«*Estudio de las aguas termales clorurado-sódicas variedad bicarbonatadas en Jaraba de Aragón*». A. de Gregorio (1895).

Presentación

Esta es la vigésimo sexta Memoria redactada y publicada por la Comisión para el estudio de los manantiales de aguas minero-medicinales de esta Real Academia, que actualmente, según Real Decreto 367/2002 de 19 de abril de 2002 (B.O.E nº 110 de 8 de mayo de 2002) se considera como Comisión permanente de carácter técnico, con la nueva denominación de Comisión de Aguas Minerales y Minero-medicinales de la Real Academia Nacional de Farmacia.

Al final de esta Memoria puede consultarse la relación de las 25 anteriores Memorias de los correspondientes Balnearios españoles. En la actualidad se ha comenzado a estudiar el Balneario Cervantes de Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real)

En esta memoria número 26 se estudia primero la historia y vicisitudes por las que han pasado la villa de Jaraba y los Balnearios con sus manantiales, mencionando los distintos propietarios y los médicos responsables del normal funcionamiento de las instalaciones balnearias.

Se hace una revisión de los análisis físico-químicos realizados periódicamente, a través de los tiempos y se efectuaron los análisis correspondientes para actualizar la composición de las aguas utilizadas en el Balneario. Como puede verse en el capítulo correspondiente de la Profesora Mª Esperanza Torija y colaboradores del Departamento de Bromatología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

Igualmente se realiza un estudio radiológico de las aguas determinando cuantitativamente los radionúclidos naturales más significativos existentes en las aguas de los diferentes manantiales (Baños de Serón, Sicilia y la Virgen). En el capítulo correspondiente redactado por Juan Palomares y Milagros Pozuelo del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT, se resalta el gran interés que tiene la medida del contenido radiactivo de las aguas.

Si interés tiene el conocimiento de la composición química y el estudio radiológico de las aguas, también es importante la diversidad microbiana de los manantiales de los tres Balnearios, estudio realizado por las Profesoras Dras. Mª Carmen de la Rosa Jorge, Mª Ángeles Mosso Romeo, y sus colaboradores, del Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, autoras del correspondiente capítulo microbiológico.

Otro de los capítulos de esta Memoria es el redactado por Francisco Javier Mantero Sáenz y Yolanda Galván Ramos, del Instituto Nacional de Meteorología, que se dedica al estudio climatológico del emplazamiento del Balneario, que básicamente se ha limitado a las variables meteorológicas (temperatura y precipitación) medidas en el emplazamiento o sus alrededores.

Para completar los estudios ya citados se ha estudiado la geología, hidrogeología y el perímetro de protección del Balneario redactando el capítulo los ingenieros Juan Ignacio Pinuaga Espejel y Eduardo Garrido Schneider, del Instituto Geológico y Minero de España, y Antonio Ramírez Ortega, Académico Correspondiente de esta Real Academia. En dicho capítulo se sitúa el Balneario en la franja de contacto entre las zonas internas y externas de las Cordilleras Béticas. Se describe la estructura geológica y la surgencia de los baños; completándolo con el estudio hidrogeológico de la zona de las surgencias.

Francisco Monturiol, Profesor de Investigación del C.S.I.C y Raimundo Jiménez, Catedrático de Edafología de la U.A.M, redactan un capítulo sobre los suelos del término municipal repasando diversos factores formadores del suelo: topografía, clima, litología y vegetación.

Los estudios sobre la vegetación del entorno del Balneario son objeto de otro capítulo redactado por el profesor Dr. Miguel Ladero del Departamento de Botánica de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Salamanca, y sus colaboradores.

Finaliza esta Memoria con un capítulo sobre la Acción terapéutica de las aguas del Balneario de Alhama de Granada, redactado por la Profesora Dra. Josefina San Martín Bacaicoa, Catedrática de Hi-

drología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, y el Dr. Agustín Valero Castrejón, Médico del Cuerpo Médico de Directores de Balnearios. Se indica la calificación de las aguas respecto a su composición química y sus efectos sobre el organismo humano, señalando indicaciones y contraindicaciones. Se aportan datos sociodemográficos y clínicos de la población asistente al Balneario durante los últimos doce años.

León Villanúa Fungairiño

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 475-495

Balnearios de Jaraba (Zaragoza) Historia y generalidades

LEÓN VILLANÚA FUNGAIRIÑO
Académico de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia.
Presidente de la Comisión de aguas minerales y minero-medicinales.
Real Academia Nacional de Farmacia.

RESUMEN

Se hace una reseña de la situación geográfica de la villa y de los Balnearios de Jaraba, con una breve historia de diversas vicisitudes por las que han pasado y sus generalidades.
Palabras Clave: Agua minero-medicinal.—Balnearios de Jaraba.

ABSTRACT

Spas of Jaraba (Zaragoza). History and generalities

An account of the geographical position of the Jaraba village and Spa is given, including a brief history of the different vicissitudes inferred and their generalities.
Key words: Minero-medicinal water.—Jaraba Spas

LA VILLA DE JARABA

Jaraba es una pequeña y pintoresca villa de la provincia de Zaragoza, audiencia territorial de Zaragoza, partido judicial de Calatayud y diócesis de Tarazona (Figura 1). En principio me fue difícil encontrar datos de esta villa y tuve que recurrir al libro de Lorenzo Calavia Santos (1).

Jaraba se encuentra en la parte meridional de Aragón, en las cercanías de Castilla, entre las provincias de Soria y de Guadalajara (véase el mapa). A 125 kms. de Zaragoza a 200 kms. de Madrid, a 12 del famoso y pintoresco Monasterio de Piedra y a 38 kms. de Calatayud.

Mapa. Escala 1: 300.000.

Está situada en un frondoso valle, rodeada de montes y roca, en la ribera izquierda del río Mesa sobre las faldas orientales de un monte. Su situación geográfica corresponde a 41º 11' 25" 41 de latitud norte, 1º 52' 54", 41 de longitud oeste del meridiano de Greenwich. La altitud es de 769 metros sobre el nivel medio del mar en Alicante. Las Coordenadas U T M son: X=593.778 e Y=4.560.575.

FIGURA 1. *Jaraba.*

El término municipal de Jaraba limita al Norte con el de Cetina, al este con el de Ibdes, al sur con los de Campillo y Calmarza y al oeste con el de Sisamon. De suroeste a nordeste pasa el río Mesa al que se incorporan más de 80 fuentes que brotan en su jurisdicción, entre las que hay aguas termales que se aprovechan para los tres balnearios que existen en Jaraba que le dan prestigio a esta villa.

El terreno es montañoso y desigual, de regular calidad (Véase el capítulo de esta Memoria correspondiente a los suelos).

A Jaraba se llega por la Autovía de Aragón (Nacional II), desvío en la salida 200 (carretera de Cetina a Jaraba). No tiene ferrocarril y la estación más cercana es Alhama de Aragón y la mejor comunicada es Calatayud.

Produce toda clase de cereales, vino, cáñamo, patatas, aceite, higos y otras frutas. También hay ganado lanar y cabrío, abundante caza en el monte y en el río pesca de barbos, anguilas, cangrejos y truchas.

La villa de Jaraba tiene una población de 411 habitantes y su escudo está pendiente de aprobación.

La villa de Jaraba conserva algunos edificios dignos de admiración y otros que demuestran así mismo diversos episodios de la historia de Jaraba.

La iglesia parroquial de la Transfiguración es una obra gótica de sillería del siglo XVI, con una nave y torre a los pies. Fue ampliada en el siglo XIX añadiéndole dos tramos junto a la torre. En el interior guarda varios retablos del siglo XVI.

Próximo al núcleo urbano se encuentra el Santuario de la Virgen de Jaraba que es un antiguo eremitario del siglo XII al XVII que conserva mitos y leyendas sobre el primer morador del lugar.

Los patronos de la villa son la Virgen y San Roque, celebrando la fiesta el 15 de agosto, aunque también se celebra otra fiesta el último domingo de septiembre en honor a San Vicente.

Lorenzo Calavia (1) trató de investigar el origen de Jaraba y lo encontró en la célebre Bilbilis (hoy Calatayud), antigua ciudad de los romanos que fue fundada sobre el monte Bámbola, situado a tres kilómetros del lugar donde está hoy Calatayud. Entre otras muchas cosas, se menciona la sangrienta batalla que libraron los ejércitos de Sertorio y de Metelo, así como que en dicha ciudad nació el poeta Marco Valerio Marcial y murió en la misma el año 104 después de haber permanecido durante treinta y cinco años en Roma, haciendo con sus epígramas las delicias del Imperio.

Bilbilis, en aquellos tiempos, era la única colonia romana que existía en muchas leguas a la redonda, era, además, el punto de partida de tres calzadas romanas que se dirigían a Segovia, Toledo y Cariñena, respectivamente.

La vía romana que desde Bilbilis se dirigía hacía Toledo seguía en un principio la ruta del río Jalón, y en el encuentro de éste con el río Mesa, entre Ateca y Castejón de las Armas, cambiaba de rum-

bo, siguiendo la margen izquierda del río Mesa, hasta el sitio en que hoy se encuentra Jaraba, donde principia el Barranco de la Hoz. Lo que hoy comprende este barranco era entonces un bosque de espinos, zarzas y malezas de todas clases, por cuya razón los romanos le llamaban el Xaral, de cuya palabra vino después la transformación en Xaraba, que prevaleció por mucho tiempo hasta que se convirtió en Jaraba, nombre que hoy tiene la villa que nos ocupa.

Los romanos, para solemnizar la pacificación de España y su definitiva incorporación al Imperio romano, después que nuestra Patria exhaló, en el monte Medulio (después Menduría) en Vizcaya los postreros alientos de su independencia en manos del sanguinario Agripa, que vino a sofocar la guerra cantábrica, se establecieron, con motivo de aquel acontecimiento la Era Hispánica que comenzó a regir el primero de enero del año 38, antes de Jesucristo.

En esta época, César Augusto, a la sombra de la Paz Octavia, dividió nuestra Península en tres provincias, Tarraconense, Lusitania y Bética, dando su propio nombre a nuestra inmortal César Augusta, hoy Zaragoza. Bilbilis era una de las principales ciudades de la provincia Tarraconense, pues hasta gozaba del privilegio de acuñar moneda. César Augusto ordenó que se establecieran colonias militares y agrícolas en los puntos más estratégicos y fértiles, ya que nuestro suelo era llamado el granero de Roma. El historiador Lafuente nos dice que de Bilbilis salió un gran núcleo de su población que se estableció en el contorno (1). Zurita, en sus Anales de la Corona de Aragón (2), nos dice que en Ibdes, en Jaraba, en Calmarza y en Sisamon se establecieron en forma de guarniciones.

El Puente del Diablo, que antiguamente los naturales llamaban el Puente de Cal y Canto, era de construcción romana y es de presumir que se vieron obligados a construirlo por el siguiente motivo: la vía o calzada romana, que desde la desembocadura del río Mesa en el Jalón seguía la margen izquierda del Mesa, estaba interceptada al llegar donde se encontraba construido el Puente del Diablo y era imposible continuar la ruta del río, como era costumbre en todos los caminos romanos, si no se pasaba a la margen derecha, pues en la izquierda se oponía y sigue oponiéndose el inmenso peñasco llamado de San Roque, el cual, en corte ver-

tical, sirve de muralla al río desde la hermosa alameda llamada de la Peña de San Roque, que pertenece a los establecimientos balnearios de Sicilia hasta los establecimientos balnearios de la Virgen (1).

En lo que se refiere al puente, por su forma y sus características, era igual a todos los distribuidos por la Península, que atraviesan nuestros ríos y que llamamos puentes romanos. Este puente, que según Lorenzo Calavia podría tener unos 2.000 años, no existe actualmente, pues fue sustituido por otro cuando se realizaron las obras de la carretera.

Los primeros habitantes procedentes de Bilbilis establecieron una colonia y una guarnición. Con tal motivo, y para la defensa de sus moradores, se construyó el Castillo de Xaral, en lo alto del cerro, donde hoy se encuentra Jaraba y del que no quedan más que algunos vestigios. Alrededor de esta fortaleza los primeros habitantes construyeron sus viviendas debajo de tierra. Aún quedan algunas cuevas destinadas a diferentes usos.

Con motivo de la profunda paz de la que gozaba el Imperio romano, los habitantes de las colonias cambiaron las armas por el arado y la agricultura se desarrolló enormemente, y es tradicional su gran rendimiento y la inmejorable calidad de los cáñamos que se recogían en los campos de Jaraba, como principal cosecha a través de los siglos (1). Al parecer, los manantiales de estas aguas termales influían en la buena calidad del cáñamo, ya que después del arranque sometían los cáñamos a la operación del "empozamiento", sumergiéndolas en las aguas.

Así transcurrieron los años de la dominación romana, hasta que con la invasión de los bárbaros comenzó la invasión visigoda. Nuestra patria estuvo sometida a los godos desde el año 414 hasta el 711. Durante la dominación visigoda y en su periodo Gótico-Católico (1), cuando aquellas terribles luchas del arrianismo contra el catolicismo en el siglo sexto y sin que podamos puntualizar el año, tuvo lugar el acontecimiento más importante que ha tenido lugar en Jaraba, la aparición de la Virgen María, Patrona y Protectora de esta villa, que se venera en su Santuario bajo la invocación de Virgen Santa de Jaraba (Figura 2).

FIGURA 2. *Santuario de la Virgen de Jaraba.*

Como ya hemos dicho antes, en el año 711, es decir a principios del siglo VIII, comenzó la dominación árabe. Los árabes penetraron en nuestros campos y ciudades con la mayor furia, intentando desterrar nuestras creencias religiosas, siendo irreconciliables con el cristianismo. Nuestros antepasados vivían temerosos de las venganzas a que eran sometidos los cristianos por los invasores. Por lo que se apresuraban a esconder las sagradas imágenes para librarlas del saqueo y de la profanación. Por esta época fue (2) cuando los habitantes de Jaraba escondieron la imagen de la Virgen hasta el año 1120 en el reinado de Alfonso I de Aragón, en que volvió a aparecerse, como ya diremos después.

En el primer periodo de la dominación árabe, o sea, durante el Emirato y el Califato, desde los años 711 al 1.120, Jaraba, siguió la suerte de la antigua Bilbilis, convertida ya en Kalaat-Ayub, cuyo nombre se transformó posteriormente en Calatayud. Este nombre se debe a que en el año 720 vino por estos lugares un árabe de Sevilla llamado Ayub Wali que fundó, entre otras cosas, la fortaleza o castillo que denominó con su nombre, llamándola Kalat-Ayub, que significa "Fortaleza de Ayub".

Para librar y defender a Kalat-Ayub de las invasiones de la Reconquista, iniciada en Covadonga por Don Pelayo, fundador del Reino de Asturias y continuada por los Reyes Católicos se construyeron por todo este contorno varias fortalezas árabes, entre ellas la que había entre Jaraba e Ibdes.

En el año 1120 Alfonso I "El Batallador", Rey de Aragón, liberó a Kalat-Ayub y toda esa comarca (incluido Xaraba) del poder de los árabes e hizo a Calatayud cabeza de cien partidos, villas y famosos lugares entre los cuales se encontraba Jaraba. Por este tiempo fue cuando volvió a reaparecer la imagen de la virgen de Jaraba y por estas fechas se construyó una piscina, donde hoy se hallan los Baños de la Virgen, donde se bañaban entonces los fieles atacados de ciertas enfermedades. Es tradición que las tropas de Alfonso I "El Batallador" se abastecían de agua en el paraje denominado de la Hoz Seca, allí manaba agua que los soldados utilizaban para cicatrizar sus heridas.

BAÑOS DE JARABA

Los baños de Jaraba están constituidos por tres estaciones termales denominadas: Baños de Serón, Baños de Sicilia y Baños de la Virgen.

La primera mención moderna a las aguas termales de Jaraba aparece reflejada en el "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (1845-1850) (3).

El paisaje ideal que nos presentan el barranco de la Hoz-Seca y el barranco de la Hoz donde se encuentran estas aguas termales es un residuo o depósito de aquella gran transformación que experimentó la corteza de la tierra durante la Era Terciaria, la cual se distingue por los materiales calizos, arcillosos y areniscos formando un conjunto que, a trozos, nos presenta hermosas y compactas canteras de piedra caliza pura, y otros trozos son verdaderos conglomerados de cal, arcilla, arena y margas, todo ello muy poco coherente, dando lugar a la formación de grutas y de cavernas, y a la salida de frecuentes manantiales de aguas, que filtrándose a muchos me-

FIGURA 3. *"Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar" de Pascual Madoz (1845-1850).*

tros de profundidad, adquieren la cualidad de termales; y por las substancias que recogen y disuelven en las distintas venas o capas de tierra que atraviesan, se convierten en aguas minerales con la característica medicinal que les atribuye la ciencia médica (1).

Sobre los orígenes de la historia de los Baños de Jaraba se cita un folleto escrito por un monje que narraba la siguiente noticia: Salieron los romanos de Bilbilis en una de las frecuentes excursiones

por el contorno de la ciudad, y en una mañana fría de invierno llegaron al Xaral sorprendiéndoles el fenómeno de que, de trozo en trozo y de entre los zarzales y malezas, flotaban a raíz de tierra, espesas nubecillas de humo. Para comprobar tal fenómeno se acercaron a los sitios donde brotaban dichas nuebecillas, y vieron, que lo que ellos creían humo, no era otra cosa que el vapor desprendido por las aguas termales, las cuales les sirvieron para calentarse las manos ateridas de frío, por cuyo efecto prodigioso llamaron a los manantiales de aguas calientes del Xaral las Aguas de las Ninfas. Posteriormente se descubrieron los manantiales de Aguas de Alhama de Aragón que, para distinguirlas de las de el Xaral, se las llamó Aguas Bilbilitorum. Con este nombre de "Aguas de las Ninfas" (1) fueron conocidos durante muchos siglos los manantiales de aguas de Jaraba; sin que la Humanidad llegase a darles, ni reconocerles el valor científico y medicinal que en si encerraban (1).

Según Antonio Casares, en su libro "Tratado práctico de Análisis Química de las Aguas Minerales y Potables" de 1866, los Baños de Jaraba ya contaban con Médico-Director, llamado Juan Bautista Calmarsa (4).

Por otra parte consultando los archivos de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense (cuya labor agradezco al Doctor Agustín Valero) hemos encontrado diversas Memorias e incluso Tesis doctorales realizadas por los siguientes médicos que se ocuparon de los Balnearios de Jaraba durante diversos años:

Médicos directores de los balnearios de Jaraba:

Interinos

Juan Bautista Calmarza: Años 1864, 65, 66.
Mariano Muniesa: Año 1870.
José Vidal y Pons: Años 1871.
Alejandro de Gregorio y Guajardo. Años: 1875-79.

Titulares

Alejandro de Gregorio y Guajardo: Años: 1879-87 y 1889-95.
Fernando López García. Año: 1888.

Fortunato de Escribano Antonano. Años: 1895-96.
Mariano Viejo y Bacho. Años: 1897, 1899-1901.
Ramón Llord y Gamboa. Año: 1898.
Marco Antonio Díaz de Cerio. Año: 1911.

Tesis Doctorales

Saturnino Mozota Sagardía. Tesis Doctoral inédita (1946).
José Benigno Giménez Herrero. Tesis Doctoral inédita (1995).

Según Anastasio García López en su libro "Aguas Minerales. Tratado de Hidrología Médica, con la Guía del Bañista y el Mapa Balneario de España", en 1869 ya existían tres establecimientos: el de la Virgen, con 4 pilas; el de San Vicente con 4 pilas y el de la Amistad con 7 pilas y 44 habitaciones. Los Baños de la Virgen seguían siendo de propiedad municipal, mientras que los otros eran privados (5).

Las "Aguas de Jaraba" también aparecen en la "Reseña de todos los manantiales que existen en España, declarados de utilidad pública, al 15 de abril de 1873" incluida en la Guía Manual de Baños y Aguas Minerales destinada al servicio del público, de 1873 (6). Esta declaración había sido publicada en la Gaceta de Madrid en 1869 (7). También se citan estos baños en el Anuario oficial de la temporada de 1899 (8).

Ya el 21 de junio de 1972 se publicó en el Boletín Oficial del Estado una resolución del Ministerio de Industria de 19 de abril de 1972 (9), por la que, a solicitud de D. José Sicilia Monje, se declaraba minero-medicinal el Agua del Cañar, manantial termal situado en las afueras de Jaraba, en la salida hacia Ibdes. Posteriormente la Dirección General de Minas autorizó un taller de embotellamiento de agua minero-medicinal con la denominación de "Agua del Cañar" (23/12/72).

El año 1981 D. Santos Adradas, propietario entonces del Balneario de la Virgen vendió el dominio del aprovechamiento de las Aguas minero-medicinales del manantial "Fontecabras" y la planta de embotellado, a la empresa Compañía de Aguas de Jaraba, S. A., posterior titular del aprovechamiento "Fontecabras".

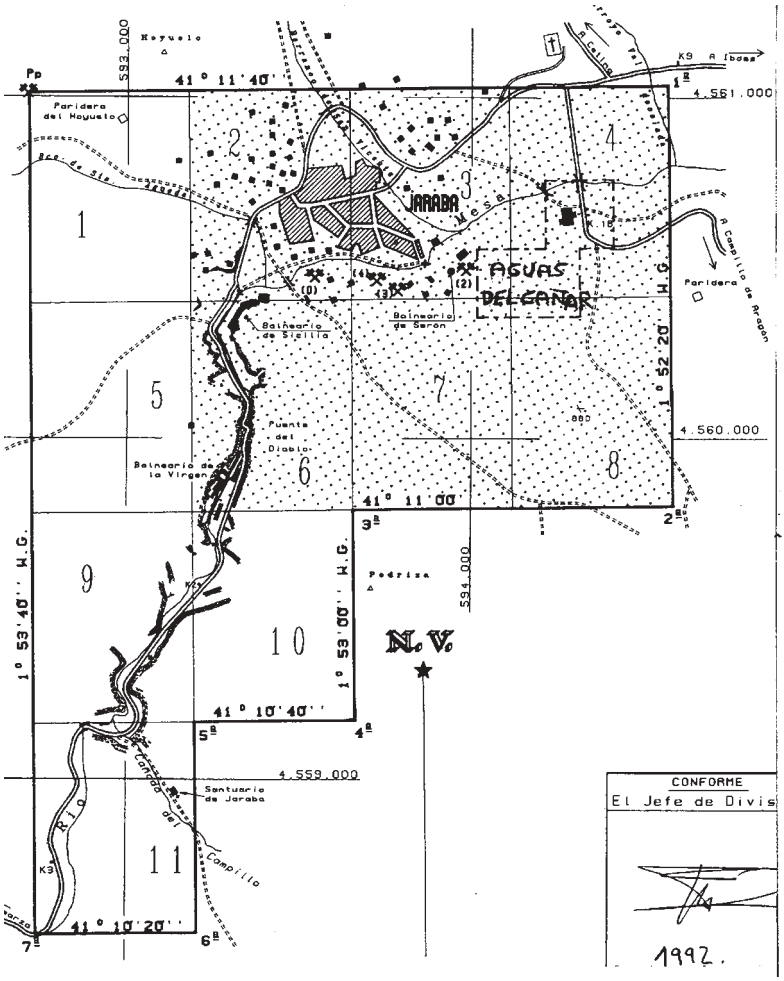


FIGURA 4. *Situación de los Balnearios.*

En el año 1986, el agua de los manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea", que se embotellaban con la denominación de "Agua de Sicilia", pasó a envasarse con la denominación "Fontjaraba", al tiempo que la propiedad de los manantiales continuaba bajo la titularidad de D. José María Sicilia Baró, con el compromiso de garantizar el suministro de agua a la planta. Posteriormente en octubre de 1991, la titularidad de la planta, no del agua, fue adquirida por la Sociedad "Fontjaraba Aguas y Bebidas, S. A.".

El 6 de noviembre de 1989 se declararon minero-medicinales las aguas del manantial "Cañar 2", cuyo expediente de clasificación había sido iniciado por segunda vez en 1988 a instancias de D. Tomás Mascaray y Pueyo en representación de Alimentos y Bebidas, S. A. Estaba previsto envasar el agua del sondeo "Cañar 2" bajo la denominación de "Agua del Cañar".

A instancias de D. José María Sicilia Baró, se declaró minero-medicinal el agua del manantial denominado "Virgen de las Nieves" situado aguas arriba del Balneario de la Virgen (Resolución del DCIT de la DGA de 10/4/1990).

En 1992, Fernando Solsona (10) nos dice: que existían cinco aprovechamientos de aguas minero-medicinales, que daban lugar a seis instalaciones: tres balnearios y tres plantas envasadoras que embotellaban el agua con la clasificación de agua mineral natural al amparo de la disposición transitoria tercera del Real Decreto 1164 de 22 de julio de 1991 (Figura 4). Las instalaciones eran:

1.º El "Balneario de la Virgen". Dos edificios construidos sobre los baños primitivos con instalaciones modernizadas. Contaba con las siguientes surgencias: Acequia de desagüe del antiguo manantial "San Antonio", "Manantial de Pilas o Primitivo", "Manantial de San José" y el "Lago Termal o de la Virgen".

2.º La "Embotelladora Fontecabras". Utilizaba el agua del manantial Fontecabras que correspondía a la antigua denominación "San Antonio".

3.º El "Balneario Sicilia", antes Baños de "San Vicente", que comprendía un solo edificio para baños y hotel, en cuyo interior estaba el "Manantial San Vicente" y en una edificación aneja el "Manantial de Santa Dorotea".

4.º La "Embotelladora Fontjaraba" (antes Agua de Sicilia), que utilizaba indistintamente el agua de los manantiales "San Vicente" y "Santa Dorotea".

5.º Los "Baños de Serón" (antes Baños de la Amistad) constaba de un solo edificio para baños y hotel. Contaba con cuatro manantiales: el de "San Luis" (sólo para terapias) y los de "La Peña", "Las Lilas" y "El Prado".

6.º La "Embotelladora Agua de Lunares" (antes Agua del Cañar) utilizaba el agua del manantial "Lunares" (antiguo Cañar) y del "Sondeo Lunares". Estaba prevista una nueva línea de producción denominada "Agua del Cañar" con el agua del Sondeo Cañar 2.

BAÑOS DE SERÓN

Hace unos ciento cincuenta años el hermoso terreno en el que están instalados los denominados Baños de Serón, era un terreno abandonado invadido de zarzas y espinos con pequeñas parcelas particulares cultivadas por algunos agricultores. Los hermosos manantiales, de los que entonces existían algunos, eran unas charcas o pozos que se destinaban al empozamiento del cañamo (1).

Así estaba todo esto, cuando varios amigos de diferentes localidades, compraron el terreno en que estaban los manantiales con el fin de convertirlo en Balneario. Al efecto, y junto al manantial llamado de San Luis y sus derivados llamados del Sauco y de Santa Margarita construyeron el primer edificio con algunas pilas destinadas para el baño (1).

FIGURA 5. *Fachada del edificio de los Baños de Serón.*

Transcurrieron varios años en los que los actuales Baños de Serón fueron explotados por la Sociedad de la Amistad. Pero esta "amistad" no fue duradera y la armonía fue reemplazada por continuas desavenencias y disgustos hasta que los socios en Junta General y por unanimidad acordaron: que uno de ellos fuese solo el dueño del Balneario, renunciando los demás a todos sus derechos. Lo sortearon y recayó en el Sr. Garcés del pueblo de Ateca, quedando disuelta la Sociedad de la Amistad. Una vez que tomó posesión del Balneario, el citado Sr. Garcés junto a sus parientes emprendió algunas obras que dieron realce al Balneario.

A los pocos años los Garcés vendieron la propiedad del Balneario a los hermanos D. Luis y D. Mariano Serón, ilustres personalidades de una distinguida y noble familia aragonesa. A estos hermanos se debe el apogeo de este Balneario. Desgraciadamente D. Luis falleció y quedó como único propietario D. Mariano Serón, que tenía un espíritu emprendedor y decidido, su grandísima cultura, las grandes cualidades que tenía y su posición social hacía que ejerciera poderosa influencia para conseguir el progreso no solo del Balneario, a sus gestiones se deben las buenas vías de comunicación para llegar a Jaraba.

En su testamento, D. Mariano dejó la propiedad del Balneario a su sobrino D. Jesús de Castro y Serón y a D. Raimundo Ariza. D. Jesús de Castro padecía una traidora enfermedad crónica que le mantenía en una constante melancolía y mal humor que hizo que tuviera al Balneario en un relativo abandono. A su muerte pasó la propiedad a nombre de sus sobrinos, los hermanos Vicente y Raimundo Ariza que introdujeron reformas de consideración en todo el Balneario. Al fallecimiento de dichos hermanos Ariza se hicieron cargo de la propiedad del mismo, por herencia, los hermanos Manuela, Antonio y Carmen Ariza.

En el año 1860, las aguas del Balneario fueron declaradas de Utilidad Pública, que se ratificó en la Gaceta de Madrid de 16 de abril de 1869 (7).

En el año 1895 estuvo en el Balneario el eminente D. Santiago Ramón y Cajal, para realizar un estudio de los efectos curativos del agua, obteniendo resultados muy favorables en las afecciones de riñón, vías urinarias y reumatismos.

En el periódico «Heraldo de Aragón», en su número 7713 correspondiente al 26 de julio de 1917 nos da cuenta de la visita que hizo al Balneario su Alteza Real la Infanta Isabel el día 21 de julio de 1917.

Los manantiales que constituyen el Balneario de Serón son: el manantial de San Luis, el manantial de la Peña, el manantial El Prado y el manantial Las Lilas.

El primer médico que se hizo cargo de la dirección médica del Balneario fue D. Gregorio Calmarza, posteriormente todos los médicos han sido médicos hidrólogos.

En 1988 fueron adquiridos por D. José María Sicilia las propiedades y derechos mineros de los Baños de Serón, procediendo a renovar las instalaciones y legalizar la situación administrativa de los manantiales existentes en el dominio de Serón. Por resolución del DICT de la DGA, fueron declaradas minero-medicinales las aguas de los manantiales: "San Luis", "La Peña" (antiguamente del Obispo), "Las Lilas" y "Prado".

D. José María Sicilia Baró falleció el 19 de diciembre de 2003, por lo que la propiedad ha pasado a su esposa e hijos, como Sociedad Limitada.

El Balneario de Serón se encuentra situado en el mismo término municipal, en unas magníficas instalaciones: 80 habitaciones dobles, completamente equipadas, con baño, calefacción y teléfono, salón-comedor con capacidad para 300 personas, salones sociales, sala de televisión, bar-cafetería con terraza, capilla, piscina exterior, salón de actividades para niños, aparcamiento, 80.000 metros cuadrados de arboledas y jardines. Espacios acogedores, comida sana y equilibrada, atención médica personalizada y tratamientos termales.

Para la clasificación de las aguas y sus aplicaciones terapéuticas, véanse los capítulos correspondientes de esta Memoria.

BAÑOS DE SICILIA

Entre los baños de Serón y los Baños de la Virgen, y poco más o menos a la misma distancia de ambos, se encuentran los Baños de

Sicilia. Tienen estos baños una antigüedad de ciento cuarenta y ocho años aproximadamente. El sitio que ocupa este Balneario con sus jardines y alamedas era antiguamente una huerta cuyo propietario D. Manuel Sicilia Castellanos la dedicaba a la siembra de legumbres y hortalizas. En el centro de dicha huerta había un gran peñasco que los hijos del dueño, Francisco y Antonio, se empeñaron en ir haciéndole desaparecer poco a poco y al quitar los últimos cimientos brotó un caudaloso manantial de agua termal que es el que hoy surte a este Balneario. Fue Francisco el que se encontró tal "tesoro" y llevó la noticia a su padre diciéndole que en el peñasco había brotado un manantial de agua caliente como el de los Baños de la Virgen. Comprobada la feliz noticia por el padre y el dueño de la finca, mandó analizar las aguas de dicho manantial y al comprobar que tenían, por su composición química, propiedades curativas, se construyeron tres pilas y una casita (1).

Las aguas minero-medicinales del Balneario de Sicilia fueron declaradas de Utilidad Pública en 1888, que se ratificó en la Gaceta de Madrid de 26 de abril de 1928 (11).

En esta época los Baños de la Virgen, pertenecían todavía al Municipio de Jaraba y D. Manuel Sicilia los tomó en arriendo del Ayuntamiento, teniéndolos bajo su dominio por espacio de varios años (1). El manantial que dio lugar a los nuevos Baños de Sicilia se llamó el manantial de San Vicente.

A la muerte de D. Manuel Sicilia Castellanos en 1919, dejó como únicos herederos de los Baños a su hijo D. Manuel Sicilia Pascual y hermanos a cuya vida está unida la de estos magníficos establecimientos que los dirigieron hasta 1941 en el que la propiedad pasó a manos de D. José María Sicilia Baró y familia. Actualmente, recientemente fallecido D. José María Sicilia Baró, la propiedad ha pasado a su esposa e hijos, con el nombre de Aguas y Balneario de Sicilia, S. A.

El Balneario está situado a una distancia del pueblo de 500 metros y capta el agua de tres manantiales: el de San Vicente, el de San Roque y el de Santa Dorotea.

El Balneario cuenta con 140 habitaciones dobles completamente equipadas con baño, calefacción, teléfono y televisor, dispone ade-

más de comedores, salones sociales, sala de televisión, sala de lectura, bar-cafetería con terraza cubierta, capilla, piscina termal en el interior de una cueva natural, gimnasio, piscina exterior, pista de tenis, salón de actividades para niños, tratamiento de belleza, aparcamiento. 80.000 metros cuadrados de jardines y arboledas.

FIGURA 6. *Jardines del Balneario de Sicilia.*

Los manantiales están captados con obra de fábrica, tipo pozo artesiano decorativo, a base de piedra ornamental, rodeado de un recinto cerrado a modo de caseta. De esta forma se evita cualquier tipo de contaminación, así como por motivos de seguridad.

El primer médico que actuó en el Balneario de Sicilia fue D. Gregorio Calmarza, después continuaron D. Luis Aparicio y algunos más del cuerpo médico de baños. Hasta el año 1975 no hubo ningún médico hidrólogo, pero a partir de dicha fecha todos han sido médicos hidrólogos.

BAÑOS DE LA VIRGEN

El primer fundamento de estos establecimientos termales, que hoy se denominan Baños de la Virgen, fue la piscina que los fieles de Jaraba construyeron al reaparecer, a principios del siglo XII, la

sagrada imagen de la Virgen (1). Aunque no científicamente, estos Baños de la Virgen se vienen explotando desde ese tiempo, es decir, hace ya nueve siglos.

El manantial de agua termal, donde se construyó la piscina (1), se encuentra en una pequeña concavidad del enorme peñasco, continuación de la Peña de San Roque, que hace una ondulación en el sitio donde están los Establecimientos; cuya ondulación da lugar a una pintoresca anchura donde se han edificado los edificios rodeados en la parte de Poniente y en forma de semicírculo, por el inmenso peñasco a cuyo pie están enclavados y de cuya entraña brotan los benéficos manantiales y en las demás partes por frondosas alamedas atravesadas por el río Mesa.

Estas aguas fueron propiedad del Municipio de Jaraba hasta el año 1897, en el que los vecinos traspasaron dicha propiedad a D. Manuel Ibáñez Remacha, digno maestro y secretario de esta localidad. La transferencia se hizo a cambio de un extenso monte llamado el Talagudo, que D. Manuel Ibáñez poseía en este término municipal y que desde entonces pasó a ser del vecindario, que lo roturó y en el que recogen abundantes cosechas de grano.

FIGURA 7. *Baños de la Virgen.*

En el contrato de transferencia de la propiedad, D. Manuel Ibáñez y los suyos se obligan a dar gratis las aguas y el baño "aguas naturales", a cuantos vecinos las necesiten; y los vecinos quedan también obligados a dos días de "zofra" o de prestación personal cada año en las obras o reparaciones de dichos establecimientos y vías que a ellos conducen (1).

En cuanto D. Manuel Ibáñez se hizo cargo de la propiedad de estos Baños, comenzó a construir pilas en forma adecuada hasta que falleció en el año 1910. Entonces se hicieron cargo de los establecimientos de Baños de la Virgen, su viuda e hijos, pero quien en realidad estuvo al frente de los mismos fue el único varón de los hijos, el presbítero D. Miguel Ibáñez, con el que adquirieron un grandísimo desarrollo. Se ha dicho que "la Santísima Virgen, en uno de esos designios providenciales, ha querido que la obra iniciada en estos establecimientos a impulsos de la fe, siga en manos de un ejemplar sacerdote para que siempre en estos Baños, se respiren el trato y la educación cristiana, y no se interrumpa la tradición misteriosa que les rodea" (1).

Posteriormente la propiedad pasó a sus sobrinos y actualmente pertenece a la familia Adradas como sociedad mercantil, Balneario La Virgen, S. A.

BIBLIOGRAFÍA

(1) CALAVIA SANTOS, L. (1918) Joyas de Aragón. Reseñas históricas de Jaraba de sus afamados Baños y de su milagrosa Virgen. Imp. Guillén y Romero. Calatayud.
(2) ZURITA, J. (1562) Anales de la Corona de Aragón. Edit. Institución "Fernando el Católico". Edic. de 1967. Zaragoza.
(3) MADOZ, P. (1845-1850) "Diccionario geográfico Estadístico Histórico de España y sus posesiones de Ultramar". Est. Literario-Tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti. Madrid.
(4) CASARES, A. (1866) *Tratado práctico de Análisis Química de las aguas minerales y potables*. Imp. de López. Madrid.
(5) GARCÍA LÓPEZ, A. (1869) Aguas minerales. Tratado de Hidrología Médica con la Guía del bañista y el mapa balneario de España. Imp. Rivadeneyra. Madrid.
(6) ANÓNIMO. (1873) Guía manual de Baños y Aguas Minerales destinada al servicio del público. Imp. Nacional. Madrid.

(7) *Gaceta de Madrid* de 16 de abril de 1869. Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos penales.
(8) CARRETERO, M. y TABOADA, M. (1899) *Anuario Oficial de temporada,* Madrid.
(9) RESOLUCIÓN de la DGM del Ministerio de Industria de 19 de abril de 1972, *BOE* 21 de junio de 1972.
(10) SOLSONA, F. (1992) Balnearios Aragoneses. Pasado, presente y futuro. Ed. Diputación General de Aragón. Zaragoza.
(11) *Gaceta de Madrid* de 26 de abril de 1928.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 497-511

Análisis físico-químico de las aguas de los Balnearios de Jaraba

Mª ESPERANZA TORIJA ISASA, Mª TERESA ORZÁEZ VILLANUEVA, MERCEDES GARCÍA MATA y Mª DOLORES TENORIO SANZ

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

RESUMEN

En este trabajo se hace referencia a las características de las aguas de los Balnearios de Jaraba: La Peña, San Luis, San Vicente y La Virgen, incluyendo los antecedentes analíticos y datos obtenidos más recientemente; por último se hace una clasificación de las aguas en función de sus características.

Palabras clave: Aguas mineromedicinales.—Análisis físico-químico.—Balnearios de Jaraba.

ABSTRACT

Physico-chemical analysis of the minero-medicinal water of Jaraba Spas

There is a remarkable reference in this work concerning the waters of the Jaraba spas: La Peña, San Luis, San Vicente and La Virgen, including the analytical previous and more recent dates. Finally there is the water classification due to its characteristics.

Key words: Minero-medicinal water.—Physico-chemical analysis.—Jaraba baths.

INTRODUCCIÓN

Desde la más remota antigüedad, existieron pueblos como los egipcios o los mesopotámicos que utilizaban los manantiales de aguas medicinales con diversos fines, pero en Grecia y Roma alcanzan un auge que hoy en día se está recuperando. Hipócrates reco-

mendaba el uso del agua en baños y como bebida y en su época ya se conocía la importancia del consumo de alimentos y bebidas en relación con la salud y se daban diferentes normas al respecto dentro de una Dietética, basada principalmente en la Dietética pitagórica. En ella se contemplaban también los ejercicios y baños, calientes o fríos, con ungüentos o no, como complemento para un buen estado de salud. Más adelante los romanos superaron las ideas de los griegos y dieron un gran auge a las aguas termales (1). En España, los árabes extienden estos usos reconstruyendo e incluso mejorando los manantiales existentes, e incluso descubriendo otros nuevos. En épocas más recientes, en distintos lugares de España, se utilizaban las aguas minerales fundamentalmente para bebida, pero en los siglos XVIII y XIX se dio realce a los balnearios aplicando en ellos técnicas cuyo uso se generalizó.

En una primera época las aguas se utilizaban de forma empírica; posteriormente, hasta fines del siglo XIX se tenían en cuenta desde un punto de vista analítico, químico, geológico y actualmente se utilizan con una base científica, que se puede resumir según Solsona (2) como se observa en la Figura 1.

