



INSTITUTO DE ESPAÑA

**REAL ACADEMIA NACIONAL DE
FARMACIA**



**MONOGRAFÍA XXIII
BALNEARIO DE CARATRACA
1999**

MONOGRAFÍAS DE AGUAS MINERO MEDICINALES

©Real Academia Nacional de Farmacia.

Todos los derechos reservados.

<http://www.raf.es>

Presentación

Esta es la Memoria número 23 de las publicadas desde 1968 por la Comisión para el estudio de los manantiales de aguas minero-medicinales de esta Real Academia de Farmacia, constituida por diversos académicos y con la colaboración de diversos especialistas en la materia de diversos Organismos.

La proximidad del pueblo de Ardales, que antiguamente se escribía con H (Hardales) y el existir en la zona diversos manantiales de aguas minero-medicinales, da lugar a que en la bibliografía pudiera haber confusión entre los diversos manantiales; así al hablar de las aguas de Hardales en general, entre las que se encontraban las «Aguas hediondas», también llamadas «Aguas de Carratraca» por pertenecer a la villa de dicho nombre.

En esta Memoria se estudia primeramente la historia y vicisitudes por las que han pasado a través de los tiempos, la villa y el Balneario de Carratraca, sus propietarios y médicos directores.

Se hace una revisión de los análisis físico-químicos realizados, a través de los tiempos, por diversos Organismos hasta el año 1996 en que se realizó el último por el Departamento de Nutrición y Bromatología II - Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, clasificando a las aguas por su composición química, en aguas de mineralización media, frías, hipotónicas, bicarbonatadas, sulfatadas, cálcico magnésicas, con indicios de diversos microelementos.

Como complemento al análisis físico-químico, el CIEMAT y más concretamente su «Departamento de impacto ambiental de la ener-

gía» realizó el estudio de la radiactividad de estas aguas de Carratraca, mediante la determinación cuantitativa de los radionúclidos más significativos, que pertenecen a las series radiactivas naturales de U-238, U-235 y Th 232. El nivel de radiactividad total de estas aguas es bajo. Se ha detectado la presencia de Rn-222 con una baja actividad. Los valores encontrados para los índices de actividad alfa y beta total superan ligeramente los mencionados como niveles guías para las aguas potables.

Si importante es la composición físico-química de las aguas, no es menos importante el estudio microbiológico del manantial mineral medicinal de Carratraca, clasificando las bacterias presentes. Se comprueba que en el manantial presenta un número muy bajo de bacterias viables y no tiene microorganismos patógenos ni indicadores de contaminación fecal, por lo que las aguas, desde el punto de vista microbiológico son potables. Las bacterias heterótrofas predominantes son bacilos Gram negativos no fermentadores. Cuando se produce un aporte de luz, se forman típicos «tapetes» microbianos constituidos por microorganismos quimiolitótrofos del azufre y fototrofos.

En la Memoria se incluye un trabajo sobre la climatología del Balneario de Carratraca realizado por el Instituto Nacional de Meteorología, con los datos aportados por las estaciones meteorológicas cercanas a Ardales, Carratraca y Casarabonela. Entre los elementos climatológicos estudiados se encuentran la insolación y radiación solar, temperatura, precipitación, así como los índices climatológicos de aridez de Lang y el índice de continentalidad de Gorezynski.

En el estudio botánico se consideran los principales aspectos bioclimáticos, biogeográficos y edáficos de Carratraca señalando las características de la flora serpentínicola y dolomíticola de la sierra de Aguas y áreas limítrofes. También se indica la vegetación climática y sus principales etapas de sustitución. Al final se incluye el esquema sintaxonómico.

Se amplía la Memoria con un estudio geológico e hidrogeológico del entorno del Balneario de Carratraca así como también las medidas de protección solicitadas en 1998, acompañadas de un estudio previo, fundamentado en una serie de trabajos de campo, considera-

ciones hidrogeológicas y de vulnerabilidad de sus materiales geológicos aflorantes en el área del balneario, proponiéndose un perímetro de protección suficiente, dividido en tres áreas de protección.

Se efectuó además, un estudio edafológico de los suelos. La descripción de los mismos se ha efectuado con arreglo a la Clasificación sistemática FAO/UNESCO (1989). Se describen los siguientes tipos: 4 cambisoles, 6 leprosoles, 2 calcisoles, 2 regosoles, 2 luvisoles y 2 fluvisoles. También se estudian los actuales y potenciales usos de los suelos, que son casi coincidentes.

Finaliza la Memoria con el estudio de las acciones de las aguas sobre el organismo humano, como consecuencia de su composición química, así como las aplicaciones terapéuticas más destacadas en afecciones de la piel, del aparato respiratorio y ginecológicas. Son también utilizadas estas aguas en las secuelas de afecciones inflamatorias crónicas, en procesos subagudos de la mucosa en el cuello uterino. En procesos inflamatorios crónicos son útiles por su acción antiflogística, estimulante de la secreción y motricidad.

L. VILLANÚA

Balneario de Carratraca (Málaga). Historia y generalidades

LEÓN VILLANÚA FUNGAIROÑO Y PEDRO GARCÍA PUERTAS†

*Comisión para el estudio de los manantiales de aguas minero-
medicinales.—Real Academia de Farmacia.—Farmacia, 11.—
E-28004 - Madrid.*



RESUMEN

Se hace una reseña de la situación geográfica de la villa y del Balneario de Carratraca, con una breve historia de diversas vicisitudes por las que han pasado y sus generalidades.

Palabras clave: Agua minero-medicinal.—Balneario de Carratraca.

SUMMARY

Carratraca Spa (Málaga). History and generalities

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

Key words: Minero-medicinal water.—Carratraca Spa.

CARRATRACA

En la provincia de Málaga, al sur del Embalse de Guadalhorce, al norte de la Sierra de Alcaparaín, al sur de la Sierra de la Pizarra y al oeste de la Sierra del Agua, se encuentra la villa de Carratraca. Distante a 50 Km del Málaga, a 53 Km de Antequera, a 65 Km de Ronda y 6 Km de Ardales. La situación geográfica corresponde a 36° 51' de latitud Norte y 4° 9' de longitud Este del meridiano de Madrid. La altitud es de 541 m sobre el nivel del mar en Alicante.

La villa de Carratraca pertenece a la Audiencia Territorial, al Partido Judicial y a la Diócesis de Málaga. Su escudo se aprobó, mediante un «Decreto de honores y distinciones», en un Pleno Municipal del año 1965, siendo Alcalde D. Francisco Florido Fuentes. El escudo, muy alusivo a los dos aspectos más característicos de Carratraca: las aguas y la ermita, está formado por dos figuras: la superior es la Ermita de Nuestra Señora de la Salud, que luego citaremos y que hace referencia al poder «milagroso» de las aguas. La figura inferior es una fuente que representa la importancia de las aguas en la historia de la villa.

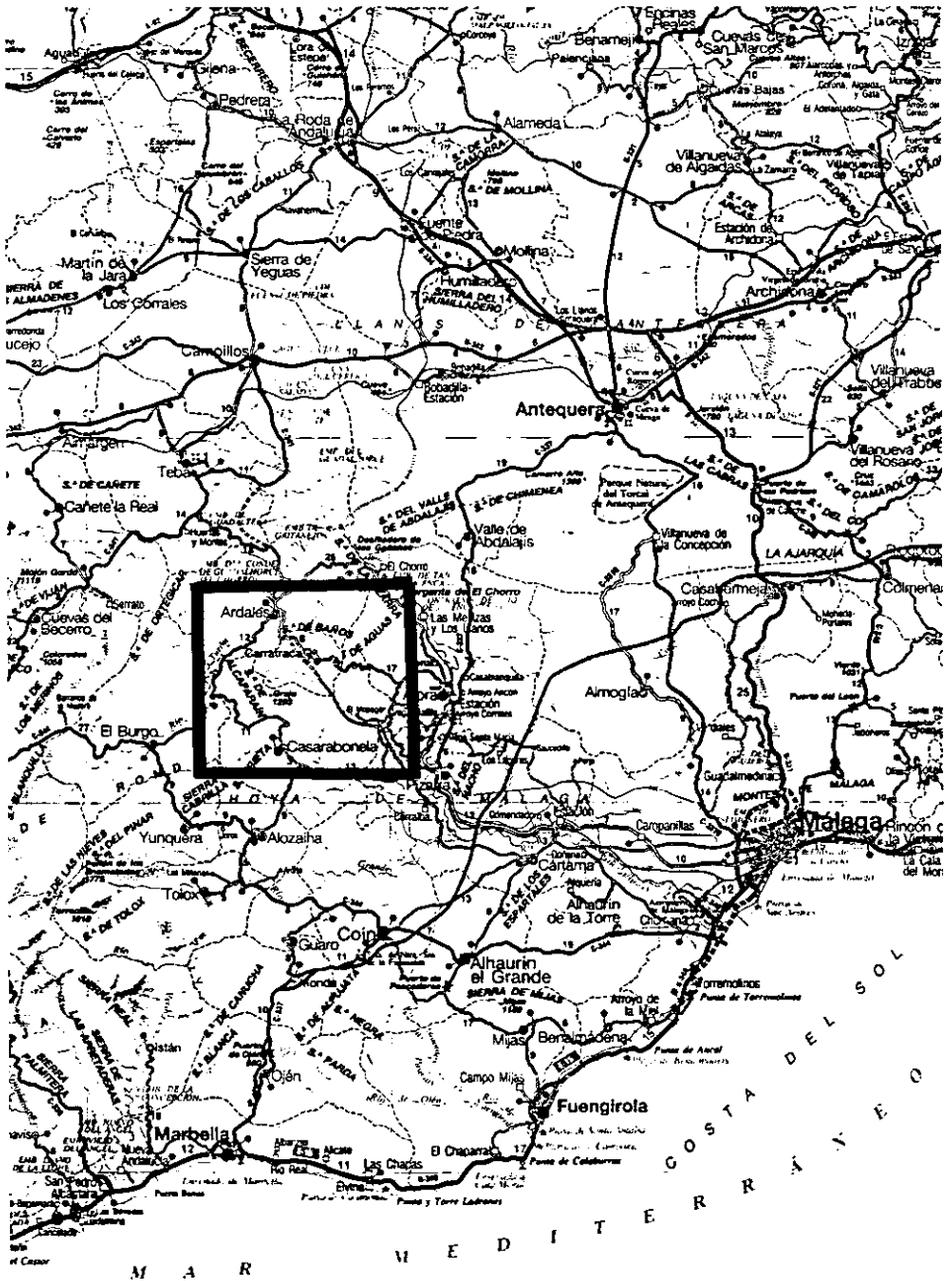
La proximidad del pueblo de Ardales, donde existe otro manantial, ha ocasionado dudas, equivocaciones y confusiones sobre las aguas de Ardales y de Carratraca, por haberse conocido estas últimas con el nombre de Ardales hasta finales del siglo XVIII, por su proximidad a la villa de Ardales. Sólo tras la independencia en 1832, del término municipal de Casarabonela quedan claros los límites y las diferencias entre las aguas de Ardales y Baños de Carratraca (1).

La existencia de un poblado romano en el lugar que actualmente se denomina Carratraca, parece seguro según afirman diversos escritores (2, 3, 4, 5). Los hallazgos de cuatro baños de piedra a unos 800 m del manantial, pilas, conducciones de agua, sepulcros (varios de piedra y uno de plomo) vasijas, y bastantes monedas de cobre (unas de la época del consulado de Teodosio y otras de Tiberio, como cónsul y como emperador) son pruebas, no sólo de su ocupación, sino también del probable empleo del agua minero medicinal. Suposición esta última, bastante lógica dada la tradición balnearia del pueblo romano. Los trozos de calzada romana hacen sospechar una posible explotación minera en aquella época (6). No se conservan en cambio, (1) testimonios de su utilización por los pueblos musulmanes, y todos los informes recogidos se limitan a aventurar hipótesis al respecto.

Leopoldo Martínez Reguera basándose en el *Methodus medendi* de Abulcasis interpreta que Alhama de Granada, Graena, Ardales y El Horcajo, tenían uso con fines terapéuticos en aquella época (8). Ningún historiador menciona restos arqueológicos que prueben la presencia sarracena. Además, los bosques de encinas que crecieron sobre el asentamiento romano sugieren que, de existir alguna población sarracena, no debió ser muy numerosa (2, 4).

En 1485 pasa a manos cristianas y en los libros de reparto de Casarabonela podemos comprobar la existencia de las tierras del Agua Hedionda y de un río del mismo nombre, junto al cual existía una Venta (9) que en la Carta Puebla de Casarabonela de 31 de agosto de 1574, al hablar del reparto de las tierras de los moriscos, se vuelve a nombrar y dice que «la Venta de Agua Hedionda, que junto a otro manantial dicen ser de cristianos viejos y situados en el camino de Málaga a Hardales, a una legua y legua y media de dicha villa de Casarabonela».

No se tienen nuevas noticias, hasta un siglo más tarde, en el informe de Manuel de Almeyda, médico de Antequera, que envió a principios de 1677 a Alfonso Limón Montero (10) por el que conocemos varios datos de interés: por un lado la penuria de instalaciones y viviendas, que se limitaban a una poza donde caía el agua y a unas chozas incómodas; por otro lado, la rápida popularización de los efectos terapéuticos.



I 500 1 197 J 1:4 K L 1:33 M N

Bajo el silencio de un siglo sin información, se oculta un radical cambio en la consideración del agua como recurso terapéutico y particularmente en la de estos Baños de Ardales o de Carratraca. No existen datos para llenar este vacío, según dice Rodríguez Sánchez (1) sólo nos queda recurrir a los historiadores más próximos en el tiempo, quienes, con una ostensible falta de rigor, dan fechas exactas a sucesos míticos: según algunos, fueron los pastores quienes observaron directamente el efecto de las aguas en la sarna y en las úlceras de sus ganados y reanudaron el empleo de los baños en 1656; según otros: esto no sucedió hasta 1658, año en que el contrabandista denominado «Camisión» aquejado del mal de San Lázaro, rechazado socialmente por su padecimiento buscó refugio en las inmediaciones del manantial, construyéndose una choza, comenzó a bañarse hasta alcanzar así la curación. Interviene aquí el elemento taumatúrgico cristiano: el agua no sólo cura su cuerpo sino que (como bautismo) hace lo propio con su alma y convencido del milagro abandona el contrabando para erigir una pequeña ermita en la que coloca una imagen de la Virgen, tallada con sus manos a la que dio el nombre de Nuestra Señora de la Salud (cuya imagen se venera en la Iglesia Parroquial de Carratraca). Desde entonces a las Aguas Hediondas se las llamaría «santas» (2, 4, 5, 11).

Aunque la realidad no fuera ésta, se ponen aquí de manifiesto los elementos empíricos y creenciales que explican el desarrollo paralelo de la ermita y los baños, en torno a los cuales comienza a crearse una población: Carratraca.

En 1700 se construye un estanque y seis años más tarde se levanta una tapia alrededor, aunque hasta 1724 no se procedió a elevar un tabique que delimitara una alberca para mujeres y otra para hombres (11). En 1740 se reconstruyen los tejados de la Ermita y en 1745 se bautizó el lugar con el nombre de Carratraca (12). Fue Juan José García el primero que señaló la etimología del nombre que atribuyó a la onomatopeya del sonido de las castañuelas con las que los bañistas acompañaban sus continuos bailes. Medina Conde reprodujo esta observación en sus «Conversaciones históricas malagueñas», lo que originó en 1976 una polémica en la prensa local, desde marzo a octubre, en la que intervinieron diversos intelectuales malagueños (1). En 1754 Juan de Eulate y Santa Cruz, Obispo de Málaga, acude

a los Baños y entrega una nueva imagen de la Virgen de la Salud y bendice el nuevo cementerio.

En 1800, el Ayuntamiento de Casarabonela, a cuyo término municipal pertenecía Carratraca, teniendo en cuenta la gran afluencia de enfermos que acudían a los Baños y la distancia de dos leguas que separaban Carratraca de Casarabonela, acordó que existiese un alcalde pedáneo en la puebla de Carratraca, siendo nombrado el 6 de enero de 1800, Juan de Vera como alcalde pedáneo y Francisco Morales como ayudante (1, 13).

Los vecinos de Carratraca no quedaron satisfechos de dicha decisión pues Casarabonela no contaba con ellos para nada y además tenían que aportar grandes beneficios y contribuciones a costa de los Baños, sin que la villa de Casarabonela demostrara interés por otros asuntos de Carratraca. El afán de los vecinos de Carratraca de «independizarse» del Ayuntamiento aprobó los nombramientos de Juan de Vera como alcalde y Salvador Florido como regidor que habían otorgado en 1803 los vecinos de Carratraca en sustitución de Antonio Miguel Cueto, nombrado por Casarabonela en 1802 y que no se había vuelto a nombrar otro. Esto dio lugar a diversas discusiones y trámites administrativos, que duraron bastantes años, entre el Ayuntamiento de Casarabonela, los vecinos de Carratraca y las Autoridades malagueñas (1 y 13).

El proceso independentista de Carratraca se vio frenado por la invasión francesa, por lo que hasta 1821 no volvería a elegirse el Medio Concejo (alcalde, regidor y procurador síndico) (1 y 14). En 1823, con el final del trienio constitucional, supuso un retorno a la antigua situación de dependencia de Casarabonela, volviendo a las discusiones, recurriendo ante el Gobernador de Málaga. En 1825, Carratraca solicitó la gracia de villazgo. En 1827 se consiguió la concesión real del Privilegio de Villazgo, declarándola independiente de Casarabonela y sujeta en lo jurisdiccional a Málaga (1, 15 y 16).

Será decisivo para la completa separación del pueblo, la constitución en Málaga de una Junta para la mejora de los Baños que aceleraría la resolución. La necesidad de la construcción de unas buenas instalaciones llevan al Gobierno a considerar que: «para que los Baños de Carratraca, en la provincia de Málaga, puedan ponerse en el grado de comodidad que exige su importancia y las obras que

van a empezarse en ellos no sufran entorpecimiento se ha servido resolver la Reyna Ntra. Sra. que aquella población sea separada en la Jurisdicción Civil de la que hasta ahora han ejercido en ella los alcaldes pedáneos de Casarabonela, entendiéndose directamente con las Autoridades de Málaga, como ésta lo hace» (17).

Pero Casarabonela alegó que tras la expulsión de los moriscos, los nuevos pobladores compraron las tierras, obligándose a pagar 202.500 maravedíes anuales y a perpetuidad. Por lo tanto la nueva villa debía indemnizarles y pagar su parte correspondiente del censo (Sesión 6-VI-1837). Intervino la Diputación Provincial de Málaga, que nombró una Comisión que puso de acuerdo a dichas poblaciones. Casarabonela cedió el derecho sobre las tierras y Carratraca se comprometió a satisfacer la renta correspondiente a la parte del censo de la población (18). Perdidos los documentos que señalaban los lindes, el 2 de agosto de 1838 se procedió al amojonamiento (1).

EL BALNEARIO

Como hemos dicho, las aguas de Carratraca, se conocieron por los romanos, moriscos y cristianos. A través de los tiempos, el manantial ha estado protegido de diferentes maneras, actualmente está ubicado en una hermosa mansión del siglo XIX. En su interior, la amplitud de los espacios, la altura de los techos, los suelos blanco y negro y el mobiliario creaban un ambiente a tono con el edificio.

En un patio interior se encuentra la Alberca Real, construida en mármol, siguiendo el estilo de las antiguas termas romanas y otra alberca más humilde llamada «de la Beneficencia» que fue creada para que los pobres pudieran tomar las aguas.

El agua emerge espontáneamente en una balsa situada debajo del edificio principal del Balneario. El único acceso consiste en una abertura ovalada de 50 o 60 cm en el suelo de la planta baja del edificio y protegida por una tapa. El caudal es de 700 litros por minuto. Está en comunicación con el pasillo principal del Balneario por mediación de una fuente donde beben el agua los enfermos.

Durante el siglo XIX, gracias a sus aguas el Balneario llegó a convertirse en una de las estaciones termales más famosas de la época.

En 1830, el rey Fernando VII ordenó la construcción de una gran fonda al lado del Balneario para alojarse allí con su séquito y poder tomar las aguas. Así es como se creó el Hostal del Príncipe; una compleja edificación que el rey no llegó a ver terminada, pero que siempre ha sido el hospedaje utilizado por los enfermos que acuden al Balneario.

Por Real Orden de 27 de diciembre de 1847, se aprobó el Pliego de condiciones para la ejecución de la obra del Balneario. El arquitecto que realizó los planos fue José Trigueros. Por Real Orden de 17 de febrero de 1852 se aprobaron expropiaciones de casas limítrofes, para su ampliación (1).



En 1855, el Balneario fue ampliado utilizando unos terrenos cedidos por el padre de Eugenia de Montijo, que impuso la condición de poseer un baño particular que aun se conserva.

DECLARACIÓN DE UTILIDAD PÚBLICA

En 1849, fue declarado de utilidad pública por Real Orden de 27 de diciembre de 1849. En un informe de viabilidad se indica que las aguas fueron declaradas de utilidad pública el 14 de abril de 1869.

Posteriormente, por Real Decreto Ley nº 743 de 25 de abril de 1928 (Gaceta de Madrid del 26), se aprobó el Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero medicinales.

En los Anexos del Estatuto figura el Balneario de Carratraca entre los comprendidos en el apartado a) del artículo 34 (Balnearios servidos por Médicos del Cuerpo de Baños).

PROPIETARIOS

No hemos conseguido información fidedigna de quienes fueron los primeros propietarios. En 10 de abril de 1852 figura como tal D. Augusto José Casanova y el 24 de abril de 1953 figuran D. Juan Menjulet, D. Rafael Menjulet y D. José de la Fuente Vida. A principios del siglo XX figura la familia granadina de D. Luis Dávila Medina y sus tres hijas (Dávila Ponce de León Valverde).

Existe un período intermedio sin documentación escrita, pero por información verbal de los Alcaldes de este período, sabemos que el Ayuntamiento se hizo cargo de mantener abierto el Balneario, cediéndolo durante la temporada a distintos vecinos del pueblo, aunque la propiedad seguía a nombre de la familia Dávila.

Hasta los primeros años del siglo XX, todo fue esplendor en el Balneario y nada auguraba que pudiera extinguirse, pero poco a poco su fama languideció y se adentró en el siglo XX despojado de la gloria de antaño, sobreviviendo a duras penas a la marginación y al olvido.

