar desfallecimiento cardíaco. A esto debemos añadir, los efectos de la presión hidrostática sobre la función respiratoria, que debido a la compresión sobre la caja torácica y el diafragma, produce modificaciones que, en los cardiacos, pueden ser causa de disnea y opresión en los baños. Con esto, queremos llamar la atención sobre la necesidad de una **especial vigilancia de los enfermos cardiacos**, cuando requieran realizar tratamientos con baños generales.

La presión hidrostática y otras fuerzas como la cohesión, viscosidad, tensión superficial, pueden ser **origen de estímulos exteroceptivos**, aprovechables para una mejor percepción del esquema corporal, de la posición de los miembros y del sentido del movimiento y el equilibrio.

A todos estos factores físicos señalados y su repercusión sobre el organismo, podemos añadir la acción percutoria y de masaje, producida por la proyección de agua, en forma de duchas y chorros, sobre una zona de la superficie corporal, que va a desencadenar respuestas locales y generales en el organismo, dependiendo de la presión de aplicación ejercida por unidad de superficie corporal, del tiempo de aplicación, del plano de incidencia y de la temperatura de aplicación. Son por tanto, múltiples factores que el terapeuta deberá tener en cuenta para obtener unos u otros resultados, desde un efecto sedante a uno estimulante, desde una vasodilatación hasta una reacción de vasoconstricción.(22)

La realización de ejercicios en piscina termal o tanqueta, **Balneocinesiterapia**, constituye una de las técnicas más útiles para recuperar o mejorar la función articular, la flexibilidad y la potencia muscular, recuperar y mantener la forma física; es la única técnica en la que simultáneamente se pueden obtener los efectos derivados del **calor, masaje, movilidad** (Tríada de Pemberton).

Los pacientes con **afecciones de aparato locomotor** que acusan dolor y limitación funcional se benefician extraordinariamente de esta técnica y así constituyen principales indicaciones de la misma: afecciones reumáticas degenerativas o artrosis de cualquier localización, reumatismos inflamatorios crónicos fuera de la fase aguda; reumatismos metabólicos, secuelas postraumáticas, postquirúrgicas o neurológicas, … si bien debe ser siempre prescrita individualmente y acomodada a la necesidad y peculiaridades de cada paciente.

La **balneoterapia** puede ser considerada como una terapia de acción **estimulante de la capacidad de defensa orgánica** y como un **factor de acción general inespecífico**. La agresión repetida que constituye la aplicación

balneoterápica diaria, aunque de escasa intensidad, es suficiente para poner en marcha los mecanismos generales de defensa del organismo (23).

A estas acciones inespecíficas podemos añadir el marcado efecto psíquico de la cura balnearia, debido a la gran resonancia simbólica del agua, capaz de determinar estímulo o sedación psíquica, según sea la modalidad de tratamiento.

Destaquemos además otros factores, los que se derivan del **ambiente balneario** y que se pueden dar en todos aquellas personas sometidas a la cura termal, la cual supone una ruptura con el entorno habitual de gran interés; el paciente se libera de las circunstancias estresantes de la vida cotidiana, puede vivir serena y apaciblemente, en contacto con la naturaleza, en un ambiente de ordinario libre de contaminación y relajado, favorable para relacionarse con otras personas... Todo ello, junto a una más fácil y más estrecha relación médico-enfermo, coadyuvan en un mejor resultado del tratamiento balneario.

CRENOTECNIA - INSTALACIONES BALNEARIAS

Para aplicar las aguas mineromedicinales en las diferentes técnicas y sus modalidades, los balnearios de Alhama de Granada cuentan con instalaciones apropiadas que están siendo renovadas y ampliadas en estos últimos años. Se continúa con las obras de reforma iniciadas en el año 1997. Se han introducido nuevas técnicas y consolidado las ya existentes; han mejorado las instalaciones y la calidad de los servicios y se ha aumentado el personal médico, paramédico y auxiliar.

Todo ello gracias al esfuerzo, entusiasmo y, naturalmente, una fuerte inversión de la familia Rodríguez en este proyecto para mejorar el Balneario, que se está haciendo realidad, tanto desde el punto de vista hotelero como de las instalaciones balnearias.

Las nuevas instalaciones mantienen la actividad terapéutica tradicional y han aportado modernas técnicas, hoy día demandadas, acorde con las exigencias del siglo XXI. Se ha considerado con esmero aspectos importantes de mejora en ambientación, incidencia de la luz, ventilación, eliminación de barreras arquitectónicas, suelos antideslizantes, higiene y en su conjunto seguridad y comodidad para los usuarios y personal.