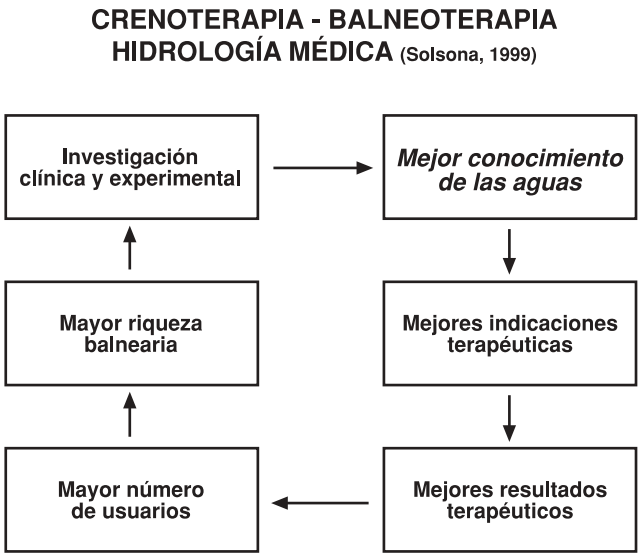


FIGURA 1. *Balneoterapia según Solsona (1999).*

El mismo autor recoge los factores de la cura balnearia según se resume en la Figura 2. En este esquema se tienen en cuenta el lugar de residencia y régimen de vida, así como la composición de las aguas, en cuanto a iones, gases, termalidad, etc.

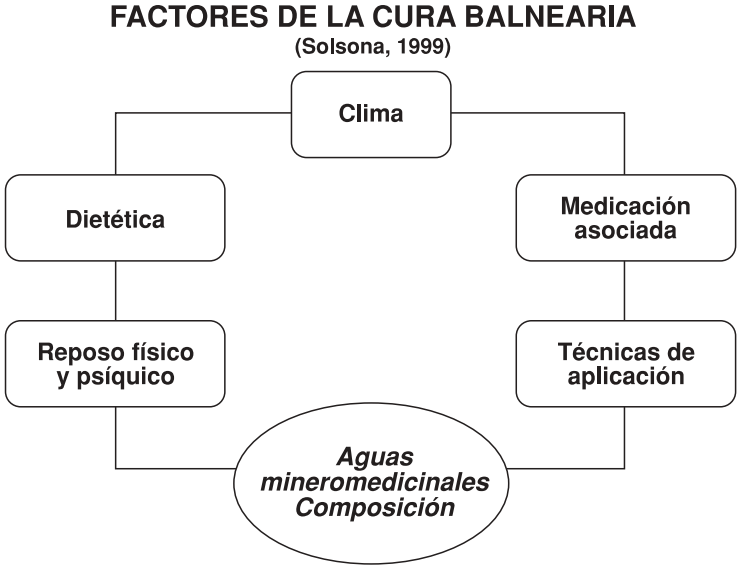


FIGURA 2. *Factores de la cura balnearia según Solsona (1999).*

Con estos ejemplos podemos ver el interés suscitado por el uso de las aguas, desde la antigüedad hasta nuestros tiempos.

En Aragón existen diferentes manantiales cuyas aguas son de gran valor y se utilizan con fines terapéuticos de diferentes formas en función de su composición y en base a las dolencias de los pacientes, aunque, cada vez más, se contemplan con fines lúdicos.

En la propia Comunidad Autónoma de Aragón el interés por aspectos relativos al turismo llevó al establecimiento de la Ley 6/2003 de Turismo de Aragón (3). En ella, en el punto 1 del Preámbulo se dice textualmente: *"El turismo de salud y el social cuentan con un espléndido marco de desarrollo en la red de balnearios aragoneses"*. En el punto 2 se indica: *"La protección de los recursos naturales y culturales constituye otro de los valores en torno a los*

que se construyen los contenidos de la Ley". En el artículo 50, con título *Balnearios*, se dice:

"1. Son balnearios los complejos turísticos que, contando con instalaciones de alojamiento hotelero y con un manantial de aguas minero-medicinales declaradas de utilidad pública, utilizan estos y otros medios físicos naturales con fines terapéuticos de reposo o similares.

...

3. Además de ser complejos turísticos, los balnearios que utilicen aguas minero-medicinales o termales con fines terapéuticos tendrán carácter de centros sanitarios y como tales se ajustarán, en lo concerniente a su autorización, en los aspectos médicos y en las prestaciones hidrológicas y balneoterápicas, a lo prescrito por las disposiciones aplicables en materia sanitaria".

Entre los distintos balnearios que se encuentran en la provincia de Zaragoza, concretamente en la comarca de Calatayud, en Jaraba (derivado del árabe, *"agua abundante"*) existen tres balnearios: Sicilia, Baños de Serón y La Virgen. Esta localidad está situada en el Sistema Ibérico, al suroeste de la provincia, a una altitud sobre el nivel del mar de 780 m, junto al río Mesa, como ya se describe en el capítulo primero.

ANTECEDENTES ANALÍTICOS

Existen escritos que se refieren a la utilización de las aguas del Balneario de la Virgen, durante la Reconquista, por peregrinos que acudían al Santuario de la Viergen de "Xaraba", y que el rey Alfonso I lo mandó ampliar hacia el 1120 (4) (Idrena, 1994). Según Solsona (2) (1999), en el Archivo de Calatayud, se encuentran Documentos del siglo XII que atestiguan el beneficio obtenido por el uso de las aguas de Jaraba.

La primera referencia oficial al carácter minero-medicinal y de utilidad pública de las aguas termales de Jaraba aparece en la "Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos penales" publicada en la Gaceta de Madrid de dieciséis de abril de mil ocho-

cientos sesenta y nueve. Posteriormente existen tres declaraciones de utilidad pública para esta agua, de 1888, 1928 y dieciocho de agosto de mil novecientos setenta y dos, que afectan a las aguas termales del término municipal de Jaraba (4).

Entre los diferentes análisis referentes a estas aguas, en 1895 se publica "*Estudio de las Aguas Termales Clorurado – sódicas variedad bicarbonatadas propiedad de D. Mariano Serón de Jaraba de Aragón*" por D. Alejandro de Gregorio y Guajardo, Dr. en Medicina (5) y publicado en Madrid. En él se cita que se trata de un agua clara, inodora, insípida, untuosa y suave al tacto; se menciona además que contiene numerosas sales que producen depósitos muy blancos con tinte rojizo al aire libre. Se dice, textualmente: "*Es tal la precipitación de las sales que estas aguas contienen, que no es posible tener las bañaderas limpias de estos depósitos travertínicos, por más que todos los años al principiar la temporada se haga una esmerada limpieza; y es tal la dureza de las capas incrustantes que para ello hay que servirse del escoplo y el martillo: el cuidado más atento en el aseo diario de las bañeras, durante la temporada, no es bastante a impedir la formación de los sedimentos*".

En este mismo libro se hace referencia a los análisis de los años 70 del siglo XIX, pero comenta que los distintos análisis no se ponen de acuerdo en la clasificación de las aguas. Se citan, no obstante algunos datos analíticos; tal es el caso del residuo obtenido después de evaporar a sequedad un litro de agua y se da la cifra de 0,712 gramos, indicando que es un dato meramente aproximado. Entre las sales, indica que predominan los cloruros sódico, magnésico y cálcico; los sulfatos de magnesio, sodio y cal; los carbonatos de cal, magnesio, sosa, protóxido de hierro y *¿Lithina?* (textualmente); sílice y materia orgánica.

Un análisis posterior es el de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, de veintitrés de julio de 1888, realizado por J.M. Buitrago, con el visto bueno de L. de la Escosura.

Por otra parte, existen análisis de las aguas de S. Vicente, de mayo de 1972, elaborados por el Ministerio de Industria – Instituto Geológico y Minero de España; de las aguas de La Peña, de marzo de 1990, por el Instituto Tecnológico Geominero de España y de las de San Luis.

Según Idrena (4) existen datos de la Diputación General de Aragón referentes a las aguas de Fuente de la Peña o el Obispo; San Luis, San Vicente y La Virgen, de los años 1972, 1975, 1976, 1982, 1988, 1990 y 1993. A partir de estos datos hemos elaborado la Tabla 1, en la que se recogen las medias para algunos de los parámetros más estudiados en los diferentes análisis.

Posteriormente se han publicado algunos datos de los distintos manantiales, como los de Oliver Rodés para las aguas del manantial de San Luis o los de la Confederación Hidrográfica del Ebro, del año 2002 para las aguas del Balneario de la Virgen. En este último caso, en un díptico del propio Balneario y en su página web se indican algunos datos de composición en referencia a las características de sus aguas, todos ellos muy similares.

TABLA 1. *Datos de composición de las diferentes aguas recogidos de la bibliografía*

	La Peña	*San Luis*	*San Vicente*	*La Virgen*
pH	7,45	7,45	7,17	7,41
Conductividad (mS/cm)	877,75	862,0	927,0	806,7
Residuo seco (110ºC)	641,2	643,37	548,0	570,55
Dureza total (ºFranceses)	42,5	37,25	40,25	42,75
Oxidabilidad al permanganato (mg O_2/l)	0,6	0,5	0,3	0,6
Calcio (mg/l)	99,45	90,12	95,87	91,70
Magnesio (mg/l)	42,87	40,24	40,53	43,07
Sodio (mg/l)	44,5	38,55	40,63	30,52
Potasio (mg/l)	1,34	1,59	2,23	2,05
Amonio (mg/l)	0,3	0,13	0,12	0,4
Bicarbonatos (mg/l)	307,2	293,21	305,3	324,02
Cloruros (mg/l)	67,33	68,11	65,0	40,09
Sulfatos (mg/l)	161,0	139,21	135,2	127,82
Nitratos (mg/l)	11,36	11,44	10,5	9,86
Sílice (mg/l)	12,25	10,08	13,01	11,0
Hierro (mg/l)	0,0375	0,029	0,0	0,061
Fluoruros (mg/l)	0,41	0,35	0,16	0,16

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS

En el mes de junio de 2002 se efectuó la toma de muestras de las aguas de las distintas fuentes de los balnearios de Jaraba y se realizaron los análisis correspondientes. Las muestras se denominaron: Balnearios de Sicilia y Serón: La Peña, San Luis, San Vicente y Balneario de La Virgen "La Virgen", correspondiendo las muestras a la Fuente de Pilas.

Los datos obtenidos por nosotros se incluyen en las tablas 2 a 6.

La temperatura del ambiente fue de 24 a 26ºC y la del agua de 27 a 29ºC. La densidad, muy próxima a uno, en todos los casos y el pH entre 7,45 y 7,64 (Tabla 2). Si observamos la temperatura de las aguas motivo de análisis, vemos que según el Código Alimentario Español (CAE) (6) al clasificar las aguas minerales y de mesa, se trata de aguas hipotermales (entre 20 y 30ºC).

La conductividad de las aguas de Jaraba se encuentra entre 784,5 y 868,57 mS/cm. Según Rodier (7) las aguas que presentan una conductividad entre 666 y 1000 mS/cm son aguas de una mineralización importante, que sería el caso de las analizadas. En la Figura 3 podemos ver comparativamente nuestros datos de conductividad en relación con los que se incluyen en la Tabla 1, recogidos de la bibliografía.

TABLA 2. *Constantes físico-químicas*

Parámetro	*Unidades*	*La Peña*	*San Luis*	*San Vicente*	*La Virgen*
Temperatura ambiente	ºC	24,5-25	26	24	24
Temperatura del agua	ºC	29	29	27	27
Densidad	g/cc	1,0017	1,0014	1,0015	1,0008
pH		7,5	7,45	7,57	7,64
Conductividad eléctrica a 20ºC	µS/cm	840,55	843,35	868,57	784,5

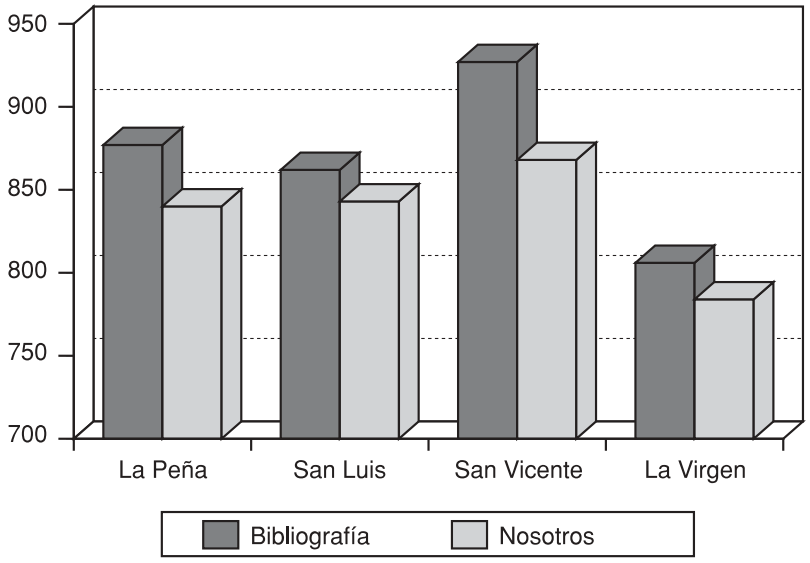


Figura 3. *Conductividad de las aguas de Jaraba (µS/cm).*

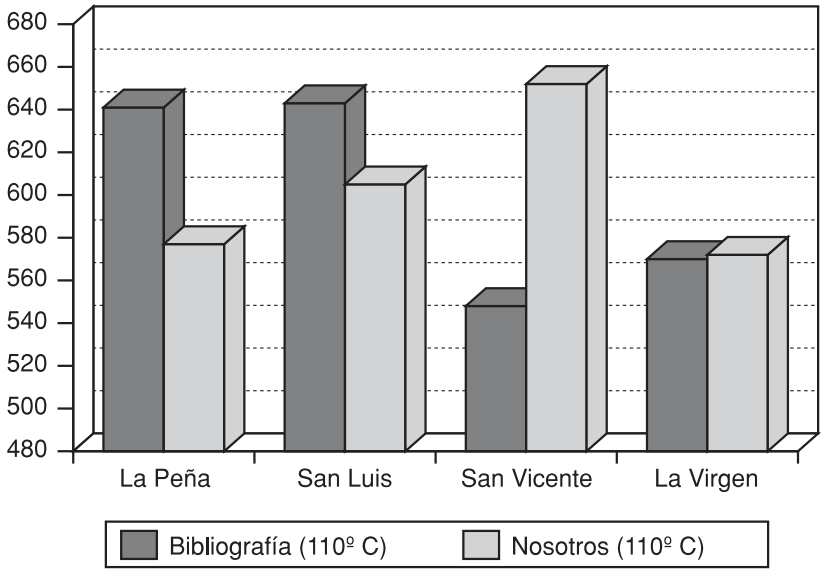


Figura 4. *Residuo seco de las aguas de Jaraba (mg/l)*

El residuo seco a 180ºC (Tabla 3) dio valores cercanos a los 550-650 mg/l. Al comparar con los datos bibliográficos (Tabla 1, Figura 4), encontramos que los resultados que se citan se refieren al residuo determinado a 110ºC; no obstante los valores no difieren demasiado. Rodier (7) 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. Por su parte el CAE (6), 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 1500 mg/l) y la Directiva Comunitaria 80/777CE (8) las clasificaría como "casi fuerte" en relación a la normativa para aguas minerales naturales.

El RD 1074/2002 (9), se refiere a aguas de bebida envasadas y señala que las aguas cuyo residuo seco sea inferior a 500 mg/l son oligometálicas o de mineralización débil y las que tienen más de 1500 mg/l son de mineralización fuerte, por lo que a este respecto nuestras aguas son de una categoría intermedia.

TABLA 3. *Características generales*

Parámetro	*Unidades*	*La Peña*	*San Luis*	*San Vicente*	*La Virgen*
Residuo seco a 180ºC	mg/l	577,5	605,0	652,5	572,5
Dureza total ($CaCO_3$)	mg/l	410,0	407,0	397,0	401,0
Turbidez	FAU	–4	–3	–3	–4
Oxidabilidad al permanganato	mg O_2/l	2,06	3,69	3,78	2,42

Para la oxidabilidad (Tabla 3, Figura 5) se han encontrado valores entre 2 y 3,8 mg O_2/l, correspondiendo los más altos a los balnearios de San Luis y San Vicente. En todos los casos, las cifras se encuentran por debajo del máximo señalado en el RD 140/2003 para calidad de las aguas de consumo humano (10). En la Figura 5 se observan las diferencias entre nuestros datos y los encontrados en la bibliografía.

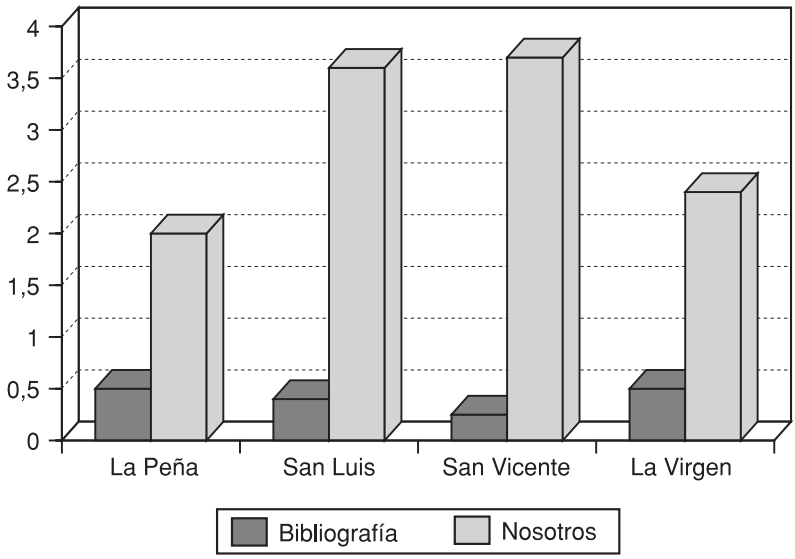


FIGURA 5. *Oxidabilidad al permanganato de las aguas de Jaraba (mg O_2/l).*

Respecto a los gases disueltos (Tabla 4), no existen diferencias entre los aguas de los distintos manantiales, siendo las de San Vicente y La Virgen los de contenidos algo inferiores.

TABLA 4. *Gases disueltos*

Parámetro	*Unidades*	*La Peña*	*San Luis*	*San Vicente*	*La Virgen*
Oxígeno	mg/l	1,78	2,22	1,89	1,72
Anhidrido carbónico	mg/l	2,43	1,95	1,95	1,95

En relación con la dureza, Rodier (7) comenta que las aguas de calidad aceptable deberán contener menos de 500 mg/l de carbonato cálcico, por lo que las de los manantiales estudiados (Tabla 3, Figura 6) serían aceptables respecto a este parámetro. Casares *et al*. (11) por su parte, clasificarían estas aguas como duras.

TABLA 5. *Cationes.*

Parámetro	*Unidades*	*La Peña*	*San Luis*	*San Vicente*	*Le Virgen*
Calcio (Ca^{2+})	mg/l	104,4	107,0	94,4	96,0
Magnesio (Mg^{2+})	mg/l	36,7	27,9	38,6	38,6
Amonio (NH_4^*)	mg/l	0	0	0	0

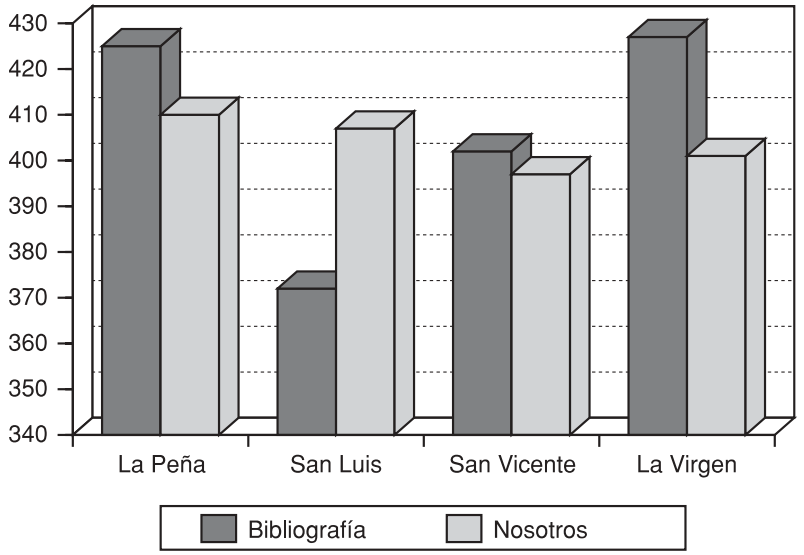


FIGURA 6. *Dureza de las aguas de Jaraba (mg/l).*

Los contenidos de los metales calcio y magnesio, que forman parte de esta dureza (Tabla 5, Figura 7) dieron valores próximos a 100 mg/l para el calcio y en torno a 30 mg/l de magnesio, algo inferior al citado en la bibliografía (Tabla 1), por lo que no destacan respecto a estos cationes.

La Directiva Comunitaria 80/777CE (8) indica que un agua bicarbonatada será aquella que contenga más de 600 mg/l. Nuestras aguas contienen bicarbonatos entre 341,77 y 388,84 mg/l (Tabla 6, Figura 8). Un agua clorurada es aquélla que contiene más de 200 mg/

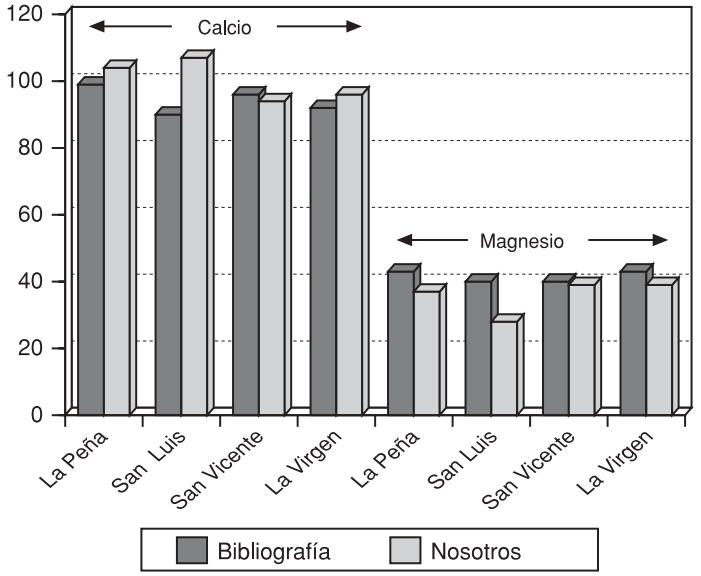


FIGURA 7. *Calcio y Magnesio de las aguas de Jaraba (mg/l).*

l de Cl^- según la Directiva Comunitaria 80/777/CEE (8) y para ellas Rodier (7) indica que en las aguas naturales el contenido es inferior a 50 mg/l. En nuestro caso (Tabla 6, Figura 9) las aguas muestran contenidos entre 55 y 75 mg/l. El RD 1074/2002 (9), indica que serán aguas cloruradas aquellas con más de 200 mg/l de cloruro, cuando se trata de aguas de bebida envasadas.

TABLA 6. *Aniones.*

Parámetro	*Unidad*	*La Peña*	*San Luis*	*San Vicente*	*La Virgen*
Bicarbonatos	mg/l	388,84	359,45	341,77	365,34
Cloruros	mg/l	70,14	74,52	66,85	57,72
Sulfatos	mg/l	228,50	214,50	243,00	195,00
Nitratos	mg/l	12,6	12,4	12,6	14,1
Nitritos	mg/l	0	0	0	0
Fosfatos	mg/l	0	0	0	0
Sílice	mg/l	4,26	4,31	4,24	4,34

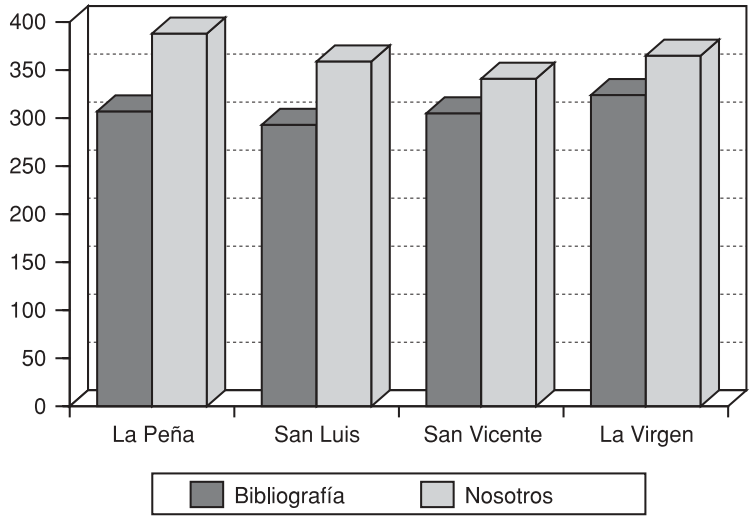


FIGURA 8. *Bicarbonatos de las aguas de Jaraba (mg/l).*

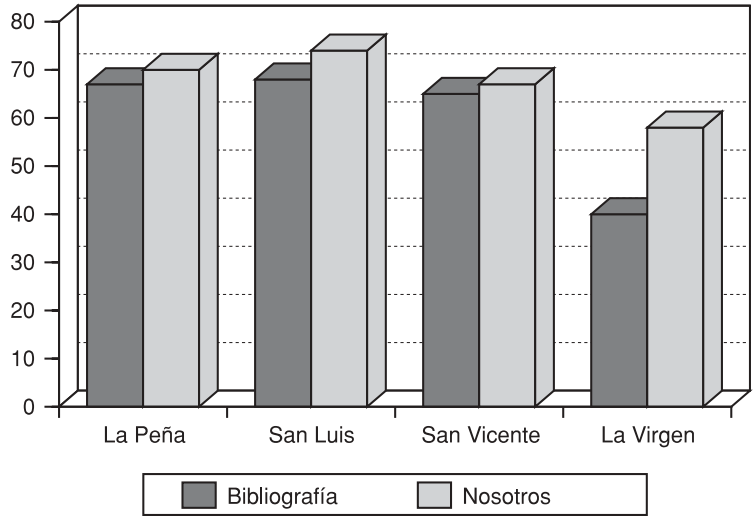


FIGURA 9. *Cloruros de las aguas de Jaraba (mg/l).*

Al observar los aniones (Tabla 6), Rodier (7) se refiere a los sulfatos, y comenta que en los terrenos cuya mineralización no es im-

portante, el contenido será entre 30 y 50 mg/l y en zonas con yeso puede llegar hasta 300 mg/l; nuestras aguas contienen entre 190 y 250 mg/l. El citado RD 1074/2002 (9) considera aguas sulfatadas aquellas que contienen más de 200 mg/l de sulfatos, por lo que las aguas de los manantiales estudiados deben considerarse ligeramente sulfatadas, a excepción de las correspondientes a "La Virgen", que no llegan a alcanzar esta cifra.

En ningún caso se encontraron nitritos ni amoniaco, y los nitratos aparecen en pequeña proporción, siempre inferior a 15 mg/l (Tabla 6), lo que da idea de la calidad de las aguas a este respecto (10).

Una vez comentados los resultados obtenidos en estas aguas, en conjunto, podemos indicar que se trata de aguas de calidad en cuanto a sus características de potabilidad y se trata de aguas aceptables dada su mineralización y dureza, con cantidades relativamente altas de bicarbonatos y sulfatos y, a este respecto las de los manantiales de La Peña, San Luis y San Vicente son ligeramente sulfatadas. Además, es preciso resaltar que la clasificación que se da a estas aguas con mayor frecuencia, no coincide con la establecida para aguas minerales naturales que es la que más se les aproxima, por lo que se deberá esperar a una normativa específica, para poder clasificarlas correctamente.

BIBLIOGRAFÍA

(1) FOLCH JOU, G. (1972) "Historia de la Farmacia" 3ª ed. Gráficas Alonso. Madrid.
(2) SOLSONA, F. "Los balnearios aragoneses" Pub. Nº 80 – 37 de la Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón. Ed. CAI. Zaragoza. 1999.
(3) LEY 6/2003 de 27 de febrero, de Turismo de Aragón. BOE nº 90, 15 de abril de 2003 Comunidad Autónoma de Aragón.
(4) IDRENA (Investigación y Desarrollo de Recursos Naturales) 1994.
(5) DE GREGORIO Y GUAJARDO, A. (1895) Estudio de las aguas termales cloruradosódicas variedad hidrocarbonatadas en Jaraba de Aragón. C. Apaolaza impresor. Madrid.
(6) CÓDIGO ALIMENTARIO ESPAÑOL, 6ª ed. Madrid: Ed. Boletín Oficial del Estado. Colección Textos Legales. 1991.
(7) RODIER, J. (1998) Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3ª ed. Ed. Omega Barcelona.

(8) DIRECTIVA COMUNITARIA. 80/777/CEE del Consejo de 18 de julio de 1980, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales.
(9) REAL DECRETO 1074/2002, de 18 de octubre de 2002, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. Refunde en un texto único y sustituye al REAL DECRETO 1164/1991 de 22 de julio, modificado por el REAL DECRETO 781/1998 de 30 de abril, y las disposiciones relativas a las aguas de bebida envasadas de la DIRECTIVA 98/83/CE.
(10) REAL DECRETO 140/2003 BOE nº 45 de 21 de febrero de 2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
(11) CASARES LÓPEZ, R; GARCÍA OLMEDO, R.; VALLS PAYES, C. (1978) Tratado de Bromatología. 5ª ed. Pub. Dpto. Bromatología, Toxicología y Análisis Químico Aplicado. UCM. Madrid.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 513-520

Análisis de la radiactividad en aguas de los Balnearios de Jaraba

JUAN PALOMARES LÓPEZ, MILAGROS POZUELO CUERVO
Departamento de Impacto Ambiental de la Energía (CIEMAT)

RESUMEN

Se ha realizado el estudio radiológico del agua de los manantiales de los Balnearios de Jaraba: Serón, La Virgen y Sicilia.

Este estudio ha consistido en la determinación cuantitativa, en las aguas de los balnearios, de los radionúclidos naturales que son más importantes desde el punto de vista de la Protección Radiológica.

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.

ABSTRACT

Radioactivity analysis of the water of Jaraba Spas

Radioactivity analysis of Jaraba Spas water were carried out by the CIEMAT Laboratory of Environmental Radioactivity. With this aim the most important natural radionuclides were determined in water from : spa Seron , spring water La Peña and San Luis; spa La Virgen, spring water Pilas and San Jose; spa Sicilia, spring water San Vicente.

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.

INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental del Departamento de Impacto Ambiental de la Energía del CIEMAT ha realizado un estudio de la radiactividad en las aguas de los manantiales de los Balnearios de Jaraba. 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.

ANÁLISIS DE RADIACTIVIDAD

Los isótopos 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.

ÍNDICES DE ACTIVIDADES TOTALES

Una estimación del contenido de la radiactividad en el agua nos la proporcionan los llamados índices de radiactividad alfa total y beta total, 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 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.

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 aquéllos 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-222 (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 mediante una separación radioquímica del radio utilizando portador de bario (4). 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 previa separación radioquímica y utilizando como patrón interno el Th-229 (6).

Pb-210

El Pb-210 es un emisor beta con un período de semidesintegración T½= 22 años. Su determinación 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 (7).

Po-210

El Po-210 es un emisor alfa con un período de semidesintegración de T½= 138,4 días. Se ha determinado 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 (8).

Resultados: Se encuentran en la Tabla 1.

CONCLUSIONES

1. Todos los radionúclidos que han sido determinados en las aguas por encima de los límites de detección pertenecen a las series radiactivas naturales del U-238, U-235 y Th-232.

2. Los niveles de radiactividad total encontrada en las aguas de los balnearios son muy bajos. En comparación con los encontrados en otros balnearios son los más bajos, solamente comparables a las de Blancafort y Cofrentes.

3. La escasa actividad detectada es fundamentalmente debida al Ra-226 y sus descendientes, entre los que se encuentra el Rn-222

4. Los valores encontrados para los índices de actividad alfa y beta total no superan los mencionados como niveles guía en el Real Decreto 1138/1990 para aguas potables. (9)

TABLA 1. *Análisis de la radiactividad de las aguas de los Balnearios de Jaraba*

	Balneario Serón	*Balneario Serón*	*Balneario La Virgen*	*Balneario La Virgen*	*Balneario Sicilia*
Actividad Bq/1	*Manantial La Peña*	*Manantial San Luis*	*Manantial Pilas*	*Manantial San José*	*Manantial San Vicente*
Alfa total	0,11±0,01	0,10±0,01	0,10±0,01	0,12±0,01	0,11±0,01
Beta total	0,12±0,06	0,12±0,06	0,09±0,05	0,09±0,05	0,11±0,06
H-3	< 3,8	< 3,8	< 3,8	< 3,8	< 3,8
Pb-210	$< 10{,}5\ 10^{-3}$	$< 8{,}5\ 10^{-3}$	$< 9{,}02\ 10^{-3}$	$< 9{,}2\ 10^{-3}$	$< 9{,}6\ 10^{-3}$
Po-210	$(1{,}82\pm0{,}38)\ 10^{-3}$	$(2{,}09\pm0{,}42)\ 10^{-3}$	$(2{,}78\pm0{,}63)\ 10^{-3}$	$(6{,}45\pm0{,}81)\ 10^{-3}$	$(1{,}15\pm0{,}36)\ 10^{-3}$
Ra-226	$(25\pm6)\ 10^{-3}$	$(20\pm6)\ 10^{-3}$	$(10\pm3)\ 10^{-3}$	$(16\pm5)\ 10^{-3}$	$(15\pm4)\ 10^{-3}$
Rn-222	< 0,079	< 0,038	< 0,058	< 0,063	< 0,083
Th-230	$(1{,}12\pm0{,}19)\ 10^{-3}$	$(0{,}90\pm0{,}19)\ 10^{-3}$	$(1{,}33\pm0{,}22)\ 10^{-3}$	$(1{,}06\pm0{,}15)\ 10^{-3}$	$(1{,}09\pm0{,}17)\ 10^{-3}$
Th-232	$(0{,}41\pm012)\ 10^{-3}$	$(0{,}50\pm0{,}14)\ 10^{-3}$	$(0{,}51\pm0{,}14)\ 10^{-3}$	$(0{,}42\pm0{,}10)\ 10^{-3}$	$(0{,}31\pm0{,}09)\ 10^{-3}$
U-238	$(1{,}93\pm0{,}29)\ 10^{-2}$	$(1{,}60\pm0{,}26)\ 10^{-2}$	$(1{,}61\pm0{,}33)\ 10^{-2}$	$(3{,}54\pm0{,}18)\ 10^{-2}$	$(3{,}39\pm0{,}16)\ 10^{-2}$
U-234	$(3{,}54\pm0{,}10)\ 10^{-2}$	$(3{,}20\pm0{,}40)\ 10^{-2}$	$(3{,}41\pm0{,}52)\ 10^{-2}$	$(6{,}76\pm0{,}28)\ 10^{-2}$	$(6{,}74\pm0{,}25)\ 10^{-2}$
U-235	$(6{,}74\pm5{,}15)\ 10^{-4}$	$(5{,}12\pm4{,}48)\ 10^{-4}$	$(5{,}14\pm3{,}03)\ 10^{-4}$	$(1{,}60\pm0{,}35)\ 10^{-3}$	$(1{,}29\pm0{,}27)\ 10^{-3}$

BIBLIOGRAFÍA

(1) Procedimiento para la determinación de la actividad alfa total en muestras de agua por precipitación. Procedimiento específico *CIEMAT*, PE-IA-LRA-08.
(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*, PE-IA-LRA-07.
(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*, PE-IA-LRA-09.
(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.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 521-542

Microbiología de las aguas mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba

Mª CARMEN DE LA ROSA JORGE *, FÉLIX ANDUEZA LEAL, Mª CARMEN SÁNCHEZ BELTRÁN, Mª CARMEN RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ y Mª ÁNGELES MOSSO ROMEO

Departamento de Microbiología II. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid.

RESUMEN

Se han estudiado cinco manantiales bicarbonatados termales situados en la localidad de Jaraba (Zaragoza), utilizados en los tratamientos terapéuticos de los Balnearios: Sicilia (San Vicente), Serón (San Luis y La Peña) y La Virgen (San José y Pilas). Las muestras se tomaron en tres épocas del año. El número de microorganismos totales es bajo ($1,9 \times 10^4$ a $2,1 \times 10^5$) estando en su mayoría vivos (75 al 85%). El número de bacterias heterótrofas viables ha sido inferior a 10 ufc/ml, predominando los bacilos Gram negativos (65%) y en menor proporción cocos Gram positivos (17,3%) y bacilos Gram positivos no esporulados (13,8%). Los manantiales San Vicente, Pilas y San José han presentado una gran diversidad microbiana mientras que en el manantial La Peña predomina el género *Enterobacter*. Los principales géneros de bacilos Gram negativos identificados han sido: *Pseudomonas, Enterobacter, Burkholderia, Ochrobactrum* y *Brevundimonas*. Los cocos Gram positivos han sido, principalmente, *Staphylococcus* y los bacilos Gram positivos: *Cellulomonas, Corynebacterium* y *Rhodococcus*. No se han encontrado indicadores fecales ni microorganismos patógenos. Se han detectado microorganismos proteolíticos, amilolíticos y amonificantes en número inferior a 10^3/100 ml, y celulolíticos, halófilos y hongos en número menor de 50/100 ml. No se han detectado bacterias sulfato-reductoras, actinomicetos, cianobacterias ni algas.

Palabras clave: Manantiales bicarbonatados termales.— Balnearios de Jaraba.— Microbiología.

ABSTRACT

Microbiology of the mineral water of Jaraba Spas

Five carbonated hot springs from the town of Jaraba (Zaragoza, Spain) have been studied. Water from all of them are used with therapeutic purposes at the

* *Académica Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia.*

following Spas: Sicilia (San Vicente), Serón (San Luis and La Peña) and La Virgen (San José and Pilas). Samples were collected at three different seasons of the year. There was a low total number of microorganisms (1.9×10^4 to 2.1×10^5) most of which were alive (75% to 85%). The number of heterotrophic viable bacteria was lower than 10 cfu/ mL, with a predominance of Gram-negative bacilli (65%); meanwhile Gram-positive cocci (17.3%) and Gram-positive non sporulated bacilli (13.8%) were founded in lower percentage. The San Vicente, Pilas and San José mineral hot springs have shown a great microbial diversity, whereas in La Peña hot spring the genus mainly detected was *Enterobacter*. The main identified genera of Gram-negative bacilli have been: *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Ochrobactrum* and *Brevundimonas*. On the other hand, most of the Gram-positive cocci identified belong to the genus *Staphylococcus*, and the Gram-positive bacilli belong to the genera *Cellulomonas*, *Corynebacterium* and *Rhodococcus*. No faecal indicators were detected neither pathogenic microorganisms. The number of proteolytic, amylolytic and ammonifiers microorganisms was lower than 10^3/ 100 mL; and cellulolytic and halophylic microorganisms and fungi were detected in reduced number (lower than 50/100 mL). Neither sulphate reducing bacteria, actinomycetes, cyanobacteria nor algi were detected.

Key words: Hot carbonated spring.—Jaraba spas.—Microbiology.

INTRODUCIÓN

Jaraba es una localidad perteneciente al partido judicial de Ateca en la provincia de Zaragoza, ubicada en la parte meridional de Aragón. El lugar esta atravesado por el río Mesa (Figura 1) que forma un abrupto cañón con abundante vegetación y paredes rocosas donde habitan gran diversidad de aves, principalmente buitres leonados. Sus orígenes se remontan a los romanos que llamaron aguas de las Ninfas a los manantiales de aguas calientes presentes en los alrededores de Jaraba. No es hasta la aparición de la Virgen de Jaraba, hecho ocurrido en el año 1120, cuando se comienza a utilizar el nombre de aguas de Nuestra Señora de Jaraba, y se construye la primera piscina. El primer dictamen médico que se conoce de dichas aguas, data del siglo XVI. Por ello se puede afirmar que las aguas de Jaraba se vienen utilizando medicinalmente desde tiempos inmemorables, habiendo sido declaradas de utilidad pública en 1860 (1,2).

En la actualidad existen tres establecimientos balnearios que utilizan cinco manantiales de aguas mineromedicinales, Balneario Serón

(manantiales San Luis y La Peña), Balneario Sicilia (manantial San Vicente) y Balneario La Virgen (manantiales San José y Pilas).