En 1972 fue adquirido por D. Eduardo Martín Almendros y su socio D. Francisco Benavides Hombrado. A pesar del lamentable panorama con que se encontraron, el Balneario y el Hostal, les caló hondo y se pusieron manos a la obra para rescatarlos de la ruina. Tras la muerte de su socio, Eduardo Martín continuó luchando por

el negocio y hace ya veinticinco años que abrió por primera vez el portón del Hostal del Príncipe, sin haber tenido que volver a echar la llave. Cuando los colaboradores de esta Comisión visitaron el Balneario (1996) seguía funcionando el Hostal que disponía de 30 habitaciones dobles y 10 individuales. El Hostal y el Balneario están separados por una estrecha calle.

A finales de 1996, Eduardo Martín traspasó el Balneario a una Entidad Bancaria (BANESTO) para reformarlo y sacarlo a flote. Desde ese momento permanece cerrado el Hostal.

En la temporada de baños de 1998, el Ayuntamiento de Carratraca se hizo cargo de la explotación del Balneario, exclusivamente.

En 1999 el Banco traspasó la propiedad a unos nuevos dueños que han constituido una nueva sociedad denominada Balneario de Carratraca.

MÉDICOS - DIRECTORES DE CARRATRACA

<u>Años</u>	<u>Nombres</u>
A 1758	Francisco José de las Cuevas (Ardales) Juan Ruiz Barba (Ardales). Cristóbal de los Reyes (Casarabonela). Juan de Soto (Teba y Casarabonela).
1771 a 1794	Nazario Fernández de Castro.
1817-1825	Juan de la Monja Pajares (Ardales, desde 29-IV-1817 hasta 3-VIII-1825).
1826-1834	Eduardo Henares y Amico (interino desde 26-XI-1825; Titular desde 15-IV-1826).
1835	Antonio Verdejo.
1836-1841	Eduardo Henares.
1842-1854	Juan de la Monja y Pajares (desde 10-XII-1841; jubilado en 1855).

1855	Antonio Verdejo (interino).
1856-1877	José Salgado y Guillermo (desde 8-V-1856).
1878-1883	Tomás Lletget y Caylá (desde 15-XII-1877).
1884-1890	Rafael Cerdó y Oliver (desde 29-II-1884)
1891	Manuel Benítez Alonso (interino desde 24-III-1891).
1892-1894	Balbino Quesada y Agius (desde 22-II-1892).
1895	Eduardo Palomares (desde 1-II-1895).
1896-1899	Manuel Morales y Gutiérrez (desde 1-II-1896).
1900	César García Tevesa y Arechavaleta.
1901-1902	—
1903	Benito Avilés y Merino.
1904	—
1905	Francisco Calleja y Alonso.
1906-1909	Camilo Pintos Reino.
1910-1919	José María Casado Torreblanca.
1920-1926	—
1927	Félix Paracha Asparó.
1928-1934	—
1935	José María Serratosa.
1942	Miguel Manero Yanguas.
1943	—
1944	Ángel Calvo Flores.
1945-1954	—
1955-1977	Francisco Atero Santiago.

A partir de 1978, el Médico-Director del Balneario ha sido siempre el Médico-Titular y de Medicina general del propio pueblo de Carratraca:

1979-1990	M ^a del Carmen Costa Pérez junto con M ^a del Carmen Fernández Pérez.
1991-1992	Eduardo Moreno Rodríguez.
1993-1995	Antonio Martín Martín.
1996	M ^a Pilar Jurado de Miguel.
1997-1998	M ^a del Carmen Andújar Pérez.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, J.A. (1994). Historia de los Balnearios de la Provincia de Málaga. Diputación Provincial de Málaga. Monografía nº 7. Málaga.
- (2) MONJA, J. (1818). Análisis de las aguas medicinales de Ardales, llamadas también de Carratraca, con la descripción topográfica del terreno. Historia de los Baños y Pueblo, enfermedades en que convienen o dañan y modo de usarlas. Málaga. Luis Carreras.
- (3) MARTÍNEZ DE AGUILAR, F. (1826). Compendio analítico de las propiedades químicas y medicinales de las aguas minerales de Carratraca, llamadas vulgarmente de Hardales. Málaga.
- (4) HENARES, E. (1839). Carratraca. *El Guadalhorce*. 1, 20: 153.
- (5) SALGADO Y GUILLERMO, J. (1860). Monografía de las aguas sulfo, selénido hídricas, arseniadas, bicarbonatadas, alcalino térreas, metálicas de Carratraca. Madrid. Imp. Manuel Minuesa.
- (6) GOZALBES CRAVIOTO, C (1986). Las vías romanas de Málaga. Madrid. Turner y Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- (7) La vía romana «Huro-Arunda». La conexión del Valle del Guadalhorce con la Meseta de Ronda, en época romana. *Estudios de Ronda y su serranía I*: 73-75 (1980).
- (8) MARTÍNEZ REGUERA, L. (1896). Bibliografía hidrológico-médica española. Madrid. Establecimiento tipográfico Sucesores de Rivadeneyra.
- (9) BEJARANO PÉREZ, R. (1974). El repartimiento de Casarabonela. Instituto de Cultura de la Excm. Diputación provincial de Málaga.
- (10) LIMÓN MONTERO, A. (1697). Espejo cristalino de las aguas de España; hermoseedo y guarnecido con el Marco de Variedad de Fuentes y Baños. Alcalá. Francisco García Fernández.

- (11) GRANADAS, A. (1760). Baños de Hardales. La verdad desnuda. En la que se manifiesta que dichos Baños tienen mercurio, a quien el vulgo llama azogue. Granada. Herederos de don Joseph de la Puerta.
- (12) GARCÍA, J.J. (1759). Dissertación hydraulico-pharmacéutica, sobre el origen de las aguas de Hardales. Málaga. Imprenta de la Dignidad Episcopal y de la Santa Iglesia Cathedral.
- (13) ARCHIVO HISTÓRICO MUNICIPAL DE MÁLAGA (1803). Actas Capitulares de las sesiones del 10 y del 31 de marzo de 1803.
- (14) ARCHIVO AYUNTAMIENTO CARRATRACA (1836). Actas Capitulares de 7 de octubre de 1836.
- (15) ARCHIVO DE LA REAL CHANCILLERÍA DE GRANADA. Cab. 321, Legajo 3262, nº 39.
- (16) ARCHIVO HISTÓRICO NACIONAL. Consejos suprimidos. Legajo 6914 nº 20.
- (17) ARCHIVO AYUNTAMIENTO CASARABONELA. Carta del Corregimiento de Málaga al Ayuntamiento de Casarabonela fechada el 16 de enero de 1833 en la que comunica la Real Orden de 31 de diciembre de 1832.
- (18) ARCHIVO AYUNTAMIENTO CASARABONELA. Carta de la Diputación de fecha 18 de octubre de 1837.

Análisis Físico-Químico del agua minero-medicinal del Balneario de «Carratraca» (Málaga)

**PEDRO GARCÍA PUERTAS†; MERCEDES GARCÍA MATA;
M^a DOLORES TENORIO SANZ; M^a TERESA ORZÁEZ
VILLANUEVA; JOSÉ PRÁDENA LOBÓN**

*Dpto. de Nutrición y Bromatología II.—Bromatología.—
Facultad de Farmacia.—Universidad Complutense.—
Ciudad Universitaria.—E-28040 Madrid.*

RESUMEN

Se hace primero una reseña histórica, desde 1817, de los análisis químicos que, al transcurrir el tiempo, han ido realizando, de este agua, diversos autores, hasta la actualidad. Seguidamente se detallan los resultados obtenidos en 1996 en los análisis físico-químicos del agua del Balneario de Carratraca realizados por los autores del presente trabajo.

Palabras clave: Agua minero medicinal.—Análisis físico-químico del agua.—Balneario de Carratraca.

SUMMARY

**Physico-chemical analysis of the minero-medicinal water
of «Carratraca Spa» (Málaga)**

First, a brief historical review of the chemical analysis of the water performed by different authors since 1817 till nowadays, has been done. Then the results obtained from the physico-chemical analysis of the

water of the Carratraca Baths in 1996 are reported by the authors of this paper.

Key words: Minero-medicinal water.—Physico-chemical analysis of water.—Carratraca Spa.

Como se comprueba por M^a Carmen Francés (1), en el siglo XVIII hay muchas publicaciones referentes a las aguas de Ardales que comprenden los manantiales cercanos al de Carratraca, lo que puede dar lugar a confusiones.

Ya en el siglo XIX, en 1817 (2), el farmacéutico Félix Haenseler publicó en Málaga, a instancias de unos amigos suyos, su «Ensayo de las aguas de Carratraca», en el que se queja de que no es un experto en análisis de aguas minerales y de que no ha dispuesto de instrumental necesario, como balanza hidrostática y campana hidrargiro-pneumática; sin embargo fue el primero que utilizó la nueva nomenclatura química. Aportó un análisis cualitativo y cuantitativo de los «copos flotantes» y se ocupó también de la vegetación y los fósiles del lugar.

También en 1817, el médico Juan de la Monja, director de los Baños, analizó las aguas de Carratraca y reunió, en su obra «Análisis de las aguas medicinales de Ardales» (3) las observaciones efectuadas a lo largo de 1817 y 1818, que constituyen una topografía médica del lugar.

Pedro Martín Rubio, médico de Cámara de S.S.M.M., publicó en Madrid en 1853 su «Tratado completo de las Fuentes Minerales de España» (4), en el que incluye los Baños de «Carratraca o Ardales» y reproduce el análisis ya citado de Félix Haenseler.

Antes de iniciar su segunda temporada como Director en el Balneario de Carratraca (1857), José Salgado escribió una serie de artículos, que aparecieron publicados en el «Siglo Médico» (5). En los dos primeros manifestaba los resultados de su análisis: las aguas tenían arsénico, hierro, manganeso, níquel y cobalto. La presencia del arsénico fue confirmada también por el análisis de Magín y Bonet, Profesor de Química de la Escuela Industrial de Madrid.

José Salgado y Guillermo publicó en Madrid, en 1860, una «Monografía de las aguas sulfo-selenido hidricas, arseniadas, bicarbona-

tadas, alcalino-térreas, metálicas de Carratraca» (6). En sus análisis de 1860 descubrió el selenio, itria, erbina y terbina.

Pablo Prolongo y García, farmacéutico de Málaga, estudió en 1838 la naturaleza orgánica de los «copos flotantes» en las aguas de los Baños de Carratraca y en 1874 publicó el discurso que pronunció en la Sociedad Malagueña de Ciencias Físicas y Naturales el 3 de febrero de 1873, titulado «Historia de las capas de azufre que salen mezcladas con las aguas del manantial de Carratraca (Sulfuraria carratraquense)» (7).

Durante bastante tiempo, como dice Juan Antonio Rodríguez Sánchez (8), hubo discusiones en el campo de la Medicina y de la Química sobre la presencia del selenio y del arsénico, así como sobre la importancia de su presencia en pequeñas proporciones. Palomares fue el único que negó la existencia del hidrógeno sulfurado libre.

Análisis Físico-Químico de las aguas de Carratraca Por José Salgado y Guillermo (5 y 6) en 1960

CARACTERES FÍSICOS:

Temperatura 14,28 ° R

Densidad 1,000.558

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Gases: (a 0° y 760 mm):

Ácido sulfhídrico (media de los resultados obtenidos durante 1856 a 1859) 0,015987 g de SH₂ = 10,35 c.c./litro

Ácido carbónico 0,318

Azoe (nitrógeno) 61 c.c./litro

DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS FIJAS

Sulfato potásico 0,02918 Óxido férrico 0,00179

Sulfato sódico 0,04876 Óxido mangánico 0,00011

Sulfato magnésico 0,11247 Ácido silícico 0,00279

Cloruro cálcico 0,03378 Alúmina y glucina 0,00057

Carbonato cálcico 0,21060 Itrio, erbio y terbio ... 0,00011

Carbonato magnésico ... 0,03541 Yodo y níquel indicios

Ácido arsénico 0,00035 Materia orgánica indeterminada

«Convendría analizarla de nuevo, no sólo para comprobar la presencia de arsénico, sino el de comprobar la existencia de selenio, de la glucina, del itrio y del níquel, que no se mencionan en ningún análisis de los muchos que, por químicos de primer orden, se han hecho de aguas minerales de diferentes clases» (9).

José Salgado no sólo intentó demostrar sus anteriores resultados con nuevos métodos analíticos (espectrografía de Kirchoff y Bunsen, espectroscopio de Duboscq) sino que además descubrió indio, rubidio cesio, litio, sodio, calcio y cobre, hallando en la micacita superficial del terreno: rubidio, sodio, calcio y estroncio. Mantuvo correspondencia con Antonio Casares sin lograr convencerlo, volviendo Salgado a publicar en «El Siglo Médico» sus métodos analíticos y la confirmación que de todos sus resultados hizo Manuel Sáenz Díez, Catedrático de Análisis y Química Orgánica de la Facultad de Ciencias de Madrid (10). No contento con esto vuelve a realizar los análisis y a solicitar la aprobación de Sáenz Díez y de Magín Bonet, quienes no dudaron en concedérsela (11).

Pero si José Salgado conseguía convencer a los químicos, mucho más difícil había de resultarle convencer a sus colegas: Taboada, en su *Anuario* de 1870 (12) difiere de la opinión del médico director de Carratraca, y prometió un examen más atento sobre este tema en el siguiente número de la publicación. Sin embargo, éste no apareció hasta 1877, ya como *Anuario Oficial* (13) y recoge los datos de la última temperada de Salgado, con los que se amplían los motivos de su desacuerdo sobre el hecho de que las aguas de Carratraca, no posean sulfuros y sean por tanto sulfhídricas primitivas. Pero según dice Rodríguez Sánchez (8), «Hay que señalar que las críticas muestran una gran reserva, debido al respeto que merece el criterio de Salgado» (13).

José Delgado deseó convencer a los restantes médicos hidrólogos de lo acertado de sus hallazgos y por ello, en la sesión del 2 de marzo de 1878, de la Sociedad Española de Hidrología Médica, según dice Rodríguez Sánchez (8), presentó todo el material que había preparado para la Exposición Universal de París y que no pudo enviar pues los dueños del Balneario no remitieron las botellas de agua

solicitadas. Además, realizó ante los asistentes diversas pruebas analíticas que demostraban la existencia de selenio y de arsénico (14). Sin embargo, no fue suficiente para convencer a los redactores del *Anuario Oficial* que persistieron en sus dudas.

Los sucesores de José Salgado, como directores de Carratraca: Tomás Lletget y Cayla (1877-1884), Rafael Cerdó y Oliver (1884-1891), Miguel Benítez Alonso (1891-1892 interino) y Balbino Quesada y Agius (1892-1895), no manifestaron desacuerdo con el análisis efectuado por José Salgado en 1860 (6), pues siguieron incluyéndolo en sus *Memorias*. Eduardo Palomares, director en 1895 (8), fue el único que negó la existencia de hidrógeno sulfurado libre, defendiendo su existencia pero combinado con calcio o magnesio «como un sulfhidrato de sulfuro». Respecto al selenio y al arsénico opinaba que sus cantidades, tan pequeñas, no ofrecen interés terapéutico.

En 1906, el nuevo avance en los análisis de las aguas minero-medicinales introdujo la determinación de la radioactividad; José Muñoz del Castillo se ocupó de la radioactividad de las aguas de Carratraca, de Ontaneda y de los Baños de Montemayor (16), la de Carratraca era de 157,05 voltios, con sedimento activo.

Durante varios años (1906 a 1987) se siguieron manteniendo los datos de José Salgado (1860) con ligeras variaciones estacionales y con adiciones como la radioactividad.

En 1987, la Sección de Contaminación Ambiental del Servicio de Salud de la Delegación Provincial de Málaga, de la Consejería de Salud y Consumo de la Junta de Andalucía, que no se ocupaba de detectar sustancias que pudieran producir efectos terapéuticos, sólo valoró el arsénico por un método semicuantitativo (0,08 mg/litro). Tampoco determinaron la radioactividad a pesar de su importancia como elemento terapéutico (8).

En 1989, la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga dio el siguiente informe:

ANÁLISIS DE LAS AGUAS DE CARRATRACA

1989. M^a Concepción Dueñas. Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga.

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Las determinaciones se expresan en mg/l.

Calcio (Ca ²⁺)	117
Magnesio (Mg ²⁺)	47
Sodio (Na ⁺)	23
Potasio (K ⁺)	2
Amonio (NH ₃)	0,11
Bicarbonatos (CO ₃ H ⁻)	276
Cloruros (Cl ⁻)	44
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	219
Fluoruros (F ⁻)	0,90
Sílice (SiO ₂)	7,7
Hierro expresado en Fe ²⁺	0,02
Manganeso expresado en Mn ²⁺	0,010
Cromo expresado en Cr ³⁺	0,006
Arsénico expresado en As ³⁺	0,020
Pentaóxido de fósforo	0,02
pH	7,6
Conductividad (20° C)	767 µS/cm
Residuo seco (110° C)	758 mg/l

En 1990, el **Instituto Tecnológico Geo-Minero de España** dio el siguiente informe sobre:

BAÑOS DE CARRATRACA

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Residuo seco (110° C)	758 mg/l
Calcio (Ca ²⁺)	117 mg/l
Magnesio (Mg ²⁺)	47 mg/l
Sodio (Na ⁺)	23 mg/l

Potasio (K ⁺).....	2 mg/l
Amonio (NH ₃).....	0,11 mg/l
Hierro expresado en Fe ²⁺	0,02 mg/l
Manganeso expresado en Mn ²⁺	0,010 mg/l
Cromo expresado en Cr ³⁺	0,006 mg/l
Arsénico expresado en As ³⁺	0,020 mg/l
Bicarbonatos (CO ₃ H ⁻).....	276 mg/l
Cloruros (Cl ⁻).....	44 mg/l
Sulfatos (SO ₄ ²⁻).....	219 mg/l
Nitratos (NO ₃ ⁻).....	No tiene
Nitritos (NO ₂ ⁻).....	No tiene
Fosfatos (PO ₄ ³⁻).....	0,02 mg/l
Sílice (SiO ₂).....	7,7 mg/l
Conductividad (20° C).....	767 µS/cm
D.Q.O.	0,4 mg O ₂ /l
pH.....	7,6

En 1994, la **Compañía General de Sondeos, S.A.** dio el siguiente informe:

BALNEARIO DE CARRATRACA

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Cloruros (Cl ⁻).....	22,7 mg/l
Sulfatos (SO ₄ ²⁻).....	120,5 mg/l
Bicarbonatos (CO ₃ H ⁻).....	277 mg/l
Carbonatos.....	0,0 mg/l
Nitratos.....	0,8 mg/l
Sodio (Na ⁺).....	14,7 mg/l
Magnesio (Mg ²⁺).....	44,3 mg/l
Calcio (Ca ²⁺).....	70,5 mg/l
Potasio (K ⁺).....	2,5 mg/l

Por encargo de la Comisión de Aguas Minero-Medicinales de la Real Academia de Farmacia, un equipo del **Departamento de Nutrición y Bromatología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid** dirigido por el Prof. Pedro García Puertas se trasladó con fecha 4 de octubre de 1996 al Balneario de Carratraca para realizar el estudio físico-químico de las aguas.

1996. BALNEARIO DE CARRATRACA

Prof. Dr. P. García Puertas y cols.

ANÁLISIS QUÍMICO**Caracteres generales**

Color.—en grandes volúmenes presenta un color amarillo-verdoso según el grado de oxidación del azufre.

Olor.—El olor de esta agua es el característico del ácido sulfhídrico.

Sabor.—Insípida.

Turbidez.—Recién filtrada no superior a 2 U.N.F.

Determinaciones generales

Residuo seco a 180° C	543,3 mg/l
Dureza total	379,2 mgCO ₃ Ca/l
D.Q.O. (oxidabilidad al MnO ₄).....	4,54 mg O ₂ /l

Constantes físico-químicas

Temperatura de emergencia. Fecha: 10 horas del 4-10-96

Temperatura del ambiente exterior

17 ° C

Temperatura del agua

18,5° C

Densidad

Densidad a 4°C

1,0009

Densidad a 18° C

1,0021

Índice de refracción a 18°C

1,3391

Descenso crioscópico

0,053°C

Moliones por litro

0,032

Presión osmótica a 37° C

0,701 atm

Concentración de iones hidrógeno pH	7,32
Conductividad eléctrica a 20° C.....	743,35 μ S/cm

Gases disueltos

Oxígeno.....	No tiene
Anhídrido carbónico	39,5 mg CO ₂ /l
Ácido sulfhídrico	65,4 mg SH ₂ /l

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Cationes

Calcio (Ca ²⁺).....	96,3 mg/l
Magnesio (Mg ²⁺)	46,50 mg/l
Sodio (Na ⁺)	19,7 mg/l
Potasio (K ⁺).....	1,8 mg/l
Litio (Li ⁺)	No tiene
Amonio (NH ₃).....	No tiene

Aniones

Bicarbonatos (CO ₃ H ⁻)	274 mg/l
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	No tiene
Cloruros (Cl ⁻)	37,9 mg/l
Sulfatos (SO ₄ ²⁻).....	196,6 mg/l
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0,7 mg/l
Nitritos (NO ₂ ⁻)	No tiene
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	No tiene
Fluoruros (F ⁻)	0,56 mg/l
Sílice (SiO ₂)	6,81

Microelementos

Hierro Fe ²⁺	30,5 µg/l
Manganeso Mn ²⁺	5,2 µg/l
Cobre Cu ²⁺	3,2 µg/l
Cromo Cr ³⁺	6 µg/l
Níquel Ni ²⁺	9,1 µg/l
Zinc Zn ²⁺	13,5 µg/l
Plomo Pb ²⁺	19,5 µg/l
Cobalto Co ²⁺	5,5 µg/l
Selenio Se	< 5 µg/l
Arsénico As ³⁺	10 µg/l

Se consideró de interés la comprobación de la ausencia de posibles contaminantes, determinándose: nitritos, amoníaco, fosfatos, cianuros, fenoles, detergentes, hidrocarburos y grasas, y los resultados fueron negativos en todos los casos.