Así mismo, se cuenta con instalaciones hoteleras que cumplen con las exigencias que actualmente se requieren en ese sector. Se está teniendo especial cuidado en el mantenimiento del entorno, jardines, paseos con magnífico arbolado, creando un ambiente sano, fresco y limpio, libre de contaminación, procurando así una agradable estancia al visitante, paciente o acompañante.

Las instalaciones con las que cuenta el Balneario en el año 2000, para la aplicación de las distintas técnicas balneoterápicas y según datos tomados de la memoria del Balneario del Dr. Arcos, (24) son las siguientes:

Vía Oral - Fuente de agua termal. Su empleo es muy limitado y siempre bajo prescripción médica.

Vía Inhalatoria - Sala de inhalaciones con aerosoles, ducha faríngea y pulverización faríngea, y baño de vapor.

Vía Tópica - Balneoterapia, con muy diferentes técnicas e instalaciones:

Técnicas de inmersión: Baño General en bañera, baño de burbujas, baño de hidromasaje, pediluvios, maniluvios y la técnica tópica por excelencia la Crenocinesiterapia individualizada en piscina termal, para la realización de ejercicios en el agua, controlada por fisioterapeuta.

Figura 4

Técnicas con presión: Chorros y duchas, ducha circular, ducha de columna, chorro subacuático.

Técnicas complementarias: Salas para la aplicación de masajes: masaje general, masaje parcial, masaje terapéutico, drenaje linfático.

Sala de fisioterapia. Tracciones vertebrales; electroterapia (TENS), infrarrojos y dos salas para la aplicación de parafangos (para un máximo de

seis personas simultáneamente).

Sauna finlandesa.

Figura 5

En la reforma proyectada para el próximo bienio se pretende ampliar las instalaciones y según la memoria del Dr. Arcos el balneario contará, con la siguiente capacidad terapéutica:

- 18 cabinas de baño termal; se conservarán las actuales bañeras de mármol; se contará también con modernas bañeras de hidromasaje, ba-

ño de burbujas, de lodo, algas, sales,..."muy demandados por la nueva clientela"; alguna dispondrá de chorro subacuático.

- 5 trenes de chorros, (dos de ducha escocesa).
- 6 duchas circulares (con tres o cuatro columnas), con posibilidad de aplicar agua fría en piernas.
- 2 duchas de columna de hidromasaje y cabinas de aromaterapia
- 4 cabinas con agua termal de uso múltiple: ducha-masaje tipo Vichy y aplicación de lodos, algas, envolturas.
- 2 saunas finlandesas (ya existentes)
- 1 vaporario o estufa húmeda colectiva, que se "ubicará en la Sala de la Reina, con más de tres siglos de antigüedad, será un lugar emblemático y punto de referencia del futuro Balneario".
- una piscina termal dinámica cubierta, con chorros subacuáticos, burbujas, etc.
- 2 minipiscinas con agua en movimiento, anexas a la anterior
- 3 pediluvios -maniluvios, con posibilidad de dar baños de contraste
- 2 chorro-ducha lumbar
- zona de hamacas para reposo.

Figura 6

Figura 7

PERSONAL DE ATENCÍÓN MÉDICA AL BALNEARIO

A lo largo del tiempo, médicos de renombre se han ocupado de la atención de los enfermos en el balneario. Ya en el siglo XVII se cita al Dr. Vergara Cabezas como médico de la población de Alhama de Granada y también del Balneario. Más tarde figuran el Dr. Benito de Linares, el Dr. Arraiz, Dr. Fuentes, Dr. José Fernández de Mieres que fue Médico Director de Alhama y sus Baños.

A finales del siglo XIX fueron médicos del Balneario, el Dr. Eduardo Palomares, Dr. José Valderrama, Dr. Francisco del Castillo y mucho más recientemente, a mediados del siglo XX fueron médicos de los Balnearios de Alhama, el Dr. M. Alemany y el Dr. Andrés López Herce, destacados médicos del Cuerpo de Médicos de Baños.

Entre los Médicos Especialistas en Hidrología Médica que en estos últimos años se han ocupado del Balneario y colaborado en su desarrollo con gran ilusión, citaremos a la Dra. María Luisa de la Calle, primer médico Especialista en Hidrología Médica con la que contó el Balneario y que trabajó durante varios años junto con el médico de Alhama, Dr. José Luis Ramos; más tarde, la Dra. Nuria Gonzalo que continuó las reformas hasta el año 1999; con ella colaboraron la Dra. Beatriz Sánchez Cabezas y el Dr. Juan Carlos Arcos, todos ellos Médicos Especialistas en Hidrología Médica. Desde 1999 el Dr. Juan Carlos Arcos es el Médico-Director, quien junto con el Dr. Rafael Gustavo Mesa, Médico Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria, se ocupan de todos los aspectos relacionados con la terapéutica y la atención a los pacientes en el Balneario.