FIGURA 1. *Río Mesa. Jaraba.*

El objetivo del trabajo ha sido investigar la microbiota autóctona que tiene como hábitat las aguas de Jaraba, con el fin de cuantificar, identificar y caracterizar su diversidad bacteriana. Conocimiento que puede ayudarnos a establecer la biología y ecología de estos ecosistemas acuáticos, así como a prevenir posibles contaminaciones de origen microbiano. También se han estudiado los microorganismos patógenos que pudieran suponer un riesgo sanitario para los usuarios de los Balnearios ya que estas aguas se utilizan en tratamientos terapéuticos tanto por vía oral como tópica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Las muestras de agua se tomaron en los puntos de emergencia de cada uno de los cinco manantiales estudiados. El Balneario Sicilia cuenta con el manantial San Vicente (Figura 2 A y B), situado en el interior de las edificaciones, en la planta baja. El agua surge y fluye libremente en una fractura y se recoge en un pequeño depósito.

FIGURA 2A. *Balneario de Sicilia. Manantial San Vicente. Punto de emergencia.*

FIGURA 2B. *Balneario de Sicilia. Manantial San Vicente. Fuente Ornamental.*

El manantial San Luis (Figura 3), ubicado en el Balneario Serón, surge en una fisura localizada a 10 metros de altura sobre el nivel del aluvial, en una dependencia cerrada en la parte posterior de los edificios de los Baños.

El manantial La Peña (Figura 4), brota en una oquedad de las calizas en el parque de los Baños de Serón, el agua es captada en el

FIGURA 3. *Manantial San Luis. Balneario de Serón.*

mismo punto de surgencia por un cierre de hormigón con un tubo incrustado para la salida del agua, que cae en una pila rústica de obra.

En el Balneario La Virgen existen varios puntos de captación. En el interior del edificio se ubica la fuente Primitiva o de Pilas (Figura 6), acondicionada como una fuente clásica y en el exterior se encuentra el manantial San José (Figura 5), que también corresponde a una fuente clásica con chorro (3).

Se realizaron tres muestreos en cada uno de los sitios antes señalados en los meses de mayo y octubre del 2002 y febrero del 2003. En cada ocasión, se tomaron 2 muestras de agua de 1,5 litros, recogidas en recipientes estériles de plástico, los cuales se trasladaron a temperatura ambiente y en la oscuridad, al laboratorio, realizándose los análisis microbiológicos antes de las 24 horas.

Figura 4. *Manantial La Peña. Balneario de Serón.*

Figura 5. *Manantial San José. Balneario de La Virgen.*

Figura 6. *Manantial Pilas. Balneario de La Virgen.*

Microorganismos totales y vivos

El recuento de microorganismos totales se ha realizado por la técnica de fluorescencia. Las muestras de aguas se tiñeron durante 15 minutos con el kit de viabilidad bacteriana BacLight Live/Dead (Molecular Probes, Eugene, OR, USA), el cual determina la integridad de la membrana bacteriana, a través de la exclusión selectiva de la tinción. El kit esta compuesto de dos colorantes con afinidad a los ácidos nucleicos, SYTO 9 y yoduro de propidio. El SYTO 9 colorea todas las células de verde y el yoduro de propidio penetra en las células que tengan dañada su membrana, tiñéndolas de rojo (4). La muestra teñida fue filtrada a través de un filtro Nucleopore de 0,2 µm y fue observada con objetivo de inmersión en un microscopio de epifluorescencía (Nikon). Seguidamente se cuantificó el número de células verdes (vivas) y rojas (muertas) presentes, en por lo menos 10 campos, de cada una de las muestras analizadas y se calculó el número por mililitro de muestra (5).

Bacterias heterótrofas viables

El recuento de bacterias viables se ha realizado tanto, por la técnica de filtración, como por la técnica de dilución en placa, en los medios, agar recuento en placa (PCA) (6) y agar R2A (7), incubándose a 22° C durante 5 días y a 37° C durante dos días. El volumen de muestra de agua filtrada ha sido de 50 ml. Los resultados se expresaron como medias aritméticas de las unidades formadoras de colonias por mililitro (ufc/ml).

Microorganismos de interés sanitario

El recuento de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos, se ha realizado por la técnica del número más probable (NMP/100 ml) y filtración de 250 ml de agua. Las esporas de *Clostridium* sulfito-reductores se han determinado por el método de dilución en tubo, inoculando 100 ml de agua. *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Pseudomonas aeruginosa* se han investigado filtrando 250 ml de agua, según los métodos de las aguas de bebida envasadas (8). La detec-

ción de *Staphylococcus aureus* se ha realizado por filtración, enriqueciendo en caldo triptona soja y aislando en agar Baird-Parker, incubando a 37°C, durante 24 a 48 horas. El estudio de *Legionella pneumophila* se ha hecho por la técnica de filtración descrita por Pelaz y Martin (9).

Microorganismos de interés ecológico

Las bacterias proteolíticas, amilolíticas, celulolíticas, amonificantes y sulfato- reductoras, se determinaron por la técnica del número más probable (NMP), utilizando los medios descritos por Pochon y Tardieux (10) y el medio de Starkey (11) para las últimas, e incubando a 30 °C durante 30 días. Los recuentos se han expresado como NMP de microorganismos por 100 ml de agua

El recuento de las bacterias halófilas moderadas, actinomicetos y los hongos se ha realizado por la técnica de filtración, utilizando agar halófilo con 15% de cloruro sódico (12), agar para actinomicetos (Difco) y agar Sabouraud con cloramfenicol al 0,05% (6), respectivamente. Las bacterias se incubaron a 30 °C y los hongos a 24° C, durante 7 días. Los resultados se han expresado como unidades formadoras de colonias (ufc) por 100 mililitros de agua. La presencia de algas y cianobacterias se ha realizado filtrando 100 ml de las muestras e incubando el filtro en el medio descrito por Stanier (13) en estufa con iluminación a 24° C, durante 30 días.

Identificación de microorganismos

Las cepas de bacterias se han identificado por características morfológicas (tinción de Gram y esporas), fisiológicas (tipo respiratorio, 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 las galerías API 20NE (bioMérieux), los bacilos Gram negativos fermentadores en API 20E (bioMérieux), los bacilos Gram positivos no esporulados en API Coryne (bioMérieux) y los cocos Gram positivos en API Staph (bioMérieux).

Las cepas bacterianas aisladas se han clasificado siguiendo los criterios taxonómicos del Manual de Bergey (15, 16, 17) y la nomenclatura del Comité Internacional de Sistemática Bacteriana (ICSB), publicada en el *International Journal of Systematic Bacteriology*.

Los hongos filamentosos se han identificado por la morfología de las colonias y las observaciones microscópicas de las hifas, esporangios y esporas, siguiendo los criterios de Pitt y Hocking (18).

Microorganismos endolíticos

Se han estudiados los depósitos calcáreos que se forman en los manantiales termales bicarbonatados de los Balnearios Serón, Sicilia y La Virgen, los cuales presentan coloraciones verdosas de diversa intensidad, con el fin de conocer si eran de naturaleza biótica (Figura 7).

FIGURA 7. *Depósitos calcáreos del manantial de la Peña.*

Las muestras se tomaron con un escoplo estéril y se cultivaron en el medio para algas y cianobacterias descrito por Stanier (13), incu-

bando a 25ºC, durante 30 días, en condiciones de luz. Se realizaron observaciones microscópicas de los cultivos por contraste de fase y fluorescencia. Para el estudio directo de los microorganismos litobiónticos se utilizó la técnica de microscopía electrónica de barrido en modo de electrones retrodispersados (SEM-BSE), especialmente puesta a punto por Wierzchos y Ascaso (19) para el estudio de microorganismos presentes en sustratos líticos o duros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados en las tablas corresponden a la media aritmética de los valores obtenidos en las determinaciones microbiológicas realizadas de los tres muestreos efectuados en cada uno de los manantiales.

Microorganismos totales y vivos

El número de microorganismos totales ha sido bajo en los cinco manantiales analizados con un rango promedio de células bacterianas por mililitro, entre 2,1 x 10^5 y 1,9 x 10^4, con un porcentaje de organismos vivos entre el 85 y 75%. El mayor número de microorganismos totales se obtuvo en los manantiales del Balneario La Virgen, mientras que el menor valor fue para el manantial San Luis perteneciente al Balneario Serón. Sin embargo, los valores obtenidos en todos los Balnearios son muy cercanos, lo cual sería el reflejo de un mismo origen geotermal (Tabla 1). Estos resultados son similares a los encontrados en otros manantiales de aguas minerales naturales y mineromedicinales (20, 21, 22, 23).

Tabla 1. *Microorganismos totales y vivos (Nº/ml)*

	Manantiales				
Microorganismos	*S. Vicente*	*S. Luis*	*La Peña*	*Pilas*	*S. José*
TOTALES	3,3 x 10^4	1,9 x 10^4	3,0 x 10^4	2,1 x 10^5	8,2 x 10^4
VIVOS	3,0 x 10^4	1,6 x 10^4	2,0 x 10^4	1,9 x 10^5	6,6 x 10^4
%	85	85	75	81,8	82,7

Los recuentos del número total de células por la técnica de fluorescencia, suelen ser 10^2 a 10^3 veces mayores que los obtenidos en muestras de agua por las técnicas convencionales de cultivo microbiano, debido a que se están estimando todos los microorganismos presentes, inclusive aquellos que se encuentran muertos o sin actividad metabólica, en el estado de viable no cultivable (24).

Bacterias heterótrofas viables

El número de bacterias heterotrófas aerobias viables ha sido inferior a 10 ufc/ml en todos los manantiales analizados (Tabla 2). Estos valores son semejantes a los obtenidos en manantiales carbónicos españoles (20) y aguas minerales francesas (25).

TABLA 2. *Número de bacterias heterótrofas aerobias viables (ufc/ml)*

Tª	*Medio de cultivo*	*Manantiales*				
		S. Vicente	*S. Luis*	*La Peña*	*Pilas*	*S. José*
22 °C	**PCA**	2	2	1	4	2
	R_2A	5	3	3	6	3
37° C	**PCA**	3	1	1	2	3
	R_2A	3	2	3	8	6

ufc/ml: Unidades formadoras de colonias por mililitro

El hecho de tener un bajo número de bacterias aerobias viables indica que el perímetro de protección de los manantiales es el adecuado. El crecimiento desmesurado de las ciudades, aunado a la creciente intervención del hombre sobre su entorno, ha traído como consecuencia que muchas de las fuentes naturales de agua mineral se hayan contaminado, alterando de esta manera su composición química y microbiológica. Sin embargo, otras son vigiladas cuidadosamente para evitar que cualquier intervención perjudicial altere sus características organolépticas y microbiológicas, como los manantiales analizados.

La diferencia entre los recuentos de microorganismos totales y viables ha sido de hasta cuatro unidades logarítmicas, lo que refleja la selectividad de los medios para el crecimiento de las especies heterótrofas presentes en esos manantiales (24). Las aguas minerales naturales contienen generalmente un número importante de bacterias, pero solo una pequeña porción son cultivables. La microbiota autóctona de estas aguas es oligotrófica y crece con pequeñas cantidades de nutrientes. Los compuestos liberados por la lisis de las células bacterianas muertas parece ser suficiente para permitir el crecimiento bacteriano (22).

Se han aislado 254 cepas de bacterias heterótrofas de las cuales 244 (96,1%) han sido identificadas, correspondiendo a bacilos Gram negativos 165 (65%), cocos Gram positivos 44 (17,3%) y bacilos Gram positivos 35 (13,8%). En todos los manantiales han predominado los bacilos Gram negativos.

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de cepas de bacilos Gram negativos identificadas en los distintos manantiales. En los manantiales del Balneario La Virgen se observa el predominio de bacilos no fermentadores, principalmente especies del género *Pseudomonas* fluorescentes y no fluorescentes, resultado similar a lo señalado por diversos investigadores, para aguas minerales naturales frias y mesotermales de España y de otros lugares del mundo (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32). Una de las razones que se han postulado para explicar la presencia de especies del género *Pseudomonas* en las aguas minerales naturales, esta relacionada con la gran versatilidad enzimática que presentan estas bacterias, lo cual les permite sobrevivir y proliferar en ambientes oligotróficos (33).

Entre las bacterias Gram negativas no fermentadoras aisladas también destacan *Burkholderia cepacia* y *Ochrobactrum anthropi***,** las cuales se han encontrado por diversos investigadores, en manantiales de aguas minerales (21, 34) y en aguas minerales envasadas (30, 35). Los géneros *Burkholderia, Brevundimonas, Comamonas, Sphingomonas y Stenotrophomonas* tienen características semejantes a *Pseudomonas* y antes estaban incluidos en este género. *Ochrobactrum* es un género nuevo no incluido en el Manual Bergey muy relacionado con la familia *Rhizobiaceae* que utilizan una gran variedad de compuestos orgánicos (36).

TABLA 3. *Géneros y especies de bacterias heterótrofas Gram negativas (% de cepas)*

Bacterias	*Manantiales*				
	S. Vicente (66)*	*S. Luis* (44)	*La Peña* (32)	*Pilas* (69)	*S. José* (43)
BACILOS GRAM –	**59,1**	**47,7**	**84,4**	**69,6**	**69,8**
Fermentadores	27,3	25,0	84,4	4,3	7,0
Aeromonas hydrophila	—	—	—	2,9	4,7
Aeromonas salmonicida	—	2,3	—	1,4	2,3
Enterobacter cloacae	22,7	13,6	81,3	—	—
Enterobacter sakazakii	4,5	6,8	—	—	—
Rahnella aquatilis	—	2,3	3,1	—	—
No Fermentadores	22,7	11,4	—	59,4	48,8
Brevundimonas vesicularis	1,5	—	—	4,3	2,3
Burkholderia cepacia	7,6	2,3	—	11,6	11,6
Comamonas testosteroni	—	—	—	2,9	4,7
Deleya halophila	1,5	—	—	—	—
Ochrobactrum anthropi	4,5	—	—	5,8	9,3
Photobacterium damselae	—	—	—	—	2,3
Pseudomonas alcaligenes	—	—	—	1,4	—
Pseudomonas aeruginosa	—	—	—	13,0	18,6
Pseudomonas fluorescens	—	4,5	—	2,9	—
Pseudomonas putida	1,5	—	—	—	—
Pseudomonas stutzeri	3,0	—	—	17,4	—
Pseudomonas spp	1,5	—	—	—	—
Sphingomonas paucimobilis	1,5	—	—	—	—
Stenotrophomonas maltophilia	—	4,5	—	—	—
No identificados	9,1	11,4	—	5,8	14,0

* Número de cepas aisladas en cada manantial.

Las bacterias Gram negativas fermentadoras predominan en los manantiales de los Balnearios Serón y Sicilia. Destaca la presencia de *Enterobacter cloacae*, sobre todo en el manantial La Peña, ya que representa el 81,3% de las cepas aisladas. Estas cepas presentan la particularidad de fermentar débilmente la lactosa, después de períodos de incubación largos por lo que no se detectan en la investigación de coliformes. El género *Enterobacter* se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, aislándose con frecuencia en aguas minerales naturales y mineromedicinales (26, 31).

Los cocos Gram positivos se encuentran en baja proporción en todos los manantiales y corresponden en su mayoría al género *Staphylococcus*. Estas bacterias se encuentran en el ambiente y pueden llegar a los manantiales a través del aire, el suelo y la lluvia (33). Otros investigadores han señalado su presencia en aguas minerales naturales y mineromedicinales (21, 23, 27, 28).

También se han encontrado, en pequeña proporción, bacilos irregulares no esporulados de los géneros *Cellulomonas, Corynebacterium, Brevibacterium, Rhodococcus* y *Aureobacterium* (Tabla 4). Estas bacterias pueden proceder del aire y del suelo de donde pasan al agua y han sido aislados en aguas minerales naturales por diversos autores (26, 27, 28, 33).

TABLA 4. *Géneros y especies de bacterias heterótrofas Gram positivas (% de cepas)*

	Manantiales				
Bacterias	*S. Vicente* (66)*	*S. Luis* (44)	*La Peña* (32)	*Pilas* (69)	*S. José* (43)
COCOS GRAM +	**18,2**	**34,1**	**6,3**	**13,0**	**18,6**
Kocuria varians	—	—	—	—	2,3
Micrococcus spp	4,5	—	—	1,4	—
Staphylococcus epidermidis	1,5	2,3	—	1,4	—
Staphylococcus hominis	—	—	—	—	2,3
Staphylococcus lugdunensis	—	—	3,1	—	2,3
Staphylococcus lentus	3,0	9,1	3,1	—	—
Staphylococcus saprophyticus	—	—	—	—	2,3
Staphylococcuss sciuri	—	2,3	—	—	—
Staphylococcus warneri	—	—	—	1,4	—
Staphylococcus xylosus	9,1	11,4	—	2,9	—
Staphylococcus spp	—	2,3	—	4,3	4,7
No identificados	—	6,8	—	1,4	—
BACILOS GRAM +	**19,7**	**13,7**	**3,1**	**15,9**	**11,7**
Aureobacterium	1,5	—	—	—	—
Brevibacterium	—	2,3	—	—	4,7
Cellulomonas	9,1	2,3	3,1	4,3	—
Corynebacterium aquaticum	3,0	—	—	—	—
Corynebacterium spp	1,5	—	—	—	2,3
Rhodococcus equi	—	—	—	7,2	—
No identificados	4,5	9,1	—	4,3	4,7

* Número de cepas aisladas en cada manantial

Al comparar la diversidad bacteriana presente en cada uno de los manantiales estudiados, se observa que los manantiales San Vicente (Balneario Sicilia), Pilas y San José (Balneario La Virgen) tienen una gran biodiversidad ya que se han aislado un gran número de especies diferentes, mientras que en el manantial La Peña solo se han identificado cinco especies bacterianas.

Microorganismos de interés sanitario

En los distintos muestreos y análisis realizados no se encontraron indicadores fecales *(Escherichia coli,* enterococos y *Clostridium* sulfito-reductores) ni bacterias patógenas (*Salmonella*, *Legionella pneumophila* y *Staphylococcus aureus*) en 250 ml de agua, por lo que cumplen con la normativa de aguas de consumo humano (37).

En los manantiales San José y Pilas, del Balneario La Virgen, se ha detectado *Pseudomonas aeruginosa* en número muy bajo (4 ufc/ 250ml). Esta es una bacteria muy ubicua y se puede encontrar en aguas superficiales contaminadas con aguas residuales y en los suelos. Su presencia en ausencia de indicadores fecales y de otros patógenos, puede ser debida a una contaminación antigua y transitoria por filtraciones del agua de río. Se ha señalado que esta bacteria puede colonizar manantiales de aguas minerales naturales debido a su capacidad de sobrevivir en ambientes oligotróficos (38, 39). Consideramos necesaria su eliminación mediante un total aislamiento de la captación para evitar las filtraciones de aguas superficiales, así como la limpieza y desinfección de las canalizaciones.

Microorganismos de interés ecológico

Se han detectado bacterias proteolíticas, amilolíticas y amonifican-tes en números bajos (< 10^3/100 ml) y bacterias celulolíticas y hongos en valores menores a 50 en 100 ml (Tabla 5). La presencia de estos microorganismos también ha sido descrita en otros manantiales mesotermales y fríos (21, 23, 40). Las bacterias proteolíticas y amilolíticas aisladas de los manantiales pertenecen principalmente a los géneros *Pseudomonas* y *Micrococcus*. Las bacterias amonificantes a *Pseudomonas* y las bacterias celulolíticas corresponden al géne-

ro *Cellulomonas*. Estas comunidades microbianas desempeñan un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos del carbono y del nitrógeno, así como en el mantenimiento del equilibrio biológico en los ecosistemas acuáticos, contribuyendo a la depuración de contaminantes orgánicos (33).

TABLA 5. *Número de microorganismos de interés ecológico*

	Manantiales				
Microorganismos	*S. Vicente*	*S. Luis*	*La Peña*	*Pilas*	*S. José*
NMP/100 ml					
Amonificantes	930	640	26	240	720
Amilolíticos	64	44	< 3	930	120
Proteolíticos	64	20	12	160	120
Celulolíticos	1,6	44	3,6	15	< 3
ufc / 100 ml					
Halófilos	12	—	4	—	—
Hongos	7	10	1	5	1

NMP: Número más probable
ufc: Unidades formadoras de colonias

No se detectaron bacterias sulfato-reductoras, actinomicetos, cianobacterias ni algas en 100 ml de agua.

Solo dos manantiales (San Vicente y La Peña) han presentado un número pequeño de bacterias halófilas facultativas, correspondientes a los géneros *Staphylococcus, Micrococcus* y *Deleya*. Este último género es halófilo moderado y crece en concentraciones de 3-15% de cloruro sódico (41). La escasa presencia de estas bacterias en los manantiales estudiados puede deberse a su baja salinidad.

Se aislaron hongos filamentosos en un número muy pequeño (< 10/100 ml), con predominio del género *Penicillium*. De igual forma se han encontrado cepas de los géneros *Acremonium, Cladosporium, Chrysosporium, Curvularia* y *Trichoderma*, este último con propiedades celulolíticas. Sólo se han detectado dos cepas de levaduras en los manantiales del Balneario La Virgen (Tabla 6). Los hongos son microorganismos muy ubicuos y diversos autores también han encontrado mohos y levaduras en manantiales de aguas termales y en aguas minerales envasadas (23, 24, 42).

TABLA 6. *Mohos y levaduras (N° de cepas)*

Microorganismos	*Manantiales*				
	S. Vicente	*S. Luis*	*La Peña*	*Pilas*	*S. José*
Penicillium	4	10	1	1	—
Cladosporium	1	—	—	1	—
Acremonium	1	—	—	—	—
Chrysosporium	—	—	—	1	—
Curvularia	1	—	—	—	—
Trichoderma	—	—	—	1	—
Levaduras	—	—	—	1	1

Microorganismos endolíticos

En los cultivos se han detectado algas unicelulares esféricas aisladas o en grupos irregulares del género *Chlorococcum*, cianobacterias esféricas, posiblemente del género *Synechocystis* y filamentosas con y sin ramificaciones (Figura 8). Al observar los cultivos por microscopía de fluorescencia, la clorofila emite autofluorescencia roja (Figura 9).

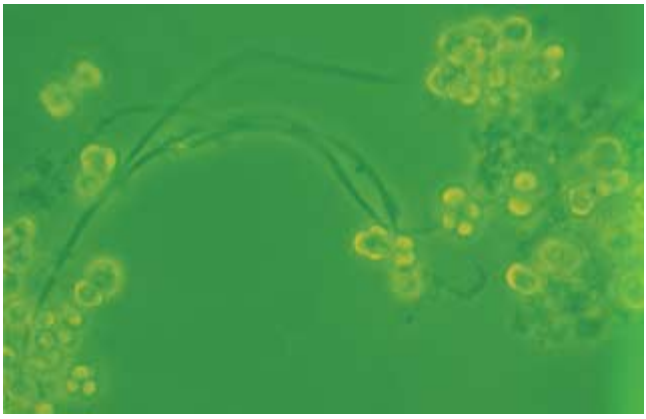


FIGURA 8. *Cultivo de algas y cianobacterias de los depósitos calcáreos. Observaciones por microscopía de contraste de fase. Objetivo 40.*

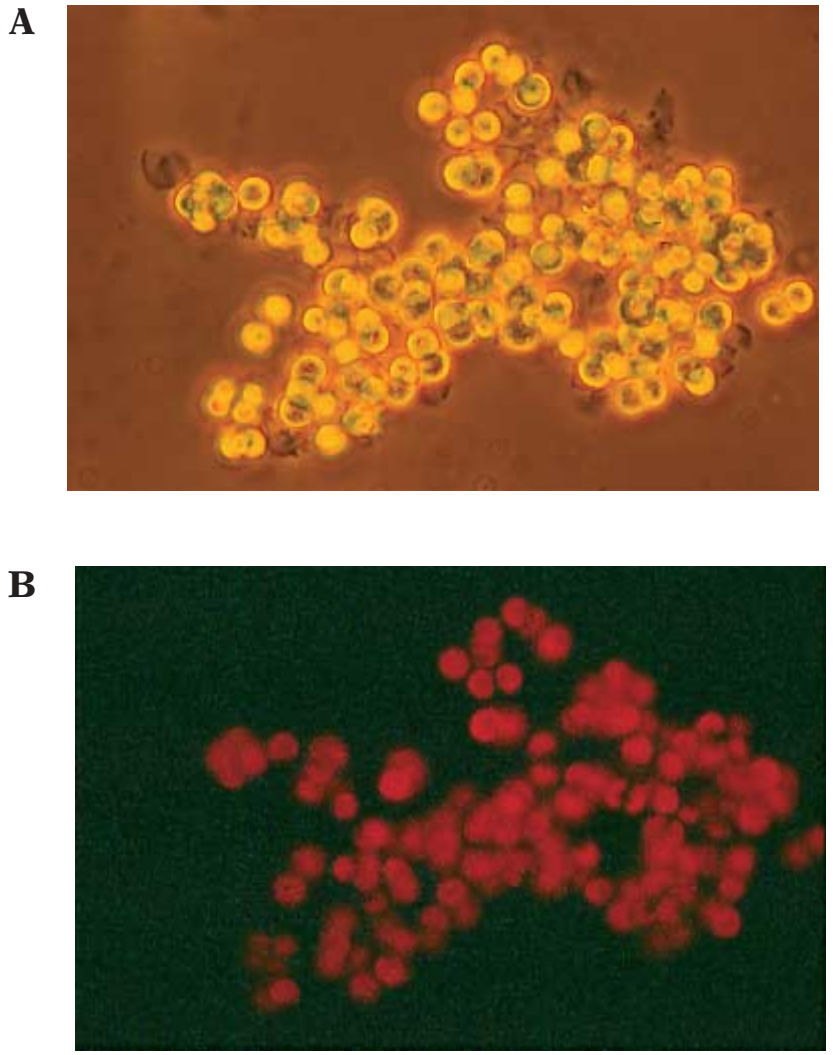


Figura 9. *Cultivo de algas de los depósitos calcáreos. Observaciones por: A. microscopía de contraste de fase. B. microscopía de fluorescencia, autoflorescencia roja. Objetivo 40.*

Las técnicas de microscopia electrónica muestran la presencia de microorganismos endolíticos en gran número, tanto esféricos como filamentosos, confirmando lo obtenido en los cultivos (Figura 10).

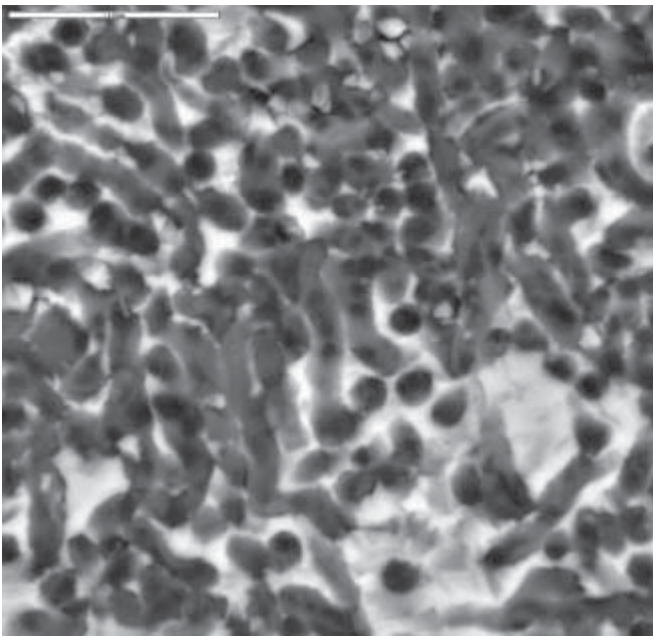


FIGURA 10. *Algas y cianobacterias endolíticas de los depósitos calcáreos. Microscopia electrónica SEM-BSE. Tamaño de la barra 10µm.*

Se demuestra de esta manera la existencia de microorganismos fotosintéticos vivos en estas formaciones calcáreas por lo que podrían ser consideradas estromatolitos en formación (43).

CONCLUSIONES

Los manantiales estudiados presentan un bajo número de microorganismos totales y viables, lo que indica un buen perímetro de protección. Desde el punto de vista sanitario, no presentan indicadores fecales ni microorganismos patógenos por lo que cumplen la normativa para aguas de consumo humano. La microbiota autóctona está constituida por bacilos Gram negativos, propia de aguas minerales mesotermales y frías. Los manantiales San Vicente, San Luis, Pilas y San José presentan una gran diversidad bacteriana, mientras que en el manantial La Peña predomina el género *Enterobacter*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los directivos de los Balnearios, en especial a D. José Manuel Sicilia y D. Julián Adradas, las facilidades y atenciones que han tenido con nosotros durante las visitas efectuadas a sus establecimientos para la toma de muestras.

Asimismo, agradecemos a las Doctoras Carmen Ascaso y Asunción de los Ríos del Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC, Madrid, su inestimable ayuda en las observaciones realizadas con el microscopio electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

(1) CALAVIA, L. (1918) Reseñas históricas de Jaraba, de sus afamados baños y de su milagrosa Virgen. Imprenta Guillen y Romero. Calatayud. España.
(2) DE GREGORIO Y GUAJARDO A. (1895) Estudio de las aguas termales cloruradosódicas variedad bicarbonatadas en Jaraba de Aragón. C. Apaolaza impresor. Madrid.
(3) BAEZA, J.; LÓPEZ, J. y RAMÍREZ, A. (2001) Las aguas minerales de España. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
(4) RAMALHO, R.; CUNHA, J.; TEIXEIRA, P. and GIBBS, P. (2001) Improved methods for the enumeration of heterotrophic bacteria in bottled mineral waters. *J. Microbiol. Method*. 44: 97-103.
(5) BOULOS, L.; PRÉVOST, M.; BARBEAU, B.; COALLIER, J. and DESJARDINS, R. (1999) LIVE/DEAD BacLight: application of a new rapid staining method for direct enumeration of viable and total bacteria in drinking water. *J. Microbiol. Method*. 37: 77-86.
(6) ANÓNIMO (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater 20th edition. American Public Health Association. Washington.
(7) REASONER, D.J. and GELDREICH, E. (1985) A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Appl. Environ. Microbiol*. 49: 1-7.
(8) 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.
(9) PELAZ, C. y MARTIN, C. (1993) Legionelosis. Datos de España, diagnóstico de laboratorio y control en instalaciones de edificios. Instituto de Salud Carlos III. Madrid.
(10) POCHON, J. et TARDIEUX, P. (1956*)* Techniques d'analyse en microbiologie du sol. De la Tourelle. St. Mandé (Seine).
(11) RODINA, A.G. (1972) Methods in aquatic microbiology. University Park Press. Baltimore.

(12) ANÓNIMO (2001) Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 14th edition. American Public Health Association. Washington.
(13) STANIER, R.; ADELBERG, E. y INGRAHAM, J. (1984) Microbiología. Reverté. Barcelona.
(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) KRIEG, R. and HOLT, G. (1984) Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology. Vol. I. Williams & Wilkins. Baltimore.
(16) SNEATH, P.H.A.; MAIR, N.S.; SHAPE, M. and HOLT, J. (1986) Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology. Vol. II. Williams & Wilkins. Baltimore.
(17) HOLT, J.G.; KRIEG, N.; SNEATH, D.; SLALEY, J. and WILLIAMS, S. (1994) Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Williams & Wilkins. Baltimore.
(18) PITT, J.L. and HOCKING, A.D. (1997: Fungi and food spoilage. Blackie Academic and Professional. London.
(19) WIERZCHOS, J. and ASCASO, C. (1994) Application of backscattered electron imaging to the study of the lichen rock interface. *J. Microscopy*. 175: 54-59.
(20) MOSSO, M.A.; DE LA ROSA, M.C.; DÍAZ, F.; VIVAR, C. y MEDINA, M.R. (1990) Microbiología del manantial de aguas mineromedicinales de Alange. Monografía nº 16. Real Academia de Farmacia. Pag: 28-40.
(21) 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.
(22) URMENETA, J.; NAVARRETE, A. and SANCHO, J. (2000) Isolation and identification of autochthonous microbiota from a granitic aquifer and its variation after the bottling process. *Current Microbiol*. 41: 379-383.
(23) DE LA ROSA, M.C; MOSSO, M.A. y PRIETO, M.P. (2001) Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario "El Paraíso" de Manzanera (Teruel). *Anal. Real Acad. Farm*. 67 : 173-183.
(24) MOSSO, M.A.; SÁNCHEZ, M. y DE LA ROSA, M.C. (2002) Microbiología del agua mineromedicinal de los balnearios de Alhama de Granada. *Anal. Real Acad. Nac. Farm*. 68: 381-405.
(25) DEFIVES, C.; GUYARD, S.; OULARE, 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. Microbiol*. 86:1033-1038.
(26) BISCHOFBERGER, T.; CHA, S.; SCHMITT, R.; KONIG, R. and SCHMIDT-LORENZ, W. (1990) The bacterial flora of non-carbonated, natural mineral water from the spring to reservoir and glass and plastic bottles. *Int. J. Food Microbiol*. 11: 51-72.
(27) MAVRIDOU, A. (1992) Study of the bacterial flora of non-carbonated natural mineral water. *J. Appl. Bacteriol*. 73: 355-361.
(28) MOSSO, M.A.; DE LA ROSA, M.C.; VIVAR, C. and MEDINA, M.R. (1994) Heterotrophic bacterial populations in the mineral waters termal springs in Spain. *J. Appl. Bacteriol*. 77: 370-381.
(29) FERREIRA, A.C.; MORAIS, P.V.; GOMES, C. and DA COSTA, M.S. (1996) Computer-aided comparison of protein electrophoretic patterns for grouping and iden-

tification of heterotrophic from mineral water. *J. Appl. Bacteriol*. 80: 479-486.

(30) Jayasekara, N.Y.; Heard, G.M.; Cox, J.M. and Fleet, G.H. (1998) Population of pseudomonads and related bacteria associated with bottled non-carbonated mineral water. *Food Microbiol*. 15:167-176.

(31) Guyard, S.; Mory, P.; Defives, C. and Hornez, J.P. (1999) Enumeration and characterization of bacteria in mineral water by improved direct viable count method. *J. Appl. Microbiol*. 86: 841-850.

(32) De la Rosa, M.C. y Mosso, M.A. (2000) Diversidad microbiana de las aguas minerales termales. En: Panorama actual de las aguas minerales y minero-medicinales en España, pp. 153-158. Ed. A. López y J.L. Pinuaga. ITGE. Madrid.

(33) Leclerc, H. and Moreau, A. (2002) Microbiological safety of natural mineral water. *FEMS Microbiol. Rev*. 26: 207-222.

(34) Zanetti, F., De Luca, G. and Stampi, S**.** (2000) Recovery of *Burkholderia pseudomallei* and *B. cepacia* from drinking water. *Int. J. Food Microbiol*. 59:67-72.

(35) Mary, P.; Defives, C. and Hornez, J.P. (2000) Occurrence and multiple antibiotic resistance profiles of non-fermentative Gram-negative microflora in five brands of non-carbonated french bottled spring water. *Microb. Ecol*. 39: 322-329.

(36) Holmes, B.; Popoff, M.; Kiredjian and Kersters, K. (1988) *Ochrobactrum anthropi* ge, nov., sp. Nov. From clinical specimens and previousley known as group *Vd. Int. J. Syst. Bacteriol*. 38: 406-416.

(37) Anónimo (2003) Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero sobre Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *BOE* 45: 7228-7245.

(38) Morais, P.; Mesquita, C.; Andrade, J. and Da Costa, M. (1997) Investigation of persistent colonization by *Pseudomonas aeruginosa* in a spring water bottling plant. *Appl. Environ. Microbiol*. 63: 851-856.

(39) Legnani, P.; Leoni, E.; Rapuano, S.; Turin, D. and Valenti, C. (1999) Survival and growth of *Pseudomonas aeruginosa* in mineral natural water: a 5 year study. *Int. J. Food Microbiol*. 32: 153-158.

(40) Mosso, M.A.; De la Rosa, M.C. y Vivar C. (1998) Microbiología del manantial hervideros del balneario de Cofrentes. *Anal. Real Acad. Farm*. 64: 53-63.

(41) Quesada, E.; Ventosa, A.; Ruiz-Berraquero, F. and Ramos-Cormenzana, A. (1984) *Deleya halophila*, a new species of moderately halophilic bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol*. 34: 287-292.

(42) Cabral, D. and Fernández, P. (2002) Fungal spoilage of bottled mineral water. *J. Food Microbiol*. 30: 73-76.

(43) Akai, J. (2000) Biomineralization at hot springs and mineral springs, and their significance in relation to the earth's history. *Biol. Sci. Space*. 14: 363-367.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 543-558

Climatología de los Balnearios de Jaraba

FRANCISCO JAVIER MANTERO SÁENZ y YOLANDA GALVÁN RAMÍREZ
Servicio de Desarrollos Medioambientales. Instituto Nacional de Meteorología

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio bioclimático de la zona donde están ubicados los Balnearios de Jaraba. El análisis climatológico se efectúa a través de estudios tanto termométricos como pluviométricos, utilizando datos obtenidos en el entorno de Jaraba. El estudio bioclimático comprende el cálculo de los índices y la sensación de confort a través de la temperatura efectiva, extrayéndose de los mismos una clasificación bioclimática.
Palabras clave: Bioclimatología.—Temperatura efectiva.—Confort.

ABSTRACT

Climatology of the Jaraba Spas

A bioclimatic study of the Jaraba Spas are described in this paper. The thermometric and pluviometric data corresponding to the surroundings of the Spa have been used for this purpose. It has been calculated the effective temperature and through this the temperature – humidity index and the comfort behaviour number. From these data a bioclimatic classification has been proposed.
Key words: Bioclimatology.—Effective temperature.—Comfort.

INTRODUCCIÓN

Los Balnearios de Jaraba se encuentran situados a 41º 11' N de latitud, a 1º 53' W de longitud, y a unos 800 metros de altitud, en la Cuenca media del Ebro, a orillas del río Mesa, a 38 Km. de Calatayud, capital de la comarca, y a unos 125 de Zaragoza. Los datos de temperatura y precipitación corresponden a las estaciones de Jaraba y Jaraba P.F.E., para un periodo superior a los 25 años.

ESTUDIO TERMOMÉTRICO

a) Temperatura media mensual y anual, temperaturas medias máximas y mínimas mensuales y anuales, y temperaturas máximas y mínimas absolutas

En la Tabla I se muestran las temperaturas medias mensuales y anuales, así como las medias de las temperaturas máximas y mínimas registradas en Jaraba, y las temperaturas máximas y mínimas absolutas tanto mensuales como anuales.

Desde el punto de vista termométrico, la temperatura máxima absoluta de todo el periodo estudiado fue de 40,0 ºC en el mes de julio y la temperatura mínima absoluta registrada fue de – 15 ºC en el mes de enero, siendo de destacar la existencia de un largo periodo anual en el que se producen valores mínimos absolutos por debajo de cero grados, o muy próximos a este valor, incluso durante los meses de verano, aumentando el valor de la oscilación diurna de la temperatura lo que reitera el carácter continental del clima en la zona de estudio.

Los valores medios mensuales superan los 10 ºC a lo largo de seis meses, de mayo a octubre; superando los 20 ºC en los meses de julio y agosto.

La media de las temperaturas máximas registradas en Jaraba durante el periodo de estudio tiene un valor medio anual de 19,4 ºC, siendo los valores medios mas altos durante los meses de julio y agosto con unos índices de 30,6 ºC y 30,0 ºC respectivamente.

Asimismo, la media anual de las temperaturas mínimas registradas es de 5,7 ºC, siendo el mes de enero el que tiene valores medios de las temperaturas mínimas inferiores, correspondiendo el valor medio alcanzado a –1 ºC, y el mes de julio el que presenta valores medios de las mínimas más alto con un valor de 13,4 ºC.