CONCENTRACIÓN IÓNICA

Cationes	mg/l	milimoles	milivales	milivales%
Calcio	96,3	2,408	4,815	49,82
Magnesio Mg ²⁺	46,5	1,974	3,947	40,84
Sodio Na ⁺	19,7	0,856	0,856	8,86
Potasio K ⁺	1,8	0,0046	0,047	0,48
			<hr/>	<hr/>
			9,665	100,00
Aniones	mg/l	milimoles	milivales	milivales%
Bicarbonatos CO ₃ H ⁻	274,0	4,492	4,492	46,03
Cloruros Cl ⁻	37,9	1,067	1,067	11,46
Sulfatos SO ₄ ²⁻	196,6	2,048	4,095	42,38
Nitratos no ₃	0,7	0,011	0,011	0,13
			<hr/>	<hr/>
			9,665	100,00
No ionizados				
Sílice SiO ₂	6,81			

CONCLUSIONES

En relación a la clasificación expuesta en el Código Alimentario Español (Cap. XXII, Sección 2ª Aguas minerales) se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- 1) Mineralización. Por tener un residuo a 180°, superior a 500 mg/l se trata de un agua de mineralización media.
- 2) Termalidad. Por emerger a temperaturas comprendidas entre 10°-20° C ha de considerarse como un agua fría.
- 3) Tonicidad. Por tener una presión osmótica inferior a la del plasma sanguíneo, es hipotónica.
- 4) Por predominio manifiesto de bicarbonatos, sulfatos, calcio y magnesio se consideran aguas bicarbonatadas, sulfatadas, cálcico-magnésicas.
- 5) Por su alto contenido en ácido sulfhídrico, se consideran como aguas sulfuradas.

Madrid, 8 de julio de 1997

BIBLIOGRAFÍA

- (1) FRANCÉS, M^a C. (1995). Prólogo en: *Dissertatio hydraulico-pharmaceutica sobre el origen de las aguas de Hardales, su verdadero analisis chymico, y medicinales virtudes, que da a el publico don Juan Joseph Garcia*. Madrid. Ed. facsímil.
- (2) HAENSELER, F. (1817). *Ensayo de las aguas de Carratraca (Málaga)*.
- (3) MONJA, J. (1818). *Análisis de las aguas medicinales de Ardales, llamadas también de Carratraca, con descripción topográfica del terreno. Historia de los Baños y pueblo, enfermedades en que convienen o dañan y modo de usarlas*. Málaga. Luis Carreras.
- (4) RUBIO, P.M. (1853). *Tratado completo de las Fuentes Minerales de España*. Madrid. Establecimiento tipográfico D.R.R. de Rivera.
- (5) SALGADO Y GUILLERMO, J. (1857). *Noticias de las aguas de Carratraca, con datos importantes acerca de su singular composición y examen de sus poderosas acciones medicinales*. *El Siglo Médico* 4, 183: 210-

211; 184: 219-221; 185: 226-227; 186: 235-235; 187: 242-243; 188:253-254; 189: 257.

- (6) SALGADO Y GUILLERMO, J. (1860). Monografía de las aguas sulfo, selénido hídricas, arseniadas, bicarbonatadas, alcalino-térreas, metálicas de Carratraca. Madrid. Imp. Manuel Minuesa.
- (7) PROLONGO Y GARCÍA, P. (1874). Historia de las capas de azufre que salen mezcladas con las aguas del manantial de Carratraca (Sulfuraria Carratraquense). *Actas de la Sociedad Malagueña de Ciencias Físicas y Naturales*, I: 67-69.
- (8) RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, J.A. (1994). Historia de los Balnearios de la Provincia de Málaga. Monografía nº 7. Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Málaga.
- (9) CASARES, A. (1866). Tratado práctico de Análisis Químico de las aguas minerales y potables con indicación de las fuentes de aguas minerales más notables de España. Madrid. D. Ángel Calleja.
- (10) SALGADO Y GUILLERMO, J. (1867-68). Análisis espectral de las aguas de Carratraca. *El Siglo Médico* 14, 701: 357-358.
 Réplica a algunas dificultades acerca del análisis de las aguas de Carratraca. *El Siglo Médico* 145, 757: 421-423.
- (11) SALGADO Y GUILLERMO, J. (1870). Comprobación del selenio en las aguas de Carratraca. *El Siglo Médico* 17, 860: 388-389.
- (12) TABOADA, M. (1870). Anuario de la Hidrología Médica Española. Madrid. Imp. Sres. Rojas.
- (13) ANUARIO OFICIAL DE LAS AGUAS MINERALES DE ESPAÑA (1876-77). 1877. I: 400. Sobre las polémicas suscitadas por estos análisis véase: Juan Antonio Rodríguez Sánchez, José Salgado y Guillermo (1811-1890) y La madurez de la Hidrología Médica Española, *Medicina e Historia* (Tercera época) 49: 11-16 (1993).
- (14) *Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, II: 4-13. 1878-1879.
- (15) B.F.M.M. Carp. 2832, nº 24. Memoria 1895 de Eduardo Palomares.
- (16) MUÑOZ DEL CASTILLO, J. (1906). Sobre la radioactividad de las aguas de Carratraca, Ontaneda y Baños de Montemayor. *El Siglo Médico* 53, 3744: 442.

Análisis de la Radiactividad en aguas del Balneario de Carratraca (Málaga)

JUAN PALOMARES LÓPEZ Y MILAGROS POZUELO CUERVO

*Departamento Impacto Ambiental de la Energía (CIEMAT).—
Avda. Complutense, 22.—28040 MADRID*

RESUMEN

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental del Proyecto Impacto Radiológico Ambiental del CIEMAT ha realizado un estudio de la radiactividad en las aguas del manantial del Balneario de Carratraca, mediante la determinación cuantitativa de los radionúclidos más significativos existentes en la misma.

Las aguas subterráneas llevan incorporados radionúclidos naturales procedentes de la lixiviación y arrastre de sales y minerales existentes en los terrenos que dichas aguas atraviesan durante su recorrido a través de las capas freáticas.

Las aguas con radionúclidos radiactivos disueltos producen, como consecuencia directa de su consumo, dosis de irradiación interna tanto por vía ingestión como inhalación. Es por tanto necesario conocer el nivel de radiactividad de las aguas para evaluar la dosis recibida y si está por encima o por debajo de los límites recomendados.

Palabras clave: Radiactividad.—radionúclido.

SUMMARY

Radioactivity Analysis in Water from Carratraca Spa (Málaga)

Radioactivity analysis of the spring water of Carratraca Spa were carried out by the CIEMAT Laboratory of Environmental Radioactivity. The most important radionuclides were determined.

The groundwater has dissolved some radionuclides resulting from the leaching of salts and minerals which make up the ground and the water table.

The consumption of this water leads to internal irradiation both by ingestion and by inhalation. Therefore it is necessary to determine the water radioactivity level in order to assess the actual dose and to perform comparisons with the recommended level.

Key words: Radioactivity.—radionuclides.

1. ANÁLISIS DE RADIATIVIDAD

Este trabajo está incluido dentro del programa establecido por la Comisión de la Real Academia de Farmacia para el estudio de las aguas medicinales.

Los elementos radiactivos que habitualmente se encuentran presentes en las aguas, además del K-40, son los procedentes de las series radiactivas naturales del U-238, U-235 y Th-232. Estos radionúclidos cabezas 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 periodos de semidesintegración están aun presentes. Además de estos elementos cabezas de serie, se encuentran en disolución en las aguas los demás radionúclidos de las series, algunos de periodos de semidesintegración largos como el Ra-226 y otros de periodos cortos que se están produciendo continuamente por la desintegración de sus precursores de periodos largos.

La concentración de estos radionúclidos en las aguas depende no sólo de su mayor abundancia en el terreno sino también de su comportamiento físico-químico. El ejemplo más característico de estas dependencias es el caso del Rn-222 cuya concentración en aguas suele ser mucho mayor que su progenitor, el Ra-226, a pesar de su periodo de semidesintegración mucho más corto, debido a sus características físico-químicas distintas.

1.1. MEDIDAS DE ACTIVIDADES TOTALES

Para conocer el contenido de radiactividad en el agua de una forma rápida, antes de proceder a la realización de los análisis radioquímicos específicos para los radionúclidos de interés, se realiza la determinación de los índices de radiactividad alfa total y beta total. Estas medidas son puramente orientativas y proporcionan un valor de actividad referido al Am-241 en la actividad alfa total y al Sr-90 en la actividad beta total. Conviene señalar que en la actividad alfa no está incluido el Rn-222 y en la actividad beta tampoco está incluido el Tritio.

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 LB-770/2 para la medida de la actividad beta.

1.2. DETERMINACIÓN DE RADIONÚCLIDOS

Rn-222

Generalmente la mayor radiactividad de las aguas subterráneas es debida a la presencia de Rn-222. Por su naturaleza gaseosa se produce una acumulación de radón que da lugar a valores de actividad muy superior a la debida al simple equilibrio radiactivo con su progenitor. Asimismo, 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 periodos de semidesintegración cortos, tales como el Pb-214 ($T_{1/2} = 26,8$ minutos) y Bi-214 ($T_{1/2} = 19,8$ minutos) que contribuyen en gran medida a los valores de actividad encontrados 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. Por tanto es importante realizar una toma de muestra en el manantial sin pérdida de radón, utilizando un envase que garantice su hermeticidad para su transporte y que permita realizar la medida directamente en el mismo recipiente en el laboratorio. Esta medida de Rn-222 se lleva a cabo por espectrometría gamma. El cálculo de la actividad se realiza sobre los correspondientes fotopicos del Pb-214 y Bi-214, ya que la actividad de ambos radionúclidos que se encuentran en equilibrio secular es la de su progenitor Rn-222. El equipo utilizado es un detector de germanio intrínseco «reverse» (ReGe) con su cadena electrónica asociada de la casa «Canberra» (3). Los espectros obtenidos han sido procesados mediante el programa de ordenador SPECTRAN-AT versión 4.3 (4).

La recogida de la muestra analizada se ha hecho utilizando un recipiente de geometría Marinelli de 1 l. de capacidad, que permite su utilización para la medida sin trasvase de la muestra.

Ra-226

El Ra-226 es un radionúclido emisor alfa con un periodo de semidesintegración $T_{1/2} = 1600$ años y es el precursor del Rn-222. Su determinación en soluciones acuosas se realiza según el procedimiento normalizado (5) mediante una separación radioquímica y medida con un detector de sulfuro de cinc.

El cálculo de la actividad del Ra-226 se ha realizado mediante un programa que resuelve un sistema de ecuaciones simultáneas a partir de los resultados de las medidas de la actividad a distintos tiempos desde la separación radioquímica, teniendo en cuenta los periodos de semidesintegración del radionúclido y de sus descendientes.

U-238, U-235, U-234

Los isótopos del uranio se han determinado utilizando la técnica de espectrometría alfa, previa deposición electrolítica en un disco y utilizando como patrón interno el U-232. Previamente en el agua se

realiza una separación radioquímica selectiva del uranio según el procedimiento normalizado (6).

Th-230

El Th-230 pertenece a la serie radiactiva natural del U-238, tiene un periodo de semidesintegración $T_{1/2} = 80.000$ años. El conocimiento de su contenido en las aguas es de gran importancia al tratarse de un radionúclido emisor alfa con un periodo de semidesintegración muy grande. Su determinación se ha realizado mediante separación radioquímica con portador de lantano. La medida de la actividad alfa se realiza en un contador de centelleo de sulfuro de cinc (7).

Pb-210

Igualmente el Pb-210 es un radionúclido perteneciente a la serie del U-238 con un periodo de semidesintegración de 22 años. Es un emisor beta débil y por tanto su determinación se realiza por la medida de la actividad beta de su descendiente Bi-210 en un contador proporcional de flujo de gas una vez que se ha alcanzado el equilibrio radiactivo entre ambos (aproximadamente 1 mes). La separación radioquímica del plomo se realiza por intercambio iónico y posterior precipitación con portador de plomo estable (8).

Th-232 y descendientes

El Th-232 y sus descendientes de más interés, como el Ac-228 y Tl-208 se determinan mediante la técnica de espectrometría gamma. Asimismo esta técnica permite detectar la hipotética presencia de radionúclidos de origen artificial (Cs-137, etc.) en las aguas.

La espectrometría gamma se ha realizado con un detector semiconductor de germanio intrínseco tipo «reverse» (ReGe). Para el procesamiento de los espectros se ha utilizado el programa SPECTRAN-AT (4).

2. RESULTADOS

En la tabla se indican los resultados obtenidos en las aguas del manantial.

Análisis de radiactividad en aguas del Balneario de Carratraca

TIPO DE ANÁLISIS	ACTIVIDAD (Bq/l)
Alfa total	1,74 ± 0,05
Beta total	1,49 ± 0,05
U-238	(5,8 ± 0,2) 10 ⁻²
U-235	(2,7 ± 0,3) 10 ⁻³
U-234	(6,4 ± 0,2) 10 ⁻²
Th ⁻²³² - Ac ⁻²²⁸	< 0,15
Th-230	(1,3 ± 0,4) 10 ⁻²
Ra-226	0,50 ± 0,02
Ra-224	0,11 ± 0,01
Rn-222	44,5 ± 4,1
Pb-210	< 3,4 10 ⁻²

3. CONCLUSIONES

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

2. El nivel de radiactividad total encontrado en las aguas del balneario (excepto Rn-222) es bajo, un orden de magnitud superior al determinado en los balnearios de Caldas de Bohí, Alange y Blancafort y entre uno y dos órdenes de magnitud inferior al encontrado en los balnearios de La Toja y Lugo.

3. Aunque se ha detectado la presencia de Rn-222 en las aguas, su actividad es baja e inferior a los valores habituales encontrados en las aguas subterráneas, tanto en España como en otros países.

4. Los valores encontrados para los índices de actividad alfa y beta total superan ligeramente los mencionados como niveles guía en el BOE de 20 de septiembre de 1990 (9) para aguas potables.

4. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Procedimiento para la determinación de la actividad Alfa total en muestras de agua por precipitación. Procedimiento Específico CIEMAT, PR-X2-11.
- (2) Procedimiento para la determinación de actividad Beta total en muestras ambientales de diversa naturaleza. Procedimiento Específico CIEMAT, MA-13.
- (3) Procedimiento de determinación de emisores gamma en muestras ambientales. Procedimiento Específico CIEMAT, MA-06.
- (4) SPECTRAN-AT V4.3 Canberra.
- (5) Procedimiento para la determinación de Ra-226 y Ra-224 en aguas mediante separación radioquímica. Procedimiento Específico CIEMAT, PR-X2-04.
- (6) Procedimiento para la separación radioquímica y determinación mediante espectrometría alfa de uranio en aguas. Procedimiento Específico CIEMAT, PR-X2-09.
- (7) Procedimiento para la determinación de Th-230 en aguas. Procedimiento Específico CIEMAT, PR-X2-07.
- (8) Procedimiento para la determinación de Pb-210 en aguas. Procedimiento Específico CIEMAT, PR-X2-05.
- (9) Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre de 1990. BOE 20 septiembre de 1990.

Microbiología del manantial mineromedicinal de Carratraca

M^a CARMEN DE LA ROSA, M^a ÁNGELES MOSSO,
M^a PILAR PRIETO Y CARLOS ULLÁN

*Departamento de Microbiología II.—Facultad de Farmacia.—
Universidad Complutense.—28040 Madrid.*

RESUMEN

Se ha realizado el estudio microbiológico del agua y de cuatro tapetes microbianos del manantial sulfhídrico de Carratraca (Málaga). El número de microorganismos totales, determinado por microscopía de epifluorescencia y citometría de flujo, ha sido alto (10^5 /ml), la mayoría están vivos (94,5 %), siendo muy pocos los metabólicamente activos (3,6 %) y las bacterias heterótrofas viables (1- 37 /ml). No se han detectado microorganismos patógenos ni indicadores de contaminación fecal. Se han encontrado bacterias proteolíticas (10^5), amilolíticas (3,6), sulfato-reductoras (10^2) y mohos (25) en 100 ml de agua. Las bacterias heterótrofas predominantes son bacilos Gram negativos no fermentadores (70,4%), cocos Gram positivos (22,7%) y bacilos Gram positivos (6,8%). La especie más frecuente ha sido *Burkholderia cepacia* (20,4 %). Las poblaciones microbianas de los tapetes estudiadas por microscopía de contraste de fase, epifluorescencia y microscopía láser confocal están en posición normal: en la parte superior los microorganismos fotosintéticos oxigénicos (cianobacterias) y bacterias aerobias quimioautótrofas del azufre (*Thiothrix*) y en la parte interna, las bacterias fototrofas anaerobias rojas (*Chromatium* y *Rhodomicrobium*) y verdes (*Chloroflexus* y *Chlorobium*).

Palabras clave: Manantial sulfhídrico.—Microbiología.—Tapetes microbianos.

SUMMARY

Microbiology of mineral water from spring of Carratraca

A microbiological study of the water and microbial mats from the sulfide spring of Carratraca (Málaga, Spain) has been made. The total number of microorganisms, determined by epifluorescence microscopy and flow cytometry has turned out to be high (10^5 /ml), the majority of them being alive (94.5%), very few of them are metabolically active (3.6%) and there are also very few viable heterotrophic bacteria. No pathogenic microorganisms nor fecal contaminations indicators have been detected. Proteolytic (10^5), amilolytic (3.6), sulfate-reducing (10^2) bacteria and fungi (25) have been found in 100 ml of water. The predominant heterotrophic bacteria are Gram negative non fermenting rods (70.4%), Gram positive cocci (22.7%) and Gram positive rods (6.8%). The more frequent species has been *Burkholderia cepacia* (20.4%). Microbial populations in the mats, studied by contrast, epifluorescence and confocal laser microscopy reflect a normal position: in the superior part the oxygenic photosynthetic microorganisms (cyanobacteria) and aerobic chemoautotrophic sulfur bacteria (*Thiothrix*) and, in the inner part, anaerobic phototrophic red (*Chromatium*, *Rhodomicrobium*) and green (*Chloroflexus*, *Chlorobium*) bacteria.

Key words: Sulfide spring.—Microbiology.—Microbial mats.

INTRODUCCIÓN

El Balneario de Carratraca se encuentra situado en el municipio del mismo nombre, en la provincia de Málaga, a 6 Km de Ardales y 17 de Alora. Emplazado en un pintoresco lugar con abundante vegetación, en una comarca montañosa a 541 m de altura, está rodeado de la Sierra de Baños y de la Sierra de Aguas. La zona es rica en este elemento y muy cerca se encuentran el embalse de Guadalhorce, el río del mismo nombre y el río Turón.

La utilización de estas aguas es muy antigua. Se supone que fueron utilizadas por romanos, visigodos y árabes y alcanzaron una gran fama, declarándose de utilidad pública en 1842. Limón Montero en 1697 (14) las describe con el nombre de Fuente hedionda de Hardales, e incluso, indica su situación:

«...a media legua de la villa de Hardales hacia la ciudad de Málaga, al pie de una crecida peña, nace una fuente que por tener sus aguas olor de azufre o porque su sabor es como de huevos güeros llaman Hedionda».

Posteriormente en 1759, Juan José García (9) en su estudio analítico y medicinal de estas aguas, indica que la fuente se encuentra en la falda de la Sierra de Baños en Carratraca, «una Puebla de veinte y dos vecinos» y explica que dicho nombre, adoptado en 1745, procede «de los grandes bailes y saraos que durante el tiempo de los baños se forman y por ser estilo del país bailar con castañuelas en las manos, que su sonido al tocarlas dice: carratrá». Esta descripción la ilustra con un grabado que es el primer plano conocido del lugar. También fue el primero que determinó su temperatura mediante un termómetro. Así mismo, demostró la presencia de azufre en los «copos flotantes» de las aguas.

Después de este estudio se realizaron otros por diversos médicos y farmacéuticos durante los siglos XVIII y XIX, en los que se tratan las propiedades físico-químicas y terapéuticas de estas aguas. De todos ellos queremos resaltar el realizado en 1838 por Pablo Prolongo, en el que se considera la naturaleza orgánica de los copos que flotan en las aguas denominándolos «Sulfuraria Carratraquense» (7).

Actualmente, las aguas se clasifican como frías, ya que emergen a una temperatura de 18° C y por su composición química como bicarbonatadas, sulfatadas, cálcicas y sulfuradas.

En este trabajo se ha realizado el estudio microbiológico de este manantial mineromedicinal desde dos aspectos: sanitario y ecológico. Estas aguas se utilizan en el establecimiento balneario con fines terapéuticos tanto en forma de inmersión, baños y duchas, como por vía oral para curas hidropínicas, por lo que es necesario determinar si tienen microorganismos patógenos o indicadores de contaminación fecal que supondrían un riesgo para la salud de los usuarios. Por otro lado, las aguas minerales poseen microorganismos autóctonos, propios de cada una de ellas y relacionados con sus características fisicoquímicas. Actualmente existe un gran interés por conocer cuáles son estos microorganismos que viven en ambientes extremos

como los de estas aguas, que desprenden sulfhídrico y tienen una elevada concentración de sulfatos y carbonatos.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTRAS

Se tomaron muestras del punto de emergencia del manantial, situado en el interior del edificio del balneario, en un pequeño patio. Su acceso se realiza mediante un pozo de 50 cm de diámetro situado en el suelo y cubierto con una tapa. La muestra se tomó por duplicado en recipientes de plástico estériles de 1,5 l de capacidad y en condiciones asépticas. También se tomaron muestras para el estudio microscópico de los copos que flotan en el agua del punto de emergencia y de los tapetes microbianos que se depositan en la piscina (tapetes I y II) y en el manantial que discurre al aire libre (tapetes III y IV) en un patio exterior del balneario. Todas las muestras se tomaron el día 11 de mayo de 1997 por la mañana, se trasladaron a temperatura ambiente y en oscuridad al laboratorio, realizándose los análisis microbiológicos antes de 24 h.

MÉTODOS

Observación microscópica

Se ha realizado con las muestras tomadas de los «copos flotantes» del punto de emergencia y de los tapetes microbianos. Se utilizaron muestras sin fijar y fijadas con formol (4%). Se observaron con microscopios de campo claro, de contraste de fases (Nikon) y confocal (Biorad). La microscopía confocal utiliza un láser de Argon como fuente de luz y canales de excitación de 515 y 590 nm para la detección de las bacterias rojas y verdes del azufre que emiten fluorescencia natural por los pigmentos que contienen. Para situar la ubicación de los microorganismos en las distintas profundidades del tapete se han obtenido imágenes topográficas de las diferentes secciones ópticas para, posteriormente, hacer una reconstrucción en tres dimensiones del mismo. Además, se han realizado observacio-

nes en microscopio de epifluorescencia tiñendo con naranja de acridina (0,1 %).

Microorganismos totales, vivos y metabólicamente activos

La determinación del número de estos microorganismos se ha realizado por dos métodos: epifluorescencia y citometría de flujo.