El personal cualificado, tanto médico como paramédico, que forma el grupo de trabajo está formado por los dos Médicos, dos Fisioterapéutas, ocho Masajistas, un Socorrista, una Diplomada Superior de Estética y 6 Auxiliares de Técnicas Termales.

ESTUDIO DE LA POBLACIÓN ASISTENTE

Para realizar este estudio hemos utilizado datos aportados por los médicos directores, Dña Nuria Gonzalo y D. Juan Carlos Arcos, que comprenden distintos aspectos relacionados con la población balnearia de Alhama de Granada, desde el año 1988 hasta el 2000, ambos inclusive.

Hemos recogido y elaborado datos referentes al número de pacientes

(agüistas), tanto privados como acogidos al programa de IMSERSO, durante los años que comprende el estudio, patología más destacada, edad y procedencia.

Con el número de pacientes hemos elaborado una gráfica, en la que se puede observar un aumento progresivo del número total de pacientes. A partir del año 1993 se incorporan los pacientes de IMSERSO y en esos años se ve una ligera disminución de los agüistas privados, aumentando después tanto los privados como los acogidos al programa.

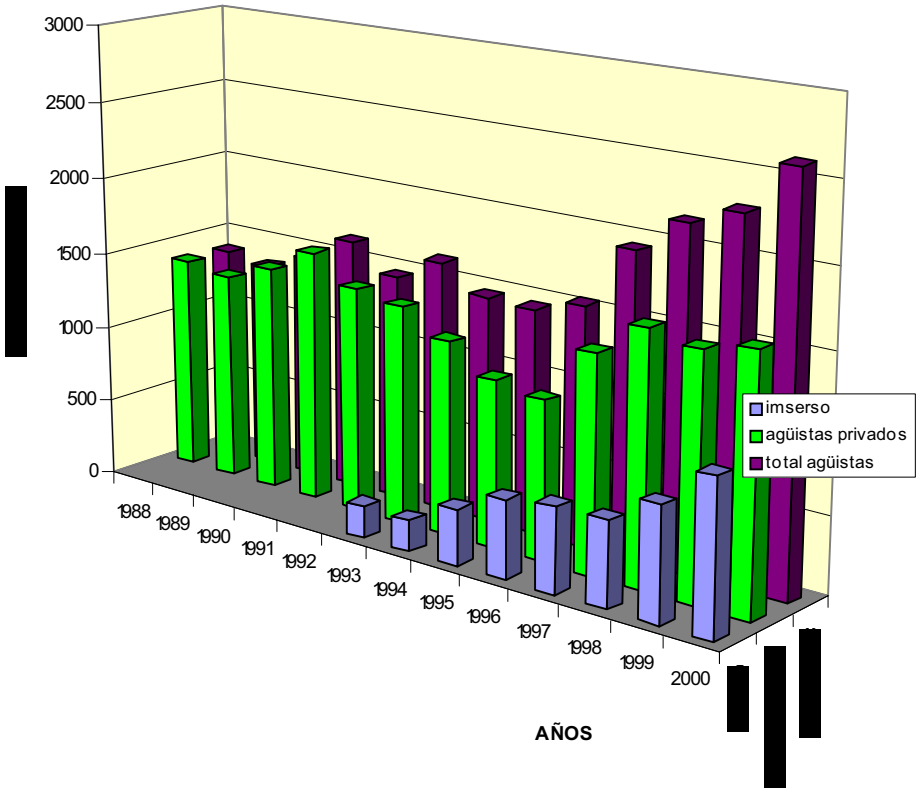

3000
2500
2000
1500
1000
500
0
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
AÑOS
imserso
agüistas privados
total agüistas

Grafico 1.-

No se han incluido en este gráfico los agüistas de corta estancia, menos de cuatro días, de ordinario jóvenes, que en estos últimos años se están incorporando como usuarios del balneario, incrementado considerablemente el número de asistentes, con un rejuvenecimiento de la población balnearia. Durante la temporada oficial, mayo - octubre del año 2000, han sido 1121 el número de pacientes de corto tratamiento, de 1 a 4 días.