En la figura 1 se representa gráficamente la evolución anual de la temperatura media, máxima y mínima absoluta, así como las temperaturas medias de la máximas y de las mínimas. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido (22.0 ºC), y la del mes mas frío (4.5 ºC), es de 17.5 ºC. La oscilación media diurna es

Tabla I

	Temperatura Máxima Absoluta	*Temperatura Máxima Media*	*Temperatura Mínima Absoluta*	*Temperatura Mínima Media*	*Temperatura Media*
Enero	18,0	9,9	–15,0	–1,0	4,5
Febrero	25,0	11,5	–13,0	0,3	5,9
Marzo	28,0	14,5	–10.0	1,7	8,1
Abril	29,0	16,4	–5,0	3,4	9,9
Mayo	39,0	20,8	–3,0	6,9	13,9
Junio	39,0	26,4	3,0	10,8	18,6
Julio	40,0	30,6	0,0	13,4	22,0
Agosto	39,0	30,0	5,0	12,7	21,4
Septiembre	36,0	25,8	0,0	9,8	17,8
Octubre	30,0	19,4	–3,0	5,9	12,6
Noviembre	25,0	14,1	–11,0	2,4	8,2
Diciembre	19,0	10,7	12,0	0,4	5,6
Anual	40,0	19,0	–15,0	5,7	12,6

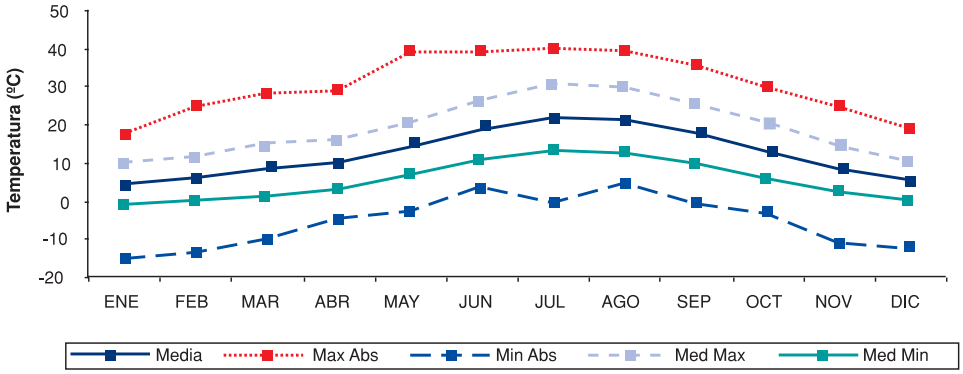


FIGURA 1. *Balneario de Jaraba. Diagrama termométrico.*

mayor en verano que en invierno, alcanzando su máximo en el mes de agosto en el que la diferencia entre la media de las máximas y la media de las mínimas es de 17.3 ºC. El valor mínimo corresponde a diciembre con un valor de 10.3 ºC de oscilación media.

b) Numero de días de helada, bochorno, días con T máxima > 25º, >30 º y días de T mínima < 5ºC (Tabla II)

Se considera día de helada, aquel en que la temperatura mínima es igual o inferior a los 0 ºC. La Tabla II muestra que los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril presentan un considerable número de días con heladas. Durante los meses de mayo y octubre también se registraron algunos días de helada, no registrándose ninguno en los meses de junio a septiembre, siendo el total anual de 68,7.

TABLA II

	Días de Tmax >25ºC	*Días de Tmax >30ºC*	*Días de helada*	*Días de bochorno*	*Días de Tmin < –5ºC*
Enero	0,0	0,0	17,1	0,0	4,9
Febrero	0,0	0,0	13,2	0,0	2,2
Marzo	0,5	0,0	9,0	0,0	0,9
Abril	2,3	0,0	5,0	0,0	0,0
Mayo	8,1	1,6	0,5	0,0	0,0
Junio	20,2	8,8	0,0	0,0	0,0
Julio	28,3	19,7	0,0	0,4	0,0
Agosto	28,0	19,2	0,0	0,1	0,0
Septiembre	18,9	6,4	0,0	0,0	0,0
Octubre	4,5	0,1	1,1	0,0	0,0
Noviembre	0,1	0,0	8,7	0,0	0,8
Diciembre	0,0	0,0	14,1	0,0	3,3
Anual	110,9	55,8	68,7	0,5	12,1

Destacaremos de igual manera que los días de bochorno (días con temperatura mínima mayor de 20 ºC), registrados para el periodo de estudio, son muy escasos, estando siempre distribuidos durante los meses de julio y agosto, pero en una proporción que hemos de considerar muy baja dadas las características continentales del clima de la región en general.

Los días de temperatura máxima igual o superior a 25 ºC, o de verano, ocupan una banda que se extiende desde el mes de marzo al mes de octubre, con un máximo de días con estas características registrado en los meses de julio y agosto en los que apenas dos días como media la temperatura máxima fue inferior a 25 ºC.

Los días calurosos con temperaturas máximas que alcanzan o superan los 30 ºC, se dan desde mayo a septiembre con algún caso puntual en octubre. Atendiendo a la temperatura media diaria, se tiene que el nº anual de días suaves, con t > 10 ºC, es de 198. El de días de bienestar, con t > 15 ºC, es de 125. El de días tropicales, con t > 20ºC, es de 60.

En la Figura 2, se muestran gráficamente el número de días de helada, días con T máxima > 25 ºC, 30 ºC , así como los de T mínima < –5 ºC.

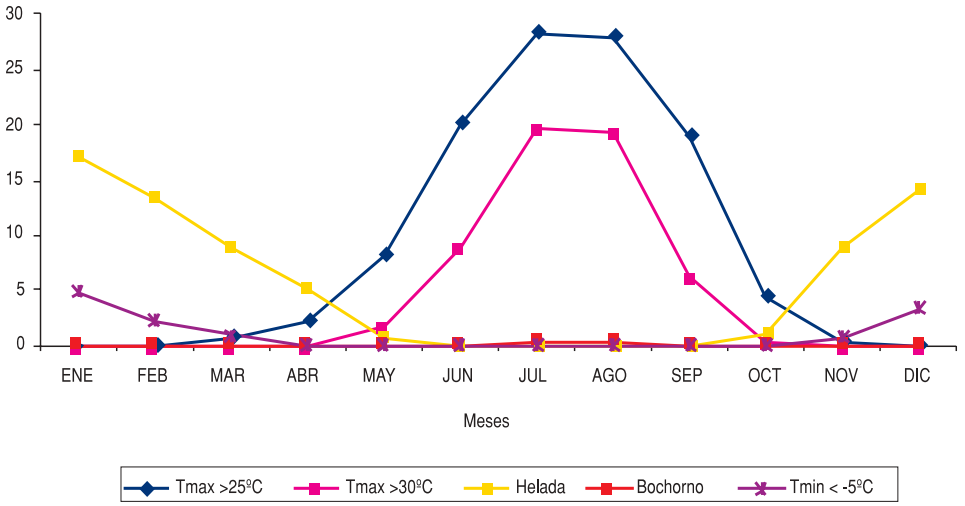


FIGURA 2. *Balnearios de Jaraba.*

c) Oscilaciones extremas

La oscilación es la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas diarias alcanzadas en Jaraba. Dicha evolución nos muestra un comportamiento de la oscilación media diurna bastante uniforme a lo largo del año con un máximo no muy acusado en los meses de verano, debido a que durante los meses de invierno la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas son de muy parecida magnitud a las registradas en el verano como consecuencia de los valores mínimos por debajo de cero grados registrados durante la estación invernal.

d) Estaciones térmicas

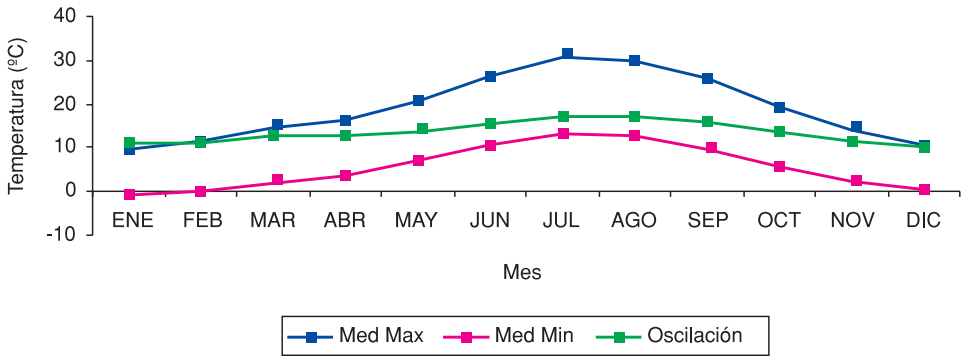


FIGURA 3. *Balnearios de Jaraba. Temperaturas y oscilaciones extremas*

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	*Verano*	*Otoño*	*Invierno*
Temperatura media	10 ºC a17 ºC	> 17 ºC	17 ºC a10 ºC	> 10 ºC

De acuerdo con este criterio, se ha obtenido el Tabla III donde se refleja el comienzo y duración de cada una de las estaciones del año en Jaraba y alrededores.

TABLA III

Estación	*Comienzo*	*Final*	*Porcentaje*
Primavera	15 de abril	4 de junio	13,7
Verano	5 de junio	20 de septiembre	29,6
Otoño	21 de septiembre	31 de octubre	11,2
Invierno	1 de noviembre	14 de abril	45,5

De la tabla anterior podemos deducir la existencia de dos estaciones predominantes que son el invierno y el verano, y la poca duración que tienen la primavera y el otoño, lo que da idea de que generalmente el cambio de las estaciones extremas se hace de una manera brusca sin que apenas tengan desarrollo estas estaciones que tienen un papel moderador del clima. Curiosamente, las fechas coinciden con bastante aproximación con hitos de la meteorología popular. Así, la primavera abarcaría desde el veranillo de las lilas hasta el inviernillo de la oveja, a primeros de junio, después del esquileo. El verano iría desde aquí hasta el veranillo de San Miguel. El otoño, desde aquí hasta el veranillo de San Martín o del membrillo. Y el invierno se extendería hasta el veranillo de las lilas. En comparación con Zaragoza, el verano en Jaraba es un 10% más corto, y el invierno un 10% más largo.

ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

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

La mayor parte de las precipitaciones en Jaraba son en forma de lluvia, teniendo cierta relevancia las nevadas y las precipitaciones de granizo asociadas a unas tormentas de cierta relevancia en primavera y verano.

Pluviométricamente, se observa que la precipitación media anual alcanza el valor de 402,7 mm, distribuida uniformemente a lo largo del año con unos pequeños máximos en los meses de primavera, con 134,9 mm, y otoño, con 102,9 mm. En verano alcanza 91,9 mm, y en invierno 73,0 mm. El valor medio más bajo se produce en el mes de enero con un valor de 20.6 mm (Tabla IV).

En las Tablas V y VI figura el número medio de días mensuales y anual en que ha tenido lugar el meteoro indicado.

El número medio anual de días de lluvia es de 49,6, siendo abril, mayo y junio los meses con un promedio de días de lluvia más alto, 6 y 5 días respectivamente, si bien no existe gran diferencia con el mes que menor número de días de lluvia tiene, que es agosto con

TABLA IV. *Precipitación media mensual y anual (mm)*

	Precipitación Total	*Precipitación Máxima en 24 horas*
Enero	20,6	25,5
Febrero	25,9	33,2
Marzo	30,8	35,0
Abril	46,4	37,5
Mayo	57,7	42,0
Junio	46,7	60,0
Julio	23,6	47,0
Agosto	21,6	36,0
Septiembre	34,1	33,8
Octubre	37,5	43,3
Noviembre	31,3	29,0
Diciembre	26,5	30,0
Anual	402,7	60,0

2 días. En general, la zona se distingue por un régimen pluviométrico pobre a lo largo de todo el año pero uniformemente repartido.

El promedio anual de días de nieve es de 3,0 apareciendo las primeras nevadas durante el mes de noviembre distribuyéndose durante todo el invierno y prolongándose hasta el mes de abril.

El promedio anual de días de precipitación igual o superior a 1 mm es de 54,1 días. Como nos indica la Tabla V, las menores frecuencias se observan en los meses de julio y agosto, mientras que la frecuencia máxima se observa en primavera durante los meses de abril, mayo y junio.

En cuanto al número de días en los que la precipitación media ha sido igual o superior a 10 mm asciende a 14,4 días. El valor máximo de días se produce en mayo, con dos días de media, oscilando el resto de los meses entre ese valor y los 0,6 registrados en enero. Los días en los que la precipitación ha sido superior a 30 mm ascienden a 0,9 como media, un valor que debe ser considerado muy pequeño lo que resalta el pobre régimen pluviométrico de la zona.

TABLA V. *Número medio de días mensuales y anuales con precipitación*

	N.º de días de precipitación	*N.º de días de lluvia*	*N.º de días de nieve*	*N.º de días granizo*	*N.º de días pp ≥ 1 mm*	*N.º de días pp ≥ 10 mm*	*N.º de días pp ≥ 30 mm*
Enero	4,0	3,1	0,8	0,1	3,8	0,6	0,0
Febrero	4,9	3,9	0,9	0,1	4,6	0,8	0,0
Marzo	4,9	4,4	0,4	0,1	4,8	0,9	0,1
Abril	5,8	5,4	0,2	0,2	5,7	1,9	0,2
Mayo	6,6	6,4	0,0	0,2	6,6	2,1	0,2
Junio	5,1	5,0	0,0	0,1	5,5	1,9	0,2
Julio	2,5	2,5	0,0	0,0	2,8	0,6	0,0
Agosto	2,4	2,3	0,0	0,1	2,6	0,8	0,1
Septiembre	3,0	3,0	0,0	0,0	3,6	1,4	0,1
Octubre	4,7	4,7	0,0	0,0	4,7	1,4	0,1
Noviembre	4,7	4,4	0,2	0,1	4,7	1,2	0,0
Diciembre	4,8	4,5	0,3	0,0	4,7	0,8	0,0
Anual	83,4	49,6	2,8	1,0	54,1	14,4	1,0

Los datos de la precipitación se representan gráficamente en la figura 4, que nos permite observar la evolución anual de las precipitaciones medias en la zona de estudio, Jaraba, no existiendo grandes diferencias entre las precipitaciones registradas a lo largo del año.

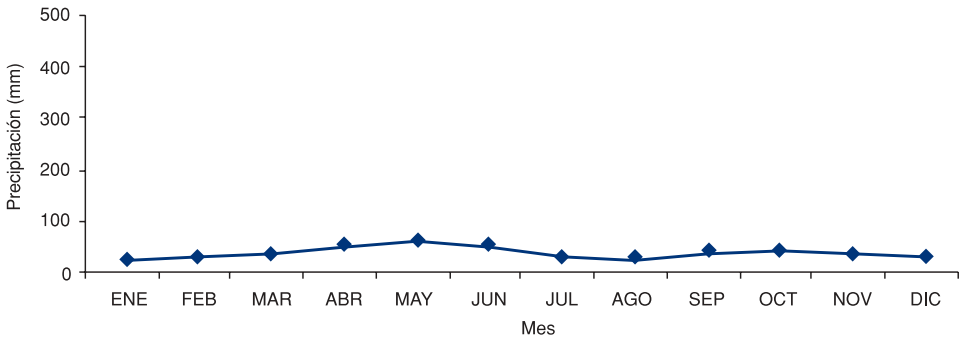


FIGURA 4. *Balnearios de Jaraba. Evolución de los valores medios mensuales de la precipitación.*

TABLA VI

	Enero	*Febrero*	*Marzo*	*Abril*	*Mayo*	*Junio*	*Julio*	*Agosto*	*Septiembre*	*Octubre*	*Noviembre*	*Diciembre*
Días de Tormenta	*0*	*0,1*	*0,3*	*0,6*	*2,3*	*3,3*	*1,9*	*1,9*	*1,6*	*0,4*	*0*	*0*
Días de Escarcha	*0,8*	*0,1*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0,3*	*0,5*

DIAGRAMA OMBROMÉTRICO DE GAUSSEN

En el diagrama ombrométrico de Gaussen (Figura 5) se observa la existencia de meses en los cuales la temperatura es superior a la precipitación como en los meses de julio, agosto y septiembre, ocurriendo lo contrario en el resto de los meses.

Cuando la temperatura es superior a la precipitación, supone un déficit de humedad en el suelo, ya que existe mucha evapotranspiración, en cambio, cuando la precipitación es superior a la temperatura, existe un superávit de humedad en el suelo.

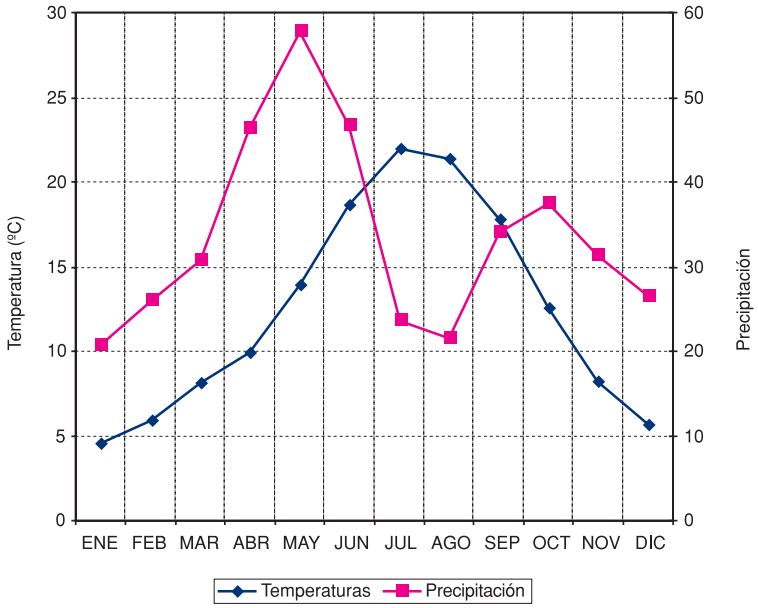


FIGURA 5. *Balnearios de Jaraba. Diagrama ombrométrico de Gaussen.*

VALORES DE ALGUNOS ÍNDICES CLIMATOLOGICOS

En la Tabla VII se indican los valores del Índice de Continentalidad de JOHANSSON (K), el índice de aridez de LANG (L), el índice de aridez de MARTONNE (M), así como el índice termopluviométrico de DANTIN y REVENGA (I).

Estos índices se definen de la siguiente manera:

K = 1,6 (A / sen J) – 14
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 mas frío y **J** es la latitud geográfica.

TABLA VII. *Índices climatológicos*

Índice de Johanson	*Índice de Lang*	*Índice de Martonne*	*Índice de Dantin-Revenga*
28,2	32,0	17,8	3,1
Contiental	Árido	Mediterráneo seco	Semiárido

Del cálculo de estos índices podemos concluir que nos encontramos ante un clima de marcado carácter continental de carácter árido apoyado por el valor obtenido de la clasificación de Johansson y el índice de Lang o factor de pluviosidad.

Según los cálculos efectuados para el índice de Martonne, estaríamos ante un clima tipo estepario o perteneciente, como es el caso, a un clima mediterráneo seco, característica de aridez que también se manifiesta en el calculo de índice de Dantin-Revenga para el cual la clasificación propuesta estaría en un clima semiárido.

BALANCE HÍDRICO

La mejor forma de tipificar el régimen pluviométrico es mediante el balance hídrico, o diferencia entre la precipitación y la pérdida del

agua del suelo por evapotranspiración (evaporación + transpiración de las plantas). En la Tabla VIII figura el balance hídrico mensual y anual correspondiente a los Balnearios de Jaraba.

Tabla VIII. *Balance hídrico*

	P	*ETP*	*ETR*	*ΔR*	*R*	*Exceso*	*Déficit*	*I. Humed.*
Enero	21	11	11	10	30	0	0	1,9
Febrero	26	16	18	10	40	0	0	1,6
Marzo	31	29	29	2	42	0	0	1,1
Abril	46	41	41	5	47	0	0	1,1
Mayo	58	72	72	–14	33	0	0	1,5
Junio	47	107	80	–60	0	0	27	0,7
Julio	24	136	24	0	0	0	112	0,2
Agosto	22	122	22	0	0	0	100	0,2
Septiembre	34	84	34	0	0	0	50	0,4
Octubre	38	49	38	0	0	0	11	0,8
Noviembre	31	24	24	7	7	0	0	1,3
Diciembre	27	14	14	13	20	0	0	1,9
Año	405	05	405			0	300	0,6

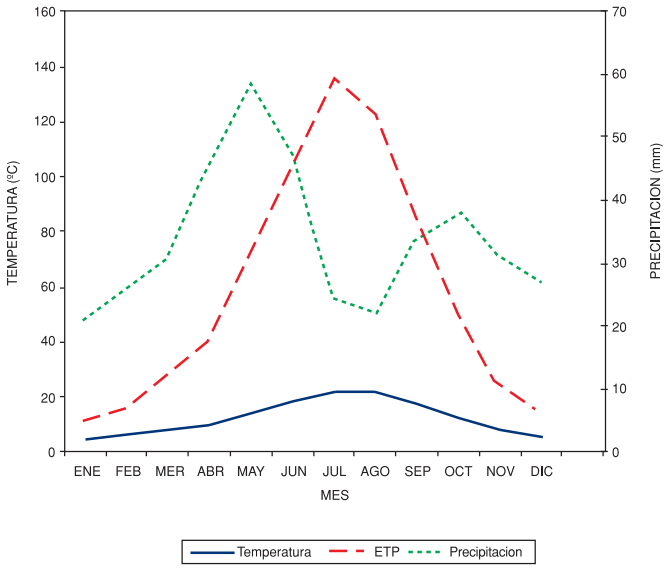


Figura 6. *Balnearios de Jaraba. Balance hídrico.*

RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla IX se muestran los valores de las horas de Sol expresadas en porcentaje en relación con la insolación máxima y la Radiación Solar Global Media Diaria en cal/cm^2.

TABLA IX

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
% Insolación	40	45	46	45	58	62	82	80	58	53	35	35	54
Radiación Global Media Diaria cal/cm^2	170	250	350	450	625	655	720	625	450	320	200	170	400

En las figuras 7 y 8, se muestran las evoluciones de los valores representados en la Tabla IX.

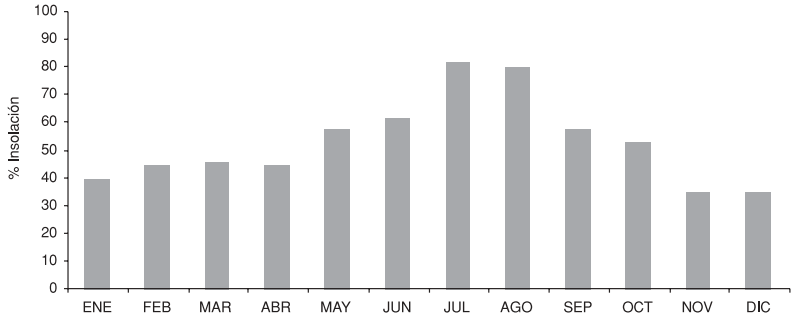


FIGURA 6. *Balnearios de Jaraba. Insolación.*

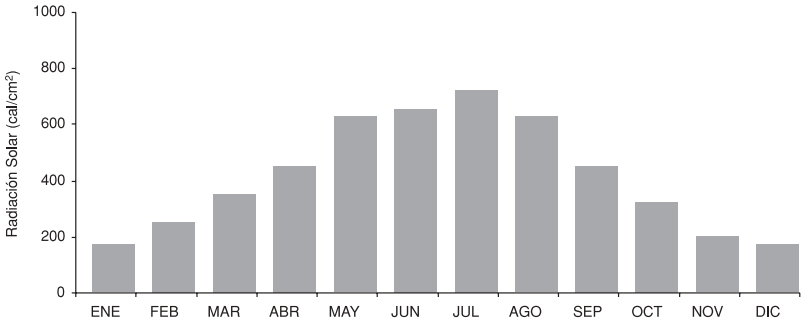


FIGURA 6. *Balnearios de Jaraba. Radiación solar global media.*

CLIMOGRAMA

Dentro del estudio realizado para los Balnearios de Jaraba, nos parece interesante incluir los climogramas y el estudio bioclimatológico de la zona representada por los datos de Daroca, muy próxima a la zona de estudio, y que presenta parecidas características bioclimáticas.

El climograma temperatura-humedad asocia estas dos variables a las sensaciones climáticas que percibimos en cada instante.

El hombre esta afectado por el tiempo y el clima de muchas maneras que influyen en las sensaciones de bienestar o de incomodidad que percibe, y que además, tienen una consecuencia tanto física como mental reflejándose en su conducta. Para calcular estos efectos 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.

El indicador utilizado para el estudio bioclimático de Daroca 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 ºC suministra un límite de carga crítica de calor, por encima de esta temperatura existe un límite máximo de confort humano que ronda los 30 ºC.

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 de su nivel de actividad que influye en las anteriores y de las condiciones ambientales.

La clasificación climática de acuerdo con el criterio de Misenard es la siguiente:

> 30 ºC	MUY CALUROSO
24,1 ºC A 30 ºC	CALOR MODERADO (CM)

18,1 ºC A 30 ºC	CALOR AGRADABLE (CA)
12,1 ºC A 18 ºC	SUAVE (S)
6,1 ºC A 12 ºC	FRESCO (f)
0,1 ºC A 6 ºC	MUY FRESCO (Mf)
–11,9 ºC A 0 ºC	FRÍO (F)

El climograma de temperatura-humedad nos da una idea para una persona vestida y con una actividad normal del confort relativo teniendo en cuenta las variables temperatura media y humedad relativa media obteniéndose para las personas que habitan en la zona de estudio que la sensación de bienestar se produce durante los meses de mayo, junio, septiembre y octubre, la sensación de calor en los meses de julio y agosto, y la sensación de frío se prolonga durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

La distribución anual de las sensaciones climáticas representada en porcentaje en el diagrama circular da como resultado la siguiente (Tabla X):

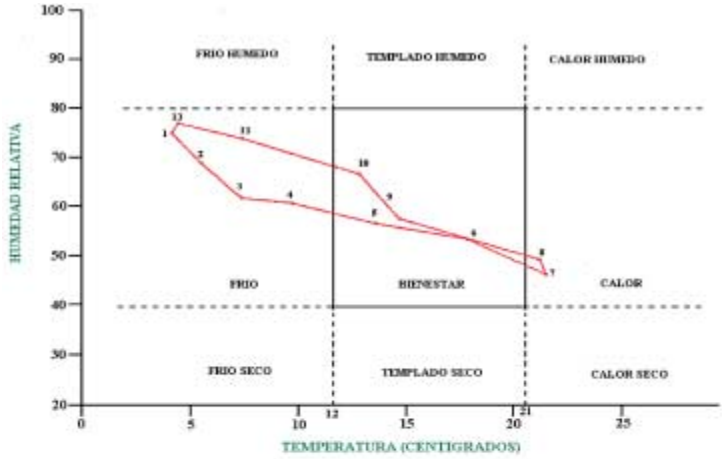
TABLA X

Sensación climática	*Muy caluroso*	*Calor mod. (CM)*	*Calor agradab. (CA)*	*Suave (S)*	*Fresco (f)*	*Muy fresco (Mf)*	*Frío (F)*
Porcentaje			*16,7*	*16,7*	*17,0*	*32,6*	*17,0*

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
SERVICIO DE METEOROLOGÍA MEDIOAMBIENTAL

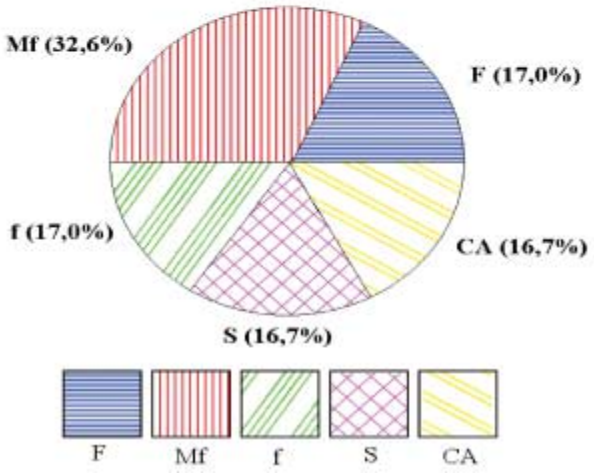
CLIMOGRAMA TEMPERATURA-HUMEDAD

DAROCA



PORCENTAJE ANUAL DE SENSACIONES CLIMÁTICAS

DAROCA



Período 1961-1990

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 559-595

Vegetación del entorno de los Balnearios de La Virgen, Sicilia y Serón, Jaraba (Zaragoza)

MIGUEL LADERO ÁLVAREZ, Mª TERESA SANTOS BOBILLO, ÁNGEL AMOR MORALES, JAVIER GONZÁLEZ IGLESIAS, Mª TERESA ALONSO BEATO, Mª EVANGELINA SÁNCHEZ RODRÍGUEZ Y MIGUEL ÁNGEL LUENGO [*]

Departamento de Botánica, Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca.

RESUMEN

Se estudian los principales aspectos bioclimáticos, biogeográficos y edáficos de los alrededores de los Balnearios de Jaraba (Zaragoza), señalando las comunidades vegetales climatófilas, edafófilas y edafoxerófilas, así como sus etapas seriales más representativas.

Hemos creído conveniente, para facilitar una mejor comprensión de la descripción de las comunidades vegetales estudiadas en el texto y de las plantas medicinales más significativas, presentar una serie de fotografías en color de la mayor parte de los ecosistemas vegetales estudiados. Finalmente, se incluye una relación de las plantas de uso medicinal utilizadas tanto en el ámbito comarcal como nacional.

Palabras clave: Vegetación.—Fitosociología.—La Virgen, Sicilia y Serón.—Jaraba.—Zaragoza.—España.

ABSTRACT

Vegetation in the surroundings of the La Virgen, Sicilia and Seron spas in Jaraba (province of Zaragoza, Spain)

This work studies the main bioclimatic, bio geographic and podological aspects of the surroundings of Jaraba spa (province of Zaragoza, Spain) reporting on the most representative climatophilous, edaphofilous and edaphoxerofilous plant communities as well as the serial stages found there.

In order to facilitate a better compression about description of the vegetal communities studied in this work, and the most significant medicinal plant, we presents a series of photographs of the studied vegetal ecosystems. Finally, a list

[*] *Departamento de Geografía, Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Salamanca*

of plants suitable for medicine use, based on information at both local and national level, is included.

Key words: Vegetation.—Phytosociology.—La Virgen, Sicilia y Serón.—Jaraba.— Zaragoza.—Spain.

INTRODUCCIÓN

Continuando con la labor emprendida por la Real Academia de Farmacia desde hace ya varios lustros, hoy nos ha correspondido visitar y estudiar el entorno botánico de los balnearios situados en el término municipal de Jaraba (Zaragoza). En esta localidad se encuentran los de Serón en el pueblo y los de Sicilia y La Virgen aguas arriba del río Mesa.

En 1895, el doctor ALEJANDRO DE GREGORIO Y GUAJARDO (1) realizó el trabajo sobre el "Estudio de las aguas termales clorurado-sódicas variedad bicarbonatadas" de los balnearios de Jaraba, propiedad de D. Mariano Serón, y cuya documentación nos ha sido remitida por la profesora y amiga Carmen de la Rosa.

En el trabajo del Dr. De Gregorio, uno de sus apartados, está dedicado a las plantas que crecen en las proximidades de los balnearios, proporcionando una lista de plantas ordenadas siguiendo las clasificaciones de la época. En esta relación se consignan dos especies de hongos, dos pteridofitos, dieciocho monocotiledóneas, tres gimnospermas pertenecientes al género *Juniperus* (sabina común, sabina albar y enebro) y ciento veintidós dicotiledóneas.

Nos ha llamado la atención por su rareza *Hippophae rhamnoides* L. (Arto blanco de Aragón o espino amarillo), planta que Flora Ibérica (2) señala exclusivamente de la provincia de Huesca y cuya presencia en Jaraba podría estar ligada al cultivo, por tener frutos comestibles, o cultivada como ornamental. También nos han parecido dudosas la presencia de *Menyanthes trifoliata* L. (trébol de agua o trébol febrino) y *Origanun mejorana* L. (mejorana). La primera es una planta propia de los borde de lagunas y suelos encharcados en la alta montaña española, en tanto que la segunda se la conoce naturalizada, procedentes de cultivos en los alrededores de Algeciras, como señala O. SOCORRO (3). En muchas ocasiones, bajo el nombre de mejorana se conocen en determinadas regiones a las

especies españolas del género *Origanum* L.. Finalmente, consideramos que la cita dada por De Gregorio de *Carlina acualis* L. (cardo ajonjero blanco), debe ser errónea, al tratarse de un elemento típico de las cumbres y collados del Pirineo.

La ubicación de los balnearios de Jaraba nos han permitido recorrer su término municipal y algunas áreas próximas pertenecientes a los municipios de Ibdes, Nuévalos, Campillo de Aragón y Calmarza, donde hemos encontrado una vegetación muy interesante y a veces bien conservada, lo cual nos ha permitido reconocer numerosas comunidades vegetales e identificar algunas especies de gran interés medicinal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar el estudio bioclimático y biogeográfico y la nueva visión sobre las series de vegetación hemos utilizado la información aportada por RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* (4) (5) (6).

Para el análisis de las comunidades vegetales se han levantado inventarios fitosociológicos, según el método de ZURICH-MONTPELIER expuesto por BRAUN-BLANQUET (7), GÉHU y RIVAS-MARTÍNEZ (8).

En las comunidades vegetales identificadas en función de sus características florísticas, ecológicas y dinámicas, hemos considerado imprescindible incorporar uno o más inventarios representativos, realizados en el área de trabajo. Consideramos que la inclusión de los inventarios fitosociológicos, después del comentario ecológico de cada comunidad, es el mejor testimonio de la presencia de los distintos tipos vegetación.

Los pliegos recolectados para la realización de este trabajo, han sido depositados en el Herbario SALA de la Universidad de Salamanca.

En la nomenclatura de los sintaxones hemos seguido el criterio de RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* (4) (5). Para la determinación de los taxones, hemos seguido los trabajos de CASTROVIEJO *et al.* (2), G. MATEO (9) y TUTIN *et al.* (10).

RESULTADOS

Situación geográfica

Jaraba se encuentra situada en el límite sur oriental de la provincia de Zaragoza. Limita con los términos de Cetina, Ibdes, Campillo de Aragón y Calmarza. Está recorrido de oeste a este por el río Mesa, afluente del río Piedra; vertiendo sus aguas en el embalse de la Tranquera. El área de estudio se extiende desde la cota de los 700 m, en el embalse de la Tranquera, hasta los 1044 m del pico de Cañadillas (Figura 1).

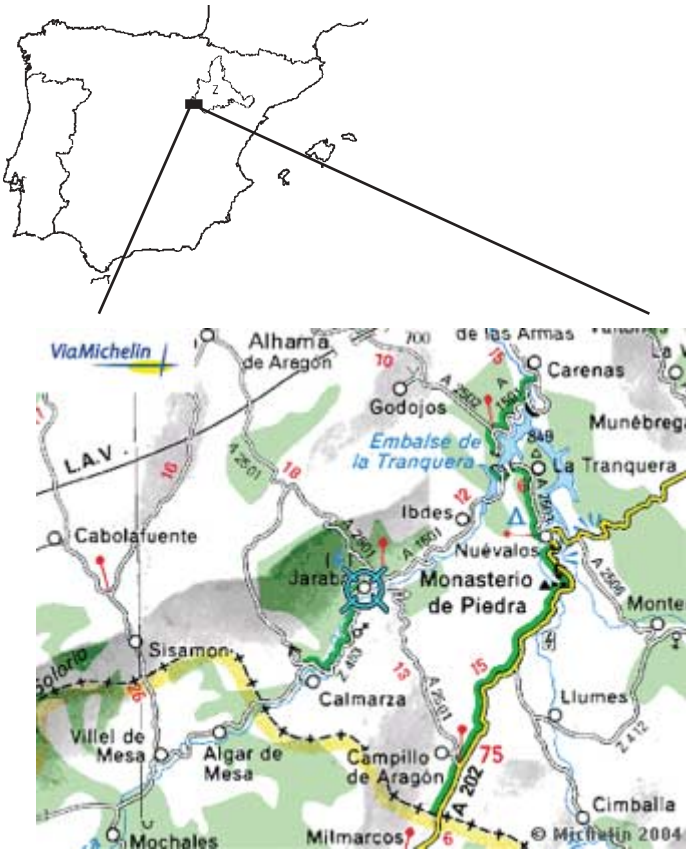


FIGURA 1. *Situación geográfica de los Balnearios de Jaraba.*

Bioclimatología

En función de los datos meteorológicos recogidos por RIVAS-MARTÍNEZ *et al.* (6) de las estaciones meteorológicas de Ibdes y Jaraba, podemos señalar que la zona de estudio se encuentra dentro del macrobioclima mediterráneo, bioclima mediterráneo pluviestacional oceánico, piso bioclimático con termotipo mesomediterráneo superior, y ombrotipo seco superior. Los datos aportados por el índice de continentalidad nos sitúan el territorio dentro del tipo oceánico y subtipo semihiperoceánico-eutemplado. Las partes altas por encima de los 900 m.s.n.m. y en función de la vegetación potencial y actual reconocemos la existencia del piso bioclimático y supramediterráneo superior y ombrotipo subhúmedo inferior, y en cuanto a la continentalidad, semicontinental eutemplado. Nuestra opinión está basada en la presencia de los sabinares albares y sus etapas de sustitución.

Biogeografía del territorio

Según la nueva ordenación biogeográfica propuesta por RIVAS-MARTÍNEZ *et al*. (5), el territorio objeto de este trabajo se encuentra incluido en la Provincia Mediterránea Ibérica-Central, subprovincia Castellana, Sector Celtibérico-Alcarreño**,** representado por los Distritos Altoalcarreño y Paramero-Molinés. También se presentan en la parte suroriental de la zona estudiada, algunas comunidades que nos marcan el límite occidental del Sector Ibérico-Maestracense, como son los quejigares supramediterráneos subhúmedo-húmedos definidos por la asociación *Sileno melliferae-Quercetum faginae* de ciertas umbrías en Campillo de Aragón y Monterde.

Breve reseña estratigráfica

Existe un predominio de rocas básicas, donde destacan las calizas y dolomías cretácicas entre las que corre el río Mesa. En las proximidades de Nuévalos, hemos observado sedimentos triásicos pertenecientes a la formación del Keuper generalmente en forma de margas irisadas y yesos, lo cual hemos detectado por la presencia de

plantas gipsícolas como: *Ononis tridentata,* L., *Herniaria fruticosa* L. o *Gypsophila hispanica* Willk.

Los sedimentos terciarios pertenecientes al Mioceno ocupan gran parte del territorio, estando formados por conglomerados y arcillas. En el límite con el término de Cetina, se presenta una gran extensión formada por arcillas con cantos cuarcíticos. Los sedimentos cuaternarios se encuentran a lo largo del río Mesa, en los barrancos de Santa Agueda, San Vicente, Valdecelada y Camarero, la mayor extensión de estos sedimentos se encuentran en las vegas de Ibdes y cola del pantano de la Tranquera. Los sedimentos cuaternarios están formados por tobas calcáreas, limos, arcillas y gravas de origen aluvial IGME (11), (12), (13), (14).

Comunidades vegetales

Para la ordenación de las mismas hemos creído conveniente agruparlas en varios apartados en función de los distintos tipos de vegetación.

A) Vegetación climatófila y edafoxerófila

1. *Encinares*

Vegetación arbórea que recibe exclusivamente el agua de lluvia. En el territorio estudiado hemos reconocido, en función de la altitud, el sustrato y los pisos bioclimáticos, distintos tipos de comunidades arbóreas formadas por encinas, sabinas albares y negrales, como elementos más representativos.

La vegetación potencial del territorio corresponde a un encinar supramediterráneo seco subhúmedo, de distribución celtibérica-alcarreña, definido por la asociación *Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae*. También debemos poner de manifiesto que en las parte altas, en las proximidades del puerto de Campillo, debido a los suelos esqueléticos, el encinar ha sido sustituido por un sabinar negral con escaso grado de cobertura, y al que nosotros consideramos como una vegetación permanente no climática. La razón fundamental de

esta aseveración está en la presencia de estos encinares en el camino de Campillo de Aragón a Nuévalos, a alturas que se aproximan a los 1000 m. de altitud.

En las tierras bajas comprendidas entre los 700 y los 900 m, ya que la cota inferior la marca el pantano de la Tranquera a 700 s.n.m., hemos reconocido como vegetación climatófila, encinares. En cuanto a su estructura arbórea, es un encinar denso con escasos elementos arbustivos. Estos encinares que ocuparon en otro tiempo las tierras arcillosas con cantos cuarcíticos, en la actualidad han sido sustituidos por tierras de labor, quedando algunos linderos donde todavía es posible reconocer esta vegetación. El encinar, varias veces talado, ha sido sustituido por un matorral alto de 2 a 3 m, constituido por matas de encina, a las que acompañan algunos enebros (*Juniperus oxycedrus* L.) y sólo en etapas muy avanzadas de la recuperación, puede presentarse la sabina albar (*J. thurifera* L.). Una característica de estos encinares, como señala G. LÓPEZ (15), es la pobreza en elementos de la clímax, posiblemente se deba a la continentalidad. Estos encinares los hemos inventariado al norte del término municipal de Jaraba, camino de Cetina (Figura 2) y en el barranco de la Boca de la Hoz, término de Campillo de Aragón.

FIGURA 2. Encinar supramediterráneo de *Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae,* entre Jaraba y Cetina (Zaragoza).

Como ejemplo presentamos el siguiente inventario levantado en el término de Jaraba, UTM 30TWL8996.