El recuento por epifluorescencia se realizó añadiendo a la muestra de agua una solución de INT (2 p-iodofenil, 3 p-nitrofenil, 5 fenil, cloruro de tetrazolio), incubando 20 min. en la oscuridad a temperatura ambiente y añadiendo formol (4%) para detener la reacción. Posteriormente, la muestra se tiñe con naranja de acridina (0,1%) durante 5 min., se filtra a través de un filtro de 0,20 mm (Nucleopore) y se observa con objetivo de inmersión en un microscopio de epifluorescencia (15)

El recuento por citometría se hizo tiñendo la muestra con rodamina 123 (0,05 mg/ml) que detecta las células metabólicamente activas (12) y con yoduro de propidio (2,5 mg/ml) que tiñe las células dañadas o muertas (8). La lectura se realizó en un citómetro de flujo Bryte HS (Biorad), basado en el aparato diseñado por Steen y Lindmo (34).

Bacterias aerobias viables

Para el recuento de estas bacterias se ha utilizado el método de dilución en placa, en los medios: agar recuento en placa (PCA) (24), PCA diluido al décimo (PCA/10) y agar R₂A, con bajo contenido en carbono (27). La incubación se realizó a 22°C, durante 5 días y a 37°C, durante 48h.

Microorganismos de interés sanitario

El número de coliformes totales y fecales se realizó por la técnica del número más probable (NMP) en series de tres tubos con

caldo lactosado (1) y con un medio fluorogénico con MUG (4-metil, umbeliferil, b-D glucurónido) (Merck). La incubación se hizo a 30°C para coliformes totales y a 44,5°C para fecales durante 48 y 24 h, respectivamente. El recuento de estreptococos fecales se realizó por la técnica del NMP en series de tres tubos con caldo glucosa azida e incubando a 37°C, 48 h. El recuento de esporas de *Clostridium* sulfito reductores se hizo por dilución en tubos con agar sulfito de hierro, incubando a 37° y 45°C durante 72 y 48 h, respectivamente. (1).

La investigación de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* se ha realizado por la técnica de filtración, filtrando 100 ml de agua por duplicado y depositando los filtros sobre agar cetrimida (1) y agar Baird Parker (24), respectivamente. La incubación tuvo lugar a 37°C durante 24h.

Microorganismos de interés ecológico

El recuento de las bacterias amonificantes, proteolíticas, amilolíticas y sulfato reductoras se realizó por la técnica del NMP en series de tres tubos utilizando los medios descritos para las tres primeras por Pochon y Tardieux (25) y para las últimas el medio de Starkey (28), incubando a 30°C durante 15 d.

El número de hongos se determinó filtrando 100 ml del agua por duplicado, a través de filtros de 0,45 mm, depositándolos en placas con agar Sabouraud (24) e incubando a 22°C, 5 d.

Identificación de los microorganismos

Las colonias de bacterias heterótrofas aisladas de los distintos medios de cultivo se sembraron en agar triptona soja (24) y se estudiaron las siguientes características: morfología, tinción de Gram y de esporas, movilidad, oxidasa, catalasa, tipo respiratorio, crecimiento en anaerobiosis, producción de pigmentos, reducción de nitratos, hidrólisis de almidón y gelatina (2). Los bacilos Gram negativos fermentadores se inocularon en galerías Api 20 E, los no fermentadores en galerías Api 20 NE y los cocos Gram positivos en Api Staph

(bio Mérieux). Para su clasificación se siguieron los criterios del Manual de Bergey (11,13, 31).

Para identificar los microorganismos autótrofos se estudiaron la morfología, tamaño, movilidad y presencia de gránulos de azufre, siguiendo la clasificación del Manual de Bergey (32).

Los hongos filamentosos se han identificado por la morfología de las colonias y la observación microscópica siguiendo los criterios de Onions *et al.* (23)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El manantial emerge a 18°C y tiene un pH neutro de 7,2. Presenta unos «copos» que flotan en la superficie que observados microscópicamente resultaron ser cristales de azufre junto con bacilos Gram negativos, móviles, que podrían ser *Thiobacillus*, y bacterias filamentosas, posibles *Thiothrix*. Estos microorganismos son quimioautótrofos, propios de ambientes sulfurosos (32). No se han observado fototrofos porque el punto de emergencia se encuentra protegido con una tapa que impide que penetre la luz.

MICROORGANISMOS TOTALES, VIVOS Y ACTIVOS.

Los resultados obtenidos en los recuentos realizados por las técnicas de epifluorescencia y citometría de flujo se encuentran en la tabla 1.

El número de microorganismos totales ha sido alto (10^5), semejante al que se encuentra en aguas naturales (19) y a los obtenidos por nosotros en otros manantiales mineromedicinales (20,21). La mayoría de los microorganismos están vivos pero el porcentaje de los metabólicamente activos es muy bajo, lo que nos hace suponer que están en estado «durmiente» como es frecuente en los microorganismos que viven en estos *hábitats* acuáticos con escasos nutrientes (6).

Las cifras obtenidas por las dos técnicas utilizadas han sido semejantes, algo inferiores las de citometría de flujo. Esta técnica ya

ha sido utilizada en aguas dulces y marinas (19) y consideramos que puede sustituir a la epifluorescencia para el recuento de microorganismos en aguas minerales, ya que es más rápida y sensible. Además puede determinar otros parámetros biológicos: actividad, supervivencia, estado durmiente, tamaño y diversidad de las células. En estas aguas se han observado dos poblaciones mayoritarias, constituidas por bacilos y formas ovaladas grandes y dos minoritarias, por bacilos y cocos.

TABLA 1

Microorganismos totales, vivos y activos (n°/ml)

Método	Totales	Vivos	Activos
Epifluorescencia	$9,3 \cdot 10^5$	$8,7 \cdot 10^5$ (93,7%)	$2,3 \cdot 10^4$ (2,4%)
Citometría de flujo	$1,7 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$ (95,3 %)	$8,3 \cdot 10^3$ (4,9%)

BACTERIAS AEROBIAS VIABLES

El número de bacterias obtenido en el medio PCA ha sido muy bajo y está dentro de los límites permitidos para las aguas potables. En los otros dos medios se han obtenido recuentos mayores, sobre todo en el R₂A lo que demuestra que estas bacterias son oligotróficas, que requieren concentraciones muy pequeñas de carbono orgánico. Así mismo es mayor el número obtenido a 22°C que a 37°C lo que corrobora que se trata de bacterias autóctonas del agua cuya temperatura es 18°C (Tabla 2).

Estas cifras son semejantes a las obtenidas en los manantiales carbónicos de Alange y Cofrentes (20, 21) y menores que las del manantial sulfuroso de Fuente Amarga (29). La presencia de bacterias autóctonas en bajo número indica que el perímetro de protección del manantial es adecuado.

TABLA 2

Número de bacterias aerobias viables (ufc/ml)

Temperatura	Medios de cultivo		
	PCA	PCA/10	R ₂ A
22°C	37	45	590
37°C	1	35	462

PCA: agar recuento en placa

PCA/10: PCA diluido al décimo

R₂A (Reasoner y Geldreich, 1985)

MICROORGANISMOS DE INTERÉS SANITARIO

No se han detectado indicadores fecales (*Escherichia coli*, estreptococos fecales, *Clostridium* sulfito reductores) ni bacterias patógenas (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*) en 100 ml de agua.

Se han encontrado coliformes totales en un número muy bajo (NMP 3 en 100 ml), semejante en los dos medios utilizados. Se han identificado como: *Citrobacter freundii*, *Enterobacter sakazakii* y *Serratia liquefaciens*. Estas especies son muy ubicuas y suelen encontrarse en el agua y en el suelo por lo que su presencia no indica contaminación fecal. En otros manantiales mineromedicinales españoles (22, 26) y extranjeros (4) también se han aislado coliformes.

MICROORGANISMOS DE INTERÉS ECOLÓGICO

Los resultados se encuentran en la tabla 3.

Se han detectado hongos filamentosos en pequeño número (25 ufc/100 ml), identificándose como *Penicillium* y *Paecylomyces*. No se han encontrado levaduras. En las aguas subterráneas no contamina-

das el número de hongos es muy bajo y predominan los mohos sobre las levaduras; resultados semejantes se han encontrado en manantiales minerales fríos (21,26,29).

Los microorganismos proteolíticos se presentan en número alto (10^5 por 100 ml) lo que es frecuente en manantiales mineromedicinales, mientras que ha sido menor el de los amilolíticos (10^2 por 100 ml) Estos resultados son semejantes a los encontrados en otro manantial sulfuroso frío (29). Las bacterias proteolíticas se han identificado como: *Bacillus*, *Pseudomonas viridiflava*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Staphylococcus lentus* y *S. xylosum* y las amilolíticas como *Bacillus* y *Xanthomonas fragariae*. No se han encontrado bacterias amonificantes ni halófilas.

Del ciclo del azufre se han detectado bacterias sulfato reductoras en número pequeño, a pesar de ser aguas con una elevada concentración de sulfatos. Por su morfología de bacilos y cocos Gram negativos podrían pertenecer a los géneros *Desulfovibrio* y *Desulfococcus*. Estas bacterias suelen encontrarse en ambientes anaerobios y se han detectado en aguas minerales también en bajo número (21, 30).

TABLA 3

Microorganismos de interés ecológico

Tipos de microorganismos	Nº/100 ml
Proteolíticos	1,4.10 ⁵
Amilolíticos	3,6.10 ²
Amonificantes	Ausencia
Sulfato reductores	2,1.10 ²
Halófilos	Ausencia
Hongos	25

BACTERIAS HETERÓTROFAS

Se han aislado 44 cepas que corresponden a: bacilos Gram negativos, 31, cocos Gram positivos, 10 y bacilos Gram positivos, 3 (Tabla 4).

Han predominado las especies de bacilos Gram negativos no fermentadores y principalmente *Burkholderia cepacia* y *Brevundimonas vesicularis*. Estos microorganismos son frecuentes en aguas minerales ya que son muy ubicuos y necesitan pocos nutrientes (16, 22, 26).

TABLA 4

Bacterias heterótrofas del manantial de Carratraca

	Bacterias	Cepas (44)
	nº	%
Bacilos Gram negativos	31	70,4
<i>Burkholderia cepacia</i>	9	20,4
<i>Brevundimonas vesicularis</i>	4	9,1
<i>Pseudomonas viridiflava</i>	3	6,8
<i>Pseudomonas spp</i>	1	2,2
<i>Hydrogenophaga palleroni</i>	2	4,5
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	3	6,8
<i>Xanthomonas fragariae</i>	1	2,2
<i>Flavobacterium aquatile</i>	1	2,2
<i>Enterobacter sakazakii</i>	1	2,2
<i>Citrobacter freundii</i>	1	2,2
<i>Serratia liquefaciens</i>	1	2,2
No identificados	4	9,1
Cocos Gram positivos	10	2,7
<i>Staphylococcus lentus</i>	3	6,8
<i>S. xylosus</i>	3	6,8
<i>S. epidermidis</i>	1	2,2
<i>Micrococcus varians</i>	1	2,2
<i>Micrococcus agilis</i>	1	2,2
No identificados	1	2,2
Bacilos Gram positivos	3	6,8
<i>Bacillus</i>	1	2,2
Corineformes	2	4,5

El *hábitat* de *Xanthomonas* son las plantas de donde pasa al agua mientras que *Flavobacterium aquatile* e *Hydrogenophaga palleroni* son propios del agua. (11).

Los bacilos Gram negativos fermentadores pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*. Las tres especies aisladas, *Enterobacter sakazakii*, *Citrobacter freundii* y *Serratia liquefaciens*, se encuentran en suelos y aguas y han sido aislados en manantiales minerales (4, 22, 26).

Los bacilos Gram positivos se han encontrado en muy pequeña proporción y tanto *Bacillus* como corinebacterias han sido aislados por otros investigadores en aguas minerales (4, 10).

Los cocos Gram positivos aislados, *Micrococcus* y *Staphylococcus*, se encuentran con frecuencia en manantiales mineromedicinales tanto fríos (20, 26, 29) como calientes.(22).

TAPETES MICROBIANOS

Los resultados de los microorganismos encontrados están en la tabla 5.

Tapete I.—Está localizado en la pared de la piscina, en la interfase aire-agua, presenta color blanco en la superficie y en las capas más internas verde y negro, tiene una consistencia compacta y filamentososa.

La capa superior está constituida por bacterias aerobias quimio-litótrofes del azufre (*Thiothrix*). Son bacterias filamentosas que se unen en típicas rosetas y presentan gránulos de azufre en el interior. La capa verde está dominada por fototrofas: cianobacterias (*Lyngbia* y *Anabaena*) y bacterias púrpuras del azufre de formas ovaladas y esféricas (*Chromatium*, *Thyocistis*). En la capa interna negra se observan, principalmente, bacterias fototrofas anoxigénicas verdes filamentosas (*Chloroflexus*) y púrpuras (*Chromatium*, *Rhodomicrobium*).

Tapete II.—Situado en la pared sumergida de la piscina, presenta un color verde en la superficie y negro en el interior, con consistencia compacta.

La superficie está constituida principalmente por microorganismos filamentosos, fototrofos oxigénicos (algas y cianobacterias) y quimiolitótrofos aerobios (*Beggiatoa*). En la capa interna se observan bacterias fototrofas anoxigénicas púrpuras (*Chromatium*) y verdes (*Chloroflexus*), además de diatomeas (*Navicula, Diatoma*) y depósitos de azufre y sulfuro de hierro.

Tapete III.—Tomado del manantial que fluye en el exterior se encuentra adherido a los restos de plantas que flotan en la superficie (epifítico). Presenta un color blanco grisáceo y un aspecto filamentos, mucilaginoso. Está constituido, principalmente, por bacterias del azufre, quimiolitótrofas (*Thiothrix*) y fototrofas verdes de forma bacilar (*Chlorobium*).

TABLA 5

Tapetes microbianos

Microorganismos	Muestras			
	I	II	III	IV
Quimioautótrofos				
<i>Thiothrix</i>	+	—	+	—
<i>Beggiatoa</i>	—	+	—	—
Fototrofas				
Cianobacterias	+	+	+	+
<i>Lyngbia</i>	+	+	—	—
<i>Anabaena</i>	+	—	—	—
<i>Oscillatoria</i>	—	—	—	+
Bacterias púrpuras				
<i>Chromatium</i>	+	+	—	+
<i>Thyocistis</i>	+	—	—	—
<i>Rhodomicrobium</i>	+	—	—	+
Bacterias verdes				
<i>Chloroflexus</i>	+	+	—	+
<i>Chlorobium</i>	—	—	+	—

Tapete IV.—Se encuentra adherido a las rocas por donde discurre el manantial (epilítico). Tiene color verde claro en la superficie y oscuro en el interior, de aspecto compacto que se deshace fácilmente.

La capa superior está constituida por microorganismos fototrofos predominando las bacterias ovaladas (*Chromatium*) sobre las filamentosas (algas, *Oscillatoria*, *Chloroflexus*). La capa interna presenta bacterias fototrofas anaerobias (*Chromatium*, *Chloroflexus*, *Rhodomicrobium*).

Estas comunidades microbianas ya fueron observadas antiguamente en las aguas sulfurosas mineromedicinales. Limón Montero (14) describe las de este manantial del siguiente modo: «En la superficie cria un genero de nata del color del agua, tan glutinosa, que cuaja de modo que asi en ellas, como en las piedras por donde pasa hay el mismo color, haciéndose de todo una costra blanca», lo que coincide con las características de los tapetes I y III de este estudio. Posteriormente se las denominó «Sulfuraria» y concretamente las de este manantial son estudiadas por Pablo Prolongo en 1838 que les da el nombre de «Sulfuraria Carratraquense» (7). Actualmente se llaman tapetes microbianos ya que están compuestos de microorganismos fototrofos y quimiotrofos del azufre que se presentan en forma de capas o estratos según sus requerimientos fisiológicos de luz, oxígeno y sulfhídrico. Estos microorganismos oxidan el sulfhídrico a azufre que acumulan en el interior o exterior de la célula, y a sulfatos, tanto en presencia como en ausencia de luz. Son frecuentes en ambientes acuáticos salinos (3, 18) y manantiales sulfurosos calientes (5) y fríos (17).

Los tapetes II y IV estudiados en este trabajo y que se encuentran sumergidos en el agua pertenecen al tipo de «posición normal» ya que en la parte superior están los microorganismos fotosintéticos oxigénicos (cianobacterias) y en la capa inferior las bacterias fototrofas anaerobias. Estas bacterias fototrofas púrpuras y verdes sólo pueden vivir en hábitats acuáticos especiales, ricos en CO₂ y SH₂ donde exista anaerobiosis y luz.

Crecen en la superficie donde la intensidad de luz es elevada ya que la presencia de cianobacterias en las capas superiores evita el paso de las longitudes de onda corta y del oxígeno (33). Sin embargo

los tapetes I y III que tienen mayor concentración de oxígeno debido a la agitación del agua, producida por la corriente, están constituidos en la superficie por las bacterias quimiolitótrofas del azufre, *Thiothrix*, que son aerobias y forman una capa filamentosa con las cianobacterias protegiendo del oxígeno a las bacterias fototrofas anaerobias de los estratos internos. Estos tapetes microbianos son semejantes a los estudiados en las paredes de una fuente sulfurosa de Gerona que tiene características fisicoquímicas parecidas de temperatura, pH y concentración de sulfhídrico (17).

CONCLUSIÓN

El manantial presenta un número muy bajo de bacterias viables y no tiene microorganismos patógenos ni indicadores de contaminación fecal lo que indica un buen perímetro de protección y desde el punto de vista microbiológico las aguas son potables. Las bacterias heterótrofas predominantes son bacilos Gram negativos no fermentadores. Cuando hay aporte de luz se forman típicos tapetes microbianos constituidos por microorganismos quimiolitótrofos del azufre y fototrofos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda aportada por D. Alberto Álvarez y D^a Amalia Vázquez del Centro de Citometría de la Universidad Complutense en los ensayos de microscopía confocal y citometría de flujo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) 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. Boletín Oficial del Estado **114**, 13. 964-73.
- (2) BARROW, G.I. AND FELTHAM, R.K.A. (1993). Cowan and Steel's Manual for the identification of medical bacteria. Ed. Cambridge University Press. Cambridge.

- (3) BAULD, J. (1981). Occurrence of benthic microbial mats in saline lakes. *Hydrobiologia* **81**, 87-111
- (4) BISCHOFBERGER, T., CHIA, S.K., SCHMITT, R., KÖNING, B. AND SCHMIDT-LORENZ, W. (1990). The bacterial flora of non-carbonated, natural mineral water from springs to reservoir and glass and plastic bottles. *International Journal of Food Microbiology* **11**, 51-72.
- (5) CASTENHOLZ, R. W. (1987). The green sulfur and non sulfur bacteria of hot springs. En: Olson, J. M. *et al.* (ed) Green photosynthetic bacteria. Ed. *Plenum Press*. New York.
- (6) COLWELL, R.R., BRAYTON, P.P., GRIMES, D.J., ROSZAK, D.B., HUO, S.A. AND PALMER, L.M. (1985). Viable but non-culturable *Vibrio cholerae* and related pathogens in the environment implications for release of genetically engineered microorganisms. *Biotechnology* **3**, 817-20.
- (7) FRANCÉS, C. (1995). Prólogo. En: García, J.J. *Dissertación hidráulico-farmacéutica, sobre el origen de las aguas de Hardales, su verdadero análisis químico, y medicinales virtudes*. Edición facsímil. Madrid.
- (8) FUENTE, J.M. DE LA, ÁLVAREZ, A., NOMBELA, C. AND SÁNCHEZ, M. (1992). Flow cytometric analysis of *S. cerevisiae* autolytic mutants and protoplasts. *Yeast* **8**, 39-45.
- (9) GARCÍA, J.J. (1759) *Dissertación hidráulico-farmacéutica, sobre el origen de las aguas de Hardales*. Málaga. Impr. de la Dignidad Episcopal y de la Santa Iglesia Cathedral.
- (10) GONZÁLEZ, C., GUTIÉRREZ, C. AND GRANDE, T. (1987). Bacterial flora in bottled uncarbonated mineral drinking water. *Canadian Journal of Microbiology* **33**, 1120-25.
- (11) HOLT, J.G., KRIEG, N.R., SNEATH, P.H.A., STALEY, J.T. AND WILLIAMS, S.T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Baltimore. Ed. Williams and Wilkins.
- (12) KAPRELYANT, A. AND KELL, D. (1992). Rapid assessment of bacterial viability and vitality by rhodamine 123 and flow cytometry. *Journal of Applied Bacteriology* **72**, 410-22.
- (13) KRIEG, R.N. AND HOLT, G.J. (1984). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. I. Baltimore. Ed. Williams and Wilkins.
- (14) LIMÓN MONTERO, A. (1697). *Espejo cristalino de las aguas de España*. Alcalá de Henares. Edición facsímil. Madrid. Ed. Instituto Geológico y Minero de España. 1979.

- (15) MAKI, J.S. AND REMSEN, C.C. (1981). Comparison of two direct-count methods for determining metabolizing bacteria in freshwater. *Applied and Environmental Microbiology* **41**, 1132-38.
- (16) MANAIA, C.M., MUNES, O.C., MORAIS, P.V. AND DA COSTA, M.S. (1990). Heterotrophic plate counts and the isolation of bacteria from mineral waters on selective and enrichment media. *Journal of Applied Bacteriology* **69**, 871-6
- (17) MARTÍNEZ, A., PIBERNAT, I., FIGUERAS, J. AND GARCÍA-GIL, J. (1997). Structure and composition of freshwater microbial mats from a sulfur spring (Font Pudosa, Spain). *Microbiología SEM* **13**, 45-56.
- (18) MIR, J., MARTÍNEZ-ALONSO, M., ESTEVE, I. AND GUERRERO, R. (1991). Vertical stratification and microbial assemblage of a microbial mat in the Ebro Delta (Spain). *FEMS Microbiology Ecology* **86**, 59-68.
- (19) MONFORT, P. AND BALEUX, B. (1992). Comparison of flow cytometry and epifluorescence microscopy for counting bacteria in aquatic ecosystems. *Cytometry* **13**, 188-92.
- (20) MOSSO, M.A., DE LA ROSA, M.C., VIVAR, C. Y MEDINA, R. (1990). Microbiología del manantial de aguas mineromedicinales de Alange. Memoria nº 16. Ed. *Real Academia de Farmacia*. Madrid.
- (21) MOSSO, M.A., DE LA ROSA, M. C. Y VIVAR, M.C. (1998). Microbiología del manantial Hervideros del balneario de Cofrentes. *Anales de la Real Academia de Farmacia* **64**, 53-63.
- (22) MOSSO, M.A., DE LA ROSA, M.C., VIVAR, C. Y MEDINA, M.R. (1994). Heterotrophic bacterial populations in the mineral waters of thermal springs in Spain. *Journal of Applied Bacteriology* **77**, 370-81.
- (23) ONIONS, H.A., ALLSOPP, D. AND EGGINS, H.O. (1981). Smith's Introduction to Industrial Mycology. 7ª edic. London. Ed. *Edwards Arnold*.
- (24) PASCUAL, M.R. (1982). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos y bebidas. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Madrid. Ed. Ministerio de Sanidad y Consumo.
- (25) POCHON, J. ET TARDIEUX, P. (1956). Techniques d'analyse en microbiologie du sol. St. Mandé (Seine). Ed. de la Tourelle.
- (26) QUEVEDO, J., RAMOS, A., AND GONZÁLEZ, J. (1986). Isolation and characterization of aerobic heterotrophic bacteria from natural springs water in the Lanjarón area (Spain). *Journal of Applied Bacteriology* **61**, 365-72.