No obstante, sigue siendo mucho más elevado el porcentaje de pacientes mayores de 65 años que acuden al balneario para tratamiento, aun sin tener en cuenta los pacientes que acuden de IMSERSO.

Respecto al género, el número de mujeres que acude al balneario (83%) es muy superior al de hombres (17%).

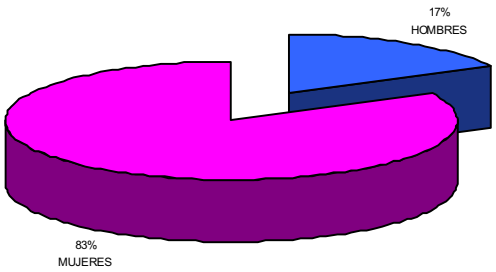


Gráfico 2.

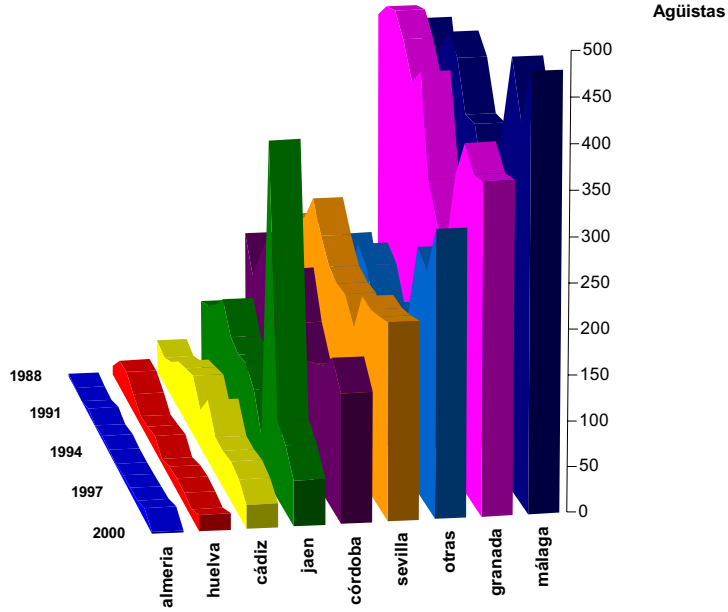


Gráfico 3.

En un tercer gráfico recogemos el numero de aguistas en cada uno de los años estudiados, distribuidos por procedencia. Como es lógico, el mayor número de agüistas procede de Andalucía, siendo Málaga la provincia que ocupa el primer lugar seguida de Granada.

Por lo que respecta al tipo de patología de los pacientes que acuden al balneario, las afecciones de aparato locomotor, con muy variada patología, constituyen el mayor porcentaje. En segundo lugar están las afecciones de aparato respiratorio y O.R.L. y en lugar destacado también, las personas que acuden al balneario buscando la prevención.

Ha disminuido ligeramente el porcentaje de patologías crónicas establecidas y el cambio en la terapia demandada, va orientado a la prevención, trastornos funcionales, distimias y estrés o sencillamente, descanso y relax.

Resumimos en el siguiente cuadro, tomado de la memoria del Dr. Arcos, año 2000, las patologías atendidas en el Balneario de Alhama de Granada, por orden de frecuencia en porcentajes y agrupándolas según agüistas particulares y del Imserso, señalando edad y género.

RESUMEN AÑO 2000

Particulares		
(1-4 días)	-- Turismo de Salud ……. 80 %	Edad media: 38 años
	-- Patología Reumática …….15 %	
	-- Patología Respiratoria ….. 3 %	V/N: 46 / 54 %
Particulares		
clásicos:	-- Aparato Locomotor …… 75 %	
	-- Estrés, descanso ……. 12 %	

-- Aparato respiratorio …… 12 % Edad media: 61 años

-- Prevención …….. 11 %

-- O.R.L…… 8 % V/M: 34 / 66 %

Termalismo Social:

-- Aparato Locomotor …….. 90% Edad media: 72 años

-- Apto. Respiratorio y ORL …. 40 %

-- Otros …….. 10 % V/M: 34 / 66 %

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mi agradecimiento por la colaboración prestada en la preparación de esta presentación al Dr. Juan Carlos Arcos Sánchez, Médico Especialista en Hidrología Médica y Director Médico del Balneario de Alhama de Granada, por sus memorias del Balneario de los años 1999 y 2000; a la Dra. Nuria Gonzalo García, también Médico Especialista en Hidrología Médica, por los datos aportados de su experiencia durante los años de estancia como médico del Balneario y muy especialmente a D. Manuel Rodríguez López y toda su familia, propietarios del Balneario, con Dña. Asunción como directora actual del mismo, Dña Mercedes y Dr. Rafael Gustavo Mesa, por toda la documentación e iconografía aportada y el cariño e interés con que me acogieron en mi vista al balneario.