Altitud: 900 m, Área en m^2: 500, Cobertura en %: 90. Características de asociación y unidades superiores 4 *Quercus rotundifolia,* 1 *Juniperus oxycedrus*, 1 *Carex halleriana,* 1 *Rhamnus lycioides, + Juniperus thurifera.* Compañeras: 3 *Rosmarinus officinalis*, 1 *Bupleurum fruticescens*, 1 *Genista scorpius*, 1 *Helianthemum cinereum* subps. *rotundifolium,* 1 *Helianthemum hirtum,* 1 *Teucrium gnaphalodes, + Stipa offneri, + Dorycnium pentaphyllum, + Brachypodium retusum*, *+ Koeleria vallesiana.*

2. *Sabinares negrales*

Como ya hemos indicado con anterioridad, este tipo de vegetación coloniza litosuelos, poblando collados y laderas en el puerto del Campillo, o se refugia como vegetación subrupícola en la base de cantiles y derrubios a lo largo del Cañón del río Mesa (Figura 3) y en la Cañada del Campillo. Tanto en un caso como en otro, los sustratos están formados por calizas y dolomías cretácicas y sobre este

Figura 3. Sabinar negral de *Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniciae.* Cañón del río Mesa, Jaraba.

tipo de sustrato se desarrolla una vegetación generalmente arbustiva, donde destacan la sabina negral o roma (*Juniperus phoenicea* L. subps. *phoenicea*) y el escambrón (*Rhamnus lycioides* L.). Es una comunidad arbustiva, abierta, con un grado de cobertura que no supera el 60%. En las partes bajas más calientes por la protección de cantiles y farallones, la comunidad se ve enriquecida por la presencia de plantas termófilas, como la bocha o cebollada (*Globularia alypum* L.) y la ruda (*Ruta chalepensis* subsp. *angustifolia* (Pers) Coutinho). Esta comunidad como señala G. Lopez (15) era conocida del distrito corológico albarracinense y de la Serranía de Cuenca.

Al estudiar la composición florística de los sabinares tanto del Cañón del río Mesa, como de los collados y laderas, por encima de los 900 m, entre Jaraba y Campillo de Aragón y compararlos con los inventarios presentados por Rivas-Martínez (16) y (17), en la descripción de los sabinares albares y sus tomillares de sustitución, observamos que se trata de series de vegetación distintas. Los sabinares albares y sus etapas de sustitución constituyen la serie supramediterránea maestrazgo-ibérico-alcarreña de *Juniperus thurifera* L., *Juniperetum hemisphaerico-thuriferae,* en tanto que la estudiada por nosotros, cuando los suelos son profundos, corresponde a la serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de la encina: *Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae sigmetum*, que en el estado actual sobre litosuelos, ha sido desplazada por un sabinar negral que se comporta como comunidad permanente.

Las diferencias entre la vegetación del sabinar que coloniza derrubios y roquedos en el cañón del río Mesa y el de las zonas superiores hay que buscarlas en la etapa serial. En la parte inferior queda reducido a un pequeño número de taxones termófilos ya comentados, en tanto que en las superiores hacen su aparición plantas tales como: *Genista pumila* subps. *rigidissima* (Desf.) Poir, *Teucrium expanssum* Pau, *Sideritis spinulosa* Barnades ex Asso y *Festuca hystrix* Boiss. Debemos señalar que taxones como: *Genista pumila* subps. *rigidissima* (Desf.) Poir, y *Sideritis spinulosa* Barnades ex Asso, ya aparecen en las zonas abiertas sobre litosuelos de las zonas inferiores.

Consideramos que es un escaso bagaje para poder pensar que estas formaciones representen las etapas empobrecidas del bosque

sabinero albar de *Juniperetum hemisphaeri thuriferae* o de sus tomillares de sustitución, definidos por la asociación *Lino appressi-Genistetum rigidissimae*. Como ejemplo de este tipo de vegetación, presentamos en la Tabla 1 cinco inventarios levantados en el término de Jaraba.

TABLA 1. *Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniceae (Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniciae, Pistacio-Rhamnetalia alaterni,Quercetea ilicis)*

Altitud 1=10 m	80	80	80	90	97
Área en m^2	50	100	200	100	100
Cobertura en %	60	70	60	40	70
Nº de especies	22	5	16	15	33
Nº de orden	1	2	3	4	5
Características					
Juniperus phoenicea	2	3	3	3	3
Rhamunus alaternus	1	2	1	1	+
Rhamnus lycioides	1	+	1	.	.
Carex halleriana 1en 1; *Pistacia terebinthus* 2, *Amelanchier ovalis* 2 y *Crataegus monogyna* 2 en 3.					
Compañeras					
Rosmarinus officinalis	2	+	2	2	3
Lavandula latifolia	2	.	1	2	2
Genista scorpius	1	.	1	1	1
Salvia lavandulifolia	.	1	1	2	2
Thymus zygis	1	.	1	1	1
Digitalis obscura	1	.	+	.	1
Fumana ericifolia	1	.	.	+	+
Brachypodium retusum	2	.	.	1	2
Bupleurum fruticescens	1	.	.	1	.
Helianthemum rotundifolium	1	.	.	1	.
Campanuda hispanica	+	.	.	.	+
Coris monspeliensis	+	.	.	.	+
Ruta chalepensis	+	.	+	.	.
Ononis pusilla	+	.	.	.	+
Sideritis spinulosa	.	.	.	1	1
Festuca hystrix	.	.	.	+	+

Otras compañeras: *Hormathophylla lapeyrousiana* +, *Globularia vulgaris* subsp. *valentina* +, *Jasonia glutinosa* +, *Festuca capillifolia* 2, *Linum.suffuticosum* + y *Globularia alypum* + en 1; *Santolina squarrosa* 1 y *Nepeta aragonensis* + en 3; *Helinathemum pilosum* +, *Anthyllis vulneraria* 1 y *Koeleria vallesiana* + en 4; *Genista pumila* subsp. *rigidissima 2, Stipa iberica 2, Aphyllanthes monspeliensis 1, Teucrium expanssum* 1, *Stipa offneri 1, Thymus vulgaris* 1, *Melica minuta* +, *Sedum sediforme* +, *Helianthemum hirtum* +, *Mathiola fruticulosa* +, *Inula montana* +, *Thesium divaricatum* +, *Argyrolobium zanonii* +, *Thymelaea pubescens* +, *Asperula scabra* +, *Avena bromoides* +, *Carduus assoi* + y *Leuzea conifera* + en 5.

Localidades 1.- Jaraba, Cañón del río Mesa UTM 30TWL9359. 2.- Al lado del anterior. 3.- Jaraba, Cañada del Campillo UTM 30TWL 9358. 4.- Jaraba, Puerto del Campillo UTM 30TWL9557. 5.- Jaraba, Puerto del Campillo, UTM 30TWL9558.

3. *Salviares*

La desaparición de los encinares pertenecientes a la asociación *Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae,* debido a la acción antrópica, ha dado paso al establecimiento de matorrales y tomillares. Por tratarse de suelos básicos más o menos profundos, han permitido el establecimiento de un tomillar formado por espliegos y salvias como elementos más representativos. Esta formación vegetal es similar a la existente en la Alcarria y a la vista de la composición florística, consideramos pertenece a la asociación *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae.* En los suelos más degradados de la zona inferior y en el límite altitudinal del encinar entre los 900 y 1000 m, la comunidad se encuentra enriquecida con la presencia de elementos de paramera como: *Genista pumilla* subp. *rigidissima* (Desf.) Poir, *Satureja cuneifolia* subp *gracilis* G. López (Figura 4), *Sideritis spinulosa* Barnades ex Asso (Figura 5) y *Teucrium expanssum* Pau. La presencia de estos taxones pone de manifiesto la existencia de una nueva comunidad, cuyo areal se extiende al sur del Ebro, como señalan Molina *et al.* (23) entre los valles de los ríos Queiles y Guadalope y que nosotros ampliamos ahora a la cuenca del Jalón en la parte suroccidental de la provincia de Zaragoza. Esta comunidad corresponde a la *Sideritido spinulosae-Lavanduletum latifoliae* (Figura 6). Como resumen de lo anteriormente expuesto podemos concluir, que los salviares existentes en el área de estudio pertenecen a dos asociaciones diferentes en función de la profundidad de los suelos. En los suelos profundos se encuentra el salviar alcarreño definido por la asociación *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae*,

como etapa serial de los encinares con sabinas albares, en tanto que sobre los suelos esqueléticos y sobre todo por encima de los 900 m, el salviar corresponde a la asociación *Sideritido spinulosae-Lavanduletum latifoliae* que sustituye a los sabinares negrales.

Figura 4. Ajedrea montesina o hisopillo *(Satureja cuneifolia* subps. *gracilis* (G. López). Puerto del Campillo, Jaraba.

Figura 5. *Sideritis spinulosa* Barnades ex Asso, alrededores de Ibdes.

FIGURA 6. Salviar de *Sideritido spinulosae-Lavanduletum latifoliae*. Puerto del Campillo, Jaraba.

En la Tabla 2 presentamos cinco inventarios, que por su diversidad es conveniente comentar. El inventario nº 1, ha sido levantado sobre suelos profundos y representa al salviar alcarreño. En cuanto a los inventarios 2 y 3, han sido tomados sobre litosuelos muy degradados en las proximidades de Jaraba, por ser cañada para el paso de ganado, y en los derrubios del cañón del río Mesa; en nuestra opinión representan el tránsito entre ambas comunidades. El inventario nº 4 representa el salviar bajoaragonés.

Los tomillares de la zona inferior, sobre suelos degradados con un aprovechamiento ganadero intenso, se ven enriquecidas por elementos de sisallares, entre los que destacan *Artemisia herba alba* subps. *valentina* (Lam.) Mascláns y *Santolina chamaecyparissus* subps. *squarrosa* (DC.) Nymans, lo cual da a estos tomillares un aspecto blanquecino muy característico. Como ejemplo de este tipo de vegetación remitimos al inventario nº 5 de la Tabla 2.

TABLA 2. a) *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae*. b) *Sideritido spinulosae-Lavanduletum latifoliae* (*Sideritido incanae–Salvion lavandulifoliae, Rosmarinetalia, Rosmarinetea officinalis*)

Altitud 1=10 m	90	76	80	88	76
Área en m²	100	100	100	50	100
Cobertura %	80	50	60	60	70
Nº de especies:	20	10	14	13	22
Nº de orden	1	2	3	4	5
Características					
Genista scorpius	2	2	2	+	.
Fumana thymifolia	1	1	+	1	.
Lavandula latifolia	.	1	2	2	+
Rosmarinus officinalis	2	1	.	+	.
Thymus zygis	2	1	.	1	.
Helianthemum paniculatum	1	.	+	.	+
Atractylis humilis	1	.	.	+	+
Genista pumila subps. *rigidissima*	.	2	1	3	.
Satureja cuneifolia subps. *gracilis*	.	1	.	2	+
Linum tenuifolium subp.suffruticosum	1	.	1	.	.
Lithospermum fruticosum	1	.	.	+	.
Bupléurum fruticescens	2	.	+	.	.
Teucrium gnaphalodes	+	.	.	.	+
Salvia lavandulifolia	+	.	.	+	.
Thymus vulgaris	.	.	1	.	3
Teucrium expassum	.	.	1	1	.
Sideritis spinulosa	.	.	.	1	2

Hippocrepis commutata 1,*Helianthemum hirtum*+ y *Stipa offneri* + en 1; *Digitalis obscura* 1 en 3.

Compañeras					
Santolina squarrosa	1	.	2	.	2
Brachipodium retusum	.	1	.	2	2
Phlomis lychnitis	+	.	.	.	+
Echinops ritro	+	1	.	.	.
Centaurea aspera	+	.	.	.	1
Helichrysum serotinum	.	.	2	.	+

Además: *Marrubium supinum* +, *Argyrolobium zanonii* + en 1; *Quercus coccifera* 2 en 2; *Rhamnus alaternus* 1 y *Sangisorba rupícola* + en 3; *Sedum acre 3, Artemisia*

valentina 3, *Silene legionensis* 1, *Mantisalca salmantica* +, *Pallenis spinosa* +, *Reseda lutea* +, *Paronychia kapela* +, *Sideritis montana* +, *Reseda undata* + y *Leuzea conifera* + en 5.

Localidades**:** 1.- Jaraba, entre Calmarza y Cetina, UTM 30TWL9064. 2.- Jaraba, cruce carretera Jaraba Cetina, UTM 30TWL9061. 3.- Jaraba Cañón del río Mesa UTM 30TWL9359. 4.- Jaraba, subida al puerto de Camp1illo, UTM 30TWL9560, 5.- Ibdes, UTM 30TWL9864.

4. *Tomillares yesosos*

En los alrededores del pantano de la Tranquera, sobre los yesos y margas triásicas de las proximidades de Nuévalos, hemos reconocido el tomillar gipsícola perteneciente al subalianza *Gypsophilenion hispanicae,* de distribución en las subprovincias Bajoaragonesa y Oroibérica y de algunos enclaves de la Castellana (Sector Celtibérico-Alcarreño). En función de la composición florística, la asociación reconocida corresponde a la *Teucrio expanssi-Ononidetum striatae*. Dicha comunidad queda definida en el área de estudio por la presencia de *Gypsophila hispanica* Willk. (Figura 7)*, Teucrium expanssum* Pau y *Sideritis spinulosa* Barnades ex Asso, faltando el elemento bético-manchego *Jurinea pinnata (*Lag.) DC.*,* planta señalada por Rivas Goday y Borja (18) de la localidad de Camarena (Teruel). Esta comunidad ya fue denunciada por Ladero *et al*. (19) de las proximi-

FIGURA 7. Matorral gipsícola de *Gypsophila hispanica* Willk., pantano de la Tranquera, Nuévalos.

dades de Arcos de Salinas (Teruel). La comunidad aquí denunciada tiene grandes punto de contacto tanto con la asociación *Ononidetum tridentatae* Br.-Bl y O. Bolós 1958 descrita del Valle del Ebro, como con la *Thymo gipsicolae-Ononidetum tridentatae* Rivas-Martínez y G. López *in* G. López 1976.

Como ejemplo de este tipo de vegetación, presentamos los inventarios incluidos en la Tabla 3.

TABLA 3. *Teucrio expansi-Gypsophiletum hispanicae (Gypsophilenion hispanicae, Lepidion subulati, Gypsophiletalia, Rosmarinetea officinalis)*

Altitud 1= 10 m	70	74	80
Área en m^2	100	100	100
Cobetura en %	80	80	70
Nº de especies	17	15	16
Nº de orden	1	2	3
Características			
Ononis tridentata	3	3	3
Gypsophila hispanica	2	3	3
Herniaria fruticosa	1	2	+
Stipa offneri	2	2	2
Euphorbia nicaensis	1	1	1
Koeleria castellana	2	2	.
Teucrium expanssum	1	2	.
Sideritis spinulosa	1	+	.
Helianthemum hirtum	+	1	.
Thymus zygis	1	2	.
Salvia lavandulifolia	.	1	2
Atractylis humilis	.	+	+

*Lavandula latifolia*1, *Genista scorpius* 1, *Astragalus incanus*, 1 y *Coronilla minima* + en 1; *Launea fragilis* +, *Rosmarinus officinalis* 2 y *Helianthemum rotundifolium* + en 2; *Lepidium subulatum* 1 y *Lithospermum fruticosum* + en 3.

Compañeras			
Santolina squarrosa	+	.	+
Artemisia valentina	+	.	2

Además: *Brachypodium retusum* + en 1; *Plantago albicans* 1, *Moricandia arvensis* +, *Glaucium corniculatum* +, *Convolvulus lineatus* + y *Astragalus stella* + en 3.

Localidades: 1.- Nuévalos, Cerro Colorado UTM 30TXL0065; 2.- Nuévalos, proximidades del núcleo urbano UTM 30TTXL0165; 3.- Nuévalos UTM 30TXL0463.

5. *Matorrales subnitrófilos*

El pastoreo intensivo y la proximidad a los núcleos urbanos permiten la instalación de un matorral de aspecto ceniciento, dominado por especies de los géneros *Artemisia, Salsola* y *Santolina*. Presentan su floración durante el verano y comienzos del otoño. Este tipo de comunidades tienen su óptimo mediterráneo en las zonas de clima árido o semiárido. Su presencia en esta zona está ligada a los suelos esqueléticos o taludes muy inclinados, que se desecan con facilidad. Como plantas indicadoras de los salviares muy nitrificados destacaremos *Santolina chamaeceparyssus* subsp. *squarrosa* (DC.) Nyma *y Artemisia herba-alba* subsp. *valentina* (Lam.) Mascláns; por el contrario, en bordes de caminos y taludes terrosos, cuando se incrementa la nitrofilia, se produce el establecimiento de *Salsola vermiculata* L.

Este tipo de matorral subnitrófilo pertenece a la asociación *Salsolo vermiculatae–Artemisietum herba-albae*, de amplia representación en la cuenca del Ebro. Como ejemplo presentamos dos inventarios, levantados en las proximidades de Ibdes.

Tabla 4. *Salsolo vermiculatae-Artemisietum herba-albae (Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae, Salsolo vermicualtae-Peganetalia harmalae, Pegano-Salsoletea)*

Altitud 1=10m	700	750
Área en m^2	50	50
Cobertura %	80	90
Nº de especies	6	8
Nº de orden	1	2
Características		
Salsola vermiculata	4	4
Artemisia herba alba	2	2
Atriplex halimus	+	.
Santolina squarrosa	.	2
Mercurialis tomentosa	.	+

Compañeras

Medicago sativa 1, *Plantago albicans* +, y *Carthamus lanatus* + en 1; *Rubia tinctorum* 2, *Melica ciliata* 1, *Limonium aragonense* + y *Convolvulus lineatus* + en 2. Localidades: 1. Ibdes UTM 30TWL9864; 2. Ibdes UTM 30TWL9561

6. *Lastonares ramosos*

En los taludes de carretera, linderos de fincas y en los barbechos añejos, cuando están desprovistos de matorral, se desarrollan este tipo de vegetación donde las plantas anuales y vivaces forman un tapiz denso, impidiendo el desarrollo de las comunidades fruticosas pertenecientes a los salviares y tomillares. El elemento representativo de este tipo de vegetación es *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv., conocido como lastón ramoso. En el área de estudio se presenta entre los 700 y los 1000 m de altitud. En estos pastizales conviven plantas vivaces y anuales, como X*eranthemum inapertum* (L.) Millar, *Bombycilaena erecta* (L.) Smolj., *Phlomis lychnitis* L., *Echinops ritro* L. o *Linum narbonense* L. Esta formación corresponde a la asociación *Phlomido lychnitidis-Brachypodietum ramosi*. Al estudiar la Tabla 5, observamos la gran presencia de plantas de tomillar, es evidente ya que representan la etapa siguiente en la recuperación hacia la clímax. Como ejemplo de estos pastizales presentamos dos inventarios levantados en la subida al Puerto del Campillo en el término de Jaraba.

Tabla 5. *Phlomido lychnitidis–Brachypodietum ramosi (Thero-Brachypodion ramosi, Lygeo-Stipetalia, Lygeo-Stipetea)*

Altitud 1=10	98	90
Área en m^2	4	10
Cobertura	80	90
Nº de especies	10	13
Nº de orden	1	2
Características		
Brachypodium retusum	3	4
Phlomis lychnitis	+	2
Koeleria vallesiana	1	.
Thesium divaricatum	+	.
Linum narbonense	.	+

Compañeras		
Sideritis spinulosa	+	1
Salvia lavandulifolia	1	1
Thymus bracteatus	1	1
Genista scorpius	+	1

Además: *Lavandula latifolia* 1 y *Teucrium expanssum* + en 1; *Xeranthemum inapertum* 1, *Bombycilaena erecta* 1, *Dorycnium pentaphyllum* 1, *Echinops ritro* 1, *Eryngium campestre* 1 y *Carthamus lanatus* 1 en 2.

Localidades: 1. Jaraba, Puerto del Campillo, UTM 30TWL9557; 2. Jaraba, Puerto del Campillo, UTM 30TWL9459.

B) VEGETACIÓN DE ROQUEDOS Y PEDREGALES

1. *Comunidades rupícolas*

Una de las características fundamentales de las comunidades casmofíticas y casmocomófitas es sin duda el elevado número de especies endémicas que allí habitan. Son plantas muy bien adaptadas al medio en el que se desarrollan, por colonizar paredones y extraplomos, constituidos por calizas y dolomías cretácicas. Al estudiar el cañón del río Mesa y la Cañada del Campillo en el término de Jaraba y los farrallones del Pantano de la Tranquera en Ibdes, hemos tenido la oportunidad de reconocer varias comunidades ligadas a este tipo de hábitat.

Son comunidades vegetales con escaso grado de cobertura, no superior al 20%, que colonizan fisuras estrechas de las rocas. Están encuadradas en el orden mediterráneo *Potentilletalia caulescentis* y en la alianza *Jasonion foliosae*.

Al estudiar la vegetación de los paredones verticales, hemos reconocido la asociación *Antirrhino pulverulenti–Rhamnetum pumilae* (*Antirrhinetum pulverulenti* G. López 1977 non Fernández Casas 1971) (Figuras 8 y 9). Presenta una estructura abierta que no supera el 20% de cobertura. Cuando penetra en los extraplomos, aparecen otras especies como *Sarcocapnos enneaphylla* (L.) DC, *Chaenorhinum origanifolium* subps *crassifolium* (Cav.) Rivas Goday y Borja o incluso *Potentilla caulescens* L. Esta comunidad se extiende por las provincias de Zaragoza, Guadalajara, Cuenca y Teruel. Son especies

características *Antirrhinum pulverulentum* (L.) Bernh., *Sanguisorba rupícola* (Boiss. y Reut.) A. Braun y C.D Bouché, *Potentilla caulescens* L, *Jasonia glutinosa* (L.) DC, *Rhamnus pumila* Turra, *Campanula hispanica* Wiilk y Lange, *Asplenium fontanum* (L.) Bernh., etc. Como ejemplo de este tipo de comunidad presentamos dos inventarios levantados en Jaraba e Ibdes.

FIGURA 8. *Rhamnus pumila* Turra, fisuras de calizas cretácicas, cañón del río Mesa, Jaraba.

FIGURA 9. Té de roca *(Jasonia glutinosa* (L.) DC.), fisuras de rocas cretácicas, cañón del río Mesa, Jaraba.

Tabla 6. *Antirrhino pulverulenti–Rhamnetum pumilae (Jasonion foliosae, Potentilletalia caulescentis, Asplenietea trichomanis)*

Altitud (1=10m)	80	83	80
Área en m²	2	2	3
Cobertura %	20	50	50
Nº de especies	16	11	5
Nº de orden	1	2	3
Características			
Potentilla caulescens	2	2	+
Jasonia glutinosa	1	+	+
Antirrhinum pulverulentum	+	1	2
Biscutella valentina	+	+	+
Asplenium ruta muraria	1	1	.
Sanguisorba rupícola	+	+	.
Globularia valentina	1	1	.
Sedum dasyphyllum	+	+	.
Rhamnus pumila	.	+	2
Campanuda hispanica +, *Ceterach officinarum*1 y *Asplenium fontanum* + en 1; *Melica minuta* + en 2			
Compañeras			
Sarcocapnos enneaphylla	1	1	.
Hormatophylla lapeyrousiana	+	+	
	.		

Además: *Avena bromoides* +, *Helichrysum stoechas*+ y *Saxifraga latepetiolata* + en 1.

Localidades: 1. Jaraba, Balneario de la Virgen, Cañón del río Mesa UTM 30TWL9359. 2. Jaraba, Cañón del río Mesa UTM 30TWL9359. 3. Jaraba, Cañada del Campillo, UTM 30TWL9358

También en estos mismos medios hemos observado la presencia de *Hormatophylla spinosa* (L.) Küpfer, (*Ptilotrichum spinosum*), elemento orófilo de las altas cumbres de los Sistemas Ibérico (Javalambre), Bético y Penibético. Conocíamos este taxón de la zona superior de la Sierra de Baza (Granada), donde forma parte de un matorral serial de porte almohadillado sobre suelos poco desarrollados. Es un elemento con gran potencia colonizadora, allí forma parte de la asociación *Astragalo boissieri-Festucetum hystricis* (*Festuco hystrici-Astragaletum granatensis*), dentro del orden *Erinacetalia anthyllidis,* alianza

Xeroacantho-Erinaceion), donde se ve acompañada por *Vella spinosa* Boiss, *Erinacea anthyllis* Link, *Bupleurum spinosum* Gouan, etc. G. López (20) describe para la provincia de Cuenca, en Cañete y Tragacete, una formación vegetal que él denomina *Comunidad de Ptilotrichum spinosum.* El comportamiento ecológico de este taxón en el área de estudio es similar al señalado por dicho autor, e igual que en la comunidad descrita por este autor, también se ve acompañada de plantas de tomillar pertenecientes al orden *Rosmarinetalia*. Esta formación la hemos encontrado en los paredones calizos que bordean el pantano de la Tranquera en el término de Ibdes.

En extraplomos y base de los paredones con una mayor influencia nitrófila, sobre el mismo tipo de sustrato tanto en el cañón del río Mesa, como en la cola del Pantano de la Tranquera, se presenta una comunidad saxícola definida como *Chaenorhino-Sarcocapnetum enneaphyllae* (Figuras 10 y 11). Su carácter nitrófilo hay que buscarlo en los nitratos aportados por las aves que nidifican en las repisas. Son plantas características de esta asociación *Chaenorhinum origanifolium subsp. crassifolium* (Cav.) Rivas Goday y Borja, *Sarcocapnos enneaphylla* (L.) DC. *Umbilicus rupestris* (Salisb) Dandy. En muchas ocasiones alterna con las comunidades rupícolas de la *Antirrhino*

Figura 10. Roquedos calizos colonizados por la *Chaenorhino crassifoliae-Sarcocapnetum enneaphyllae,* cañón del río Mesa, Jaraba.

pulverulenti–Rhamnetum pumilae. Esta comunidad se presenta en distintos puntos del sector Celtibérico-Alcarreño. Por su carácter nitrófilo, logra un mayor desarrollo en las proximidades de núcleos urbanos.

Como ejemplo presentamos un inventario levantado en la cola del pantano de la Tranquera, término de Ibdes. UTM 30TWL05964562.

Altitud 700, Área 3 m^2, Cobertura 30%. Características: 2 *Sarcocapnos enneaphylla*, 2 *Chaenorhinum crassifolium*. Compañeras: 1 *Jasonia glutinosa,* 1, *Galium lucidum,* 1 *Rhamnus lycioides*, 1 *Sedum sediforme*, 1 *Antirrhinum pulverulentum*, 1 *Sedum dasyphyllum*, + *Euphorbia* sp., + *Polygala rupestris*, + *Hormathophylla spinosa* y + *Potentilla caulescens*.

FIGURA 11. *Chaenorhinum origanifolium* subsp. *crassifolium* (Cav.) Rivas Goday y Borja, fisuras de rocas calizas, cañón del río Mesa, Jaraba.

En las zonas umbrosas del río Mesa en exposiciones norte, hemos detectado tapizando cornisas y rellanos las comunidades de *Anomodonto-Polypodietalia*, lo cual se pone de manifiesto por la presencia de taxones característicos como: *Polypodium cambricum* L., *Saxifraga latepetiolata* (Willk.) Willk y Lange, *Asplenium fontanum* (L) Bernh. *y Draba dedeana* subsp. *zapateri* Willk ex Zapater y Loscos. Son taxones que definen la asociación de la *Saxifragetum latepetiolatae*.

Antes de terminar este apartado debemos señalar la presencia, junto al Balneario de la Virgen, del culantrillo de pozo (*Adiantum capillis-veneris* L.). Son poblaciones casi puras sobre las rocas rezumantes que precipitan carbonato cálcico. En verdad, es una comunidad brio-pteridofítica perteneciente a la clase *Adiantetea*. Se trata de una formación muy empobrecida en cuanto a biodiversidad frente a las observadas en el Monasterio de Piedra. Consideramos que debe ser incluida dentro de la asociación *Eucladio-Adiantetum*.

2. *Comunidad saxícola*

Coloniza los pedregales formados por grandes bloques no consolidados de calizas cretácicas, está escasamente representada en el territorio. Hemos podido reconocer esta formación vegetal en la umbría del Barranco de la Boca de la Hoz, término de Campillo de Aragón. Se trata de grandes bloques sueltos que cobijan una vegetación con escaso grado de cobertura, pero muy rica florísticamente por su endemicidad y rareza. Comunidades similares a estas se conocen en la Sierra de San Felipe, de los Montes Universales y del

Figura 12. *Laserpitium gallicum* L., colonizando los pedregales calizos en la Boca de la Hoz, Campillo de Aragón.

Pirineo, según G. López (20). Las plantas que forman este tipo de comunidades son en su mayoría vivaces, de porte herbáceo (Figura 12), a las que acompañan algunas plantas anuales. Presenta una gran dificultad el encuadramiento fitosociológico a nivel de asociación, al no haber podido observar taxones como: *Achnatherum calamagrostis* (L.) Beauv. (*Stipa calamagrostis*), *Rumex scutatus* L., *Allium moly* L. o *Picris hieracioides* L.

Al estudiar la bibliografía sobre la vegetación de gleras publicada por O. Bolós 1974 (21), consideramos que esta comunidad vegetal corresponde a la asociación *Picrido rieli-Stipetum calamagrotis*. Como ejemplo presentamos el siguiente inventario, levantado en las pedrizas del barranco de la Boca de la Hoz, Campillo de Aragón, UTM 30TWL 9856.

Altitud: 970 m, Área m^2: 70, Cobertura 30%. Características: 1 *Linaria repens* subsp. *juncea* (*L. blanca*), 3 *Laserpitium gallicum*, *1 Scorzonera hispanica*, + *Biscutella valentina*, + *Linaria badalii*, + *Galeopsis ladanum* subsp. *angustifolia*. Compañeras: *2 Saponaria ocymoides*, 2 *Sedum sediforme*, 2 *Cephalaria leucantha*, + *Rubia peregrina*.

C) VEGETACIÓN EDAFOHIGRÓFILA

1. *Olmedas, Choperas y Saucedas*

Lo forman las choperas y olmedas situadas a lo largo del río Mesa. Son formaciones árboreas de gran porte, desarrollas sobre suelos profundos con humedad constante al menos en la zona de estudio. Corresponde a una vegetación de galería que sufre inundaciones periódicas a lo largo del año. El bosque ripario está formado por dos bandas en función de su proximidad al cauce del río. La banda externa, muy alterada por los cultivos de huerta y la grafiosis, corresponde a una olmeda, donde prácticamente quedan como representantes de la comunidad algunos árboles jóvenes de *Ulmus minor* Miller, junto a *Arum italicum* Miller. Les acompaña la orla espinosa constituida por *Rubus ulmifolius* Schott. Esta comunidad corresponde a *Opoponaco chironii-Ulmetum minoris* (*Aro-Ulmetum minori*). Como ejemplo presentamos el siguiente inventario levanta-

do en Jaraba: Márgenes del río Mesa aguas arriba del Balneario de la Virgen. UTM 30TWL9359

Altitud: 800 m, Área en m^2: 50, Cobertura: 90%. Características: 4 *Ulmus minor*, 2 *Arum italicum*, 1 *Populus alba*, 1 *Populus nigra*, 1 *Salix atrocinerea*, 1 *Clematis vitalba*, 1 *Rosa pouzinii*, 1 *Humulus lupulus* y 1 *Fraxinus angustifolia*.

La banda interior próxima al curso del río tiene una anchura de dos o tres metros y gran densidad de árboles, donde sobresale el sauce blanco (*Salix alba* L.), el chopo blanco (*Populus alba* L.) y el álamo negro (*Populus nigra* L.). Este tipo de vegetación está muy bien representado en las proximidades de Jaraba e Ibdes, bordeando el lecho del río, en la zona de cultivos de huerta. Consideramos que las choperas corresponden a la asociación *Rubio tinctorum-Populetum albae*. Como ejemplo de esta vegetación presentamos el siguiente inventario, levantado en las huertas de Ibdes UTM 30TWL9762.

Altitud: 700 m, Área 100 m^2, Cobertura: 90%. Características: 3 *Populus alba*, 2 *Populus nigra*, 2 *Salix alba*, 2 *Salix atrocinerea*, 4 *Humulus lupulus*, 1 *Lampsana communis*, 2 *Equisetum arvense*, 2 *Sambucus ebulus* y 1 *Rubia tinctorum*.

Figura 13. *Geoserie riparia* del río Mesa, Jaraba.

La tala de este tipo de bosque de ribera, junto a una inundación temporal más prolongada, permite la instalación de una sauceda que llega a invadir el lecho del río. Esta formación la hemos inventariado en la cola del Pantano de la Tranquera en Ibdes. Se trata de una sauceda evolucionada (Figura 13) dominada por el sauce blanco (*Salix alba* L.), al que acompañan otras especies de sauces y mimbreras (*Salix eleagnos* Scop, *Salix triandra* L., *Salix fragilis* L.). Esta formación representa una facies pionera de la chopera ya comentada, o una facies evolucionada de la sauceda perteneciente a la asociación *Salicetum triandro-eleagni*. Como ejemplo incluimos el siguiente inventario, UTM 30TWL9864.

Altitud: 700 m, Área 100 m^2, Cobertura: 100%. Características: 3 *Salix alba*, 2 *Salix eleagnos*, 1 *Salix fragilis*, + *Salix triandra*, 2 *Tamarix gallica* y + *Salix atrocinerea*.

2. *Praderas juncales*

Forman parte de la vegetación herbácea que bordea el cauce del río, este tipo de comunidades se establecen en función del nivel freático. En el borde anterior, se instalan las praderas juncales más o menos nitrificadas en función de la influencia del hombre y los animales, en tanto que en el posterior se desarrolla un trebolar de trébol fresa, perteneciente a la asociación *Trifolio fragiferi-Cynodontetum dactyli*.

La pradera juncal forma una pequeña banda en el tramo superior del río Mesa, aguas arriba del Balneario de la Virgen. Son comunidades fragmentarias pertenecientes a la alianza *Molinio-Holoschoenion vulgaris* y representado por la asociación *Holoschoenetum vulgaris* (*Cirsio monspessulani-Holoschoeneutm vulgaris*). Como plantas presentes en esta comunidad destacamos: *Scirpus holoschoenus* L., *Cirsium monspessulanum* (L.) Hill, *Potentilla reptans* L., *Mentha longifolia* (L.) Hudson, etc. Hemos podido observar la presencia en uno de los inventarios del malvavisco (*Althaea officinalis* L.), lo cual nos indica cierto carácter salobre de la comunidad. Como ejemplo presentamos dos inventarios levantados en el cañón del río Mesa.

Tabla 7. *Holoschoenetum vulgaris (Molinio-Holoschoenion vulgaris, Holoschoenetalia vulgari, Molinio-Arrhenatheretea)*

Altitud 1=10 m	80	80
Área en m^2	20	15
Cobertura %	100	80
Nº de especies	9	7
Nº de orden	1	2
Características		
Scirpus holoschoenus	5	3
Cirsium monspessulanum subps *ferox*	2	1
Mentha longifolia	2	1
Scrophularia valentina	+	.
Scutellaria galericulata	+	.
Potentilla reptans	1	.
Ranunculus repens	1	.
Sonchus sp.	1	.
Prunella vulgaris	1	.
Cirsium pyrenaicum	.	1
Althaea officinalis	.	2

Compañeras
Urtica dioica + y *Solanum dulcamara* 1 en 2.
Localidades 1 y 2. - Jaraba: río Mesa, UTM 30TWL9359

3. *Prados de siega*

Bajo este epíteto designamos formaciones vegetales permanentes, constituidas principalmente por gramíneas vivaces y más concretamente en este caso por *Brachypodium phoenicoides* (L.) Roemer y Schultes, al que acompañan algunas otras especies como: *Medicago sativa* L, *Trifolium pratense* L., etc.

Cuando estas comunidades ocupan una cierta extensión, son valladas y posteriormente aprovechadas a diente. En las proximidades de Ibdes se ubica a lo largo de las cunetas y acequias de riego, de aquí su reducida extensión. Consideramos que esta comunidad, aunque empobrecida, puede ser incluida dentro de la asociación *Mantisalco salmanticae-Brachypodietum phoenicoidis*. Como ejemplo incluimos un inventario levantado en las vegas de Ibdes.

TABLA 8. *Mantisalco salmanticae-Brachypodietum phoenicoidis (Brachypodion phoenicoidis, Brachypodietalia phoenicoidis, Festuco-Brometea)*

Altitud 1=10m	70	700
Área en m^2	10	20
Cobertura en %	100	80
Nº de especies	12	14
Nº de orden	1	2
Características		
Brachypodium phoenicoides	5	4
Medicago sativa	2	2
Centaurea aspera	2	+
Cephalaria leucantha	1	+
Agropyrum intermedium	2	.
Dichantium ischaaemum	1	.
Galium verum	.	2
Sonchus aquatilis	.	+
Compañeras		
Potentilla reptans	2	2
Scirpus holoschoenus	+	+
Trifolium pratense	1	2
Cichorium intybus	1	1

Además: *Lythrum salicaria* 1 y *Plantago lanceolata* 1 en 1; *Ononis spinosa* 2, *Dactylis glomerata* 2, *Festuca arundinacea* + y *Equisetum ramosissimum* + en 2. Localidades 1 y 2: Ibdes, borde de acequias UTM 30TWL9864.

4. *Comunidades acuáticas*

En este apartado comentaremos aquellas formaciones vegetales que viven permanentemente en el agua, se desarrollan en el lecho del río, estando arraigadas al fondo, presentando algunas veces hojas flotantes. Son comunidades casi monoespecíficas o constituidas por un reducido número de taxones. Las asociaciones reconocidas en el río Mesa pertenecen a dos tipos de comunidades:

a) Comunidades acuáticas enraizadas, integradas por individuos sumergidos o provistos de hojas flotantes. En el río Mesa las aguas son de corriente suave y una profundidad de 15 a 20 cm. Es típica la formación de pequeñas poblaciones casi puras, encuadrables en la clase fitosociológica *Potametea*.

b) Comunidades helofíticas de talla elevada o media, erguidas o decumbentes y distribución holártica, pertenecientes a la clase *Phragmito-Magnocaricetea*.

Dentro del primer tipo de comunidades destacan las poblaciones de *Potamogeton densus* L. (*Groenlandia densa*), consideramos que aunque muy empobrecida, podría referirse a la asociación de *Potametum denso nodosi* según señala G. López. (20) (Figuras 14 y 15).

FIGURA 14. Vegetación flotante de *Potametum denso-nodosi,* cauce del río Mesa, Jaraba.

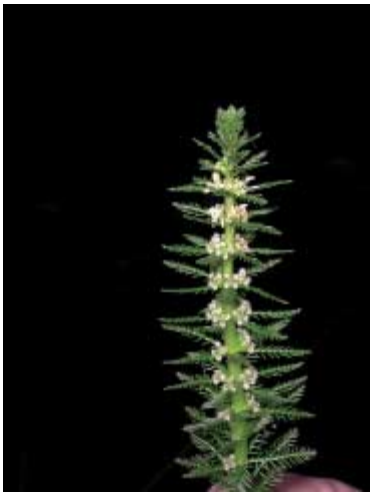


FIGURA 15. Milhojas *(Myriophyllum verticillatum* L.) sumergida en las aguas del río Mesa, Balneario de La Virgen, Jaraba.

Como ejemplo presentamos un inventario levantado en Jaraba, el río Mesa, aguas arriba del Balneario de la Virgen, UTM 30TWL9359.

Altitud: 850 m, Área: 2 m^2 Cobertura: 100%; 5 *Potamogeton densus,* 3 *Myriophyllum verticillatum*

En cuanto a las pertenecientes a las comunidades helofíticas de la clase *Phragmito-Magnocaricetea,* se trata de una comunidad constituida por helófitos téneros, que prospera en aguas superficiales rápidas y bien oxigenadas. Como especies más significativas destacamos *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayeck, *Veronica beccabunga* L., *Apium repens* (Jacq.) Lag., etc. Esta comunidad la incluimos dentro de la alianza *Nasturtion officinalis* y en la asociación *Helosciadietum nodiflori*.

Como ejemplo de esta asociación, presentamos el siguiente inventario levantado en el cauce del río Mesa, aguas arriba del Balneario de la Virgen UTM 30TWL9359.

Altitud 850 m, Área en m^2: 2, Cobertura en %: 80, Nº de especies: 8. Características: *Rorippa nasturtium aquatica* 4, *Apium nodiflorum* 3, *Veronica beccabunga* 2, *Ranunculus repens* 1, *Phalaris arundinacea* 2 y *Scrophularia aquatica* subsp. *valentina* 1. Compañeras: *Potamogeton densus* 2 y *Myriophyllum verticillatum* 2.