- (27) REASONER, D. J. AND GELDREICH, E.E. (1985). A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Applied and Environmental Microbiology* **49**, 1-7.
- (28) RODINA, A.G. (1972). *Methods in aquatic microbiology*. Baltimore. Ed. University Park Press.
- (29) ROSA M.C. DE LA, DÍAZ, F. Y MOSSO, M.A. (1985). Microbiología de las aguas minero-medicinales de Fuente Amarga. Memoria n° 11. Ed. Real Academia de Farmacia. Madrid.
- (30) ROSA, M.C. DE LA, MOSSO, M.A., DÍAZ, F. Y VIVAR, C. (1989). Microbiología de los manantiales de aguas mineromedicinales del balneario de Caldas de Bohí. Memoria n° 15. Madrid. Ed. Real Academia de Farmacia.
- (31) SNEATH, P.H.A., MAIR, N.S., SHARPE, M.E. AND HOLT, J. G. (1986). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. II. Baltimore. Ed. Williams and Wilkins.
- (32) STALEY, J.T., BRYANT, M.P., PFENNIG, N. AND HOLT, J.G. (1989). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. III. Baltimore. Ed. Williams and Wilkins.
- (33) STANIER, R.Y., INGRAHAM, J.L., WHEELIS, M.L. Y PAINTER, P.R. (1988). *Microbiología*. Madrid. Ed. Reverté.
- (34) STEEN, H. AND LINDMO, T. (1979). Flow cytometry: a high resolution instrument for everyone. *Science* **204**, 403-4.

Climatología del Balneario de Carratraca

FRANCISCO JAVIER MANTERO SÁENZ Y ANA CORRAL CORRAL

*Sección de Bioclimatología.—Servicio de Meteorología Medioambiental.—
Subdirección General de Programas Especiales e Investigación
Climatológica.—Instituto Nacional de Meteorología.—
C° de las Moreras s/n.—C. Universitaria.—28071 Madrid*

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un estudio climatológico del emplazamiento del Balneario de Carratraca. Básicamente, se ha limitado a las variables meteorológicas de las que se tienen medidas en el emplazamiento o en los alrededores, como la temperatura y la precipitación. Para una mejor comprensión, se incluye el estudio climatológico de la provincia de Málaga, en la que está situado el Balneario, además de los valores correspondientes a los observatorios más cercanos.

Palabras clave: Climatología.—Meteorología.—Bioclimatología.

SUMMARY

Climatology of the Carratraca Spa

This paper examines the Carratraca Spa site. A climatological study is made taking account of the meteorological variables measured in this site or in its surroundings, such as temperature and rainfall. A climatological study of the Málaga country -where the Spa is sited- is included for a better understanding, as well as values corresponding to the nearest meteorological stations.

Key words: Climatology.—Meteorology.—Bioclimatology.

INTRODUCCIÓN

El Balneario de Carratraca está situado en la provincia de Málaga, a 541 metros sobre el nivel del mar. Limita al Oeste con la Sierra de Alcaparaín, al Norte con las Sierras de Baños y de Aguas, y al Sur y al Este se encuentra abierto a la Hoya de Málaga.

Carratraca cuenta, desde el año 1983, con un estación pluviométrica a 560 metros sobre el nivel del mar.

Los datos de precipitación se han obtenido por comparación con los datos del periodo 1961-1990, en las estaciones cercanas de: El Burgo, Casarabonela, Ardales, Pantano de Guadalhorce y Alora. Los datos de temperatura se han obtenido a partir de los datos de las estaciones de Casarabonela, para el mismo periodo, al entender que se encuentra sometido a un régimen termométrico parecido.

Como primera aproximación a la caracterización del clima en el Balneario de Carratraca, se indicarán los valores máximos y mínimos de distintos elementos climáticos en la provincia de Málaga, posteriormente se estudiarán las temperaturas y precipitación en una zona próxima a dicho Balneario, y finalmente se darán los datos calculados de temperatura y precipitación para el Balneario de Carratraca.

ALGUNOS ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA

1. INSOLACIÓN Y RADIACIÓN SOLAR

En el cuadro I se muestran, para la provincia de Málaga, los datos extremos de los valores medios, mensuales y anual, de la duración diaria de la insolación directa, expresados en número de horas de sol. También se incluyen los valores extremos entre los que oscila la radiación solar global (radiación directa más difusa) media, mensual y anual, en kwh por día y por metro cuadrado de superficie horizontal.

Los valores máximos de número medio diario de horas de sol se registran, de diciembre a junio, en el este de la provincia disminu-

CUADRO I

	Valor mínimo nº medio diario horas de sol	Valor máximo nº medio diario horas de sol	Valor mínimo media diaria radiación global	Valor máximo media diaria radiación global
Enero	5.5	5.8	2.2	2.6
Febrero	5.8	6.4	3.2	3.6
Marzo	6.4	7.0	4.8	5.0
Abril	7.6	8.2	5.4	5.6
Mayo	9.7	10.0	6.6	7.0
Junio	10.6	10.9	7.2	7.4
Julio	11.5	11.8	7.2	7.6
Agosto	10.6	11.2	6.4	6.6
Septiembre	8.5	8.8	5.2	5.4
Octubre	7.0	7.3	3.6	3.8
Noviembre	6.1	6.4	2.8	3.0
Diciembre	5.2	5.5	2.2	2.6
Anual	7.9	8.3	4.7	5.0

yendo hacia el oeste. De enero a mayo es más acusado el efecto latitudinal, presente a lo largo de todo el año, al darse los máximos en la costa y disminuyendo los valores hacia el interior.

La radiación global media diaria disminuye, de octubre a junio, de este a oeste; de julio a septiembre los valores máximos se dan en el interior disminuyendo hacia la costa.

2. TEMPERATURA

Los cuadros II y III recogen los valores extremos de las temperaturas medias mensuales, anuales y estacionales, y la localización de las estaciones en las que se dan esos valores extremos.

Los cuadros IV y V, dedicados a las temperaturas máximas medias, recogen los valores extremos y localización de las máximas medias, mensuales, estacionales y anuales.

Los cuadros VI y VII, con temperaturas mínimas medias, muestran los valores extremos y localización de las mínimas medias mensuales, anuales y estacionales.

a) *Temperatura media mensual, estacional y anual*

CUADRO II

	Valor mínimo	Valor máximo
ENERO	6.4°C (Alfarnate, 925 m)	13.9°C (Algarrobo, 80 m)
FEBRERO	7.5°C (Alfarnate, 925 m)	14.1°C (Algarrobo, 80 m)
MARZO	8.3°C (Alfarnate, 925 m)	16.6°C (Nerja, 21 m)
ABRIL	10.8°C (Alfarnate, 925 m)	19.3°C (Nerja, 21 m)
MAYO	14.3°C (Alfarnate, Contadoras)	22.6°C (Nerja, 21 m)
JUNIO	17.6°C (Alfarnate, 925 m)	25.4°C (Nerja, 21 m)
JULIO	21.8°C (Gaucín, 626 m)	27.4°C (Tolox, 315 m)
AGOSTO	22.3°C (Contadoras, 630 m)	27.8°C (Tolox, 315 m)
SEPTIEMBRE	19.2°C (Contadoras, 630 m)	24.6°C (Tolox, 315 m)
OCTUBRE	14.4°C (Contadoras, Alfarnate)	20.3°C (Algarrobo, 80 m)
NOVIEMBRE	9.3°C (Alfarnate, 925 m)	18.2°C (Nerja, 21 m)
DICIEMBRE	6.5°C (Alfarnate, 925 m)	14.3°C (Algarrobo, 80 m)
ANUAL	13.3°C (Alfarnate, 925 m)	19.1°C (Nerja, 21 m)

Desde el mes de noviembre hasta el mes de abril, Alfarnate, entre las Sierras de Alhama y de Camarolos, es la estación con temperaturas medias mensuales más bajas; de mayo a julio las más frías son Alfarnate, Las Contadoras, en los Montes de Málaga y Gaucín, al oeste de Sierra Bermeja; y, de agosto a octubre Las Contadoras.

La amplitud de la variación de los valores mínimos entre el mes más cálido y el más frío es de 15.9°C.

Las temperaturas medias mensuales más altas se alcanzan en la costa más oriental de Málaga, estaciones de Nerja y Algarrobo; excepción hecha de los meses de julio, agosto y septiembre, meses en los que la estación de Tolox es la más cálida.

La temperatura media anual más baja se registra en Alfarnate y la más alta en Nerja, siendo la amplitud de variación de 5.8°C.

CUADRO III

	Valor mínimo	Valor máximo
PRIMAVERA	11.3°C (Alfarnate, 925 m)	19.5°C (Nerja, 21m)
VERANO	20.7°C (Contadoras, 630 m)	26.2°C (Tolox, 315 m)
OTOÑO	14.6°C (Contadoras, 630 m)	20.1°C (Algarrobo, 80m)
INVIERNO	6.8°C (Alfarnate, 925 m)	14.1°C (Algarrobo, 80m)

En la estación de Alfarnate tienen lugar los valores mínimos de la temperatura media de invierno y primavera, y en Las Contadoras los de verano y otoño.

La primavera más cálida se da en Nerja, el otoño e invierno en Algarrobo y el verano en Tolox.

La oscilación máxima entre estaciones termométricas tiene lugar en primavera, siendo esta de 8.2°C.

b) Oscilación anual de la temperatura

En el cuadro IV, se clasifican las estaciones termométricas utilizadas a partir de la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la temperatura media del mes más frío (Amplitud de la variación anual de la temperatura).

La amplitud de la variación anual indica el carácter climatológico de un lugar; carácter continental, con valores de amplitud altos y carácter marítimo, con valores bajos. Para ser una región marítima los valores son en conjunto altos debido a la influencia de los vientos continentales fríos del Nordeste en invierno y de los vientos cálidos africanos del Sudeste en verano.

CUADRO IV

Estación	Amplitud	Estación	Amplitud
1. Algarrobo	25.7°C -13.9°C = 11.8°C	10. Ardales	23.3°C - 8.3°C = 15.0°C
2. Marbella	24.8°C -12.9°C = 11.9°C	11. P. Guadalhorce	25.0°C - 9.3°C = 15.7°C
3. Casarabonela	24.4°C -11.6°C = 12.8°C	12. Gaucín	23.0°C - 8.1°C = 15.9°C
4. El Rompedizo	25.3°C -11.9°C = 13.4°C	13. Alozaina	27.5°C -11.4°C = 16.1°C
5. Nerja	25.3°C -11.8°C = 13.5°C	13. Alfarnate	22.5°C - 6.4°C = 16.1°C
6. El Boticario	23.2°C - 9.3°C = 13.9°C	14. Gobantes	26.1°C - 9.3°C = 16.8°C
7. Vélez Málaga	26.3°C - 11.9°C =14.4°C	15. El Burgo	24.6°C - 7.7°C = 16.9°C
8. Ojén	25.3°C - 11.6°C =14.7°C	16. Tolox	27.8°C - 10.8°C =17.0°C
9. Málaga Instituto	22.3°C - 7.4°C = 14.9°C	17. Antequera	25.5°C - 8.1°C =17.4°C
9. Contadoras	22.3°C - 7.4°C = 14.9°C	18. Bobadilla	26.6°C - 9.1°C =17.5°C

c) Temperatura mínima media mensual, estacional y anual

En los cuadros V y VI se indican los valores extremos y localización de las temperaturas mínimas medias mensuales, estacionales y anual en las estaciones elegidas.

CUADRO V

	Valor mínimo	Valor máximo
ENERO	2.5°C (Alfarnate, 925 m)	10.5°C (Algarrobo, 80 m)
FEBRERO	3.3°C (Alfarnate, 925 m)	10.6°C (Algarrobo, 80 m)
MARZO	4.3°C (Alfarnate, 925 m)	12.2°C (Nerja, 21 m)
ABRIL	5.8°C (Alfarnate, 925 m)	14.9°C (Nerja, 21 m)
MAYO	8.7°C (Alfarnate, 925 m)	18.4°C (Nerja, 21 m)
JUNIO	11.6°C (Alfarnate, 925 m)	19.8°C (Nerja, 21 m)
JULIO	15.7°C (Alfarnate, 925 m)	21.3°C (Málaga, 8 m)
AGOSTO	15.9°C (Alfarnate, 925 m)	22.0°C (Algarrobo, Málaga)
SEPTIEMBRE	13.4°C (Alfarnate, 925 m)	19.8°C (Algarrobo, Málaga)
OCTUBRE	9.7°C (Alfarnate, 925 m)	16.7°C (Algarrobo, 80 m)
NOVIEMBRE	5.1°C (Alfarnate, 925 m)	12.9°C (Algarrobo, 80 m)
DICIEMBRE	2.6°C (Alfarnate, 925 m)	10.8°C (Algarrobo, 80 m)
ANUAL	8.2 C (Alfarnate, 925 m)	15.2°C (Algarrobo, 80 m)

La estación de Alfarnate, salvo en el mes de noviembre en el que la temperatura mínima media más baja se produce en la estación de Ardales, tiene las temperaturas mínimas medias mensuales más bajas.

Las temperaturas mínimas medias mensuales más altas se alcanzan, de agosto a febrero, en Algarrobo y Nerja y, de marzo a junio, en Nerja.

La temperatura mínima media anual más baja se da en Alfarnate y la más alta en Algarrobo, siendo la amplitud de la variación de 7.0°C.

CUADRO VI

	Valor mínimo	Valor máximo
PRIMAVERA	6.3°C (Alfarnate, 925 m)	15.2°C (Nerja, 21 m)
VERANO	14.4°C (Alfarnate, 925 m)	20.7°C (Málaga, 8 m)
OTOÑO	9.4°C (Alfarnate, 925 m)	16.5°C (Algarrobo, 80 m)
INVIERNO	2.8°C (Alfarnate, 925 m)	10.6°C (Algarrobo, 80 m)

Los valores más bajos de las temperaturas mínimas medias estacionales se producen en Alfarnate. Los más altos en Algarrobo, en otoño e invierno, en Nerja, en primavera, y en Málaga, en verano. La amplitud de variación más alta se da en primavera (8.9°C).

d) Temperatura máxima media mensual, estacional y anual

En los cuadros VII y VIII se reflejan los valores máximo y mínimo y localización de la temperaturas máximas medias mensuales, estacionales y anuales, de las estaciones elegidas.

De noviembre a enero, los valores mínimos de las temperaturas máximas medias tienen lugar en Alfarnate; de febrero a octubre en Gaucín y Las Contadoras.

CUADRO VII

	Valor mínimo	Valor máximo
ENERO	10.4°C (Alfarnate, 925 m)	17.4°C (Algarrobo, 80 m)
FEBRERO	10.9°C (Gaucín, 626 m)	17.7°C (Algarrobo, 80 m)
MARZO	15.2°C (Gaucín, 626 m)	21.1°C (Nerja, 21 m)
ABRIL	14.9°C (Las Contadoras, 350m)	23.7°C (Nerja, 21 m)
MAYO	18.8°C (Las Contadoras, 350m)	26.9°C (Nerja, 21 m)
JUNIO	22.2°C (Gaucín, 626 m)	31.0°C (Nerja, 21 m)
JULIO	26.4°C (Gaucín, 626 m)	34.3°C (Tolox, 315 m)
AGOSTO	27.5°C (Las Contadoras, 350m)	34.8°C (Alozaina, 380 m)
SEPTIEMBRE	24.0°C (Las Contadoras, 350m)	30.8°C (Tolox, 315 m)
OCTUBRE	18.0°C (Gaucín, 626 m)	25.8°C (Tolox, 315 m)
NOVIEMBRE	13.4°C (Alfarnate, 925 m)	24.1°C (Nerja, 21 m)
DICIEMBRE	10.4°C (Alfarnate, 925 m)	18.1°C (Nerja, 21 m)
ANUAL	17.8°C (Gaucín, Contadoras)	24.5°C (Alozaina, 380 m)

De noviembre a junio, los valores más altos de las temperaturas máximas medias se alcanzan en Nerja, si se exceptúa el mes de febrero con 17.7°C en Algarrobo. De julio a octubre, Tolox es la estación más cálida junto con Alozaina en agosto.

La amplitud mayor entre valor máximo y mínimo se da en el mes de noviembre (10.7°C), entre Alfarnate y Nerja, y la más pequeña en marzo (5.9°C), entre Gaucín y Nerja.

El valor máximo de las temperaturas máximas medias anuales se da en Alozaina, a los pies de Sierra Prieta y abierta a la Hoya de Málaga; el valor mínimo tiene lugar en las estaciones de Gaucín y Las Contadoras. La amplitud entre valor máximo y mínimo es de 6.7°C.

La estación de Las Contadoras registra el valor mínimo de la temperatura máxima media en primavera y otoño; en verano se registra en Gaucín y en invierno en Alfarnate.

Los valores máximos se registran en la costa en primavera e invierno y en Tolox en verano y otoño. La amplitud mayor entre

CUADRO VIII

	Valor mínimo	Valor máximo
PRIMAVERA	15.5°C (Las Contadoras, 350 m)	23.9°C (Nerja, 21 m)
VERANO	25.6°C (Gaucín, 626 m)	32.9°C (Tolox, 315 m)
OTOÑO	18.6°C (Las Contadoras, 350 m)	25.3°C (Tolox, 315 m)
INVIERNO	10.8°C (Alfarnate, 925 m)	17.7°C (Algarrobo, 80 m)

valor máximo y mínimo tiene lugar en primavera (8.4°C), entre Nerja y Las Contadoras.

3. PRECIPITACIÓN

En la provincia de Málaga, el invierno es la estación del año en la que se recoge mayor cantidad de precipitación. En general, en primavera se recoge una cantidad media de precipitación similar a la de otoño. Sólo en las estaciones pluviométricas a un lado y a otro del río Guadalhorce, las cantidades medias de otoño superan en más de 20 mm a las de primavera. El verano es la estación del año más seca.

En los cuadros IX y X se recogen los valores extremos de las cantidades de precipitación medias mensuales, estacionales y anuales en las estaciones escogidas.

La máxima cantidad de precipitación media mensual se da en Ojén, al pie de Sierra Blanca, con 179.4 mm y en el mes de diciembre; sin embargo, el máximo valor de los mínimos tiene lugar en noviembre en la estación de Gobantes, cerca del Pantano de Guadalhorce, con 56.4 mm.

La amplitud mayor, entre valor máximo y mínimo, tiene lugar en el mes de diciembre (151.0 mm entre Nerja y Ojén); la amplitud mínima se registra en el mes de julio (6.2 mm), entre Tolox y Alfarnate.

La amplitud de variación anual es de 756.3 mm, entre Nerja y Gaucín.

CUADRO IX

	Valor mínimo	Valor máximo
ENERO	54.6 mm (Bobadilla, 384 m)	159.8 mm (Cartajima, 846 m)
FEBRERO	55.7 mm (P.Guadalhorce, 400 m)	163.3 mm (Gaucín, 626 m)
MARZO	50.7 mm (Nerja, 21 m)	179.4 mm (Ojén, 491m)
ABRIL	38.7 mm (Alajaima, 100m)	98.8 mm (Alcaucín, 508 m)
MAYO	21.8 mm (Nerja, 21 m)	73.5 mm (Gaucín, 626 m)
JUNIO	2.0 mm (Nerja, 21 m)	34.6 mm (Estepona, 21 m)
JULIO	0.6 mm (Tolox, Casarabonela)	6.8 mm (Alfarnate, 925 m)
AGOSTO	0.7 mm (Benamocarra, 126m)	15.1 mm (P.Guadalhorce, 400m)
SEPTIEMBRE	14.6 mm (Coin, 209 m)	45.7 mm (Benefique, 780 m)
OCTUBRE	38.9 mm (Nerja, 21 m)	123.6 mm (Gaucín, 626 m)
NOVIEMBRE	56.4 mm (Gobantes, 400 m)	170.5 mm (Gaucín, 626 m)
DICIEMBRE	40.2 mm (Nerja, 21 m)	191.2 mm (Ojén, 491 m)
ANUAL	423.9 mm (Nerja, 21 m)	1180.2 mm (Gaucín, 626 m)

CUADRO X

	Valor mínimo	Valor máximo
PRIMAVERA	125.1 mm (Málaga, 8 m)	319.3 mm (Gaucín, 626 m)
VERANO	9.4 mm (Fuengirola, 6 m)	36.8 mm (Estepona, 21 m)
OTOÑO	118.5 mm (Nerja, 21 m)	324.8 mm (Gaucín, 626 m)
INVIERNO	169.0 mm (Nerja, 21 mm)	511.0 mm (Gaucín, 626 m)
ANUAL	423.9 mm (Nerja, 21 mm)	1180.2 mm (Gaucín, 626 m)

La estación pluviométrica de Gaucín es la que recoge mayor cantidad de precipitación media durante la primavera, el otoño y el invierno.

La amplitud mayor se da invierno (342.0 mm), entre Nerja y Gaucín.

Los valores mínimos de cantidad de precipitación media estacional se dan en la costa.

ALGUNOS ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS EN LA ZONA PRÓXIMA AL BALNEARIO DE CARRATRACA

Entre las estaciones termométricas más próximas a Carratraca se han escogido: Alozaina y Casarabonela, alineadas con Carratraca y situadas al este de las sierras de Alcaparaín y Prieta; El Burgo, al oeste de estas sierras; y Ardales y Pantano de Guadalhorce, al nordeste de esas sierras.

Como estaciones pluviométricas se han elegido: Casarabonela, El Burgo, Ardales, Pantano de Guadalhorce y Alora. Esta última se ha preferido a la de Alozaina al existir una mayor correlación con la serie existente de la estación pluviométrica de Carratraca de ocho años.