BIBLIOGRAFÍA

(1) AYUDA, JUAN DE DIOS (1798) *Examen de las aguas medicinales de más nombre que hay en las Andalucías, en que se da noticia de la situación, contenidos, virtudes y método con que deben usarse las de cada fuente.* Imprenta Real Madrid.

(2) RAYA RETAMERO, SALVADOR (2000). *Breve Guía Histórico-Artística del Balneario Medieval de Alhama de Granada*. Ed. Grupo Invest. HUM-594. Consejería de Ed. y C. Direc. Gral. de U. e I. Junta de Andalucía.

(3) OPUS CIT. en 2, pp. 21-23

(4) RAYA RETAMERO, S. (1999). *Reseña histórica de los Baños Termales de la Muy Noble y Leal Ciudad de Alhama de Granada.* Australis Pub. Melbourne (Australia) Grupo Invest. HUM-594 Consejería de Ed. Junta de Andalucía. pág. 135

(5) PRESCOTT W. H. (1838). *The history of the Reign of Ferdinand and Isabella.*

(6) OPUS CIT. en 2

(7) ARMIJO VALENZUELA, M. (1968). *Compendio de Hidrología Médica.* Ed. Científico Médica. Barcelona.

(8) GARCÍA MALDONADO, ANDRÉS (1999). *Los Baños de Alhama y la apología de Fernando de Vergara*. Ed. Alhama Comunicación y Soc. Balnearios de Alhama de Granada.

(9) OPUS CIT. en 4, pp. 38-81.

(10) LIMÓN MONTERO, A. (1697). *Espejo cristalino de las aguas de España, hermoseado, y guarnecido, con el Marco de variedad de Fuentes, y Baños. cuyas virtudes, excelencias, y propiedades se Examinan, Disputan, y acomodan a la salud, provecho, y conveniencias de la vida humana.* Alcalá. Francisco García Fernández. Lib.II Trar.I.Cap. IV, pág. 278 a 282.

(11) Opus cit. en 1

(12) Diario 12. 2. 1889. Ministerio de la Gobernación

(13) DAVIS, S.N Y DE WIEST, R (1971) *Hidrogeología.* Ed. Ariel. Barcelona. Pág. 100

(14) ARCOS SÁNCHEZ, J.C. (1999) *Memoria de Hidrología Médica con aplicación especial a los Baños Termo-Minerales de Alhama de Granada.* Inédita. Cortesía del autor.

(15) Opus cit. en 7

(16) SAN MARTÍN BACAICOA, I. Y ARMIJO CASTRO, F. (1994*) El azufre en las aguas mineromedicinales aguas sulfatadas y aguas sulfuradas* en Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia de Armijo Valenzuela y cols. Editorial Complutense. Madrid. Cap. 18 , 241-257.

(17) MESSINA, B. Y GROSSI, F. (1988). *Elementi di Idrologia Medica.* Soc. Ed. Universo.

Roma
(18) ARMIJO VALENZUELA, M Y SAN MARTÍN BACAICOA, J. (1984) *La salud por las aguas termales.* Ed. Edaf. Madrid
(19) O.M.S (1994) *Los fluoruros y la salud bucodental.* Informe de un comité de Expertos de la O.M.S. Ginebra
(20) ARMIJO VALENZUELA, M. (1975). *Acciones sobre el organismo humano de las aplicaciones generales termobifásicas.* Real Acad. Nac. Medicina. Discurso de Ingreso
(21) ARMIJO VALENZUELA, M. Y SAN MARTÍN BACAICOA, J. (1986-1991) *Hidroterapia*. Coleccionable en Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica. Vols. I al VI, págs.1 a 168. ISSN 0214 - 2813
(22) Opus cit. en 21
(23) SAN MARTÍN BACAICOA, J., (2000) *Técnicas actuales de tratamiento balneario. Balneocinesiterapia*. En Panorama actual de las Aguas Minerales y Mineromedicinales en España. Ministerio de Medio Ambiente. ITGE. Madrid. 105-114.
(24) ARCOS SÁNCHEZ, J. C. (2000) *Memoria de Hidrología Médica con aplicación especial a los Baños Termales deAlhama de Granada.* Inédita. Cortesía de su autor.