5. *Herbazales nitrófilos*

Bajo esta denominación incluimos comunidades vegetales herbáceas que superan el metro de altura, constituidas por hemicriptófitos y geófitos. Los factores ecológicos que definen este tipo de formaciones vegetales son: una fuerte influencia nitrófila y un elevado nivel freático, consecuencia de su proximidad a los cursos de agua, acequias y de desagües de los canales de riego. Los suelos son profundos y ricos en compuestos nitrogenados, son los clásicos suelos de vega; potencialmente corresponden a olmedas y choperas. Forman parte de las llamadas comunidades megafórbicas de óptimo eurosiberiano y ampliamente representadas en la región mediterránea por compensación edáfica. Este tipo de vegetación bordea los cultivos de regadío entre Jaraba e Ibdes. Son fáciles de reconocer por la abundancia de *Sambucus ebulus* L., a la que acompañan *Phalaris arundi-*

nacea L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Arctium minus* (Hill) Bernh., entre otras especies. Como ejemplo incluimos un inventario levantado en Jaraba UTM 30TWL9561.

Altitud: 750 m, Área en m^2: 100, Cobertura: 100%. Características: 5 *Sambucus ebulus*, 1 *Urtica dioica*, 1 *Equisetum ramosissimum*, 1 *Phalaris arundinacea*, 1 *Arctium minus,* 1 *Torilis arvensis*, + *Cirsium vulgare*, + *Calystegia sepia*. Compañeras: 2 *Phragmites communis*, 1 *Convolvulus arvensis*, + *Cichorium intybus*, + *Marrubium vulgare*.

Al comparar el inventario con la bibliografía publicada (20) y (21) sobre este tipo de comunidades, consideramos que corresponde a la asociación *Urtico dioicae-Sambucetum ebuli.* (Figura 16).

FIGURA 16. Herbazal megafórbico de *Urtico dioicae-Sambucetum ebuli,* canal de desagüe, Jaraba.

D) *Plantas Medicinales*

En este apartado queremos destacar aquellas plantas medicinales más significativas, encontradas en los alrededores de los Balnearios de Jaraba.

Equisetum arvense L. (Cola de caballo)
Adiantum capillis-veneris L. (Culantrillo de pozo) (Figura 17)

Salix alba L. (Sauce blanco)
Centaurea aspera L. (Travalera) (Figura 18)
Juniperus communis L. (Enebro común)
Rhamnus alaternus L. (Aladierno)
Satureja cuneifolia subsp. *gracilis* (Willk.) G. López (Ajedrea montesina)
Lavandula latifolia Medicus (Espliego)
Salvia lavandulifolia Vahl (Salvia de Aragón) (Figura 19)
Hyssopus officinalis L. (Hisopo)
Melissa officinalis L. (Melisa)
Thymus vulgaris L. (Tomillo fino)
Borago officinalis L. (Borraja)
Althaea officinalis L. (Malvavisco)

FIGURA 17. Culantrillo de pozo *(Adiantum capillis-veneris* L.), tapizando roquedos calizos rezumantes, cañón del río Mesa, Jaraba.

FIGURA 18. *Travalera (Centaurea aspera* L.) detalle del capítulo; borde de caminos, Jaraba.

FIGURA 19. Salvia de Aragón *(Salvia lavandulifolia Vahl),* tomillares basófilos de Jaraba.

ESQUEMA SINTAXONÓMICO DE LA VEGETACIÓN DEL ENTORNO DE LOS BALNEARIOS DE JARABA (ZARAGOZA)

POTAMETEA Klika y in Klika Novák 1941
Potametalia Koch 1926
Potamion (Koch 1926) Libbert 1931
Potametum denso-nodosi O. Bolós 1957
(incl. comunidad de *Potamogeton densus* G. López 1978)
PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klila y Novák 1941
Nasturtio-Glycerietalia Pignati 1954
Nasturtion officinalis Géhu y Géhú-Franck 1987
Helosciadietum nodiflori Maire 1924
ADIANTETEA Br.-Bl., in Br.-Bl., Roussine y Nègre 1952
Adiantetalia capilli-veneris Br.-Bl. ex Horvatic 1934
Adiantion capilli-veneri Br.-Bl. ex Horvatic 1934
Eucladio-Adiantetum capilli-veneris Br.-Bl ex Horvatic 1934
ASPLENIETEA TRICHOMANIS (Br.-Bl. in Meier y Br.-Bl. 1934) **Oberdorfer** 1977
Potentilletalia caulescentis Br.-Bl. in Br.-Bl.y Jenny 1926
Jasionion foliosae O. Bolós 1957
Antirrhino pulverulenti-Rhamnetum pumili Figuerola y Mateo 1987
(incl. comunidad de *Ptilotrichum spinosum*)
PETROCOPTIDO PYRENANICAE-SARCOCAPNETEA EN-NEAPHYLLAE Rivas-Martínez y *al.* 2002
Sarcocapnetalia enneaphyllae F. Casas 1972
Sarcocapnion enneaphyllae F. Casas 1972
Chaenorhino crassifolii-Sarcocapnetum enneaphyllae Rivas-Martínez y G. López in G. López 1978
ANOMODONTO-POLYPODIETEA Rivas-Martínez 1975
Anomodonto-Polypodietalia O. Bolós y Vives in Bolós 1957
Polypodion serrati Br.-Bl. in Br.-Bl., Roussine y Nègre 1952
Saxifragetum latepetiolatae G. López 1978
THLASPIETEA ROTUNDIFOLII Br.-Bl 1948
Stipetalia calamagrostis Oberdorfer y Seibert in Oberdorfer 1977
Stipion calamagrostis Jenny in Br.-Bl, Roussine y Nègre 1952
Picrido rielii-Stipetum calamagrostis O. Bolós 1960
PEGANO-SALSOLETEA Br.-Bl. y O. Bolós 1958
Salsolo vermiculatae-Peganetalia harmalae Br.-Bl. y O. Bolós 1954
Salsolo vermiculatae-Peganion harmalae Br.-Bl. y O. Bolós 1954

Salsolo vermiculatae-Artemisietum herba-albae (Br.-Bl. y O. Bolós 1958) O. Bolós 1967
GALIO URTICETEA Pessareg ex Koprcký 1969
Galio aparines–Alliarietalia petiolatae Görs y Müller 1969
Balloto-Conion maculati Brullo in Brullo y Marcenó 1985
Urtico dioicae-Sambucetum ebuli (Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber y Walas 1936)
Br.-Bl. in Br.-Bl. Roussine y Nègre 1952
FESTUCO-BROMETEA Br.-Bl y Tüxen ex Br.-Bl. 1949
Brachypodietalia phoenicoidis Br.-Bl. ex Molinier 1934
Brachypodion phoenicoidis Br.-Bl. ex Molinier 1934
Mantisalco salmanticae-Brachypodietum phoenicoidis Rivas Goday y Borja 1961
LYGEO-STIPETEA Rivas-Martínez 1978 nom. conserv. Rivas Martínez *et al* 2002
Lygeo-Stipetalia Br.-Bl. y O. Bolós 1958
Thero-Brachypodion ramosi Br.-Bl 1925
Phlomido lychnitidis-Brachypodietum ramosi Br.-Bl. 1925
MOLINIO-ARRHENATHERETEA Tüxen 1937
Holoschoenetalia vulgaris Br.-Bl.ex Tchou 1948
Molinio-Holoschoenion vulgaris Br.-Bl. ex Tchou 1948
Holoschoenetum vulgaris Br.-Bl. y Tchou 1948
(incl. *Cirsio monspessulani-Holoschoenetum vulgaris* Br. Bl. 1931)
Plantaginetalia majoris Tüxen y Preising in Tüxen 1950
Trifolio fragiferi-Cynodontion Br.-Bl y O. Bolós 1958
Trifolio fragiferi-Cynodontetum dactyli Br.-Bl y O. Bolós 1958
ROSMARINETEA OFFICINALIS Rivas-Martínez y al 2002
Rosmarinetalia officinalis Br.-Bl y Molinier 1934
Sideritido incanae-Salvion lavandulifoliae (Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969) Izco y A. Molina 1989
Xero-Aphyllanthenion (Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969) em. Izco y A. Molina 1989
Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969
Sideritido ilicifoliae-Thymenion loscosii Rivas-Martínez, Cantó, Fernández-González y Sánchez-Mata ex Rivas-Martínez *et al.* 2002
Sideritido spinulosae-Lavanduletum latifoliae A. Molina, Loidi y Fernández-González 1993.

Gypsophiletalia Bellot y Rivas Goday in Rivas Goday, Borja, Monasterio, Galiano, Rigual y Rivas-Martínez 1957
Lepidion subulati Bellot y Rivas Goday in Rivas Goday, Borja, Monasterio, Galiano, Rigual y Rivas-Martínez 1957
Gypsophilenion hispanicae (Br.-Bl y O. Bolós 1958) A. Molina, Loidi y Fernández-González 1993
Teucrio expansi-Gypsophiletum hispanicae Rivas-Martínez *et al.* 2002
SALICI PURPUREAE-POPULETEA NIGRAE (Rivas-Martínez y Cantó ex Rivas-Martínez, Báscones, T.E. Díaz, Fernández-González y Loidi 1991) Rivas-Martínez y Cantó 2002
Populetalia albae Br.-Bl ex Tchou 1948
Populion albae Br.-Bl ex Tchou 1948
Rubio tinctorum-Populetum albae Br.-Bl.O. Bolós 1958
Fraxino angustifoliae-Ulmenion minoris Rivas-Martínez 1975
Opoponaco chironii-Ulmetum minoris Bellot y Ron in Bellot, Ron y Carballal 1979
QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. ex A y O. Bolós 1950
Quercetalia ilicis Br.-Bl. ex Molinier 1934 em Rivas-Martínez 1975
Quercion ilicis Br.-Bl. ex Molinier 1934 em Rivas-Martínez 1975
Quercenion rotundifoliae Rivas Goday in Rivas Goday, Borja, Esteve, Galiano, Rigual y Rivas-Martínez 1960 em. Rivas-Martínez 1975
Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae Rivas-Martínez 1987
Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni Rivas-Martínez 1975
Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae Rivas Goday ex Rivas-Martínez 1975.
Rhamno lycioidis-Juniperetum phoeniceae Rivas-Martínez y G. López in G. López 1976.

BIBLIOGRAFÍA

(1) GREGORIO Y GUAJARDO, A. (1895) Estudio de las aguas termales cloruradosódicas, variedad bicarbonatadas propiedad de Don Mariano Serón en Jaraba de Aragón. Madrid.
(2) CASTROVIEJO, S. y *al* (1986-2003) Flora Ibérica I-XIV. Servicio de Publicaciones Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
(3) SOCORRO, O. in B. VALDÉS, S. TALAVERA y E. FERNÁNDEZ-GALIANO. (1987) Flora Vascular de Andalucía Occidental. Edit. Ketres. Barcelona
(4) RIVAS-MARTÍNEZ, S. y *al* (2001) Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotánica* 14: 5-341.

(5) RIVAS-MARTÍNEZ, S. y *al* (2002) V. Addenda to the vascular plant communities of Spain and Portugal to the syntaxonomical checklist of 2001-part I y part II. *Itinera Geobotánica* 15(1): 5-432 y 15(2): 433-922.
(6) RIVAS-MARTÍNEZ, S. y *al* (2004) Manual del mapa de las Series, Geoseries y Geomicroseries de vegetación de España (Mapa de vegetación potencial de España, 1:250.000). 459 p. Phytosociological Research Center, Los Negrales. Madrid.
(7) BRAUN-BLANQUET (1979) Fitosociología Blume Ed. Madrid. 820 p.
(8) GÉHU, J. M. y S. RIVAS-MARTÍNEZ (1981) Notions fondamentales de phytosociologie. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigun für Vegetationskunde. J. Cramer, Vaduz, 33 p.
(9) MATEO SANZ, G. (1990) Catálogo florístico de la provincia de Teruel. Ed. Instituto de Estudios Turolenses, Diputación Provincial de Teruel. 548 p. Teruel.
(10) TUTIN, T. G. y *al*. (1964-1980) Flora Europea. Vol. I-V. Cambridge. Univeristy Press.
(11) I.G.M.E. (1981) Mapa Geológico de España, E. 1:50.000: Milmarcos. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
(12) I.G.M.E. (1983) Mapa Geológico de España, E. 1:50.000: Ateca. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
(13) I.G.M.E. (1983) Mapa Geológico de España, E. 1:50.000: Used. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
(14) I.G.M.E. (1991) Mapa Geológico de España, E. 1:50.000: Alhama de Aragón. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
(15) LÓPEZ, G. (1976) Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca I. Comunidades fruticosas: bosques, matorrales, tomillares y tomillar-praderas. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*. 33: 5-87.
(16) RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1967) Lino-Genistetum pumilae, nueva asociación del piso mediterráneo ibérico de Paramera. *Publ. Inst. Biol. Aplicada*. 45: 81-105.
(17) RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1969) Vegetatio Hispaniae. Notula I. *Publ. Inst. Biol. Aplicada* 46: 5-34.
(18) RIVAS GODAY, S. y J. BORJA (1961) Estudio de la vegetación y flórula del Macizo de Gúdar y Javalambre. Anales *Inst. Bot. Cavanilles* 19: 1-550.
(19) LADERO, M., SANTOS BOBILLO, M. T., AMOR MORALES, A., y Mª EVANGELINA SÁNCHEZ RODRÍGUEZ (2001) Vegetación del entorno del Balneario El Paraíso, Manzanera (Teruel). *Anal. Real. Acad. Farm*. 67: 203-214.
(20) LÓPEZ, G. (1978) Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca II Comunidades herbáceas. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*. 34 (2) 597-702.
(21) BOLÒS, O. de (1974) Notas sobre la vegetación glareícola. *Misc. Alcobè*: 77-86.
(22) BOLÒS, O. de (1967) Comunidades vegetales de las comarcas próximas al litoral situadas entre los ríos Llobregat y Segura. *Mem. Real Acad. Ci. Barcelona* 38 (1): 3-281.
(23) MOLINA, A., LOIDI, J. y F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (1993) Sobre las comunidades de matorral de la Depresión del Ebro (España). *Bot. Complot*. 18: 11-50.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 597-610

Geología, Hidrogeología y protección de los Balnearios de Jaraba (Zaragoza)

JUAN IGNACIO PINUAGA ESPEJEL, EDUARDO GARRIDO SCHNEIDER Y ANTONIO RAMÍREZ ORTEGA*
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

RESUMEN

Los tres balnearios de Jaraba, denominados Sicilia, Serón y La Virgen, se encuentran situados, desde el punto de vista geológico, en la rama occidental de la Cordillera Ibérica, entre la depresión de Calatayud al nordeste y la depresión de Almazán al suroeste, en terrenos del Cretácico superior (4). Las aguas de sus manantiales surgen en los diferentes estratos calcáreos de dicho periodo geológico, a favor de fracturas profundas de origen tectónico correspondientes a los ciclos Hercínico y Alpino. La facies química de las aguas es bicarbonatada-sulfatada-clorurada cálcico-magnésica-sódica, su mineralización media, entre 400 y 700 mg/L de residuo seco a 110 ºC, y las temperaturas de surgencia entre 28,5 y 32 ºC.

Palabras clave: Balnearios de Jaraba.—Aguas minero-medicinales.—Aguas Minerales Naturales.—Geología.—Hidrogeología.—Protección.

ABSTRACT

Geology, Hydrogeology and protection of Jaraba Spas

The three Spas of Jaraba, named Sicilia, Seron and La Virgen, are located geologically in the occidental western branch of de Iberic mountains, between Calatayud depression at the northeast and the Almazán depression at the southwest, in the terrains of the Upper Cretaceous.The spring waters flow from the different calcareous stratum of the mentioned geological period, in favour of deep breakage of tectonic origin corresponding to the Hercinic and Alpine cycles. The chemical facies of the water is bicarbonated-sulphated-chlorated magnesic-calcic-sodic, its medium mineralisation, between 400 and 700 mg/L of the total dissolved solids at 110 ºC, and the surgence temperatures between 28,5 and 32 ºC.

Key words: Jaraba Spas.—Minero-medicinal waters.—Natural Mineral waters.— Geology.—Hidrogeology.—Protection.

---

* *Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia*

GEOLOGÍA

Estratigrafía general de la zona

Los balnearios de Jaraba se encuentran en la rama occidental de la Cordillera Ibérica, también denominada Rama Castellana o Interna. Este conjunto montañoso está situado entre la depresión de Calatayud al nordeste y la depresión de Almazán al suroeste. Las dos depresiones están cubiertas por terrenos terciarios, mientras que en la cadena montañosa se observan rocas pertenecientes al Paleozoico en contacto discordante con sedimentos triásicos, jurásicos y finalmente cretácicos (3).

Los terrenos paleozoicos más próximos a Jaraba afloran en la Sierra de Pardos, que se extiende en dirección N 140º E a unos 10 km al este de Jaraba, y están constituidos por cuarcitas, esquistos y filitas. Al sudeste aparecen bordeando esas montañas los terrenos típicos del Triásico de facies germánica, que comienzan con los conglomerados, areniscas y arcillas del Buntsandstein, seguidos de las calizas y dolomías del Muschelkalk y finalmente se encuentran las margas y arcillas con yesos del Keuper. A continuación, siguiendo el recorrido estratigráfico hacia los terrenos de Jaraba, se halla la formación calcárea del Lías y a continuación los extensos terrenos pertenecientes al Cretácico.

En la zona de Jaraba y sus proximidades, los terrenos más antiguos que afloran son del Cretácico superior, pertenecientes al Cenomaniense, estando constituidos por una alternancia de arcillas, limos, arenas, margas y calizas arenosas, que se depositaron en un ambiente de costa marina. A continuación y discordantemente sobre la formación anterior, denominada de Santa María de las Hoyas, se depositaron las calizas dolomíticas de la formación de Nuévalos, pertenecientes también a una zona marina costera. Seguidamente aparecen concordantemente unas calizas nodulosas de la formación denominada Monterde. Toda esta serie sólo se encuentra completa en el eje de una estructura anticlinal, en el barranco del río Mesa, que atraviesa su cauce junto al balneario de La Virgen (Figura 1).

En el contacto septentrional de los terrenos cretácicos con los terciarios, de la zona de los balnearios de Sicilia y Serón, se encuen-

FIGURA 1. *Pliegue-falla del balneario de La Virgen.*

tra la formación masiva de calizas bioclásticas, denominada de Jaraba, que pertenece al Turoniense y también presenta una facies costera marina. Después, en discordancia con esta formación debido a una interrupción en la sedimentación, se depositaron las calizas dolomíticas de la formación del pantano de la Tranquera, perteneciente al Coniaciense, que se encuentran en las cumbres de las montañas próximas a los tres balnearios.

Siguiendo el cauce del río Mesa aguas arriba y una vez pasado el barranco del Santuario de la Virgen de Jaraba, continúa la serie de terrenos calcáreos con las denominadas calizas santonienses de Hontoria del Pinar y finalmente las calizas del Campaniense de Burgo de Osma.

Estratigrafía local

Los tres balnearios de Jaraba, denominados Sicilia, Serón y La Virgen, se encuentran en terrenos del Cretácico superior, aprove-

chando varios de los manantiales que surgen en los diferentes estratos calcáreos de ese periodo geológico (3).

La primera formación del Cretácico superior se localiza en un pequeño afloramiento que existe junto al balneario de La Virgen y el cauce del río Mesa. Sus estratos están formados por limos, arcillas, margas, areniscas calcáreas y calizas arenosas, con una potencia de unos 40 m. Su constitución, en la que se observa la alternancia de esos sedimentos componentes de la misma, muestra que se depositaron en una llanura de mareas en la que había aportes terrígenos y marinos. La edad de esa formación, que contiene algunos fósiles de ostreidos (ostras) y gasterópodos (caracoles) marinos, se data como Cenomaniense, es decir, de hace unos 95 millones de años.

La formación que aparece depositada discordantemente sobre la anterior está constituida por calizas y dolomías nodulosas de unos 30 m de espesor, correspondientes, también, a llanuras de mareas, y en ellos aparecen gran cantidad de fósiles muy variados, desde ostreidos, gasterópodos, equínidos (erizos) y rudistas, hasta foraminíferos del Cenomaniense medio. En la misma zona del río Mesa, junto al balneario de La Virgen, se encuentran otro nivel de calizas nodulosas de unos 30 m de espesor depositados en una plataforma marina, también muy ricas en fósiles pertenecientes al Cenomaniense superior y Turoniense inferior, es decir, de hace unos 90 millones de años.

La formación de calizas bioclásticas de Jaraba se encuentra en una mayor extensión y es observable especialmente en la parte inferior de la ladera de las montañas próximas al pueblo de Jaraba, donde están situados los balneario de Sicilia y Serón, apareciendo también cerca del balneario de La Virgen, formando unas extensas franjas de este a oeste del río Mesa. En ella abundan la dolomías, que llegan a tener un espesor total de unos 50 m, y pertenecen a depósitos marinos costeros, de edad Turoniense.

Las cumbres de las montañas de la zona anterior están formadas por calizas dolomíticas, con un espesor de unos 60 m, también depositadas en un ambiente marino sometido a las mareas, y aunque no se encuentran en ella fósiles se las considera por su posición estratigráfica de edad Coniaciense-Santoniense inferior, es decir, de hace unos 85 millones de años.

Concordantemente sobre la formación anterior se encuentra, hacia el sur del balneario de La Virgen, aguas arriba del río Mesa, unas calizas bioclásticas santonienses de unos 40 m de espesor.

Más al sur, hacia el pueblo de Calamarza, las cumbres de las montañas, que forman extensas plataformas, están constituidas por calizas dolomíticas similares a las anteriores, con abundantes microfósiles, y con un espesor de unos 100 m, pertenecientes al Santoniense-Campaniense, es decir, de unos 80 millones de años de antigüedad.

Al norte y oeste de la serie cretácica, en la que surgen las aguas termales de los balnearios de Jaraba, se encuentran los sedimentos terciarios que rellenan la depresión de Almazán. Los materiales que forman esos terrenos son de facies detríticas continental.

En la base de esos sedimentos del Mioceno se encuentran niveles de conglomerados grises y anaranjados con cantos calcáreos y silíceos en una matriz arcillosa, formando bancos de hasta 5 m de espesor. Estos depósitos se originaron por la acumulación de los detritos producidos durante la erosión de los materiales del Paleozoico y Mesozoico situados al sur de Jaraba (Figura 2).

FIGURA 2. *Sedimentos del Mioceno, junto a las calizas cretácicas.*

Sobre la anterior unidad aparecen calizas y margocalizas, con un espesor de unos 10 m, también de origen lacustre y cuya edad se considera Pliocena.

En los barrancos del río Mesa y sus arroyos afluentes existen aluviones de espesores variables y en algunas partes del cauce del mismo río se encuentran depósitos tobáceos de hasta 8 m de potencia, pertenecientes al periodo Cuaternario.

La zona en la que se encuentran las rocas calcáreas cretácicas citadas presentan procesos de karstificación, que dan lugar a un gran número de cuevas, observables en las paredes del desfiladero en cuyo fondo discurre el río Mesa. El cauce de este río, que es muy encajado, es muy meandriforme, pero su dirección a gran escala está determinada por una larga falla.

Tectónica

Recorriendo de sur a norte las proximidades de los balnearios se encuentran, como estructuras relacionadas con la tectónica que afectó a esta zona y en general a sus alrededores, las siguientes líneas con sus direcciones:

Falla N 110º E y eje del anticlinal del balneario de la Virgen.

Eje E-O del sinclinal del balneario Sicilia.

Falla N 20º E del río Mesa, en Jaraba.

Falla E-O de los balnearios Sicilia-Serón; contacto del Cretácico con el Mioceno.

Falla N 70º E, junto al cauce del río Mesa, entre Jaraba e Ibdes.

Estas estructuras de origen tectónico son las que dan lugar a las surgencias de las aguas termales de toda la zona de Jaraba, afectada por los ciclos tectónicos Hercínico y Alpino (3).

La compresión que hubo de sur a norte en la zona de Jaraba dio lugar al anticlinal-falla, cuyo eje pasa por el lugar del balneario de La Virgen, y del sinclinal que existe entre este pliegue y la zona de los balnearios de Sicilia y Serón, donde entra en contacto el Cretácico con el Mioceno por medio de una falla.

Las direcciones que presentan todas esas estructuras están provocadas por fracturas hercínicas rejugadas en los movimientos alpinos y en los que han intervenido también la existencia de la formación plástica del Trías superior o Keuper, dando lugar a un cierto diapirísmo donde existen fracturas en el zócalo paleozoico. También, como ocurre en el Pre-Pirineo, se aprecia un cierto desplazamiento de las unidades mesozoicas, que se deslizaron al ascender la región central de la Cordillera Ibérica, sobre la que existían las arcillas yesíferas del Keuper, que favorecieron ésos desplazamientos. Por todo ello, las estructuras anticlinales del Mesozoico presentan un cierto cabalgamiento.

HIDROGEOLOGÍA

El conjunto de surgencias termales del entorno de Jaraba constituye, junto con los manantiales termales de Alhama de Aragón, una de las manifestaciones hidrológicas más significativas del sector central de la Cordillera Ibérica, no solo por el apreciable volumen de descarga de aguas subterráneas que aquí se concentra sino también por el importante recurso termal surgente, que permiten calificarla como una de las áreas de mayor potencialidad de recursos hidrotermales de la Península Ibérica (8).

En parte, las aguas termales de Jaraba emergen a través de numerosas surgencias naturales, que son en la actualidad objeto de diverso grado de aprovechamiento. Los manantiales que se utilizan en los tres balnearios son: La Virgen (Las Pilas y San José); Sicilia (San Vicente); y Serón (La Peña y San Luis), que junto con las captaciones realizadas para las plantas embotelladoras suman casi una veintena de puntos bien conocidos, alineados preferentemente en la margen derecha del río Mesa, a lo largo de unos 2,5 km y en las inmediaciones del núcleo urbano de Jaraba.

La temperatura de surgencia de los manantiales oscila entre 18,1 y 31,7 ºC, fluctuación que depende del grado de afección o porcentaje con que se mezclan los flujos termales profundos con las aguas más superficiales y más frías en las zonas de descarga. No obstante, la descarga de los flujos termales y la temperatura de los mismos se mantienen uniformes durante todo el año.

Los caudales aforados en estos puntos no son excesivamente elevados. Oscilan entre algo menos de un litro por segundo y los 100 L/s del manantial de La Virgen de las Nieves, aunque lo habitual es encontrar descargas en torno a 3-5 L/s que guardan una notable constancia a lo largo de todo el año. La suma de estos caudales no representa más que una fracción del volumen total de recursos que se drena en este sector, que puede pasar casi desapercibido porque mayoritariamente surge de forma difusa en el cauce del río Mesa a través de su pequeño aluvial. No obstante, resulta aparente el progresivo aumento de caudal en el río desde su confluencia con la Cañada del Campillo hasta pasado el núcleo de Jaraba, tramo en el que diversos aforos diferenciales realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro y el IGME han permitido evaluar el conjunto de descargas subterráneas entre 572 y 647 L/s, caudales que, por su destacada constancia, permitirían elevar a unos 19 hm^3 anuales el global de recursos hidrotermales del sector de Jaraba.

Los acuíferos que alimentan las surgencias corresponden a series del Jurásico y Cretácico de la rama Castellana de la Cordillera Ibérica incluidas en la unidad hidrogeológica n.º 09.70.02, número con el que la Confederación Hidrográfica del Ebro asigna a las grandes extensiones carbonatadas de los Páramos del Alto Jalón (1). Una superficie acuífera que supera los 1.050 km^2, una destacada potencia de las formaciones geológicas y las particulares características hidráulicas de los acuíferos permiten definirlos como de importancia regional (Figura 3).

El acuífero del Jurásico inferior está formado por una serie carbonatada, conocida como Grupo Renales, que incluye varias formaciones geológicas: las dolomías tableadas de Imón, las carniolas de Cortes de Tajuña y las calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas, con una potencia en su conjunto del orden de 130 m, pero que puede llegar a máximos de 350 m si se incluyen en el mismo acuífero tanto las formaciones de calizas y dolomías del Muschelkalk como, ocasionalmente, la formación carbonatada Chelva del Jurásico medio (Dogger).

Un segundo acuífero, aunque no por ello menos importante, es el constituido por un numeroso grupo de formaciones calizo-dolomíticas del Cretácico superior, cuya potencia varía entre los 250 y 400 m.

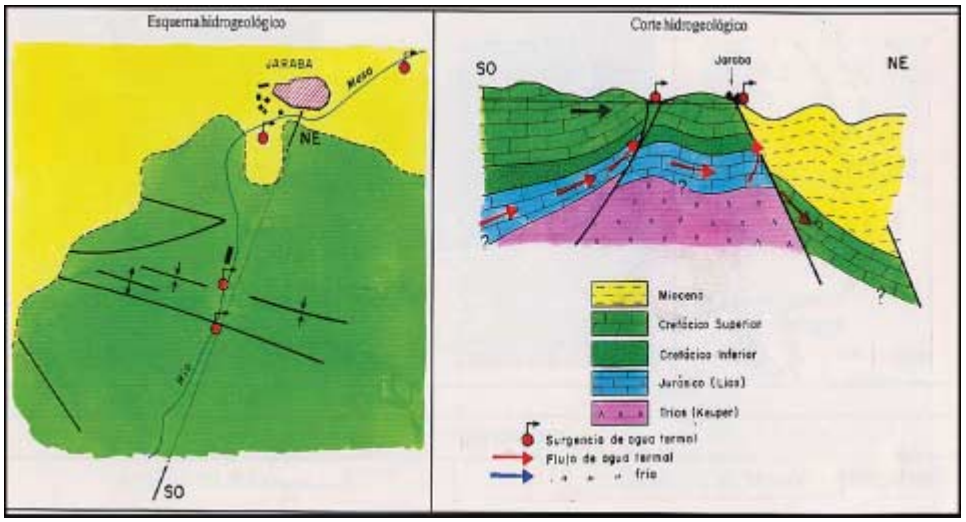


FIGURA 3. Esquema y corte hidrogeológicos de los acuíferos.

Tanto este acuífero como el acuífero Jurásico se caracterizan por tener una elevada permeabilidad, consecuencia de la abundancia de fracturas o fisuras abiertas y de los conductos a que da lugar la disolución de calizas y dolomías por la propia circulación del agua.

Separando ambas formaciones aparece un paquete de baja permeabilidad y espesor en torno al centenar de metros, compuesto por arenas blanquecinas de la facies Utrillas (Cretácico inferior), que puede estar acompañado también de otros niveles margosos poco permeables pertenecientes al Toarciense y al Dogger. El límite inferior de todos los acuíferos en la serie estratigráfica lo definen las arcillas y yesos impermeables de la facies Keuper, mientras que el límite superior se establece a partir de las series terrígenas terciarias que afloran al norte de Jaraba. Estas últimas formaciones acumulan un relleno de varios cientos de metros en la depresión de Almazán y actuarían como un gran acuitardo de muy baja permeabilidad donde es posible, no obstante, un cierto intercambio vertical de flujo con el acuífero subyacente.

La procedencia de los flujos subterráneos no está lejos de la controversia que afecta al mismo origen de otras manifestaciones termales que orlan el borde occidental de la rama aragonesa de la

Cordillera Ibérica (7). En el caso de Jaraba, parece claro que la recarga más importante de los acuíferos tiene lugar a favor de las grandes extensiones y parameras calcáreas ocupadas en su mayor parte por los afloramientos jurásicos situados al sur y suroeste de la unidad hidrogeológica, desde la Sierra de Solorio hasta la Sierra de Selas, orlando la divisoria hidrográfica entre las cuencas de los ríos Ebro y Tajo. En este aspecto, los datos de las desviaciones isotópicas para d^2H(‰) y $d^{18}O$(‰) en varias manifestaciones termales de Jaraba (Figura 4) sitúan los pares isotópicos bajo la línea meteórica local de la Cordillera Ibérica y avalan la hipótesis de que la recarga tiene lugar entre cotas topográficas de 1.150 a 1.300 m s.n.m., que son deducidas al considerar un gradiente altitudinal del 0,25 ‰ cada 100 m respecto de los valores isotópicos obtenidos en la estación de Madrid, situada a 660 m s.n.m.

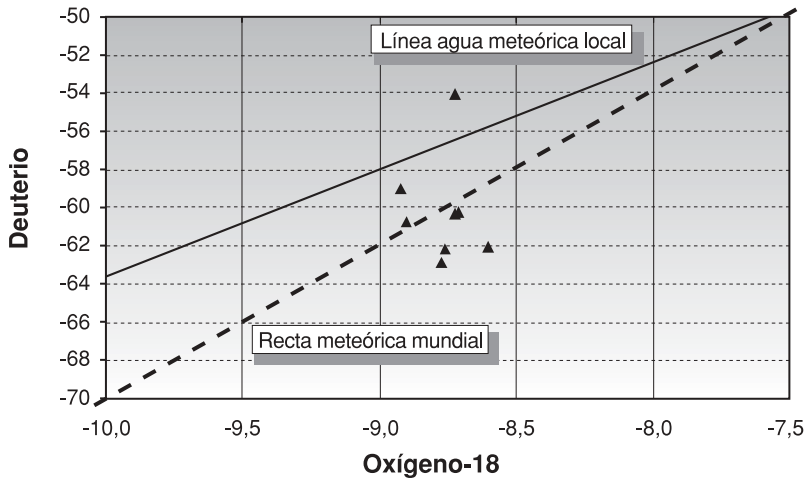


FIGURA 4. *Valores de los pares isotópicos de d^2H y $d^{18}O$ (en ‰ SMOW) de las aguas termales de Jaraba frente a las rectas meteóricas local y mundial.*

Una vez que el agua se infiltra, se incorpora en un largo recorrido subterráneo mediante unas líneas de flujo que profundizan en la estructura geológica a la que se adaptan los acuíferos de la unidad. Esta adopta la forma de un amplio sinclinal de dirección ibérica NO-SE, cuyo flanco norte choca con el macizo paleozoico de Ateca y con un núcleo ocupado por series detríticas terciarias de la cuenca del

Almazán. El agua queda así forzada a circular a través de los acuíferos del Lías y del Cretácico superior, en sentido N y NE, penetrando lentamente bajo la cuenca de Almazán a la vez que, progresivamente, eleva su temperatura conforme el gradiente geotérmico aumenta en profundidad (una media de 3 ºC cada 100 m). Es también en este trayecto donde el agua adquiere su composición mineralógica característica, al incorporar los aniones y cationes de las rocas carbonatadas con la que entra en contacto y disuelve, consiguiendo una facies química dominante bicarbonatada cálcica (6).

La posibilidad de que los flujos termales alteren su temperatura por procesos de mezcla con otras aguas subsuperficiales o por enfriamiento durante su ascenso, plantea la incertidumbre sobre cuál es la temperatura máxima que estas aguas podrían alcanzar en profundidad. Una respuesta bastante aproximada a la realidad es la que proporcionan diversos cálculos geotermómetricos, basados en equilibrios minerales a partir de la composición química de las aguas, que establecen como rango más probable unas temperaturas máximas comprendidas entre 40 y 45 ºC (2); estos valores sólo se adquirirían en el caso de que las formaciones mesozoicas alcanzaran una profundidad de unos 1.000 m y tuviesen un gradiente geotérmico normal (6).

Después de que el agua alcanza su máxima profundidad, comienza una trayectoria ascendente. El flujo profundo queda interrumpido a la altura de Jaraba por una importante fractura a lo largo de la traza del río Mesa, que verticaliza los estratos y enfrenta los acuíferos con los materiales terciarios de muy baja permeabilidad de la cuenca de Almazán. Confluyen así una serie de condiciones hidrogeológicas excepcionales: la barrera hidrogeológica que supone este accidente tectónico, la disposición vertical de los estratos, y el hecho de que el valor de la componente del vector permeabilidad paralela a la estratificación es por lo general muy superior al de la componente en sentido perpendicular, condiciones que favorecen el ascenso de los flujos jurásicos atravesando las arenas de baja permeabilidad de la facies Utrillas, para acabar emergiendo, finalmente, a través del acuífero cretácico junto al río Mesa, que impone las cotas locales de descarga entre los 790 y 760 m s.n.m.

Es durante este ascenso cuando los flujos termales reciben aportes de aguas de menor temperatura, tanto de los niveles acuíferos

cretácicos más superficiales como también de la percolación en su tramo final de otras aguas provenientes de niveles terrígenos terciarios. La mezcla de estas aguas en diversa proporción dará explicación a la pequeña variabilidad de temperatura y de las características físico-químicas observada entre las distintas surgencias existentes.

El tiempo que tardan las aguas en recorrer este circuito posiblemente sea superior a 50 años, tal y como se deduce de los análisis isotópicos del contenido en tritio de la molécula de agua realizados en 1993 (ITGE-DGA, 1993), en los que concentraciones de tritio variables entre 1,9 y 10,7 UT ponían de manifiesto los diversos grados de mezcla que se producen con otras aguas de edad reciente o procedencia superficial (5).

La Figura 5 muestra la evolución de la concentración del tritio analizado en los manantiales más importantes frente al registrado por las precipitaciones de Madrid, supuesto un flujo sin mezcla tipo "pistón". Se observa cómo frente a algunas aguas recargadas preferentemente con anterioridad a los años de máximos ensayos nucleares atmosféricos, existe una donde la mezcla con otras aguas recien-

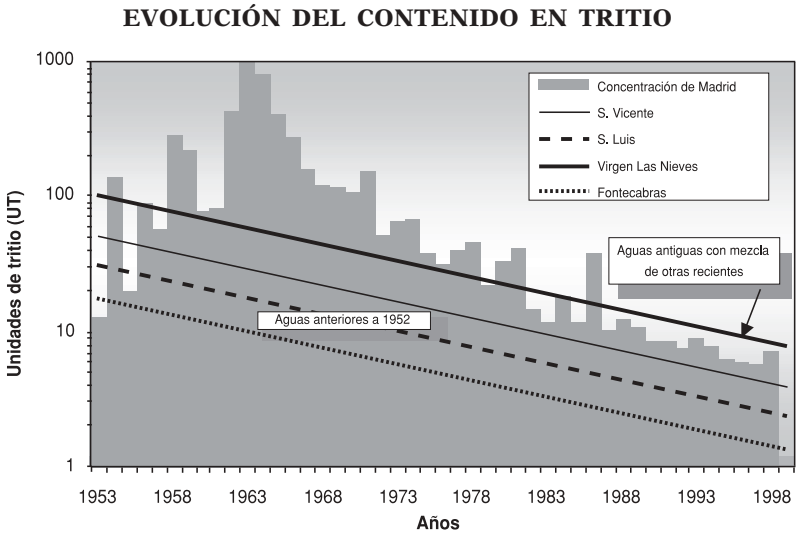


FIGURA 5. *Evolución del contenido en tritio de los principales manantiales, supuesto un flujo pistón, frente al de las precipitaciones de Madrid.*

tes es más importante, como es el caso del manantial de La Virgen de las Nieves, que muestra una evolución del contenido en tritio durante los años finales muy por encima de la concentración de Madrid. Este proceso de mezcla con aguas recientes y frías justificaría también el que sea este uno de los manantiales con menor temperatura de emergencia (20,9 ºC).

El alto potencial geotérmico de los recursos hídricos de Jaraba queda puesto de manifiesto por la anomalía geotérmica que suponen los 13 a 21 ºC de diferencia entre la temperatura de las aguas termales y la temperatura anual media del lugar. Pese a que estas surgencias son de carácter hipotermal o mesotermal, el valor de la potencia calorífica que supone esta descarga es muy elevada, de 17,8 MW con el sólo supuesto de contabilizar una descarga de tan sólo 300 L/s, caudal muy por debajo de los recursos reales de la unidad hidrogeológica (2).

PROTECCIÓN

En la actualidad existe un perímetro de protección conjunto para todos los aprovechamientos de Jaraba, cuya solicitud data del año 1991, definido por una línea poligonal cuyas coordenada U.T.M., elipsoide Haiford y longitudes referidas al meridiano de Greenwich, datum europeo, zona 30T, son las siguientes:

Vértice	*X*	*Y*
Pp.	592,700	4 561,015
1	594,600	4 561,040
2	594,600	4 559,800
3	593,650	4 559,800
4	593,650	4,559,180
5	593,200	4 559,180
6	593,200	4 558,530
7	592,700	4 558,530

Es un perímetro general para todos los balnearios de Jaraba, dentro del cual está enclavado un perímetro particular para la cap-

tación «Cañar 2», concedido por Resolución del Ministerio de Industria y Energía de 3/12/80, publicado en el BOE de 18/12/80, y otro solicitado en el año 1992 para los manantiales localizados en el recinto de los Baños de Serón, que incluye en su interior el perímetro demarcado para dicha captación. El perímetro general también comprende en su interior otro perímetro demarcado el 14/2/1991 para los manantiales «Fontecabras» y «San Antonio» que tiene una superficie de cuatro cuadrículas mineras, en cuyo interior queda situado el Balneario Sicilia.

No obstante, considerando las características hidrogeológicas e hidrodinámicas del sistema acuífero que se descarga en Jaraba, dichos perímetros resultan de escasa eficacia hidrogeológica frente a cualquier afección cualitativa o cuantitativa que se realice fuera de ellos (5).