1. TEMPERATURA

En los cuadros XI y XII se reflejan las temperaturas medias, mensuales, estacionales y anuales, en las estaciones termométricas de El Burgo, Casarabonela, Alozaina, Ardales y Pantano de Guadalhorce. La altura de cada estación aparece indicada junto a su nombre.

El cuadro XIII recoge las amplitudes de las variaciones anuales de las temperaturas medias.

En los cuadros XIV y XV se muestran las temperaturas mínimas medias, mensuales, estacionales y anuales, en esas estaciones termométricas.

En los cuadros XVI y XVII aparecen las temperaturas máximas medias, mensuales, estacionales y anuales, en las estaciones citadas.

a) *Temperatura media mensual, estacional y anual*

La temperatura media anual más alta se registra en Alozaina, seguida de Casarabonela y el Pantano de Guadalhorce. Las más bajas en El Burgo y Ardales.

CUADRO XI

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
ENERO	7.7	11.8	11.4	8.3	9.3
FEBRERO	9.0	11.6	12.7	9.4	10.2
MARZO	10.6	12.5	14.8	10.9	11.9
ABRIL	12.4	13.6	15.8	12.6	13.6
MAYO	16.0	16.1	19.1	15.9	17.4
JUNIO	20.3	19.7	23.5	20.0	21.5
JULIO	24.6	23.5	26.9	23.2	25.0
AGOSTO	24.6	24.4	27.5	23.3	25.0
SEPTIEMBRE	21.4	21.1	24.3	20.6	22.2
OCTUBRE	16.2	17.5	19.1	16.0	17.4
NOVIEMBRE	11.4	14.0	15.3	11.8	12.9
DICIEMBRE	8.3	11.9	12.6	9.2	9.9
ANUAL	15.2	16.5	18.6	15.1	16.4

El mes de agosto es el más cálido y enero el más frío.

CUADRO XII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
PRIMAVERA	13.0	14.1	16.6	13.1	14.3
VERANO	23.2	22.5	26.0	22.2	23.8
OTOÑO	16.3	17.5	19.6	16.1	17.5
INVIERNO	8.3	11.8	12.2	9.0	9.8

En Alozaina se disfrutaban las estaciones más cálidas. El Burgo tiene las temperaturas medias más bajas de invierno y primavera, y Ardales las de verano y otoño.

b) *Oscilación anual de la temperatura*

CUADRO XIII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
OSCILACION	16.9	12.8	16.1	15.0	15.7

El valor más bajo, de la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y temperatura media del mes más frío, se da en Casarabonela (carácter climático marítimo) y el más alto en El Burgo (carácter climático más continental).

c) *Temperaturas mínimas medias mensuales, estacionales y anuales*

CUADRO XIV

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
ENERO	2.7	7.4	6.9	1.6	4.8
FEBRERO	4.1	7.3	7.7	2.8	5.6
MARZO	4.8	7.8	9.0	3.7	6.9
ABRIL	6.1	8.4	9.9	5.3	8.5
MAYO	9.2	10.5	12.6	8.0	11.8
JUNIO	12.6	13.6	16.4	11.4	15.6
JULIO	16.3	17.5	19.5	13.8	18.6
AGOSTO	16.5	18.3	20.2	13.9	18.4
SEPTIEMBRE	14.2	15.9	17.9	12.4	16.4
OCTUBRE	9.9	12.9	13.7	8.6	12.6
NOVIEMBRE	6.2	9.9	10.6	5.0	8.3
DICIEMBRE	3.4	7.8	8.1	2.9	5.4
ANUAL	8.8	11.5	12.7	7.5	11.1

La temperatura mínima media anual más baja se registra en Ardales, 1.3°C por debajo de la de El Burgo; la más alta se registra en Alozaina. De octubre a abril las temperaturas mínimas medias de Casarabonela superan a las del Pantano de Guadalhorce, sin embargo de mayo a septiembre son más altas las del Pantano.

CUADRO XV

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
PRIMAVERA	6.7	8.9	10.5	5.7	9.1
VERANO	15.1	16.5	18.7	13.0	17.5
OTOÑO	10.1	12.9	14.1	8.7	12.4
INVIERNO	3.4	7.5	7.6	2.4	5.3

En Ardales y en invierno se da la temperatura mínima media más baja (2.4°C). La temperatura mínima media más alta tiene lugar en Alozaina y en verano (18.7°C). En otoño e invierno las temperaturas mínimas medias de Casarabonela superan a las del Pantano de Guadalhorce, situación que se invierte en primavera y verano.

d) Temperatura máxima media mensual, estacional y anual

La temperatura máxima media anual más alta se registra en Alozaina, seguida por Ardales. El Burgo, Casarabonela y Pantano de Guadalhorce registran una temperatura máxima media anual similar; sin embargo, desde el mes noviembre al mes de abril, las temperaturas máximas medias son mayores en Casarabonela que en El Burgo y Pantano de Guadalhorce, situación que se invierte de mayo a octubre.

CUADRO XVI

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
ENERO	12.8	16.3	15.8	14.9	13.8
FEBRERO	14.0	15.8	17.6	16.0	14.7
MARZO	16.4	17.2	20.7	18.1	17.0
ABRIL	18.6	18.9	21.7	19.9	18.8
MAYO	22.8	21.7	25.6	23.8	22.9
JUNIO	28.0	25.8	30.5	28.6	27.4
JULIO	32.9	29.6	34.2	32.5	31.5
AGOSTO	32.6	30.5	34.8	32.7	31.5
SEPTIEMBRE	28.6	26.3	30.7	28.9	28.0
OCTUBRE	22.5	22.2	24.5	23.4	22.3
NOVIEMBRE	16.7	18.1	20.0	18.5	17.5
DICIEMBRE	13.1	16.0	17.0	15.6	14.3
ANUAL	21.6	21.5	24.5	22.8	21.7

CUADRO XVII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
PRIMAVERA	19.3	19.3	22.7	20.6	19.6
VERANO	31.2	28.6	33.2	31.3	30.1
OTOÑO	22.6	22.2	25.1	23.6	22.6
INVIERNO	13.3	16.0	16.8	15.5	14.3

Alozaina tiene las temperaturas máximas medias estacionales más altas, seguida de Ardales. El verano y el otoño de El Burgo y del Pantano de Guadalhorce, gozan de temperaturas máximas medias más altas que las de Casarabonela, ocurriendo lo contrario en primavera e invierno.

e) *Número medio, mensual, estacional, y anual, de días de helada*

En el cuadro siguiente (XVIII), se indica el número medio de días al mes en los que la temperatura mínima es inferior o igual a 0°C (días de helada) para cada una de las estaciones escogidas.

En el cuadro XIX, se da el número medio estacional de días de helada para esas mismas estaciones.

CUADRO XVIII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
ENERO	9.3	0.2	0.2	11.5	4.8
FEBRERO	4.5		0.3	8.6	2.1
MARZO	2.7			5.5	1.2
ABRIL	1.0			2.4	0.1
MAYO	0.1			0.3	
JUNIO					
JULIO					
AGOSTO					
SEPTIEMBRE				0.1	
OCTUBRE	0.1			0.8	0.1
NOVIEMBRE	2.7			4.2	1.0
DICIEMBRE	8.0		0.2	10.2	2.8
ANUAL	28.4	0.2	0.7	43.6	12.1

Nota: espacio en blanco equivale a cero días de helada

En Ardales el número medio anual de días de helada es el más elevado de la zona, seguido de El Burgo y, con número muy inferior, del Pantano de Guadalhorce. En Casarabonela y Alozaina es inferior a uno el número medio de días de helada al año y estas sólo tienen lugar en invierno.

CUADRO XIX

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
PRIMAVERA	3.8	0.0	0.0	8.2	1.3
VERANO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTOÑO	2.8	0.0	0.0	5.1	1.1
INVIERNO	21.8	0.2	0.7	30.3	9.7

f) *Número medio, mensual y anual, de noches cálidas*

En el cuadro número XX se da el número medio mensual y anual de días en los que la temperatura mínima es igual o superior a 20°C (noches cálidas).

CUADRO XX

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
ENERO					
FEBRERO					
MARZO					
ABRIL					
MAYO	0.3	0.2			0.7
JUNIO	6.1	2.1	4.9	0.3	3.5
JULIO	6.9	12.8	16.0	2.4	12.7
AGOSTO	3.7	14.3	19.3	2.8	12.1
SEPTIEMBRE	0.1	5.8	7.6	1.5	6.4
OCTUBRE		1.0	0.1		1.5
NOVIEMBRE					
DICIEMBRE					
ANUAL	17.1	36.2	47.9	7.0	36.9

Nota: espacio en blanco equivale a cero días de noches cálidas

El cuadro XXI contiene el número medio estacional de noches cálidas.

Alozaina es la estación termométrica con mayor número medio de noches cálidas al año, seguida de cerca por la estaciones del Pantano de Guadalhorce y Casarabonela. Ardales es la estación con menor número medio de noches cálidas anuales.

CUADRO XXI

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
PRIMAVERA	0.3	0.2	0.0	0.0	0.7
VERANO	16.7	29.2	40.2	5.5	28.3
OTOÑO	0.1	6.8	7.7	1.5	7.9
INVIERNO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

El mayor número de noches cálidas se da en verano y en Alozaina; el menor número en Ardales. Alozaina y Ardales carecen de noches cálidas en primavera. En otoño, el menor número de noches cálidas se da en El Burgo.

g) Número medio, mensual y anual, de días cálidos

En el cuadro número XXII se especifica, para cada estación, el número medio mensual y anual de días en los que la temperatura máxima es igual o mayor a 25°C.

Alozaina es la estación que tiene el mayor número de días cálidos al año, seguida de Ardales. Casarabonela, teniendo menor número de días cálidos al año, supera, en invierno y en número de días cálidos, al resto de las estaciones termométricas. El pantano de Guadalhorce, en primavera, es la estación termométrica con menor número de días cálidos.

CUADRO XXII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
ENERO	0.1	1.6	0.0	0.2	0.0
FEBRERO	0.2	1.4	1.3	0.2	0.1
MARZO	1.4	1.4	3.8	1.9	0.9
ABRIL	3.5	4.4	6.1	3.7	2.6
MAYO	11.1	9.2	20.4	14.1	10.9
JUNIO	23.7	17.1	27.3	26.5	22.4
JULIO	30.0	24.3	30.2	30.4	29.9
AGOSTO	30.0	25.4	30.9	30.8	30.3
SEPTIEMBRE	25.6	18.4	29.6	27.7	25.5
OCTUBRE	9.5	10.1	14.0	11.7	8.5
NOVIEMBRE	0.7	0.9	1.6	1.2	0.8
DICIEMBRE	0.2	0.3	0.0	0.1	0.0
ANUAL	136.0	114.5	165.2	148.5	131.9

CUADRO XXIII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Alozaina 380 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m
PRIMAVERA	16.0	15.0	30.3	19.7	14.4
VERANO	83.7	66.8	88.4	87.7	82.6
OTOÑO	35.8	29.4	45.2	40.6	34.8
INVIERNO	0.5	3.3	1.3	0.5	0.1

2. PRECIPITACIÓN

En los cuadros XXIV y XXV, se indican la cantidades de precipitación media, mensual, estacional y anual, en las estaciones pluviométricas de El Burgo, Casarabonela, Ardales, Pantano de Guadalhorce y Alora.

Los cuadros XXVI y XXVII recogen las precipitaciones máximas en 24 horas para cada mes, anual y estacional.

En los cuadros XXVII y XXVIII, aparecen el número medio, mensual, estacional y anual de días de precipitación.

CUADRO XXIV

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m	Alora 110 m
ENERO	86.0	105.0	63.9	60.5	65.7
FEBRERO	82.3	83.4	61.4	55.7	60.0
MARZO	73.3	84.5	65.7	47.5	52.8
ABRIL	47.2	71.6	45.1	41.1	41.5
MAYO	28.7	41.0	22.4	22.7	22.2
JUNIO	13.1	20.0	16.8	13.9	11.9
JULIO	2.7	0.6	6.0	3.0	1.0
AGOSTO	7.4	12.5	11.7	15.1	9.4
SEPTIEMBRE	20.8	32.7	18.6	21.6	17.7
OCTUBRE	66.1	79.8	55.9	60.5	54.9
NOVIEMBRE	104.6	134.1	87.5	80.4	100.6
DICIEMBRE	108.7	119.6	71.1	82.1	86.8
ANUAL	640.9	784.8	526.1	504.1	524.5

Julio es el mes con menor cantidad de precipitación en todas las estaciones, esta cantidad va aumentando hasta el mes de noviembre donde se da el máximo en las estaciones de Casarabonela, Ardales y Alora; hasta el mes de diciembre no se da el máximo en El Burgo y Pantano de Guadalhorce. Desde el mes de noviembre o diciembre, según la estación, comienza a disminuir la precipitación hasta el mínimo de julio.

En Casarabonela se recoge la mayor cantidad media de precipitación, mensual, estacional y anual, seguida de El Burgo. En Ardales, con cantidad media anual de precipitación similar a la de Pantano de Guadalhorce y Alora, la cantidad de precipitación en

CUADRO XXV

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m	Alora 110 m
PRIMAVERA	149.2	197.1	133.2	111.3	116.5
VERANO	23.2	33.1	34.5	32.0	22.3
OTOÑO	191.5	246.6	162.0	162.5	173.2
INVIERNO	277.0	308.0	196.4	198.3	212.5

primavera es superior a la de esas estaciones pluviométricas; esto mismo ocurre en Alora en otoño e invierno.

a) *Precipitación máxima en 24 horas y fecha*

CUADRO XXVI

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m	Alora 110 m
ENERO	73.0 (12-69)	93.2 (02-63)	56.0 (11-82)	43.3 (11-82)	75.2 (18-79)
FEBRERO	70.0 (08-89)	98.8 (07-89)	76.9 (27-84)	69.0 (27-84)	86.0 (27-84)
MARZO	69.0 (03-90)	95.2 (20-61)	86.0 (02-90)	38.5 (varios)	62.7 (02-63)
ABRIL	38.0 (27-90)	74.8 (25-62)	40.2 (27-90)	38.0 (27-90)	52.9 (06-71)
MAYO	42.0 (06-71)	93.2 (02-63)	39.1 (09-88)	25.8 (19-73)	34.8 (07-61)
JUNIO	25.0 (08-78)	42.7 (14-62)	28.7 (05-73)	27.6 (04-73)	35.7 (09-78)
JULIO	22.0 (24-84)	3.2 (03-82)	91.0 (02-79)	25.0 (02-79)	28.1 (01-77)
AGOSTO	59.0 (varios)	75.2 (28-87)	61.0 (29-87)	197.0 (31-69)	74.0 (28-87)
SEPTIEMBRE	39.0 (15-66)	126.0 (01-69)	55.0 (30-88)	100.0 (01-69)	76.0 (30-88)
OCTUBRE	182.0 (16-89)	98.2 (16-89)	157.0 (16-89)	120.0 (16-89)	92.3 (04-69)
NOVIEMBRE	165.0 (19-69)	157.0 (19-89)	110.5 (14-89)	130.0 (14-89)	210.0 (14-89)
DICIEMBRE	62.5 (15-71)	100.0 (04-89)	55.5 (03-87)	308.9 (06-63)	88.6 (23-64)
ANUAL	182.0 (16-10-89)	157.0 (19-11-89)	157.0 (16-10-89)	308.9 (06-12-63)	210.0 (14-11-89)

En los meses de octubre, noviembre y diciembre es cuando se registran las mayores precipitaciones máximas en 24 horas.

CUADRO XXVII

	El Burgo	Casarabonela	Ardales	Pantano	Alora
PRIMAVERA	69.0 (03-03-90)	95.2 (20-03-61)	86.0 (02-03-90)	38.5 (varios marzo)	62.7 (02-03-63)
VERANO	59.0 (varios agosto)	75.2 (28-08-87)	91.0 (02-07-79)	197.0 (31-08-69)	74.0 (28-08-87)
OTOÑO	182.0 (16-10-89)	157.0 (19-11-89)	157.0 (16-10-89)	130.0 (14-11-89)	210.0 (14-11-89)
INVIERNO	73.0 (12-01-69)	100.0 (04-12-89)	76.9 (27-02-84)	308.9 (06-12-63)	88.6 (23-12-64)

En otoño se registran las mayores precipitaciones máximas en 24 horas y en los meses de octubre y noviembre. En primavera tienen lugar en el mes de marzo; en verano en agosto y julio y en invierno en el mes de diciembre.

b) *Número medio, mensual, estacional y anual, de días de precipitación*

CUADRO XXVIII

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m	Alora 110 m
ENERO	7.5	6.7	6.9	8.0	5.7
FEBRERO	8.3	7.1	6.8	8.3	5.3
MARZO	6.1	6.4	4.7	7.2	4.7
ABRIL	6.8	5.7	6.8	7.7	3.9
MAYO	4.5	4.8	3.7	4.7	2.7
JUNIO	2.2	2.1	1.9	2.5	1.4

CUADRO XXVIII (cont.)

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m	Alora 110 m
JULIO	0.3	0.2	0.7	0.3	0.1
AGOSTO	0.6	0.5	0.4	0.6	0.3
SEPTIEMBRE	2.0	1.9	1.8	2.4	1.6
OCTUBRE	5.0	5.0	4.8	6.1	4.1
NOVIEMBRE	7.7	7.1	6.3	7.6	5.9
DICIEMBRE	7.1	6.3	7.4	8.4	6.2
ANUAL	58.1	53.7	52.2	63.8	41.9

El Pantano de Guadalhorce, con menor cantidad media anual de precipitación después de Ardales, tiene el número más alto de días de precipitación, seguida de El Burgo. Casarabonela y Ardales tienen un número similar y Alora el menor.

CUADRO XXIX

	El Burgo 580 m	Casarabonela 480 m	Ardales 360 m	Pantano Guadalhorce 325 m	Alora 110 m
PRIMAVERA	17.4	16.8	15.2	19.6	11.3
VERANO	3.1	2.8	3.0	3.4	1.8
OTOÑO	14.7	14.0	12.9	16.1	11.6
INVIERNO	22.9	20.1	21.1	24.7	17.2

El mayor número de días con precipitación se da en invierno; el número de días con precipitación en primavera es ligeramente superior al de otoño, sin embargo la cantidad media de precipitación es mayor en otoño que en primavera.

3. VALOR DE ALGUNOS ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS

A continuación, en el cuadro XXVIII, se indican los valores de los índices de aridez de Lang (L) y Martonne (M), del índice termopluiométrico de Dantín y Revenga (I) y del índice de continentalidad de Gozdzynski (K) aplicados a las estaciones termopluiométricas de El Burgo, Casarabonela, Ardales, Pantano de Guadalhorce y Alozaina.

Estos índices están definidos por:

$$L = R/T$$

$$M = R/(T+10)$$

$$I = 100 * T/R$$

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

Donde: R = Precipitación media anual

T = Temperatura media anual

A = Temperatura media del mes más cálido - Temperatura media del mes más frío

ϕ = Latitud geográfica

CUADRO XXX

	Índice de Lang	Índice de Martonne	Índice de Dantín-Revenga	Í. continentalidad Gozdzynski
El Burgo 580 m	Zona húmeda (42.16)	Subhúmedo (25.43)	Semiárido (2.37)	Continental (27.58)
Casarabonela 480 m	Zona húmeda (47.56)	Subhúmedo (29.61)	Semiárido (2.10)	Semimarítimo (15.95)
Alozaina 380 m	Zona árida (33.04)	Subhúmedo (21.49)	Árido (3.03)	Continental (25.37)
Ardales 360 m	Zona árida (34.84)	Subhúmedo (20.96)	Semiárido (2.87)	Continental (22.08)
Pantano Guadalhorce 325 m	Zona árida (30.73)	Semiárido (19.09)	Árido (3.25)	Continental (24.02)

A mayores índices de Lang y Martonne, mayor humedad. La estación termopluviométrica más húmeda es, por lo tanto, Casarabonela seguida de El Burgo, Ardales y Alozaina; siendo la más árida la del Pantano de Guadalhorce.

A menor índice de Dantín-Revenga mayor humedad. Luego, la estación termopluviométrica más húmeda, según este índice, es Casarabonela seguida de El Burgo, Ardales, Alozaina; siendo la más árida la del Pantano de Guadalhorce.

A menor índice de Gorezynski, mayor oceanidad. Por lo tanto, Casarabonela es la estación termopluviométrica con mayor oceanidad seguida de Ardales, Pantano de Guadalhorce y Alozaina; El Burgo es la más continental.

VALORES CALCULADOS DE ALGUNOS ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS EN EL BALNEARIO DE CARRATRACA

1. INSOLACIÓN Y RADIACIÓN SOLAR

Los datos calculados para Carratraca son los siguientes:

CUADRO XXXI

	Número medio diario de horas de sol	Radiación solar global media diaria (Kwh.m-2)
ENERO	5.6	2.6
FEBRERO	6.2	3.3
MARZO	6.7	4.9
ABRIL	7.8	5.5
MAYO	9.8	6.7
JUNIO	10.8	7.3
JULIO	11.6	7.5
AGOSTO	11.0	6.5
SEPTIEMBRE	8.6	5.3
OCTUBRE	7.1	3.7
NOVIEMBRE	6.2	2.9
DICIEMBRE	5.4	2.3
ANUAL	8.1	4.9

2. TEMPERATURA

Las temperaturas medias de Carratraca, al carecer de estación termométrica, se han obtenido a partir de las temperaturas medias de la estación de Casarabonela, teniendo en cuenta una diferencia de altitud entre las dos estaciones de 61 metros.