BIBLIOGRAFÍA

(1) Confederación Hidrográfica del Ebro (1998) Delimitación de las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Ebro (Plan Hidrológico).
(2) Gobierno de Aragón (2001) Atlas de la Energía Geotérmica en Aragón. 190 pp. Zaragoza.
(3) IGME (1991) Mapa Geológico de España. E. 1: 50.000. Hoja 436. Alhama de Aragón. Madrid. 68 pp.
(4) IGME (2001) Las Aguas Minerales en España. Visión histórica, contexto hidrogeológico y perspectiva de utilización. Madrid, 454 pp.
(5) ITGE-Diputación General de Aragón (1994) Estudio de las Aguas Minero-Medicinales, Minero-Industriales, Termales y de Bebida Envasadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. IGME, 1500 pp. Madrid. Informe inédito.
(6) SÁNCHEZ NAVARRO, J. A. (2000) Las aguas termales en Aragón: estudio hidrogeotérmico. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigación n.º 23. Zaragoza. 175 pp.
(7) SÁNCHEZ NAVARRO, J. A. (2003) Los manantiales de Alhama y Jaraba. *Naturaleza Aragonesa,* n.º 11, 61-70. Revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza.
(8) YÉLAMOS, J. G.; SANZ, E. (1998) Hidrogeología regional del acuífero cretácico de los manantiales termales de Alhama de Aragón (Zaragoza y Soria). *Rev. Soc. Geol. España, 11* (1-2), pp. 151-167.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 611-624

Los suelos del término municipal de Jaraba

FRANCISCO MONTURIOL RODRÍGUEZ [*],
RAIMUNDO JIMÉNEZ [**]
[*] *Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas*

RESUMEN

En este trabajo se hace un breve repaso a algunos de los factores formadores del suelo, principalmente la topografía, el clima y los materiales geológicos y se analizan las estrechas relaciones que en este municipio hay entre las litologías y los suelos. Siguiendo las normas publicadas por la F.A.O., se enumeran, clasifican y describen los suelos presentes en la región incluyendo sus características y propiedades. El trabajo hace también referencia a los cultivos actuales y concluye con el análisis de la Land Capability que tienen los suelos descritos.

Palabras clave: Suelos.—Factores de formación del suelo.—Relaciones litológicas.—Cultivos.—Capacidad de la tierra.

ABSTRACT

The soils of municipal term of Jaraba

In this study it is made a brief review of some factors of soil formation, like the topography, climate and geological materials. It is made an analysis of the close relations between lithological materials and soils on this municipal term. Following the norms published by the F.A.O., the soils of this region are enumerated, classified and described including their characteristics and properties. This work also refers to cultivations and current use of soils and the analysis of the Land Capability of the soils mentioned.

Key words: Soils.—Factors of soil formation.—Relations lithological materials-soils.—Cultivations.—Land Capability.

El término municipal de Jaraba pertenece a la provincia de Zaragoza y por lo tanto a la Comunidad Autónoma de Aragón. Está situado al sur de dicha provincia, ya próximo a la Comunidad de

[**] *Catedrático de Edafología y Química Agrícola de la U.A.M.*

Castilla-La Mancha. Tiene una extensión de 4.289 hectáreas (1) y una forma de trapecio inclinado en el sentido Noroeste-Sureste, limitando al Norte, Este y Sur con el término de Ibdes, al Suroeste con Calmarza, al Oeste con Calmarza y Sisamón y al Noroeste con Cetina, términos todos ellos de la provincia de Zaragoza.

El término de Jaraba está atravesado de Oeste a Este por el curso del río Mesa, que va a desembocar en el embalse de La Tranquera, ya en el término de Ibdes. Este río Mesa, a pesar del poco recorrido que tiene, representa el drenaje natural del sistema hidrogeológico jurásico que como la Sierra de Solorio está situado al Norte de la próxima provincia de Guadalajara. Hemos de señalar que como punto singular del funcionamiento de este sistema hidrogeológico, dentro del término de Jaraba, existe la agrupación de sus manantiales de aguas mineromedicinales, La Virgen, Serón y Sicilia, que aportan 30 metros cúbicos de agua al año al río Mesa y cuyas características, presentadas ampliamente en el correspondiente capítulo sobre el Estudio de los Balnearios de Jaraba, responden a una aguas cloruradas sódicas y bicarbonatadas cálcico magnésicas con mineralización ligera y dureza media, lo que se corresponde a una procedencia ligada a acuíferos jurásicos o jurásicos-cretácicos. Para terminar esta referencia hidrográfica diremos que a su paso por el término de Jaraba, el río Mesa recibe como afluentes, diversos arroyos principalmente por su margen izquierda y entre ellos los más importantes son los de Valdecelada, San Vicente y Barranco de Santa Agueda.

Topográficamente el relieve general de este término es medianamente accidentado, más suave y llano en el norte y más abrupto en el sur, pudiendo decir que la altitud media del territorio se aproxima a los 900 metros, siendo las cotas más elevadas el Pico Chozón de 1.003 metros, el Pico de Cañadillas de 1.044 y el Puerto de Campillo de 1.011, este último en la carretera de Jaraba a Campillo de Aragón. Una de las cotas más bajas del término corresponde a la villa de Jaraba que situada en la vega del río Mesa tiene una altitud de 769 metros. Terminaremos esta sucinta reseña geográfica diciendo que la población de Jaraba está comunicada por carretera con las poblaciones de Cetina, Ibdes, Campillo de Aragón y Calmarza.

Referente a la climatología y vegetación les remitimos a los diferentes capítulos que sobre esas materias han escrito para este "Es-

tudio sobre los Balnearios de Jaraba" prestigiosos especialistas. Pero nosotros, como una aportación modesta y basándonos en el trabajo "Los suelos del término municipal de Alhama de Aragón" (2), municipio muy próximo al de Jaraba, podemos indicar que, según Gaussen (3), a esta zona de la provincia de Zaragoza le corresponde un clima entre submediterráneo y mesomediterráneo, y que según Allué (4) la zona responde a un clima mediterráneo cálido y seco, con una distribución equinocial de las lluvias con dos máximos en primavera y otoño y con un mínimo muy acentuado en verano. Es de interés, desde el punto de vista agrario, el trabajo de Liso y Ascaso (5), en el que teniendo en cuenta el Índice de Thornthwait y las gráficas de evapotranspiración para la cuenca del Ebro, se indica para esta zona de Jaraba un clima semiárido, mesotérmico y sin ningún exceso de agua durante todo el año.

Empleando los datos que aporta el Dr. Mantero en su capítulo sobre la climatología de la zona de Jaraba y siguiendo la clasificación agroclimática de Papadakis (6), podemos decir que en este término los inviernos son de tipo Avena, mientras que los veranos lo son de tipo Arroz. En cuanto a la potencialidad agroclimática diremos que el Índice de Turc (7) en secano viene a estar alrededor de 8 y en regadío en 45, lo que corresponde a unas 4 toneladas de materia seca por hectárea y año en secano y 25 en regadío.

Ya en otros trabajos hemos indicado que si importante en una zona es el clima atmosférico, no menos importancia tienen los regímenes de humedad y temperatura del suelo, sobre todo en el desarrollo de las plantas y en la misma formación de los suelos y por ello diversas clasificaciones y sistemáticas de suelos, como la americana, los recogen y emplean. Con esta idea diversos investigadores, Newhall (8) y Tavernier y Wambeke (9) elaboraron modelos de simulación del sistema aire-suelo-planta, y siguiendo estas mismas ideas y criterios Lázaro, Elías y Nieves (10), confeccionaron para España un mapa con los régimenes de humedad y temperatura del suelo, según el cual a esta zona de Jaraba le corresponde un régimen de humedad "xérico" y un régimen de temperatura "mésico". Para terminar con estos aspectos climatológicos diremos que teniendo en cuenta que la temperatura media anual en Jaraba es de 12º C y la pluviosidad media anual 427 mm., el índice de aridez de Martonne (11) Ia = P/T + 10, es 19,4 y el termopluviométrico de Dantin y Revenga (12)

It = 100 x T/P, 2,8, los cuales confirman el carácter semiárido de la región.

Geológicamente (13) (14), la mitad norte del término de Jaraba se encuentra ocupado por los depósitos terciarios que rellenan la cuenca o depresión de Almazán en su extremo suroriental, mientras que en su mitad meridional afloran materiales más antiguos y ya marcadamente deformados que pertenecen al dominio de la Cordillera Ibérica en su rama aragonesa. Estos materiales más antiguos corresponden exclusivamente a un Cretácico medio-superior.

Litológicamente en el término de Jaraba encontramos materiales que van desde calizas bioclásticas del Cretácico turoniense a limos, arcillas y gravas de un aluvial reciente. Por su extensión, las principales litologías a partir de las cuales se han formado los suelos del término de Jaraba son: pertenecientes al Cretácico, calizas, calizas dolomíticas y dolomías; pertenecientes al Terciario, arcillas y conglomerados, margas, margocalizas, calizas, areniscas y arcillas con cantos cuarcíferos y como materiales cuaternarios encontramos limos, arcillas y gravas en terrazas y aluviones y en la margen izquierda del río Mesa unos depósitos de pequeñísima extensión, tobáceos, de bastante desarrollo vertical que están constituidos o por acumulaciones carbonatadas de troncos, tallos, algas y restos de fósiles o por depósitos limosos blancos con gravas calcáreas presentando todo el conjunto aspecto de "caliche".

Como ya hemos indicado en otros trabajos y publicaciones sobre tipología de suelos en España, existe en este país una correlación muy estrecha entre litologías y suelos y esto mismo por lo tanto lo encontramos en Jaraba. Prácticamente todo el tercio meridional del término está ocupado por calizas bioclásticas y calizas dolomíticas del Cretácico sobre las que encontramos "leptosoles rendsínicos". En algún coluvial procedente de estas calizas situamos "leptosoles móllicos" y en alguna oquedad o situación protegida restos escasos de "luvisoles crómicos". Pero lo que domina sobre estas calizas son los "leptosoles líticos", es decir, litosuelos. Estas formaciones geológicas y los suelos sobre ellas se observan muy bien en la carretera de Jaraba a Campillo de Aragón, coincidente con un paisaje muy erosionado donde la vegetación dominante es el matorral y apareciendo alguna sabina en situaciones privilegiadas.

El resto del territorio, salvo donde se localizan los aluviones recientes del río Mesa y sus afluentes, está ocupado por materiales terciarios, en disposición horizontal, constituidos casi íntegramente por depósitos de origen continental a partir de la erosión de los relieves paleozoicos y mesozoicos próximos.

En esta parte meridional y oriental de la cuenca de Almazán, después del fuerte diastrofismo producido en el Oligoceno y Mioceno inferior, comenzaron a instalarse unidades tectosedimentarias separadas por claras discordancias como resultado de los diversos impulsos tectónicos, aunque ya en el Mioceno superior este factor tectónico juega un papel más atenuado por lo que quizá sean factores climáticos los generadores de movimientos eustáticos. De aquí que en la parte central del término de Jaraba domina una sedimentación de abanicos en capas, formada por la alternancia casi exclusiva de conglomerados, arcillas y margas con algún nivel de areniscas. Litológicamente estos conglomerados están formados en un 90% por clastos calcáreos. En la parte septentrional del término, esta sedimentación terciaria es en cambio más suave, en forma de abanicos aluviales y constituida preferentemente por arcillas pardo rojizas en niveles masivos con intercalaciones de conglomerados en lechos canaliformes y con clastos cuarcíticos.

La alternancia citada en la parte central da lugar en función del material dominante desde "leptosoles líticos" y "leptosoles eútricos" a "cambisoles eútricos" y "cambisoles húmicos", estos últimos en las zonas más forestales. Estos suelos y los materiales subyacentes se contemplan perfectamente en la indicada carretera de Jaraba a Campillo y en la de Jaraba a Cetina, sobre todo en sus tres primeros kilómetros. La implantación de extensas zonas forestales a base de "pino carrasco" sobre esta alternancia sedimentaria origina paisajes muy agradables en contraste con los erosionados antes citados (Figura 1).

La sedimentación que ocupa el tercio septentrional del término, coincidente con un paisaje de lomas suaves y con el cultivo cerealístico y las plantaciones de almendros, da lugar en general a suelos con un horizonte A, superior, antrópico y que en profundidad conservan restos de los horizontes genéticos propios. Estos suelos se denominan genéricamente "antrosoles áridos". Según el resto de

Figura 1. *Leptosoles sobre alternancia de arcillas y conglomerados bajo pinar de repoblación.*

horizonte subyacente encontrado, en estado natural tendríamos desde "luvisoles háplicos y vérticos" y "cambisoles eútricos, crómicos, vérticos e incluso gléicos", estos últimos en los casos de topografía más adversa a "regosoles eútricos". Pero cualquiera que sea en principio el origen de estos "antrosoles", dos son las características fundamentales; por un lado la profundidad de estos suelos y por otro su clara pedregosidad, sobre todo en superficie, aunque ello no impide su laboreo. A partir de esta misma alternancia en posiciones próximas a barrancos y no cultivadas, encontramos que la acumulación de materia orgánica a lo largo del perfil, individualiza unos suelos de tipo "phaeozems".

Al oeste del término y coronando las elevaciones del Chozón y del Apartadero, existen unos depósitos carbonáticos de muy pequeña extensión constituidos por calizas blancas y margocalizas y que sedimentológicamente corresponden a carbonatos lacustres. En esta formación, perteneciente seguramente al Plioceno, encontramos suelos poco evolucionados del tipo de "leptosoles líticos", "leptosoles rendsínicos" y "calcisoles háplicos". Además en el término tenemos los sedimentos cuaternarios de origen fluvial, aportados por el río

Mesa y sus afluentes, sobre los que se desarrollan unos suelos que aunque antropizados forman parte de los que denominamos "fluvisoles". Finalmente las "tobas calcáreas" anteriormente citadas dan lugar también a suelos de escaso desarrollo, muy calizos, del tipo de los "calcisoles".

A continuación, de una forma muy esquemática y siguiendo la sistemática F.A.O. (15), que es la que hemos venido empleando en estas monografías, describiremos los suelos antes citados y que personalmente hemos detectado en el término de Jaraba. Empezaremos por los **Fluvisoles** que son los suelos desarrollados sobre los depósitos aluviales recientes y que por lo tanto experimentan periódico y sucesivo rejuvenecimiento del perfil por nuevos aportes. No presentan más horizontes que un A, ócrico o móllico y el C de partida. Son suelos profundos en el sentido de profundidad utilizable por las plantas y en general con buena permeabilidad aunque en alguna ocasión puedan presentar problemas de hidromorfía. En el caso de Jaraba, son suelos generalmente calizos y siempre con pH elevado, alta saturación en bases y con textura variable pero predominando la franca. Como fluvisoles hemos detectado "fluvisoles eútricos" y "fluvisoles calcáricos".

Los **Regosoles** son los suelos formados a partir de materiales no consolidados pero que no son fluviales ni de texturas gruesas. En Jaraba se desarrollan a partir de arcillas masivas con niveles de cantos cuarcíticos. Estas arcillas llegan a tener potencias de hasta 10 metros. Presentan aquí solamente un horizonte A, ócrico o el horizonte antrópico de la sistemática americana (16). Son suelos profundos, de textura arcillosa o franco arcillosa, pedregosos sobre todo en superficie, eútricos en la mayoría de los casos y con grado de saturación siempre superior al 50%. Son "regosoles eútricos" y están dedicados como ya se ha dicho al cultivo de los cereales y del almendro y se observan fácilmente en la carretera a Cetina en sus últimos kilómetros antes del fin del término y en la que conduce desde la anterior a El Villar de Calmaza.

Leptosoles son los suelos quizá con mayor representación en este término y en su morfología se hallan limitados en profundidad por una roca, una capa cementada o por un material muy calcáreo. No tienen más horizonte genético que un horizonte A. Si la profun-

didad es de 10 centímetros o menos tenemos los "leptosoles líticos" o litosuelos y si es mayor encontramos los "leptosoles eútricos", antiguas xerorendsinas (17) (18), con horizonte A ócrico y grado de saturación mayor del 50%; "leptosoles rendsínicos" antiguas rendsinas (19) con A móllico y con contenido en carbonato cálcico mayor del 40% y "leptosoles móllicos" si tienen menos del 40%. Rendsinas y xerorendsinas son los "rendolls" y "xerolls" de la sistemática americana. Ya en párrafos anteriores hemos indicado sobre qué materiales preferentemente se han desarrollado estos leptosoles (Figura 2).

Figura 2. *Leptosoles móllicos sobre derrubios de ladera.*

Cambisoles son los suelos que en su morfología presenta un horizonte B cámbico, por debajo de un horizonte A, llamado así por el cambio que se aprecia en relación con el material de partida y que se refleja en la aparición de una estructura, por la formación progresiva de arcilla, por la presencia de un color pardo o pardo rojizo, por la liberación de óxidos de hierro procedentes de la alteración de los silicatos presentes en el material de partida y por una disminución en el contenido de carbonato cálcico.

Los localizamos sobre las alternancias litológicas ya citadas del Mioceno y distinguimos "cambisoles eútricos", con horizonte A, ócrico y un grado de saturación mayor del 50%; "cambisoles húmi-

cos" con horizonte A úmbrico o móllico y grado de saturación menor del 50%; "cambisoles crómicos" con horizonte A ócrico y horizonte B de color más rojo que el material de partida y "cambisoles vérticos" con horizonte A ócrico y con propiedades vérticas dentro del perfil. Los cambisoles son las tierras pardas de antiguas clasificaciones y los inceptisoles de la clasificación americana.

Luvisoles son los suelos caracterizados por presentar un horizonte B, Bt de los americanos, de tipo textural ccon un mayor contenido en arcilla, fundamentalmente de origen iluvial, en relación con el horizonte B superior a él. En Jaraba detectamos "luvisoles háplicos" que no tienen el horizonte B de color rojo o pardo rojizo y los "luvisoles vérticos" con propiedades vérticas. Como ya hemos dicho anteriormente ambos tipos de suelos se desarrollan a partir de la alternancia de arcillas masivas con niveles de cantos que encontramos en el tercio norte del término (Figura 3). También se ha indicado la posibilidad de encontrar en lugares protegidos de la erosión entre las calizas dolomíticas del Cretácico, restos de "luvisoles crómicos", que son los luvisoles de color rojo, denominados, antiguamente "terra rossa" por edafólogos como Kubiena, "rhodoxeralfs" de la sistemática americana y arcillas de descalcificación por los geólogos.

FIGURA 3. *Cambios eútricos y calcáricos sobre arcillas, margas y conglomerados que fosilizan luvisoles crómicos.*

Ya hemos citado que en posiciones determinadas, laderas y fondos de valle y sobre materiales muy concretos como sedimentos coluviales y derrubios de pendiente encontramos algún suelo del tipo **Phaeozems.** Son suelos con horizonte A de tipo móllico, siempre con más del 0,6% de carbono orgánico a lo largo del perfil y con un grado de saturación superior al 50%. Hemos distinguido "phaeozems calcáricos" cuando son calizos al menos en sus 50 primeros centímetros y "phaeozems háplicos" cuando no son calizos. También a partir de las calizas margosas del Plioceno y de las "tobas" calcáreas ya citadas tenemos suelos del tipo de los **Calcisoles** que presentan un horizonte con concentración de caliza pulverulenta y un A ócrico. Son los "calcisoles háplicos". Por último tenemos **los Antrosoles,** que aunque ya citados en páginas anteriores, los ejemplos más característicos lo constituyen los suelos de jardines, como los situados en los balnearios de Sicilia y La Virgen, en los que el riego continuado y los aportes sucesivos de enmiendas dan lugar a la formación de auténticos horizontes antrópicos.

Al pasar a continuación a exponer el "uso" de los suelos presentes en este término hemos de distinguir entre el **Uso actual,** es decir, el aprovechamiento que los suelos tienen ahora, del **Uso potencial** que es el que cada suelo debería tener en función de sus cualidades intrínsecas y de las situaciones y limitaciones a las que se ven sometidos. Hoy día en España la coincidencia entre ambos tipos de uso es cada vez mayor debido principalmente a la elevación cultural de la población.

El territorio que constituye el término municipal de Jaraba, de una manera u otra, está en general bastante bien aprovechado actualmente (20) (21), pues lo que se entiende por improductivo agrariamente sólo representa el 5% de la superficie total y donde incluimos núcleos de población, caminos, carreteras y masas rocosas peladas, es decir formaciones líticas.

En este término, los cultivos representan el 35% de toda la superficie, pero solamente el 2% de ellos son regadíos, siendo el melocotonero el frutal más cultivado pues representa casi el 30% del regadío total. Porcentualmente el mayor aprovechamiento en el término es el cultivo en secano, que representa el 33%, representando el cereal el cultivo más importante pues llega a ser el 60% y siendo

cada día más numerosas las plantaciones de almendro con producciones medias que pueden llegar a los 800 Kg./Ha., pero que se ven rebajadas por las heladas tardías seguramente a 300 Kg/Ha.

La superficie no cultivada tiene otros distintos aprovechamientos, siendo el forestal con un porcentaje del 25% el de mayor extensión e interés. De esta masa forestal el 85% corresponde al pino carrasco (*Pinus halepensis*), quedando un 15% para otras especies de las que por su carácter relicto tenemos el sabinar (*Juníperus thurífera*), como bosque más interesante y por último y a título casi testimonial encontramos retazos del bosque de encinas (*Quercus ilex*).

Finalmente otros aprovechamientos son el matorral, con un porcentaje del 21%, matorral xerófilo, situado en los suelos más pobres y esqueléticos, constituido generalmente a base de tomillos, lavandas y genistas y el pastizal con una extensión del 14%, localizado en mejores condiciones edáficas que el matorral y constituido fundamentalmente por gramíneas.

Podemos terminar haciendo una interpretación de la capacidad de "Uso potencial" de los suelos presentes en este término de Jaraba, basada en la metodología (22) (23), empleada ya en anteriores Memorias sobre otros balnearios (24) (25), donde se tiene en cuenta el tipo y cuantía de una serie de factores limitantes para establecer las distintas unidades de capacidad de uso. Aquí en Jaraba los principales factores limitantes son el espesor del suelo, el grado e intensidad de la erosión y la pendiente del terreno y de menor importancia son las propiedades físicas de los suelos y las condiciones hidromórficas presentes y los afloramientos rocosos.

De las cinco clases agrológicas contempladas en la metodología empleada, de la A a la E, por lo tanto, de mejor a peor, en este término no hay suelos de la clase A, es decir, sin ninguna limitación. En la clase B, es decir, con muy pocas limitaciones, concretadas en algún problema de drenaje y también en ocasiones por una textura del suelo excesivamente pesada, incluimos los suelos que hemos denominado fluvisoles y que coinciden normalmente con los dedicados al regadío. Con limitaciones más acusadas tenemos la clase C, limitaciones representadas por un posible problema de erosión y en menor medida por las propiedades físicas de los suelos. Aquí incluimos todos los suelos con cultivos de secano y que fundamentalmente

son los regosoles, cambisoles y luvisoles desarrollados sobre la alternancia de arcillas masivas con niveles de cantos (Figura 4).

Figura 4. *Erosión en cárcavas en regosoles sobre arcillas y margas mio-pliocénicas.*

A la clase D, es decir, con fuertes limitaciones pertenecen por un lado, los suelos con vocación forestal, representados principalmente por los leptosoles y cambisoles formados sobre la alternancia de conglomerados, arcillas y areniscas, donde las limitaciones mayores son la pendiente del terreno y el alto riesgo de erosión, subclase De, y por otro lado los suelos en los que el pastizal es su principal aprovechamiento y donde al ser el escaso espesor del suelo el factor más limitante, denominamos subclase Dx, predominando en ella los leptosoles. Por último a la clase E, casi improductiva, pues es el matorral la única cubierta vegetal que a veces presentan, pertenecen los suelos afectados por una fortísima limitación como es su pequeña delgadez. Está formada esta clase casi exclusivamente por los leptosoles líticos y por algunos leptosoles rendsínicos.

BIBLIOGRAFÍA

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

(2) HOYOS, A., MONTURIOL, F. (1983) Los suelos del término municipal de Alhama de Aragón. *An. Real Acad. Farm.* 49: 359-380.

(3) GAUSSEN, H. (1919) Mapa de las subregiones climáticas de la Península Ibérica. Escala 1:4.000.000. Service Geographie de l'Armée. París.

(4) ALLUÉ ANDRADE, J. L. (1966) Subregiones fitoclimáticas de España. Inst. Forestal de Inv. y Exp. Madrid.

(5) LISO, M., ASCASO, A. (1969) Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática de la cuenca del Ebro. *Anal. de la Est. Exp. de Aula Dei,* vol. X, pp. 5-507.

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

(7) TURC, L. (1955) Le Bilan D'Eau des Sols. Relations entree les Precipitations, l'Evaporation et l'Ecoulement. *Ann. Agron*. 5: 491-495.

(8) NEWHALL, F. (1976) Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Soil surv. Inv. Rep. Soil Cons. Serv. USDA. Washington D.C.

(9) TAVERNIER, R.,VAN WAMBEKE, A. (1976) Determinación del régimen hídrico de los suelos de España según el modelo matemático de Newhall. *Agrochímica,* 20, 406-412.

(10) LÁZARO, F., ELÍAS, F. NIEVES, M. (1978) Régimen de humedad de los suelos de la España peninsular. Inst. Nacional de Inv. Agron. Madrid.

(11) MARTONNE, E. O. (1926) Areisme et índice d'aridité. *C.N.Ac.Sc*. 182, 1395-1398.

(12) DANTIN, J., REVENGA, A. (1941) Las líneas y las zonas isóseras de España según los índices termopluviométricos. Avance al estudio de la aridez en España. *Est. Geogr.* 2, 35-95.

(13) IGME. (1991) Mapa geológico de España. 1:50.000 Hoja 436 (Alhama de Aragón). Madrid.

(14) IGME. (1981) Mapa geológico de España. 1:50.000 Hoja 463 (Milmarcos). Madrid.

(15) FAO-UNESCO. (1989) Mapa Mundial de Suelos. Leyenda revisada. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. Nº 60 Versión en español. Roma.

(16) SOIL SURVEY STAFF. (1975) Soil Taxonomy. Handbook nº: 436 Soil Conservation Service. U.S.D.A. Washington.

(17) GUERRA, A., MONTURIOL, F. (1970) Mapas de suelos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Logroño. Escala 1:250.000 Inst. de Edaf. y Biol. Veg. *C.S.I.C.* Madrid.

(18) KUBIENA, W. L. (1952) Claves sistemáticas de suelos. C.S.I.C. Madrid.

(19) GUERRA, A. *et al*. (1968) Mapa de suelos de España: Península y Baleares. Escala 1:1.000.000 C.S.I.C. Madrid.

(20) Ministerio de Agricultura (1978) Mapa de cultivos y aprovechamientos. Escala 1:50.000 Hoja 436 (Alhama de Aragón). Dirección General de la Producción Agraria. Madrid.

(21) Ministerio de Agricultura (1981) Mapa de cultivos y aprovechamientos. Escala 1:50.000 Hoja 463 (Milmarcos). Dirección General de la Producción Agraria. Madrid.
(22) SÁNCHEZ, J., RUBIO, J., MARTÍNEZ, V., ANTOLÍN, 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.
(23) MONTURIOL, F., Alcalá del Olmo, L. (1990) Mapa de la Capacidad Potencial de Uso Agrícola de la Comunidad de Madrid. Comunidad de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
(24) MONTURIOL, F. (1999) Los suelos del término municipal de Carratraca. *Anal, Real Acad. Farm*. 65: 515-534.
(25) MONTURIOL, F. (2001) Los suelos del término de Manzanera. (Teruel). *Anal. Real Acad. Farm.* 67: 225-234.

An. R. Acad. Nac. Farm. 2004, 70: 625-653

Acción terapéutica de las aguas de los Balnearios de Jaraba

JOSEFINA SAN MARTÍN BACAICOA [*], AGUSTÍN VALERO CASTEJÓN [**]

[*] *Académica Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia*

RESUMEN

Las aguas de los tres balnearios de Jaraba, Sicilia, Serón y La Virgen, son hipotermales, de mineralización media, con predominio de bicarbonatos, sulfatos, calcio y magnesio. Desde antiguo, estas aguas han sido utilizadas por vía oral y por vía tópica. En este trabajo se analizan sus acciones sobre el organismo humano y se señalan las principales indicaciones y contraindicaciones. Se aportan también algunos datos estadísticos referentes al año 2001.

Palabras clave: Aguas mineromedicinales.—Balnearios.—Balneoterapia.

ABSTRACT

The therapeutic action of the waters of Jaraba Spas

The waters of the three spas of Jaraba, Sicilia, Serón and La Virgen, are hypothermal and present a mean level of mineralization; bicarbonates and sulfates, calcium and magnesium are the predominant elements. For many years, these waters have been used, for drinking and for external application. The authors specify their effects upon the human organism and present the indications and contraindications. Some demographics statistics taken from the activity of the year 2001 are also included.

Key words: Mineral waters.—Spas.—Balneotherapy.

[*] *Catedrática de Hidrología Médica. Universidad Complutense de Madrid.*

[**] *Médico del Cuerpo de Médicos de Baños e Inspectores de Balnearios. Académico Correspondiente electo de la Real Academia Nacional de Farmacia.*

SITUACIÓN Y ANTECEDENTES DE LOS BALNEARIOS

Los balnearios de Jaraba, provincia de Zaragoza, situados a unos 760 metros de altitud en la cuenca del río Jalón, a orillas del Mesa, están enclavados en un paisaje de singular belleza y distan 38 Km. de Calatayud, 125 de Zaragoza y 218 de Madrid.

Los balnearios de Jaraba, hoy día en funcionamiento, son tres: Balneario Sicilia, Balneario Baños de Serón y Balneario de La Virgen.

Son numerosos los manantiales que tienen la surgencia en estos balnearios, siendo extraordinario su aforo. Solamente el manantial San Luis de Serón supera los 8 l/seg., por lo que se le puede incluir en la categoría 4 de la clasificación de Meinzer (1), y si consideramos en conjunto los cuatro manantiales que han sido analizados para nuestro estudio (S. Luis, La Peña, S. Vicente y Pilas) utilizados en terapéutica, merecerían ser incluidos conjuntamente en la categoría 3.

Hay referencias documentales del siglo XII en el archivo de Calatayud (2) que atestiguan que, durante la reconquista, se usaron las aguas de Jaraba con beneficios saludables, en la fuente y en la piscina del actual Balneario de La Virgen. En esa época la acción beneficiosa de las aguas era atribuida a la acción milagrosa por intercesión de la Virgen.

Pedro Mª Rubio (3) escribe que los Baños de Jaraba se llamaban desde antiguo de Nuestra Señora de Jaraba por hallarse muy próximos al santuario en donde aquella imagen se venera y se invoca como protectora de los que acuden a dichas aguas, y *"por testimonios auténticos, consta que estos baños se usaron en 1120, y en 1721 se imprimió un mapa* (4) *que todavía se conserva y entre las varias estrofas que contiene se lee la siguiente:*

Oh Virgen de Jaraba,
A estos tus baños,
Vienen muchos enfermos
Y se van sanos."

Solsona recoge estos versos de los Gozos y Alabanzas a la Virgen de Jaraba:

En la probada piscina
De vuestras aguas termales
Ceden su furor los males
Siendo a todos medicina.
Con vuestra mano divina
La bendecís cada hora,
Madre de Dios, de Xaraba,
Sednos siempre intercesora.

La piscina era utilizada no solamente por los fieles con sus dolencias, sino también por sus ganados (2).

En la biografía de Fr. Fernando Rodríguez, presbítero, publicada en 1756 (5) aparece, según recoge el Dr. De Gregorio, Médico Director en Propiedad de Jaraba (6), que en 1716 se renovó el templo de Jaraba a instancias y bajo la dirección de dicho presbítero y que en esa época *"ya era numerosa la concurrencia de enfermos a aquellas aguas minerales, que se aplicaban en la Balsa, única a la sazón conocida"*.

Hasta mediados del siglo XIX no existía instalación balnearia alguna en el camino que conduce al santuario de Nuestra Señora de Jaraba, donde, según recoge Pascual Madoz (7), brotaba un manantial "bastante copioso" de agua termal con 27º R de temperatura (34ºC) y 45 cuartillo por minuto (0,378 l/s) de caudal.

En 1849 el Ayuntamiento de Jaraba, deseoso de utilizar estas aguas, levantó un tejadillo cubriendo toda la concavidad que forma la roca, para facilitar el uso de la charca o piscina. Poco más tarde construyó un sólido edificio, destinado a *"encerrar la 2ª fuente y cubrir la cañería que conducía las aguas a seis pilas de piedra caliza compacta, bien acondicionadas y colocadas en departamentos separados y cerrados. Las pilas 4ª, 5ª y 6ª han servido ya para la concurrencia de 1849, y la 1ª, 2ª y 3ª para la de 1850. El baño de estufa o vapor, la pila para los pobres y la sala principal, está, sin concluir. Aún se observan restos de una alameda y jardín, que se construyeron por un capellán del célebre Santuario, para recreo de los enfermos que allí concurrían. Todo es propiedad del Ayuntamiento"* (3).

Todas estas construcciones a las que se hace referencia, corresponderían al actual Balneario de Serón.

Las aguas mineromedicinales del Balneario de Jaraba fueron declaradas de Utilidad Pública en 1869 (8). Se trata del Balneario de Serón, aunque no hace referencia específica, ya que las aguas del Balneario Sicilia y las de La Virgen obtuvieron la declaración de Utilidad Pública en 1888.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

En esta Memoria hay un capítulo en el que se trata este aspecto de las aguas, sin embargo, por su gran relación con la acción terapéutica, hacemos aquí un breve resumen de los principales análisis físico-químicos de estas aguas, realizados por diversos autores en diferentes épocas.

Pedro María Rubio, en 1853, describe el nacimiento de dos fuentes, en una piedra cóncava, de naturaleza calcárea, *"la primera sale de abajo arriba y la segunda se filtra a una vara de altura de la roca". "Son estas aguas diáfanas; untuosas al tacto; de olor un poco nauseabundo; desprenden burbujas cuando se las agita; de sabor estíptico; y de 27º R de temperatura"* (3).

Pedro María Rubio continúa señalando que estas aguas habían sido analizadas y contenían hierro, azufre en bastante cantidad, cloruros sódico y magnésico y sulfatos de hierro y cal. No da nombres de los analistas.

"En 1849, por orden del Jefe político de la provincia se hizo otro análisis cualitativo, por los profesores D. Ignacio Urigoitia, y D. José Escribá, Licenciados en Medicina y D. Santiago Gil, Doctor en Farmacia, quienes, como se asegura, se cercioraron de la presencia en estas aguas de los ácidos carbónico y sulfídrico, aunque se hallaba éste en pequeña cantidad" .

En las distintas referencias a las aguas de Jaraba que encontramos en la Bibliografía Hidrológico-Médica Española de Martínez Reguera (9) y específicamente, en una de ellas del médico director Dr. Alejandro De Gregorio y Guajardo, se recogen distintos aspectos de las aguas Clorurado-Sulfatado Termales de Jaraba (10). Anastasio García López en 1889 (11), en el apartado dedicado a Jaraba, hace referencia a esos mismos análisis de De Gregorio.

En la "Reseña de los principales Balnearios de España", de 1903 (12), se incluyen las aguas de Jaraba entre las cloruradas sódicas, variedad bicarbonatadas. A mediados del siglo XX en análisis que se recogen en las etiquetas de las aguas envasadas de Serón, se destacan como elementos predominantes, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, sodio, magnesio y calcio. A finales del siglo XX las aguas de Jaraba son incluidas por Armijo (13) y Armijo y San Martín (14) entre las aguas de mineralización media, bicarbonatadas mixtas, de 34º C de temperatura.

Actualmente, la Dra. Torija y sus colaboradores han analizado las aguas de los manantiales, que han sido señalados con anterioridad, correspondientes a los tres balnearios de Jaraba (ver el apartado correspondiente de esta Memoria). De la observación de los datos analíticos de cada uno de ellos, podemos deducir que son similares, con muy ligeras variaciones (< 20%) por lo que, al hablar de la acción terapéutica de las aguas de los Balnearios de Jaraba, nos referiremos a todos ellos en su conjunto, ya que se trata del mismo tipo de aguas.

Del estudio comparativo con otros análisis practicados en fechas anteriores, podemos señalar la existencia de algunas pequeñas diferencias en el residuo seco y temperatura, diferencias que no superan el 20% de variación, por lo que puede ser aceptado. Por lo que respecta a la temperatura, 25-29º C frente a 34º C, que se señala en la mayor parte de los anteriores análisis, suponemos que tales diferencias pueden ser debidas al lugar escogido para su medida. En todo caso, esas diferencias no van a constituir variaciones destacadas en los efectos que se derivan de la administración del agua al organismo.

Por todo ello, podemos admitir que estas aguas pueden seguir siendo incluidas entre las hipotermales, alcalinas, de mineralización media de tipo mixto, con predominio de bicarbonatos, sulfatos, calcio y magnesio.

ACCIONES SOBRE EL ORGANISMO

Las aguas mineromedicinales de los balnearios de Jaraba se administran por vía oral, inhalatoria y tópica.

Ya Pedro Mª Rubio en 1853 (3) señalaba que estas aguas de Jaraba *"Se usan en bebida y en baño". "Se dice que están recomenda-*

das por una larga experiencia en las afecciones de las vías urinarias, en los desarreglos de la menstruación y en los reumas y parálisis".

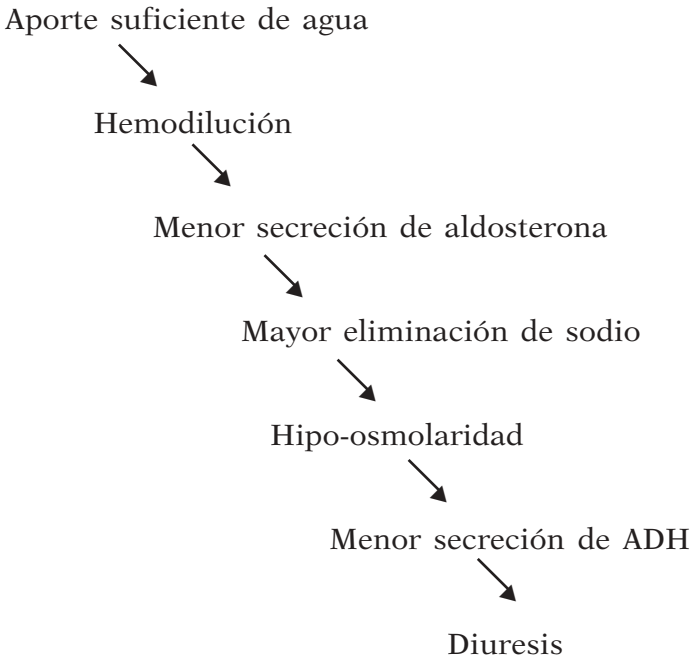
Vía oral

La administración, por vía oral, de aguas de débil o media mineralización, hipotónicas, va seguida, como es bien conocido, de una rápida absorción a nivel intestinal, y preferentemente en intestino grueso. Desde el intestino, el agua ingerida pasa al torrente circulatorio, en virtud de la diferencia de presiones mecánicas entre ambos sectores, intestinal y circulatorio, interviniendo también la diferencia en presión osmótica reguladora de la retención de líquidos. Esta circunstancia está enormemente favorecida en el caso de ingestión de volúmenes abundantes de aguas débilmente mineralizadas, por lo que es siempre conveniente, para evitar hipertensión en el sector porta-hígado-suprahepáticas, ingerir el agua lentamente.

La absorción del agua ingerida supone siempre enriquecimiento del agua circulante, si bien el tránsito hepático del agua absorbida compensa en parte la acción hipotonizante, pero no impide que aumente la volemia y se produzca hemodilución, lo que pone en marcha los sistemas orgánicos reguladores, esencialmente neurohormonales, determinantes de una mayor eliminación urinaria que se puede considerar consecuencia inmediata de la hemodilución. En primer lugar intervienen los osmorreceptores hepáticos que constituyen la primera avanzadilla en la regulación homeostática del equilibrio hídrico. Cuando el hígado agota esa capacidad de regulación, disminuye la osmolaridad sanguínea y se ponen en marcha los extraordinariamente sensibles osmorreceptores hipofisarios, de los núcleos supraóptico y paraventricular hipotalámicos, responsables de la duración de la diuresis por inhibición de la hormona antidiurética. Receptores de volumen de venas cavas intratorácicas y aurícula, y barorreceptores del cayado aórtico y sinus carotídeo informan también a las neuronas del núcleo supraóptico y se inhibe la producción de ADH (15).