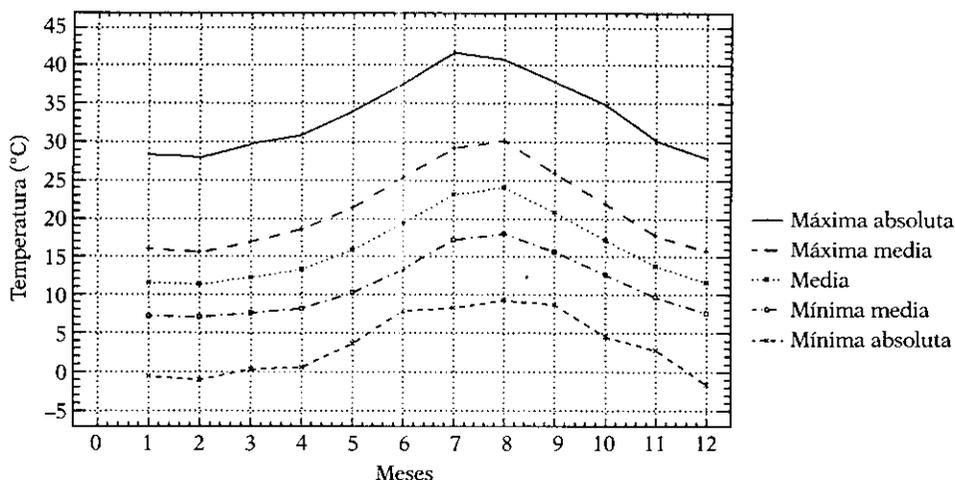
- a) *Temperatura media, mensual y anual; temperatura máxima media, mensual y anual; temperatura mínima media, mensual y anual y temperaturas máxima y mínima absolutas*

CUADRO XXXII

	Temperatura media	Temperatura máxima media	Temperatura mínima media	Temperatura máxima absoluta	Temperatura mínima absoluta
Enero	11.5	16.0	7.1	28.4	-0.6
Febrero	11.3	15.5	7.0	28.0	-1.0
Marzo	12.2	16.9	7.5	29.8	0.3
Abril	13.3	18.6	8.1	31.0	0.6
Mayo	15.8	21.4	10.2	34.0	3.6
Junio	19.4	25.5	13.3	37.6	7.8
Julio	23.2	29.3	17.2	41.7	8.2
Agosto	24.1	30.2	18.0	40.7	9.2
Septiembre	20.8	26.0	15.6	37.7	8.6
Octubre	17.2	21.9	12.6	34.8	4.5
Noviembre	13.7	17.8	9.6	30.2	2.8
Diciembre	11.6	15.7	7.5	28.0	-1.6
Anual	16.2	21.2	11.2	41.7	-1.6

En Carratraca, la diferencia de temperaturas medias del mes más frío (febrero) y el mes más cálido (agosto) es 12.8°C.

Diagrama Termométrico de Carratraca

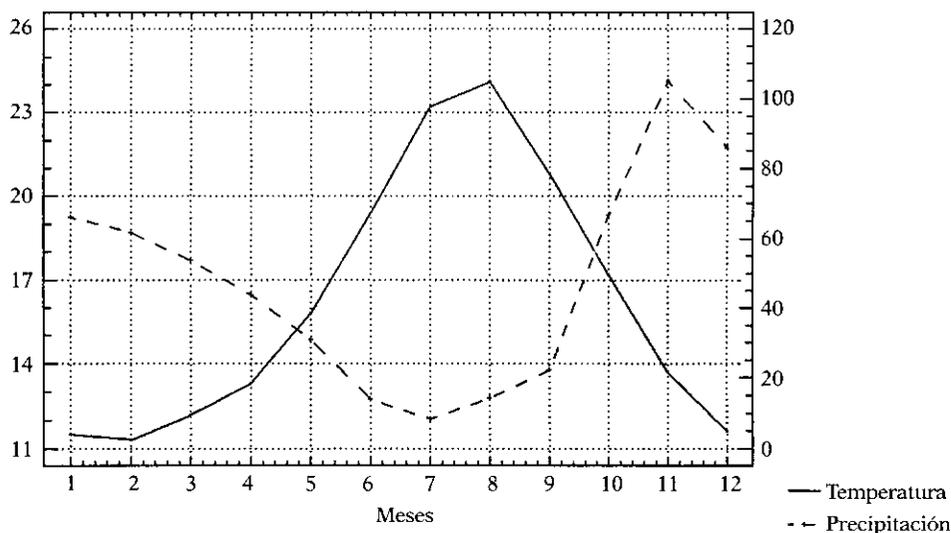


b) Temperaturas medias estacionales

CUADRO XXXIII

	Temperatura media	Temperatura máxima media	Temperatura mínima media	Temperatura máxima absoluta	Temperatura mínima absoluta
Primavera	13.8	19.0	8.6	34.0	0.3
Verano	22.2	28.3	16.2	41.7	7.8
Otoño	17.2	21.9	12.6	37.7	2.8
Invierno	11.5	15.7	7.2	28.4	-1.6

La mayor diferencia entre temperaturas máximas medias y temperaturas mínimas medias estacionales tiene lugar en verano, siendo esta de 12.1°C. En invierno se produce la menor diferencia: 8.5°C.

Diagrama Termopluviométrico de Carratraca

3. PRECIPITACIÓN

La precipitación en Carratraca, para el período 1961-1990, se ha obtenido por comparación con las estaciones pluviométricas próximas, a partir de los datos de Carratraca durante el periodo 1983-1990.

a) *Precipitación media, mensual, estacional y anual, y precipitación máxima en 24 horas*

En Carratraca, el mes con más precipitación es el de noviembre (105.1 mm de media) y el mes más seco agosto (8.4 mm de media). La precipitación máxima en 24 horas se dio en el mes de octubre (139.0 mm).

La precipitación media más alta se da en invierno seguida de cerca por el otoño. La más alta de las precipitaciones máximas en 24 horas tuvo lugar en otoño y la más baja en primavera.

CUADRO XXXIV

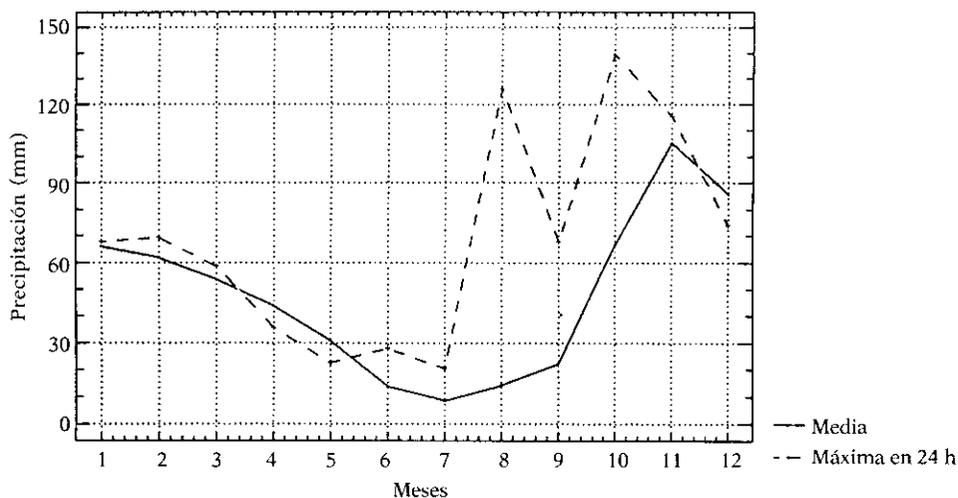
	Precipitación media	Precipitación máxima en 24 horas
ENERO	66.0	67.8
FEBRERO	61.6	69.3
MARZO	53.6	58.6
ABRIL	43.7	35.6
MAYO	30.7	22.6
JUNIO	13.8	28.0
JULIO	8.4	20.3
AGOSTO	14.2	126.0
SEPTIEMBRE	22.2	67.8
OCTUBRE	66.6	139.0
NOVIEMBRE	105.1	115.3
DICIEMBRE	85.7	73.9
ANUAL	571.6	139.0

CUADRO XXXV

	Precipitación media	Precipitación máxima en 24 horas
PRIMAVERA	128.0	58.6
VERANO	36.4	126.0
OTOÑO	193.9	139.0
INVIERNO	213.3	73.9

b) *Número medio mensual y anual de días de precipitación y de días de precipitación igual o superior a 0.1 mm, 10 mm y 30 mm*

Las precipitaciones iguales o superiores a 30 mm se dan sobre todo en el mes de noviembre. El mes con mayor número de días de precipitación es, sin embargo, el mes de diciembre (6.1 días), y julio el mes con menor número de días de precipitación (0.8 días).

Diagrama Pluviométrico de Carratraca

CUADRO XXXVI

	Nº días de días de precipitación	Nº de días de pp ≥ 0.1 mm	Nº de días de pp ≥ 10 mm	Nº de días de pp ≥ 30 mm
ENERO	5.7	5.7	2.5	0.6
FEBRERO	5.3	5.3	2.7	0.6
MARZO	4.8	4.8	1.8	0.4
ABRIL	4.1	4.1	1.6	0.3
MAYO	3.1	3.0	1.1	0.1
JUNIO	1.9	1.9	0.7	0.1
JULIO	0.8	0.7	0.5	0.1
AGOSTO	1.0	0.9	0.5	0.2
SEPTIEMBRE	2.1	2.1	0.7	0.2
OCTUBRE	4.3	4.2	1.9	0.7
NOVIEMBRE	5.8	5.8	3.5	1.2
DICIEMBRE	6.1	6.1	2.5	0.8
ANUAL	45.0	44.6	21.0	5.3

4. VALOR DE ALGUNOS ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS

- Lang = 35.28 Zona árida
- Martonne = 21.82 Subhúmedo
- Dantín y Revenga = 2.83 Semiárido
- Gorezynski = 15.89 Semimarítimo

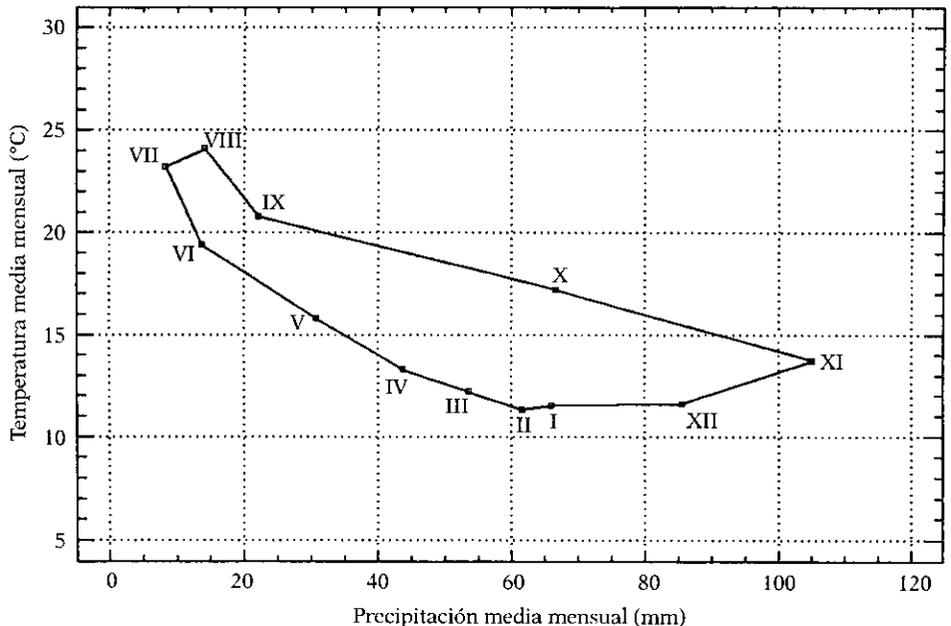
El valor obtenido del índice de Lang para Carratraca se encuentra entre los índices de El Burgo y Ardales.

El valor del índice de Martonne para Carratraca se encuentra entre los índices de El Burgo y Alosaina.

El valor del índice de Dantín y Revenga para Carratraca se encuentra entre los índices de El Burgo y Alosaina.

El valor del índice de continentalidad de Gorezynski para Carratraca se encuentra entre los índices de Casarabonela y Ardales.

Climograma de Carratraca



Vegetación del entorno del Balneario de Carratraca (Málaga)

MIGUEL LADERO ÁLVAREZ * Y ALFREDO ASENSI MARFIL **

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

** *Dpto. de Botánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga.
Apdo. 59, 29080-Málaga. Tno. (952)-131950. Fax. (952)-131944.*

RESUMEN

Se estudian los principales aspectos bioclimáticos, biogeográficos y edáficos de los alrededores del balneario de Carratraca (Málaga), señalando las características de la flora serpentínicola y dolomíticola de la Sierra de Aguas y áreas limítrofes. Se indica, asimismo, la vegetación climácica y sus principales etapas de sustitución.

Palabras clave: Flora serpentínicola.—Vegetación.—Carratraca (Málaga, España)

SUMMARY

Vegetation of the surroundings of Carratraca medicinal Baths

A study is made of the main bioclimatic, biogeographic and edaphic aspects of the neighbourhood of the spa at Carratraca (Malaga, Spain), offering the characteristics of the serpentiniculous and dolomiticulous flora of the Aguas mountain range and limiting areas. The climax vegetation and its main substitution stages are also indicated.

Key words: Flora and vegetation on serpentine.—Carratraca (Málaga, Spain)

INTRODUCCIÓN

Carratraca (Málaga), y su balneario de aguas sulfurosas, se encuentra situada en el vértice occidental de la sierra de Aguas a una altura de 552 m. El área que hemos estudiado queda delimitada al norte y este por el río Guadalhorce, con parajes tan interesantes como el Desfiladero de los Gaitanes y el Tajo de la Encantada, donde encuentran refugio gran número de plantas endémicas, y al oeste y sur por el arroyo de las Cañas donde vierten sus aguas los riachuelos de los Pradillos y de las Vacas. Entre las alineaciones montañosas, que forman parte del tramo oriental de la Serranía de Ronda, destacan la sierra de Aguas (Pico del Agua 949 m) y las sierras Blanquilla, de Baños y Sierrezuela situadas en los alrededores del pueblo. Más alejadas se encuentran la Mesa de Villaverde, sierra de la Pizarra al norte y la de Alcaparaín al oeste. En líneas generales el paisaje viene conformado por un conjunto de sierras, cerros y lomas que dan al entorno una cierto encanto a la vez que aspereza y dificultad para recorrerlo.

Pocas zonas de la Península Ibérica presentan tal complejidad de sustratos, pudiendo distinguirse un núcleo principal de peridotitas (sierra de Aguas), rodeado por gneises y micasquistos maláguides y, al sur, por calizas y dolomías alpujárrides, así como arcillas, areniscas y pudingas. Esta diversidad litológica, y por tanto edáfica, motiva un fuerte contraste entre la montaña peridotítica, de color rojizo por el proceso de serpentización, los materiales blanco-grisáceos de las dolomías, parcialmente kakiritizadas, y los pardo-oscuros de los gneises y micasquistos. Todos estos materiales destacan por su fácil erosionabilidad, siendo ésta una de las causas principales de la ausencia de vegetación climácica que ha sido sustituida por matorrales, tomillares y pastizales efímeros.

No existen datos climáticos específicos de Carratraca y la sierra de Aguas, sin embargo, en la Tab. 1 hemos reunido aquellos pertenecientes a estaciones termopluiométricas próximas sobre los que se han calculado los índices bioclimáticos propuestos por RIVAS-MARTÍNEZ (1997).

Extrapolando los datos anteriores y conocida la vegetación del territorio, podemos concluir que el piso termomediterráneo alcanza,

TABLA 1

Estación	Alt.	T	P	Io	Tp	Itc	Termotipo	Ombrotipo
Ardales	360	15.0	474	2.6	1806	315	meso inf.	seco sup.
Bobadilla	380	17.1	454	2.2	2050	363	termo sup.	seco inf.
Casarabonela	480	16.2	797	4.1	1947	389	termo sup.	subh. inf.
El Burgo	580	15.0	602	3.4	1758	303	meso inf.	subh. inf.
Pantano								
Guadalhorce	325	16.4	491	2.5	1962	349	meso inf.	seco sup.
Teba	555	16.0	519	2.7	1929	323	meso inf.	seco sup.

altitud (Alt.), temperatura media (T), precipitación (P), índice ombrotérmico (Io), temperatura positiva (Tp), índice de termicidad compensado (Itc).

dependiendo de orientaciones, los 500-600 m, iniciándose, a partir de esta altitud el mesomediterráneo. El ombrotipo pertenece siempre a la categoría de seco.

Finalmente, y atendiendo a la tipología corológica establecida por RIVAS-MARTÍNEZ y col. (1997), el territorio de Carratraca se incluye dentro de las siguientes unidades biogeográficas: reino Holártico, región Mediterránea, superprovincia Mediterránea-Iberoatlántica, provincia Bética, sector Rondeño, distrito Bermejense¹.

El objeto de este trabajo, responde a la solicitud de la Comisión de Aguas de la Real Academia de Farmacia para el estudio del entorno botánico del Balneario de Carratraca (Málaga), también llama-

¹ El sector Rondeño es un territorio eminentemente montañoso que se encuentra en la zona más occidental de las cordilleras Béticas (Prebética), si bien el área septentrional y oriental corresponde al Subbético interno. Comprende diversas sierras de la Serranía de Ronda *s.l.*: sierra de las Nieves (1919 m), sierra de Grazalema (1654 m), sierra Bermeja (1449 m), sierra de Tolox, etc. Marginales a estos altos macizos se encuentran las sierras Blanca de Marbella, Alpujata, Mijas, de Aguas, etc. Finalmente, forman también parte del sector Rondeño las sierras del Torcal, Camarolos, Alfarnate, Gorda y de Loja.

Este sector presenta desde el punto de vista litológico algunas peculiaridades, como son la presencia de materiales calizos duros (Unidad de la Nieve) junto con afloramientos peridotíticos resultado de la intrusión magmática de rocas ultrabásicas (distrito Bermejense). Se presentan asimismo calizas ricas en magnesio y dolomías marmóreas. De manera puntual aparecen rocas silíceas de origen metamórfico (esquistos, micasquistos, gneises, cuarcitas, grauwacas, etc.).

do de «Hardales», cuyo poder curativo se conocía desde la época romana, como lo demuestra la aparición de ruinas, monedas y utensilios (MONJA, 1826). De estos baños de «Hardales» hace cumplida referencia MEDINA CONDE (1789) significando dos estudios, el de A. GRANADOS (1760)² y el de J. J. GARCÍA (1758)³.

COMENTARIOS SOBRE LA FLORA SERPENTINÍCOLA Y DOLOMITÍCOLA

Las peridotitas son rocas de carácter ultrabásico, frecuentemente serpentinizadas por acción hidrotermal, que contienen abundantes óxidos de hierro. Los suelos derivados de estas rocas son ricos en limonita, medianamente húmicos y tienen buena capacidad de retención de agua, siendo un carácter notable la pérdida de Mg durante el proceso de edafización. La existencia de metales pesados Ni, Co y Cr (existen minas de níquel y cromo en el Cerro del Cruce junto al arroyo de la Monlija, en el término de Alora) en concentraciones muy superiores a las admitidas por la mayor parte de las plantas, ejercen una acción tóxica sobre las mismas e impiden la penetración de la flora de áreas circundantes, lo que explica la riqueza en endemismos serpentínicos (LÓPEZ GONZÁLEZ, 1975; BROOKS & ASENSI, 1981). Un caso notable es la existencia de plantas hipercumuladoras de níquel, situación que ha podido contrastarse en el caso de *Alyssum serpyllifolium* subsp. *malacitanum* (BROOKS, SHAW & ASENSI, 1981).

En lo que respecta a las rocas que rodean este macizo peridotítico hay que constatar, como se ha indicado, las rocas silíceas metamórficas (esquistos, micasquistos, gneises, cuarcitas, grauwacas, etc.) y las calizas ricas en magnesio y dolomías marmóreas. Los

² Según MEDINA CONDE el autor de «Baños de Hardales, la verdad desnuda» pudo ser ANTONIO GRANADOS que firma el trabajo o el religioso capuchino FÉLIX DE CÁDIZ. El argumento de la obra era probar que las aguas contenían mercurio, siendo su mayor prueba que «cura los galicados y todas las sigilaciones venereas».

³ JUAN JOSEF GARCÍA, Académico Farmacéutico de Número y uno de los fundadores de la Academia de Ciencias Naturales y Buenas Letras de Málaga, expuso, el 24 de noviembre de 1758, una conferencia de título «Dissertación Hidraulico-Farmacéutica sobre el origen de las aguas de Hardales, su verdadero análisis químico y medicinales virtudes».

efectos de estos suelos tan selectivos determinan la existencia de táxones endémicos ligados a las serpentinas (serpentinófitos) y a las dolomías (dolomitófitos), con indudable trascendencia sobre la vegetación del territorio que se manifiesta con un incremento del porcentaje de terófitos y la disminución de hemicriptófitos (PINTO DA SILVA, 1970) y la aparición de modificaciones morfológicas (serpentinomorfosis) como glabrescencia, plagiotropismo, nanismo, macrorrizia y glaucescencia (PICHI-SERMOLLI, 1948).

Táxones endémicos de Andalucía presentes en la zona que estudiamos son los siguientes (RIVAS-MARTINEZ y col., 1991): *Arenaria retusa* subsp. *retusa*, *Arenaria retusa* subsp. *arundana*, *Armeria carratracensis*, *Armeria malacitana*, *Centaurea carratracensis*, *Galium viridiflorum*, *Halimium atriplicifolium* subsp. *serpentinicola*, *Linaria clementei* subsp. *clementei*, *Linum suffruticosum* subsp. *carratracensis*, *Omphalodes commutata*, *Platycapnos tenuiloba* subsp. *parallela*, *Staehelina baetica*, *Teucrium chrysotrichum*, *Ulex baeticus* subsp. *baeticus*.

Catálogos florísticos de Carratraca y su entorno fueron publicados por HAENSELER (1817, 1837)⁴. Desde entonces han sido numerosas las aportaciones parciales (RIVAS-GODAY, 1969, 1973; RIVAS GODAY y ESTEVE, 1972; RIVAS GODAY y LÓPEZ GONZÁLEZ, 1979), siendo la obra de síntesis más completa sobre la flora y vegetación de este territorio la de LÓPEZ GONZÁLEZ (1975).

VEGETACIÓN

RIVAS-MARTÍNEZ (1987), señala para la sierra de Aguas y los territorios limítrofes dos series climatófilas de vegetación, una basal, térmica, ampliamente extendida en el valle del río Guadalhorce y en general en toda la provincia Bética (Serie termomediterránea bética-algarviense y tingitana de la carrasca o *Quercus rotundifolia*: *Smilaco mauritanicae-Querceto rotundifoliae* S.) y otra de carácter mesomediterráneo (Serie mesomediterránea bética y

⁴ FÉLIX DE HAENSELER en su obra «Ensayo para el análisis de las aguas de Carratraca» aporta una lista de plantas; también es de este autor el trabajo titulado «Flora Carratracensis» que elaborado en 1837 quedó inédito, conservándose el original en la biblioteca del Real Jardín Botánico de Madrid.

mariánico-monchiquense, basófila de la carrasca o *Quercus rotundifolia*: *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae* S.). En la reconstrucción de la vegetación potencial del territorio son útiles las observaciones de MONJA (op. cit.) que señala que en el siglo XV «el paraje estaba cubierto de añosas encinas», lo que evidencia que el talado indiscriminado de los siglos posteriores, la fácil erosionabilidad y la toxicidad de los suelos serpentínicos para numerosas especies, han impedido el establecimiento de la vegetación arbolada. En los suelos originados a partir del estrato cristalino las encinas están acompañadas por algunos quejigos como ocurre en la vecina sierra de Alcaparaín. También nos puede ayudar en esta tarea de comprender la vegetación climácica histórica del territorio el grabado de CARTER (1772), realizado en 1756, donde sobre la parte superior de la sierra de Aguas aparecen dibujadas siluetas arbóreas que semejan al abeto andaluz (*Abies pinsapo*), si bien pudiera tratarse del pino autóctono de estos suelos serpentino-dolomíticos (*Pinus pinaster* subsp. *acutisquama*).