Queremos también recordar la intervención del factor natriurético auricular (ANF) sintetizado en las aurículas del corazón y que juega un papel importante homeostático, interviniendo en la regula-

ción del volumen extracelular (16). En condiciones normales el ajuste entre sangre circulante y orina eliminada es perfecto, si bien sea indudable que el aporte de agua débil o media mineralización favorece la respuesta diurética, como corresponde al aumento de líquido extracelular motivado por la puesta en marcha de todo ese complejo mecanismo neuro-hormonal en el que en distintas fases, intervienen factores reguladores capaces de ajustar la absorción, circulación y eliminación de agua a la conveniencia orgánica. Con todo y a pesar de los mecanismos reguladores, la ingestión de un volumen considerable de agua débilmente mineralizada es determinante de una cierta hemodilución que provoca una respuesta neurohormonal compleja, que esquemáticamente podemos representar así:



Mediante este complejo mecanismo neuro-hormonal el organismo puede normalizar el volumen líquido extracelular y forzar la eliminación urinaria con la consiguiente pérdida de agua, de electrolitos y catabolitos. El volumen de orina eliminada puede llegar a superar ampliamente el volumen de agua ingerida, siendo de baja densidad y mayor contenido en sodio, urea, ácido úrico, tendiendo

a elevar el pH de la orina. Todos estos efectos han sido bien comprobados en animales de experimentación y en clínica, siendo de tener en cuenta que la mayor eliminación de orina supone un menor trabajo renal de concentración, el lavado de las vías urinarias y la expulsión más fácil de arenillas y posibles sedimentos.

La orina más diluida y con pH más elevado dificulta la precipitación de sales, especialmente los uratos y oxalatos y la formación de arenillas y cálculos. Asimismo, el aumento del peristaltismo ureteral facilita o contribuye a la migración de cálculos y a su más fácil expulsión, habiendo sido comprobado en los balnearios de Jaraba la expulsión de cálculos de considerable tamaño sin manifestaciones dolorosas.

La acción diurética de las aguas hipotónicas, de débil o media mineralización, es indudable y tanto más si el volumen y el ritmo de ingestión es el adecuado. Para obtener acción diurética se deberá ingerir un volumen considerable de 600 a 1.200 ml de agua en ayunas, dividiendo esa dosis total en tres o cuatro tomas, separadas una de otra 10 ó 15 minutos, siendo aconsejable que la ingestión se practique con el sujeto acostado. Según la respuesta individual, se debe ajustar la dosis total a ingerir. La dosis de la mañana es la fundamental, pero a lo largo del día se puede administrar 500 a 750 ml en varias tomas (15, 16).

El aporte de agua al organismo debe cubrir las exigencias hídricas y en este sentido las aguas de Jaraba son muy favorables para facilitar el mantenimiento del equilibrio hídrico y el intercambio de contenido acuoso entre los distintos compartimentos orgánicos, espacios intra y extracelulares, balance entre sustancias ionizadas y no ionizadas, etc. Es también importante señalar que el agua absorbida constituye un "medio de reacción" que interviene en múltiples funciones celulares.

Además de estas acciones que se pueden considerar principales, derivadas de su débil mineralización, hay que tener en cuenta que el aporte al organismo de los elementos mineralizantes de las aguas de Jaraba aunque sean en pequeña cantidad, pueden ser actuantes, y así:

El **bicarbonato** es el anión predominante en estas aguas y aunque sea en cantidad moderadamente baja, puede actuar a nivel gástrico regulando la secreción y neutralizando el exceso de ácido y la

actividad péptica, pudiendo determinar por su acción alcalinizante un incremento en la acción insulínica y favorecer la salida de bilis al intestino y la acción del jugo pancreático. También por disminuir la acidez de la orina, puede actuar favorablemente en determinadas litiasis urinarias y muy concretamente en la úrica.

Aunque la concentración de **sulfatos** es baja, puede favorecer la salida de bilis al intestino y estimular el peristaltismo intestinal por su poder retentivo de agua, determinante de un efecto de tipo mecánico.

El **cloruro** se encuentra en pequeñas cantidades, por lo que su acción en el organismo no será destacable, si bien pueda ser determinante de un ligero efecto estimulante de secreciones y motilidad en aparato digestivo y fluidificante de la bilis.

Por lo que respecta al catión predominante, el **calcio**, interviene en la regulación del equilibrio entre los espacios intra y extracelulares, en el equilibrio de membrana y de inhibición coloidal y junto con el magnesio, en la regulación de la contractilidad muscular y el tono vegetativo, siendo también a considerar su intervención en el proceso de la coagulación sanguínea. El calcio es el principal componente mineral del hueso y es imprescindible en el desarrollo y maduración esquelética, en la remodelación ósea y para mantener la integridad del esqueleto. El aporte de calcio por vía oral, por medio de las aguas mineromedicinales, es importante ya que la biodisponibilidad del calcio contenido en el agua es similar o superior a la de otros alimentos, incluso al de la leche, debido a encontrarse en forma iónica, igual que en el plasma, que es la activa. El contenido en calcio de estas aguas hipotónicas de Jaraba es bajo (104 mg/L) y por tanto, el aporte solamente se puede considerar como complemento.

La concentración del **magnesio** (36,7 mg/L) es baja, por lo que su acción directa de estímulo de las funciones secretoras en aparato digestivo no pueden ser relevantes, siendo acaso destacable su posible acción estimulante o activadora de los sistemas enzimáticos.

Asimismo, el contenido en **sodio** de las aguas de Jaraba es muy bajo (22 mg/L), por lo que, la administración de estas aguas por vía oral, es recomendable y favorable en aquellas personas con tendencia a la retención de sodio, especialmente en los casos de hipertensión arterial.

Además de los elementos considerados, en las aguas de Jaraba figuran en menor proporción, potasio, nitratos, sílice y un elevado número de factores mineralizantes que, aún en pequeña cantidad, son siempre actuantes, pudiéndose citar entre los **microelementos** detectados: fluoruros, litio, hierro, estroncio, boro, etc., algunos de los cuales son considerados oligoelementos esenciales con su posible intervención en la protección frente a la formación de radicales libres. Los oligoelementos esenciales, como es bien conocido, son indispensables para el organismo humano en el que tienen un amplio campo de intervención. Son necesarios para una actividad metabólica normal; intervienen en reacciones íntimas de la vida celular a nivel mitocondrial, implicándose en múltiples procesos tales como, la modulación de la respuesta autoinmune, la capacidad de reacción frente a las infecciones; se comportan como biocatalizadores, metaloenzimas, que desencadenan o aceleran las sutiles reacciones metabólicas de oxido-reducción.

Ninguno de los microelementos se encuentran en concentración suficiente en el agua de Jaraba para darle carácter específico y por tanto, no se pueden derivar acciones destacadas de ninguno de ellos, pero sí debemos decir que, el conjunto de macro y micro elementos que constituyen la composición específica de cada agua, es lo que da singularidad a la misma.

Vía inhalatoria

La **vía inhalatoria** tiene también cierto interés, ya que además de la beneficiosa acción derivada de la humectación de las mucosas de las vías respiratorias, por su contenido en bicarbonato y en calcio se obtiene una acción sedante, protectora, antiinflamatoria y antiespasmódica, comportándose como normalizadora de la mucosa de revestimiento de las vías respiratorias.

Vía tópica

Aunque la principal vía de administración de las aguas de Jaraba ha sido a lo largo del tiempo la vía oral, también se ha utilizado en

aplicación tópica, bien en forma de baños generales, parciales y/o locales, técnicas en inmersión en piscina, o bien técnicas de aplicación con presión, duchas y chorros en todas sus modalidades.

Los efectos que producen estas diversas formas de aplicación tópica de estas aguas mineromedicinales, son dependientes de su composición química y, principalmente, de factores físicos: mecánicos y térmicos, en particular la temperatura, presión hidrostática, principio de flotación, cohesión, viscosidad, turbulencias, etc., factores que actúan todos ellos, de forma simultánea en estas aplicaciones.

Diversos investigadores (18, 19, 20 y 21) han demostrado plenamente la absorción de los elementos mineralizantes del agua, utilizando elementos marcados incorporados al agua del baño.

En la Figura 1, tomada de Drexel y Dirnagl (18), se puede apreciar y comparar las cotas de mero depósito con las de real absorción, evidenciando que las cotas de depósito se agrupan en valores muy próximos a los del agua marcada que puede cifrarse en 1 a 4 ml/cm^2/h.

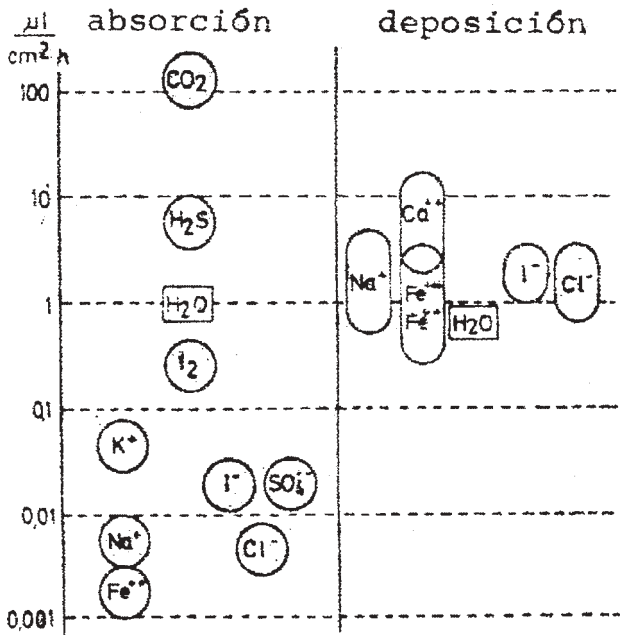


FIGURA 1. *Absorción de minerales del agua (modificado de Drexel y Dirnagl).*

Estudios experimentales acreditan que los iones: sulfato, cloruro, sodio, hierro, etc., marcados se absorben unas cien veces menos que el agua, pero esta relación puede modificarse favorablemente, cuando la capa de revestimiento cutáneo se somete a la acción de factores irritantes físicos o químicos. Se puede observar también en la figura que, otras sustancias tales como SH_2 y CO_2, que son tanto hidrófilas como lipófilas, con un coeficiente de reparto próximo a uno, permite una absorción selectiva de hasta cien veces mayor que la del agua.

Efectos derivados de los factores físicos

En las aplicaciones tópicas, uno de los factores a considerar es la **temperatura del agua**. El agua es un excelente vehículo del calor en virtud de su anormalmente elevado calor específico. La transmisión del calor y los efectos que en el organismo se producen son dependientes del gradiente de temperatura, de la extensión de la aplicación, de la duración del contacto y de la sensibilidad individual. Las técnicas de inmersión y las aplicaciones del agua a diferentes temperaturas, determinan cambios en la vascularización periférica, trofismo tisular, tono muscular, sensibilidad dolorosa, entre otros.

En efecto, los baños con agua a temperatura ligeramente superior a la considerada indiferente (34-36°C), producen **efectos vasculares**: vasoconstricción inmediata, seguida de vasodilatación periférica prolongada, activación de la circulación, apertura de nuevos capilares y arteriolas de tejidos superficiales, con la consiguiente mejoría del trofismo tisular.

Las aplicaciones de calor producen también una acción **sedante general** por la 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 moduladores del dolor y liberadores de sustancias endorfínicas, todo lo cual induce a producir **analgesia.** Se produce además una **relajación del tono muscular,** especialmente cuando la temperatura del agua es superior a la indiferente (36-38°C) y la aplicación es prolongada, disminuyendo la contractura y la fatiga muscular.

Asimismo hay 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 y el equilibrio endocrino, llegando a determinar una agresión o estrés que **activa los mecanismos de defensa del organismo.**

A los efectos térmicos, en el caso de las aplicaciones con presión, duchas o chorros, aplicados directamente sobre la piel o de forma subacuática, se añade el **efecto de percusión** o masaje que es fuente de estimulación mecánica de los receptores cutáneos que, actuando de una manera refleja o bien por acción directa, van a facilitar la relajación muscular, la liberación de adherencias, aumento del flujo sanguíneo, sedación y analgesia.

Factores hidrostáticos e hidrodinámicos

Los baños generales que son las técnicas tópicas más frecuentemente utilizadas, hoy día, en los balnearios de Jaraba, se aplican en bañera o en piscina. Cuando se utiliza la bañera simple, los efectos predominantes son los derivados de la composición química del agua, añadidos a los térmicos. Cuando la inmersión se hace en tanques o piscinas, se buscan además, efectos derivados de otros **factores físicos, hidrostáticos e hidrodinámicos** que vamos a considerar y que están relacionados con la posibilidad de realizar ejercicio dentro del agua, constituyendo una de las técnicas más modernas e importantes en la recuperación funcional de alteraciones de aparato locomotor, de tipo reumático, postraumático o neurológico, sin olvidar la beneficiosa acción que pueden obtener gran número de personas que, deseen mantenerse en forma o evitar los nefastos efectos de una vida sedentaria y estresada.

La **balneocinesiterapia** o terapia por el ejercicio dentro del agua es una de las técnicas más sofisticadas y la única con la que se pueden obtener los efectos derivados de la aplicación simultánea del calor, masaje y movilidad (tríada de Pemberton) a los que se han de añadir otros como, los derivados de la posible absorción a través de la piel de los elementos mineralizantes de las aguas, con efectos locales y generales, inmediatos y tardíos, de tipo vascular, inmunológico y liberación de endorfinas, ya señalados.

En la balneación son destacables los efectos mecánicos determinados esencialmente por la presión hidrostática y su consecuencia el principio de Arquímedes o de flotación. La 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, con liberación de las estructuras que soportan carga (caderas, columna lumbar, etc.) y que va a tener como principal consecuencia, la facilitación de los movimientos, que se podrán realizar aún con músculos muy debilitados.

Ahora bien, un cuerpo en movimiento dentro del agua, sufre una resistencia a su avance debido a fuerzas intrínsecas al agua tales como cohesión intermolecular, tensión superficial, viscosidad, densidad, que se oponen al movimiento dentro del agua, pudiendo ser esa resistencia hasta 600 veces mayor que en el aire. Esta resistencia hidrodinámica puede estar modificada por circunstancias o factores añadidos, extrínsecos al agua, como dirección y velocidad del desplazamiento, superficie a movilizar, ángulo de ataque, turbulencias, etc.

También hay que destacar la posible intervención de **factores hidrocinéticos,** como pueden ser los secundarios a la proyección sobre la superficie corporal de chorros subacuáticos y los derivados de la agitación del agua, que producen una acción percutoria o de masaje (hidromasaje). Estos efectos se añaden a los térmicos y mecánicos propios de la inmersión, dando así la posibilidad de obtener de forma simultánea, los efectos del calor, masaje, movilidad.

La **presión hidrostática**, tanto mayor cuanto mayor es la profundidad y del mismo valor en todos 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, mayor con el individuo en posición vertical, que obliga a una mayor actividad cardiaca, así como a un aumento significativo de la diuresis debido a la liberación del factor natriurético auricular (FNA).

En condiciones normales la mayor actividad cardiaca exigida es fácilmente superada, pero en sujetos de edad avanzada o con alteraciones circulatorias, en especial, con dilataciones varicosas importantes, puede causar desfallecimiento cardiaco. A esto debemos aña-

dir los efectos sobre la función respiratoria, que debido a la compresión sobre la caja torácica y el diafragma, produce modificaciones que, en los pacientes con enfermedad respiratoria o cardiaca, pueden ser causa de disnea y opresión en los baños. Con eso queremos llamar la atención sobre la necesidad de una especial vigilancia de la situación cardiorrespiratoria de las personas sometidas a estos tratamientos.

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

Acciones inespecíficas

Además de todos estos efectos hasta ahora señalados, la utilización de técnicas de aplicación tópica pueden comportarse como **estimulantes indiferenciados de la capacidad defensiva del organismo** y como un **factor de acción general inespecífico.** Tales aplicaciones constituyen un estrés o agresión repetida que, aunque de escasa intensidad, es suficiente para poner en marcha los mecanismos defensivos generales, lo que puede justificar la beneficiosa acción general de este tipo de tratamiento (22).

En esta línea de acciones inespecíficas podemos incluir los **efectos psicotropos**, destacando especialmente los corticomotores y la sugestión inconsciente, aquellos determinantes de estimulación o sedación según sea la modalidad del tratamiento y ésta, facilitadora de la consecución del efecto perseguido con la terapéutica implantada.

En la acción final de esta terapéutica, curas balnearias o crenoterápicas, influye también y en considerable medida, la acción directa del médico que dirige el tratamiento; una más fácil y más estrecha **relación médico-enfermo,** coadyuvan en un mejor resultado de la terapia, lo que unido al aleccionador ejemplo de otros pacientes, mejoría psicoafectiva y a las **circunstancias ambientales favorables,** se integra un conjunto operante y capacitado para corregir trastornos psicofuncionales y contribuir en el logro de un resultado final satisfactorio.

Indicaciones

Las principales indicaciones y usos de estas aguas de los balnearios de Jaraba, de mineralización media, bicarbonatado sulfatadas, cálcico magnésicas, corresponden a las afecciones renales y de vías urinarias, principalmente las litiasis y de ellas las úricas, siendo la principal vía de administración la oral. En aplicación tópica las enfermedades reumáticas son la principal indicación.

Desde antiguo se han considerado éstas como principales indicaciones de las aguas de Jaraba.

D. Alejandro de Gregorio y Guajardo, Director-médico de este Balneario de Jaraba, en su memoria de 1882 (23) indica que los enfermos que acuden al balneario padecían reumatismo, gota, litiasis, catarros vesicales y de otras mucosas; su especialidad terapéutica parece corresponder a la diátesis úrica y a las afecciones sexuales de la mujer. En publicaciones anteriores (10), De Gregorio señala como aplicaciones especiales: *las enfermedades propias de la mujer, enfermedades de las vías urinarias, litiasis úrica, oxálica y fosfática,* y entre las aplicaciones comunes: *reuma, linfatismo, manifestaciones varias del escrofulismo, neuralgias, neurosis, afecciones de vías respiratorias,* y entre las aplicaciones secundarias incluye *dispepsias, gastralgias, afecciones de hígado,* entre otras.

Para Pedro María Rubio (3) las aguas de Jaraba se utilizaban en las afecciones de vías urinarias, en los desarreglos de la menstruación y en los reumas y parálisis. Eran administradas en bebida y baño.

Anastasio García López (11) señala entre las enfermedades que padecen los enfermos que concurren a Jaraba, las referidas por De Gregorio con anterioridad, es decir, *reumatismos, gota, litiasis, catarros vesicales y de otras mucosas y destaca, su especialidad terapéutica, la que parece corresponder a la diátesis úrica y a las afecciones sexuales de la mujer.*

El muy ilustre médico aragonés, D. Santiago Ramón y Cajal, que en distintas ocasiones frecuentó éste y otros balnearios de Aragón, de las aguas de Jaraba destacó los beneficiosos efectos que se pueden obtener en determinadas afecciones como las litiasis. En una dedicatoria, fechada el 16 de agosto de 1895, escribió que había

pasado unos días en el establecimiento balneario de Serón y había tenido ocasión de observar *"notables alivios y sorprendentes curaciones en afecciones tan rebeldes como las litiasis y sus ordinarias complicaciones de las vías urinarias, la gota, el reumatismo crónico, la diabetes sacarina y los catarros de la matriz". "Estos brillantes resultados colocan a Serón a la cabeza de las estaciones termales de su especie y son debidas, en primer término, a la acción ejercida sobre la nutrición y secreciones por la composición química de las aguas; influencia que hacen de Serón una deliciosa residencia de verano y un* Sanatorium *de primer orden".*

Durante el siglo XX las publicaciones sobre Hidrología Médica (13, 14, 24 y 25) consideran como primera indicación de las aguas de Jaraba, las afecciones renales y de vías urinarias, por ser aguas de mineralización media, dentro de las bicarbonatadas mixtas y dado que su temperatura de emergencia está ligeramente por debajo de la indiferencia, también se utilizan en afecciones de aparato locomotor.

Actualmente, según datos suministrados por los balnearios de Jaraba, sin dejar de utilizar la vía oral en sus precisas indicaciones, el mayor número de pacientes tratados en Jaraba, corresponde a los que padecen:

Afecciones de aparato locomotor: Artrosis de cualquier localización, osteoporosis, reumatismos inflamatorios fuera de la fase aguda, secuelas postraumáticas y lumbalgias. En todos estos procesos la vía tópica es la principal vía utilizada.

Afecciones de vías respiratorias: catarros de repetición, faringitis y sinusitis crónicas, bronquitis crónicas, asma bronquial. En ellas se utilizan distintas técnicas por vía inhalatoria.

Otras indicaciones en los balnearios de Jaraba son las **afecciones vasculares periféricas**: Varices, insuficiencia venosa. claudicación intermitente.

Curas de relax en **estrés, cansancio, afecciones psicosomáticas**, son otras patologías tratadas en los balnearios de Jaraba.

Por vía oral, estas aguas de Jaraba, por su bajo contenido en sodio, podrán ser prescritas y recomendables en dietas hiposódicas y en determinadas alteraciones metabólicas, en particular diabéticas e hiperuricémicas, procesos gastroentéricos, colitis, afeccio-

nes dispépticas hipersecretoras y, como **cura de diuresis,** en inflamación de las vías urinarias, calculosis úricas y oxálicas, postlitotricia, etc.

Motivos de prescripción de tratamiento

El personal médico de los balnearios de Jaraba (26, 27) nos ha remitido datos relacionados con las causas de prescripción del tratamiento, correspondientes al año 2001, que recogemos en las Figuras 2 y 3.

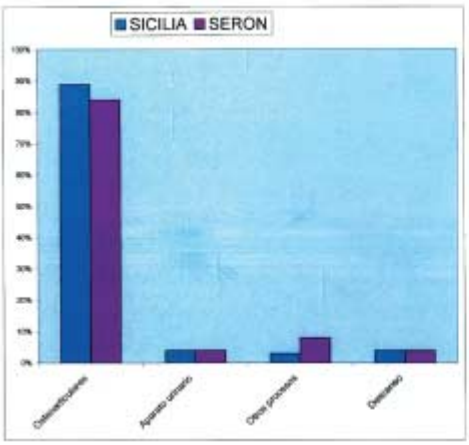


FIGURA. 2. *Balnearios de Sicilia y Serón (% de casos).*

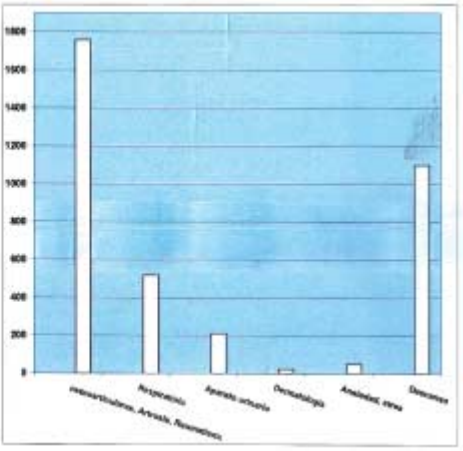


FIGURA. 3. *Balneario La Virgen (nº de casos).*

En los tres balnearios las patologías más frecuentes fueron las afecciones osteoarticulares. El porcentaje de estos procesos, tratados en los balnearios Sicilia y Serón es cercano al 90% (89% en Serón y 84% en Sicilia).

En el Balneario La Virgen, estas afecciones dan también el mayor número de casos de los tratados, 1.758 pacientes (46,65%), seguido de el descanso, 1.099 casos (29,17%) y afecciones respiratorias, 519 (13,77%).

En los balnearios de Sicilia y Serón, solamente el 3% de los casos constituye causa de consulta por patología respiratoria. No obstante, el número de prescripciones relacionadas con afecciones respiratorias ha sido muy superior en ambos balnearios, 12.019 tratamientos prescritos en Sicilia y 8.548 en Serón. Datos año 2001.

Las principales indicaciones de estas aguas en los tres balnearios de Jaraba, han sido a lo largo de los años, las afecciones renales y de vías urinarias y específicamente las litiasis úrica y oxálica, postlitotricia, inflamaciones crónicas de las vías urinarias, gota, hiperuricemias, albuminuria residual y ortostática, cistitis, pielitis y uretritis. Es sorprendente que, en la actualidad, estas indicaciones estén reducidas a un porcentaje muy pequeño, cercano al 5% o menor, de los tratamientos prescritos en estos balnearios, según deducimos de los datos suministrados: 4% en los balnearios de Sicilia y de Serón y 6,1% en el de La Virgen (26, 27).

CONTRAINDICACIONES

Las principales contraindicaciones generales de las curas crenoterápicas son:

- Afecciones agudas o en período de actividad.
- Procesos tumorales malignos.
- Cardiopatía descompensadas.
- Hipertensión arterial grave.
- Accidentes cerebro vasculares recientes.
- Cirrosis e insuficiencia hepática grave.
- Insuficiencia renal grave.
- Enfermedades mentales graves.
- Estados caquécticos y de agotamiento de la capacidad de respuesta orgánica.

Destacamos las contraindicaciones específicas relacionados con la administración de una carga de agua al organismo:

- Glomerulonefritis agudas.
- Insuficiencia renal hipertensiva.
- Hipertrofia prostática.
- Alteraciones al tránsito del agua.
- Obstáculos importantes de las vías urinarias.
- Cálculos enclavados o de gran tamaño.
- Acceso reciente de gota.

O en afecciones de aparato digestivo en las que esté dificultado el tránsito o la absorción del agua ingerida en grandes cantidades, tales como:

- Atonías gástricas.
- Ptosis gástricas.
- Estenosis pilórica.

La balneación y restantes aplicaciones tópicas tienen las contraindicaciones propias de las correspondientes técnicas hidroterápicas.

CONCURRENCIA-CASUÍSTICA

Según datos recibidos (26, 27) el número de asistentes en el año 2001 ha sido cercano a 12.000 entre agüistas y acompañantes, que distribuidos en los tres balnearios corresponden:

- 4.516 a Balneario Sicilia.
- 3.491 a Balneario Serón.
- 3.874 a Balneario La Virgen.

El mayor número de agüistas procede de Madrid, ligeramente inferior es la cifra de los procedentes de la Comunidad de Aragón y muy inferior, incluso en conjunto, los que proceden de Cataluña, Valencia, País Vasco, Navarra, Andalucía y Castilla-La Mancha.

La distribución del total de asistentes por género se recoge en las Figuras 4 y 5, en los que se puede observar que es mayor el número

de mujeres en los Balnearios de Serón y de La Virgen, mientras que en el Balneario Sicilia es coincidente el número de hombres y mujeres.

DISTRIBUCIÓN DE ASISTENTES POR GÉNERO (Nº).

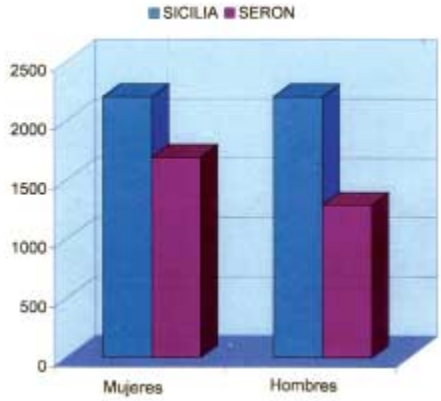


FIGURA. 4. *Balnearios Sicilia y Serón.*

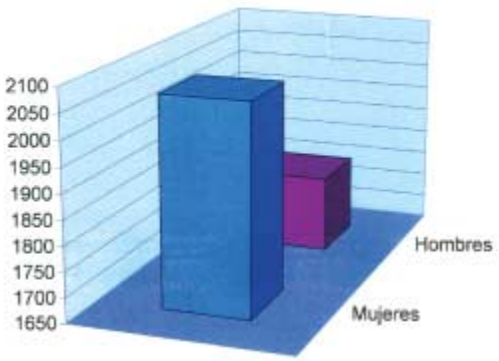


FIGURA. 5. *Balneario La Virgen.*

DISTRIBUCIÓN DE ASISTENTES POR EDAD (Nº).

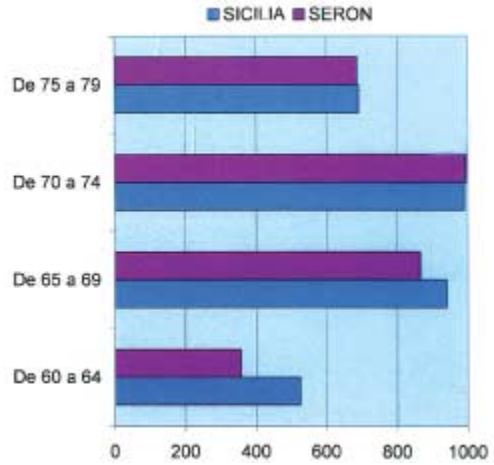


FIGURA. 6. *Balnearios Sicilia y Serón.*

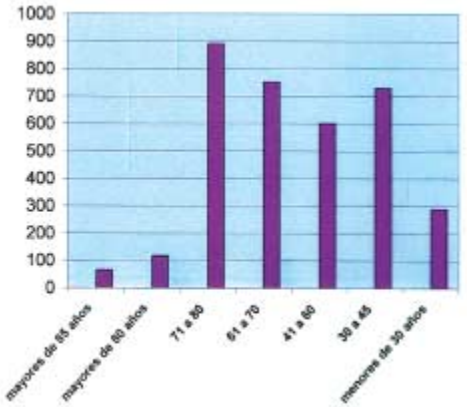


FIGURA. 7. *Balneario La Virgen.*

En relación con la edad se observa un elevado número de personas jóvenes, menores de sesenta años, en el balneario de La Virgen, que no se recogen en el gráfico de los asistentes de Sicilia y Serón. No obstante, 18-19% en Serón y 22% aproximadamente en Sicilia, son menores de sesenta años y 9% en Serón y 8% en Sicilia mayores de 80 años (Figuras 6 y 7).

La asistencia a los balnearios de Jaraba presenta una mayor afluencia de personas más jóvenes al Balneario La Virgen que a los de Sicilia y Serón. Acorde con estos datos, es también destacable que existe un porcentaje mayor de personas que han recibido tratamiento como descanso en el balneario La Virgen, muy superior a los recogidos en los otros dos balnearios.

VALORACIÓN POST-CURA

El Balneario La Virgen ha enviado datos de valoración post-cura (27), de los que hemos obtenido los siguientes resultados:

Sobre el estado general se obtuvo:

- Mejoría importante 13,21%
- Mejoría moderada 59,55%
- Sin cambios 24,17%
- Empeoramiento 3,07%

Sobre la movilidad:

Mejoría importante y moderada en 58,3%. Sin cambio 39,4% y en 2,11% disminuye.

En relación con la sintomatología, los pacientes manifiestan que se encuentran mejor 59,8%, igual 36,4% y peor 3,7% y en cuanto al consumo de medicamentos, en 60% no ha habido cambios, en 31,26% han disminuido, 3,21% han incrementado y 5,38% dejaron la medicación.

TÉCNICAS UTILIZADAS E INSTALACIONES BALNEARIAS

Son numerosas las técnicas utilizadas en los Balnearios de Jaraba.

Todos ellos cuentan con dispositivos para la administración de las aguas por vía oral (cura hidropínica), para las aplicaciones tópicas en distintas modalidades de baños, duchas y chorros, e incluso para la utilización en técnicas atmiátricas (Figuras 8, 9, 10, 11).

FIGURA. 8. *Baño de burbujas.*

FIGURA. 9. *Aerosoles.*

Además disponen de algunas técnicas asociadas, de utilidad como complemento a las balneoterápicas.

FIGURA. 10. *Masaje Niágara.*

FIGURA. 11. *Ducha Vichy.*

Para la aplicación de las distintas técnicas, los balnearios están dotados de **instalaciones balnearias,** modernas, perfectamente equipadas:

BALNEARIO SICILIA

- 15 bañeras individuales para baños de agua termal y de burbujas.
- 17 cabinas para aplicación de duchas y chorros, incluidas en ellas: ducha Vichy, ducha Kneipp, ducha escocesa.
- 2 duchas circulares.
- Sistemas de aplicación de masaje subacuático: Chorro subacuático, masaje Niágara.
- Ionozon Bad para la aplicación de agua ionizada, ozono o anhídrido carbónico.
- Inhalación difusa y pulverizaciones.
- Aerosoles.
- Parafangos.
- Piscina Termal para la práctica de la balneocinesiterapia equipada con aparatos. Agua GYM para la práctica de gimnasia acuática (Figuras 12, 13).
- Gimnasio.

Figura 12.

La mayor parte de las instalaciones de este Balneario han sido renovadas recientemente y continúa su ampliación y modernización, acomodándose a la demanda y a las nuevas exigencias legales y sociales.

FIGURA 13. *Piscinas termales. Balneario de Sicilia.*

FIGURA 14. *Instalaciones del Balneario de Sicilia.*

BALNEARIO SERÓN

- Siete bañeras individuales.
- Ocho cabinas para duchas y chorros.
- Dos duchas circulares.
- Sala de inhalaciones.

En este Balneario han comenzado ya las obras de renovación e innovación.

BALNEARIO LA VIRGEN

- Quince bañeras individuales.
- Dos duchas.
- Dos duchas circulares.
- Un baño turco.
- Una sauna finlandesa.
- Dos aparatos para aerosoles.
- Parafangos.
- Gimnasio dotado con una batería de seis camas de movimientos parciales, una butaca neumática, un sillón inductor de ondas con música.
- Piscina exterior no controlada (Fig. 15).

FIGURA 15. *Piscina exterior del Balneario de la Virgen.*

Este Balneario cuenta también con instalaciones modernas bien equipadas y continúa su proceso de renovación.

Envasado

El gran aforo y la calidad de los distintos manantiales que emergen en Jaraba, hace que sea posible su envasado, sin restar posibilidades a su utilización como terapéutica.

Existen tres plantas envasadoras que comercializan el agua en Jaraba, como agua mineral natural, con los nombres de Fontjaraba, Fontecabras y Lunares.

Alojamiento

Los tres balnearios disponen de instalaciones hoteleras, dotadas de confort y comodidad, que han sido renovadas recientemente y continúan las obras de ampliación y modernización.

El Balneario Sicilia cuenta con hoteles de dos y tres estrellas, con capacidad para 250 plazas en el Hotel Balneario Sicilia y 185 plazas en Hotel Balneario Baños de Serón.

En el Balneario La Virgen hay dos hostales con capacidad para 160 personas.

Personal Asistencial

El equipo médico y sanitario, que atiende a los pacientes y usuarios en los balnearios de Sicilia y Serón, está formado por tres médicos especialistas en Hidrología Médica: Dres. D. Joaquín Guillén Mateo, Dña. Clara Caballero y D. Juan Carlos Chamorro, un fisioterapeuta, tres masajistas y diez auxiliares.

El Balneario La Virgen es atendido por el Dr. D. José Antonio Adradas Remiro, ayudado por dos fisioterapeutas, dos cosméticos y dos bañeros.

Queremos hacer una mención especial, un pequeño homenaje, a **D. José María Sicilia,** fallecido muy recientemente, que fue el promotor de las últimas grandes reformas realizadas en los balnearios de Sicilia y Serón. Fue uno de los primeros empresarios que ya en los años setenta, con acertada decisión, emprendió la reforma de los balnearios. Gracias a su esfuerzo y tesón, amabilidad y buen hacer se aseguró el éxito que ahora todos podemos disfrutar. Tenemos de él un grato recuerdo. Que descanse en paz.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Davis, S. N. y De Wiest, R. Meinzer Clasificación de la descarga de los manantiales en Hidrogeología. Ed. Ariel, Barcelona, p. 100.

(2) Solsona, F. (1992) Balnearios Aragoneses. Ed. Diputación General de Aragón, p. 70-77.

(3) Rubio, Pedro Mª (1853) Tratado completo de las fuentes minerales de España. Madrid. Tomo Segundo. 378-379.

(4) Corresponde al mapa, de 1721, por D. Fernando Rodríguez Sánchez, Presbítero, en el que "se describe el Río Mesa, y el Santuario de Nuestra Señora de Xarava, y sus saludables Baños, y...", Ref. 227 en Bibliografía médico-hidrológica Española de Martínez Reguera, 157.

(5) Martínez Reguera, L. (1896-1897) Bibliografía médico-hidrológica Española. Madrid, Ref. 328 (1756). El devoto de María Santísima. Vida, y virtudes del siervo de Dios P. Fernando Rodríguez, de los Clérigos Regulares Menores: escrita por el M.R.P.M. Joseph Esquivel, ...En Madrid, en la Imprenta de Joaquín Ibarra, calle de las Urosas. Año de 1756. Se hallará en esta Corte en la Portería de la Casa del Espíritu Santo y en Calatayud en la Casa de nuestra Señora de la Peña.

(6) De Gregorio y Guajardo, A. (1877) Apuntes hidrológicos sobre las aguas clorurado-sulfatado termales de Jaraba. Calatayud. Imprenta de La Hoz y Compañía.

(7) Madoz, P. (1845-50) Diccionario Geográfico-Estadístico Histórico de España y Posesiones de Ultramar. La Ilustración. Impr. establ. tipográfico-literario Universal. Madrid. Ed. Facsímil relativa a las localidades de las provincias de Zaragoza, Huesca y Teruel. 1985-86. Ámbito Ed. Valladolid.

(8) Baeza Rodríguez-Caro, J., López Geta, J. A. y Ramírez Ortega, A. (2001) Las Aguas Minerales de España. Según recogen en esta publicación del Instituto Geológico y Minero de España, pág. 51, la primera referencia oficial al carácter mineromedicinal y a la utilidad pública de las aguas termales de Jaraba aparece en la "Nota de la Dirección General de Beneficencia y Establecimientos penales", publicado en la *Gaceta de Madrid* el 16/4/1869 en la que se incluye Jaraba entre otras de la provincia de Zaragoza.

(9) MARTÍNEZ REGUERA, L. (1896-1903) Bibliografía Hidrológico-Médica Española. Madrid.
(10) DE GREGORIO Y GUAJARDO, A. (1877) Apuntes hidrológicos sobre las aguas Clorurado-Sulfatado Termales de Jaraba. Calatayud. Imprenta de La Hoz y Compañía.
(11) GARCÍA LÓPEZ, A. (1889) Hidrología Médica. Tomo II.
(12) Varios Médicos Directores de Baños (1903) "Reseña de los principales Balnearios de España", Imprenta de Ricardo Rojas. Madrid.
(13) ARMIJO VALENZUELA, M. (1968) Compendio de Hidrología Médica. Ed. Científico Médica. Barcelona.
(14) ARMIJO VALENZUELA, M., SAN MARTÍN BACAICOA, J. Y COLS. (1994) Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Ed. Complutense. Madrid.
(15) DEETJEN, P. (1992) Función del riñón y Equilibrio hidroelectrolítico en Fisiología Humana de Schmidt, R. F.-Thews, G., McGraw-Hill - *Interamericana de España*. Madrid. pp. 819, 835-838.
(16) ARMIJO, M. y SAN MARTÍN, J. (1984) La salud por las aguas termales. Ed. Edaf. Madrid. 61.
(17) FLURIN, F. y DE LA TOUR, J. (1986) Mieux conprendre les cures thermales. Expansion Scientifique Française. París. 38.
(18) DREXEL, H., DIRNAGL, K. & PRATZEL, H. (1970) Experimentelle Refunde zum chemischen Wirkungsmechanismus der Sole- und Beebäder. *Z.F. Physik. Med*. 1, 3, 201.
(19) PRATZEL, H. G. & SCHINZER, W. (1987) Medizinisch orienterteGrenzwerte für Badeheilwaser auf der Brundlage von Gesetzmässigkeiten der Hautpermeation. *Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim.,* 16, 367.
(20) DUBARRY, J. J. & TAMARELLE, C. (1972) Pénétration percutanée en Balnéothérapie thermale. *Presse Therm. Clim.,* 109, 196.
(21) SAN MARTÍN BACAICOA, J., SAN JOSÉ ARANGO, M. C. (1989) Paso a través de la piel de los factores mineralizantes de las aguas utilizadas en balneación. *Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd.,* IV, 1, 27-32.
(22) SAN MARTÍN BACAICOA, J. (2000) "Técnicas actuales de tratamiento balneario. Hidrocinesiterapia", en Panorama actual de las aguas Minerales y Mineromedicinales en España. Ministerio de Medio Ambiente. ITGE. Madrid. 105-114.
(23) DE GREGORIO Y GUAJARDO, A. (1882) Memoria estudios hidrológicos de las aguas de Jaraba de Aragón.
(24) SAN ROMÁN Y ROUYER, J. (1945) Manual de Hidrología Médica, Ed. Salvat, Barcelona.
(25) GARCÍA AYUSO, J. (1962) Hidrología y Climatología Médicas. Ed. Cultura Clásica y Moderna. Madrid, p. 160.
(26) GUILLÉN, J., CABALLERO, C. y CHAMORRO, J. C. (2001) Datos referentes a los balnearios de Sicilia y de Serón. Comunicación personal.
(27) ADRADAS, J. A. (2001) Datos referentes al Balneario La Virgen. Comunicación personal.