Los encinares termomediterráneos (*Smilaco-Quercetum rotundifoliae*) ocupan potencialmente los territorios termófilos y piedemontes de las sierras calizo-dolomíticas y esquistas que recorren, en la zona occidental de la provincia de Málaga, el arco entre la sierra Bermeja y la de Torremolinos, penetrando hacia el interior por la sierras de Mijas, Alozaina, Alcaparaín y de Aguas. Se asientan sobre suelos edificadas a partir de materiales calizos, sedimentarios, dolomíticos e, incluso, pizarrosos bajo un ombroclima seco. Ocupan una banda altitudinal comprendida entre el nivel del mar y 500-600 m, si bien en laderas soleadas de las sierras que miran al mar pueden alcanzar 900 m de altitud. Al desarrollarse sobre suelos por lo general incipientes, por la naturaleza litológica, o muy degradados por la acción antrópica, estos encinares termófilos han desaparecido prácticamente y sólo pueden localizarse pequeños bosques relegados a zonas marginales y en condiciones ecológicas desfavorables. La orla y primera etapa de sustitución es un espinar (*Asparago albi-Rhamnetum oleoidis*), alto y denso, a veces, impenetrable que puede observarse aún en algunas zonas de las sierras de Aguas y Mijas. Constituye la vegetación permanente en lugares abruptos con escaso suelo en la que no es posible el desarrollo del bosque. De forma puntual (sierra de Alcaparaín) aparecen formaciones de *Ononis speciosa*

(*Bupleuro gibraltari-ci-Ononidetum speciosae*), que también pueden adscribirse a este concepto de orla o prebosque de los carrascales termófilos.

El matorral de sustitución muestra una cierta variabilidad en función del sustrato, así, las dolomías de la sierra de Alcaparaín albergan una comunidad basófila (*Ulici baetici-Cistetum clusii*), las peridotitas de la sierra de Aguas y los afloramientos serpentínicos entre Ardales y el Burgo, el matorral-tomillar (*Asperulo asperrimae-Staehelinetum baeticae*) con una elevada cantidad de endemismos, mientras que sobre los materiales pizarrosos del maláguide se desarrolla un matorral-jaral (*Lavandulo stoechadis-Genistetum equisetiformis*) en el que conviven táxones acidófilos y basófilos.

Otras comunidades ligadas a la serie de los encinares termófilos son las localizadas sobre taludes, canturrales calizo-dolomíticos y bordes de carretera (*Echio albicantis-Crambetum filiformis*, *Linario clementei-Andryaletum ramosissimae*) y los pastizales de terófitos efímeros desarrollados sobre dolomías y serpentinas (*Omphalodion brassicaefoliae*) representados por las asociaciones *Jasiono penicillatae-Linarietum saturejoidis* sobre arenas procedentes de la disgregación de los mármoles y dolomías y *Arenario arundanae-Linarietum salzmannii* en las arenas procedentes de la disgregación de las areniscas de la sierra de la Pizarra.

En el territorio que estudiamos, debido a la naturaleza del sustrato (peridotitas, mármoles y dolomías) y las cotas altitudinales, los carrascales basófilos mesomediterráneos sólo pueden reconocerse, a nivel potencial, en escasas estaciones. Estos encinares basófilos béticos (*Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae*) se inician a partir de los 600-700 m de altitud, situándose su límite altitudinal en torno a los 1400 m.

La desaparición de estos bosques conlleva la preponderancia de las etapas de sustitución del mismo. Así, sobre los suelos netamente básicos pueden reconocerse comunidades como coscojares con majuelos (*Crataego monogynae-Quercetum cocciferae*) o matorrales (*Ulici baetici-Lavanduletum lanatae*) en su faciación sobre dolomías con *Lavandula lanata* que alternan con formaciones de atochares (*Thymo gracile-Stipetum tenacissimae*).

En este territorio y piso se desarrollan comunidades de carácter edafoxerófilo dolomítico (*Rhamno myrtifoliae-Juniperetum phoeniceae*) o peridotítica (*Pino acutisquamae-Quercetum cocciferae*)⁵.

Por su originalidad merecen destacarse las comunidades, de grietas anchas e incluso taludes pedregosos sobre peridotitas, caracterizadas por la presencia de especies como *Cheilanthes guanchica*, *Ch. maderensis*, *Notholaena marantae* (*Ch. marantae*), *Mucizonia hispida*, *Dianthus boissieri* y *Cerastium gibraltarium* entre otros (*Mucizonio hispidae-Cheilanthesetum marantae*)⁶.

Para completar el estudio de los alrededores de Carratraca no podemos dejar de mencionar la vegetación edafohigrófila de los arroyos que nacen en la sierra de Aguas, tanto de los arroyuelos que vierten sus aguas al arroyo de las Cañas (arroyo de los Pradillos, Las Vacas, la Monlija), como de los que partiendo de la sierra desembocan directamente en el río Guadalhorce (arroyos de los Paredones, Dehesilla y de los Huertos).

La vegetación está formada por pequeños adelfares, setos y praderas juncales que bordean arroyos y ramblas. Los adelfares se ven

⁵ El taxon denominador de la asociación *Pino pinastri-Quercetum cocciferae* corresponde a *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* (Boiss.) Rivas-Martínez et al. por lo que el nombre debe ser corregido: *Pino acutisquamae-Quercetum cocciferae* Cabezudo et al. 1989 corr.

⁶ RIVAS GODAY y ESTEVE (1972) describieron, para las peridotitas del distrito Bermejense, una asociación *Mucizonio hispidae-Cheilanthesetum marantae*, basada en una tabla (Cuadro 5) algo compleja, donde, al uso de la época, se mezclan táxones marcadamente casmofíticos con otros de taludes y derrubios. Con posterioridad, PÉREZ CARRO y col. (1989) definen una asociación, con el mismo biótomo, de nombre *Notholaena marantae-Cheilanthesetum guanchicae*, considerando la de RIVAS GODAY y ESTEVE como una «comunidad de tránsito». Sin embargo, la combinación florística viene a ser similar con la excepción de *Cheilanthes guanchica* (= *Ch. pteridioides auct. non* (Reichard) C. Chr.) que no aparece en la tabla original de RIVAS GODAY y ESTEVE. Dicha omisión se debió, en parte, al desconocimiento de dicho taxon en su época, para las floras del sur de España y a las dudas sobre la identificación del mismo. Revisado el Herbario de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, existe un pliego recolectado en la sierra de Aguas de Carratraca (7-VI-1965) por Rivas Goday, Borja, Ladero e Izco (MAF 83401) determinado, originariamente como *Ch. pteridioides* y posteriormente revisado por RIVAS-MARTINEZ como *Ch. guanchica* C. Bolle. En nuestra opinión el nombre *Mucizonio hispidae-Cheilanthesetum marantae* debe mantenerse como el más antiguo válidamente publicado, no debe ser rechazado (art. 29, 30) y debe considerarse *Notholaena marantae-Cheilanthesetum guanchicae* como un sinónimo. Con la intención de tipificar dicha asociación designamos como *lectotypus* el invent. 2 del Cuadro 5 (sierra de Aguas de Carratraca).

enriquecidos en algunas plantas higrófilas como *Erica terminalis*, *Galium viridiflorum*, *Samolus valerandi*, *Erianthus ravenae*. Esta comunidad (*Erico-Nerietum oleandri galietosum viridiflorae*) suele ser refugio de elementos termófilos como *Aristolochia baetica*, *Arisarum vulgare* o *Chamaerops humilis*. Cuando la permanencia de agua es mayor, se instalan praderas juncales pertenecientes a la asociación *Galio viridiflorae- Schoenetum nigricantis*.

ESQUEMA SINTAXONÓMICO

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

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

+ *Quercion broteroi* Br. Bl., P. Silva y Rozeira 1956 corr. Fuente 1986 em. Rivas-Martínez 1975

++ *Paeonio broteroi-Quercenion rotundifoliae* Rivas-Martínez en Rivas-Martínez, Costa e Izco 1986

Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae Rivas-Martínez 1964

+ *Quercro rotundifoliae-Oleion sylvestris* Barbero, Quézel y Rivas-Martínez en Rivas-Martínez, Costa e Izco 1986

Smilaco mauritanicae-Quercetum rotundifoliae Barbero, Quézel y Rivas-Martínez en Rivas-Martínez 1987

* *Pistacio lentisci- Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martínez 1975

+ *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae* Rivas Goday ex Rivas-Martínez 1975

Crataego monogynae-Quercetum cocciferae Martínez Parras, Peinado y Alcaraz 1983

Rhamno myrtifoliae-Juniperetum phoeniceae Molero Mesa y Pérez Raya 1987

Pino acutisquamae-Quercetum cocciferae Cabezudo, Nieto y Pérez Latorre 1989 corr.

+ *Asparago albi- Rhamnion oleoidis* Rivas Goday ex Rivas-Martínez 1975

Asparago albi-Rhamnetum oleoidis Rivas Goday 1959

+ *Genisto spartioidis-Phlomidion almeriensis* Rivas-Goday y Rivas-Martínez 1969

Bupleuro gibraltarici-Ononidetum speciosae Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969

CISTO-LAVANDULETEA Br.-Bl. en Br.-Bl., Molinier y Wagner 1940

* *Lavanduletalia stoechadis* Br.-Bl. en Br.-Bl., Molinier y Wagner 1940 em. Rivas -Martínez 1968

+ *Cistion ladaniferi* Br.-Bl. en Br.-Bl., Molinier y Wagner 1940

Lavandulo stoechadis-Genistetum equisetiformis Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969

+ *Staehelino-Ulicion baetici* Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969

Asperulo asperrimae-Staehelinetum baetici Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969.

ROSMARINETEA OFFICINALIS Rivas-Martínez, T.E. Díaz, F. Prieto, Loidi y Penas 1991

* *Rosmarinetalia officinalis* Br.-Bl. ex Molinier 1934

+ *Eryngio-Ulicion erinacei* Rothmaler 1943

Ulici baetici-Cistetum clusii Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969 corr. Díez Garretas y Asensi 1994

+ *Lavandulo lanatae-Genistion boissieri* Rivas Goday y Rivas-Martínez 1969

Ulici baetici-Lavanduletum lanatae Martínez Parras, Peinado y De la Cruz 1987

THERO-BRACHYPODIETEA Br.-Bl. ex A. y O. Bolòs 1950

* *Thero-Brachypodietalia ramosi* Br.-Bl. ex Molinier 1934

+ *Stipion tenacissimae* Rivas-Martínez 1978

Thymo gracilis-Stipetum tenacissimae Pérez Raya y Molero Mesa 1988

Campanulo velutini-Phagnaletum intermedii Rivas Goday y Esteve 1972

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BROOKS, R. S. y ASENSI, A. (1981). The chemical form and physiological function of nickel in some Iberian *Alyssum* species. *Physiol. Plant.* 51: 167-170.
- (2) BROOKS, R. S., SHAW, S. & ASENSI, A. (1981). Some observations on the ecology, metal uptake and nickel tolerance of *Alyssum serpyllifolium* subspecies from the Iberian Peninsula. *Vegetatio* 45: 183-188.
- (3) CARTER, F. (1772). Viaje de Málaga a Gibraltar (A Journary from Gibraltar to Málaga). Serv. Public. Diputación Provincial de Málaga. Ed. facsimil (1981). 336 pp.
- (4) LÓPEZ GONZÁLEZ, G. (1975). Contribución al estudio florístico y fitosociológico de la Sierra de Aguas. *Acta Bot. Malacitana* 1: 81-205.
- (5) MEDINA CONDE, C. (1789). Conversaciones históricas malagueñas. Málaga.
MONJA, J. (1826). Calendario analítico de las propiedades químicas y medicinales de las aguas minerales de Carratraca, llamadas vulgarmente de Ardales. Málaga.
- (6) PÉREZ-CARRO, F. J., DÍAZ-GONZALEZ, T. E., FERNÁNDEZ-ARECES, M. P. y SALVO, E. (1989). Contribución al estudio de las comunidades rupícolas de la *Cheilanthes maranto-maderensis* y *Androsacetalia vandellii* en la Península Ibérica *Acta Bot. Malacitana* 14:171-191.
- (7) PICHI-SERMOLI, R. E. G. (1948). Flora e vegetazione delle serpentine e delle altre ofioliti dell'Alta Valle del Tevere (Toscana). *Webbia* 6: 1-378.
- (8) PINTO DA SILVA, A. R. (1970). A Flora e vegetação das áreas ultrabásicas do Nordeste Trasmontano. *Agron. Lusit.* 39 (2-3): 175-364.
- (9) RIVAS GODAY, S. (1969). Flora serpentínicola española. Nota primera. (Edafismos endémicos del Reino de Granada). *Anal. Real Acad. Farm.* 35 (3):297-304.
- (10) RIVAS GODAY, S. (1973). Plantas serpentínícolas y dolomíticas del sur de España. *Bol. Soc. Brot. Ser. 2*, 47: 161-178.

HELIANTHEMETEA (Br. -Bl. in Br.-Bl., Roussine y Nègre 1952)
Rivas Goday & Rivas-Martínez 1963 em. Rivas-Martínez 1978

* *Trachynietalia distachyae* Rivas-Martínez 1978

+ *Omphalodion commutatae* Rivas-Martínez, Izco y Costa en Izco 1974 corr. Pérez Raya 1988

Jasiono penicillatae-Linarietum saturejoidis Rivas-Martínez, Izco y Costa en Izco 1975

Arenario arundanae-Linarietum salzmännii Asensi y Díez-Garretas 1978

MOLINIO-ARRHENATHERETEA Tüxen 1937

* *Holoschoenetalia* Br.-Bl. ex Tchou 1948

+ *Molinio-Holoschoenion* Br.-Bl. ex Tchou 1948

Galio viridiflori-Schoenetum nigricantis Rivas Goday y Esteve 1972

ASPLENIETEA TRICHOMANIS (Br.-Bl en Meier y Br.-Bl 1934)
Oberdorfer 1977

* *Cheilanthes maranto-maderensis* Sáenz y Rivas-Martínez 1979

+ *Phagnalo saxatilis-Cheilanthes maderensis* Loisel 1970 corr. Sáenz y Rivas-Martínez 1979

Mucizonio hispidae-Cheilanthes marantae Rivas Goday y Esteve 1972

PHAGNALO-RUMICETEA INDURATI (Rivas Goday y Esteve 1972)
Rivas-Martínez, Izco y Costa 1973

* *Phagnalo saxatilis-Rumicetalia indurati* Rivas Goday y Esteve 1972

+ *Andryalo-Crambion filiformis* Rivas Goday y Esteve 1972

Echio albicantis-Crambetum filiformis Rivas Goday y Esteve 1972

Linario clementei-Andryaletum ramossisimae Rivas Goday y Esteve 1972

+ *Melico-Phagnalion intermedii* Rivas Goday y Esteve 1972

- (11) RIVAS GODAY, S. y ESTEVE CHUECA, F. (1972). Flora serpentinícola española. Nota segunda. Nuevos edafismos endémicos y sus respectivas asociaciones del Reino de Granada. *Anal. Real Acad. Farm.* 38(3): 409-462.
- (12) RIVAS GODAY, S. & LÓPEZ GONZÁLEZ, G. (1979). Nuevos edafismos hispánicos de sustratos ultrabásicos y dolomíticos. *Anal. Real Acad. Farm.* 45 (1): 95-112.
- (13) RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987). Memoria del mapa de las series de vegetación de España. 1:400.000. Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA.
RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1997). Syntaxonomical synopsis of the North American natural potential vegetation communities, I. *Itinera Geobot.* 10: 5-148.
- (14) RIVAS-MARTÍNEZ, S., ASENSI, A., MOLERO MESA, J. & VALLE, F. (1991). Endemismos vasculares de Andalucía. *Rivasgodaya* 6: 5-77.
- (15) RIVAS-MARTÍNEZ, S., ASENSI, A., DIEZ GARRETAS, B., MOLERO MESA, J. & VALLE, F. (1997). Biogeographical synthesis on Andalusia (southern Spain). *Journal of Biogeography* 24: 915-928.

Geología e Hidrogeología de los Baños de Carratraca (Málaga, Sur de España)

JUAN IGNACIO PINUAGA ESPEJEL,
JUAN JOSÉ DURÁN VALSERO Y MERCEDES VALLEJO ORDÓÑEZ
*ITGE (Instituto Tecnológico Geominero de España).—c/ Ríos Rosas, 23.—
28003- Madrid.—Teléfono: 91 349 57 00.—Fax: 91 349 57 42*

RESUMEN

Las aguas minerales que surgen en el Balneario de Carratraca (Málaga) lo hacen a través de un manantial situado al sur de un pequeño relieve conocido como la Serrezuela, en el que se desarrolla un acuífero kárstico de reducidas dimensiones perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Sur de España. Los materiales permeables que constituyen el acuífero de la Serrezuela son mármoles dolomíticos (formación Carratraca) y calizas grises (formación Capellán), incluidos en la Zona Interna de la Cordillera Bética. Dicho acuífero, permeable por fracturación y karstificación, se encuentra rodeado en superficie por diversas litologías que funcionan como impermeables con respecto a los mármoles y calizas, aunque no es descartable que exista una cierta circulación hídrica de carácter local a través de los materiales que constituyen las mismas. De este modo, el macizo kárstico de la Serrezuela de Carratraca presentaría una doble alimentación en la que, superpuesta a la recarga autóctona que origina los flujos locales, se produciría una alimentación alóctona a través de flujos profundos, dando lugar a una mezcla de aguas de distintos orígenes.

Para asegurar el mantenimiento de las características de las aguas del manantial, tanto en cantidad como en calidad, los actuales titulares de las mismas solicitaron de forma previa, a principios del año 1998, el establecimiento de un perímetro de protección cuya delimitación definitiva se

encuentra supeditada a los informes preceptivos que deben emitir la Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía y el Instituto Tecnológico Geominero de España.

Palabras clave: Balneario de Carratraca.—Aguas minerales.—Hidrogeología kárstica.—Cordillera Bética.

SUMMARY

Geology and Hidrogeology on Carratraca Spa (Málaga, South of Spain)

Carratraca Spa is in the south of a little massif called Serrezuela (Málaga, south of Spain), where there is a mineral water spring. Rocks in Serrezuela massif are dolomitic marbles (Carratraca formation) and grey limestones (Capellan formation) which are included in the Internal Zone of the Betic Cordillera. These rocks are intense fractured, and karstification is well developed in them. Because of that, there is a karstic aquifer inside Serrezuela massif with other springs flowing besides the one in Carratraca Spa. Around these carbonate rocks there are other ones that prevent water flows through them, although it's possible that some water can pass through fractured specific places in which faulting and alteration are very developed. Then, groundwater is a mixture made by the rainfall over the Serrezuela massif that infiltrates to the karstic aquifer, and the recharge that comes from deep flows. In order to hold up water conditions in quantity and quality, spa owners asked for the setting-up of a protection perimeter at the beginning of 1998. However, final limits of this perimeter are subordinated to the obligatory report that must be done by the Consejería de Trabajo of the Junta de Andalucía and later by Instituto Tecnológico Geominero de España.

Keywords: Carratraca Spa.—Mineral waters.—Karstic hidrogeology.—Betic Cordillera.

INTRODUCCIÓN

El Balneario de Carratraca, cuyas instalaciones actuales fueron construidas en la segunda mitad del siglo XIX, está situado dentro del núcleo urbano de la localidad homónima, en la zona central de la provincia de Málaga y a unos 58 Km de su capital. Dicha localidad

se encuentra al sur de una pequeña sierra conocida como la Serrezuela, de orientación N-S, incluida en un conjunto montañoso más amplio denominado Sierra de Baños y aislada en relación con los relieves mayores circundantes, como la Sierra de Alcaparaín y la Sierra de Aguas. La altitud a que se encuentra situado el balneario es de 540 m s.n.m., y la cota máxima de la Serrezuela es de 724 m s.n.m., encontrándose la mayor parte de su superficie entre los 600 y 650 m de altitud. El manantial se encuentra en el fondo de un depósito que almacena el agua con el fin de elevar el nivel hasta la altura de la conducción que lleva el agua por gravedad hasta las tres piscinas de que dispone el balneario. Finalmente, todas las aguas van a parar a una acequia que las conduce hasta la red general de alcantarillado de la localidad.

GEOLOGÍA

Dicho balneario se encuentra ubicado en un contexto geológico complejo, que posiblemente condiciona su propia existencia y las peculiares características de sus aguas. Se sitúa en la Cordillera Bética, muy cerca del contacto mayor (probablemente de orden cortical) que representa el límite entre la Zona Interna y la Zona Externa del orógeno, en el meridiano que divide el tercio central del oriental del edificio bético. En el entorno de Carratraca se encuentran representadas numerosas unidades geológicas, con una gran diversidad litológica y estructural. De forma concreta las unidades aflorantes al sur de la localidad de Ardales, pueden agruparse, citadas de abajo a arriba en relación con su ordenación tectónica, de la siguiente forma:

- Unidades de la Dorsal Bética.
- Unidades Alpujárrides.
- Unidades Maláguides.
- Unidades del Complejo del Campo de Gibraltar.
- Materiales cuaternarios.

La Dorsal Bética constituye el más frontal de los dominios de la Zona Interna. Se encuentra representada aquí por la Unidad de las Nie-

ves, que aflora al suroeste de la Serrezuela, en la Sierra de Alcaparaín. Su serie estratigráfica presenta un potente tramo (superior a mil metros) de materiales carbonáticos de edad fundamentalmente triásica.

Cabalgando a los materiales de la Dorsal aparecen las unidades alpujárrides, representadas en este sector por las unidades de Yunquera y de los Reales, superpuestas tectónicamente. La primera de ellas comprende tres tramos, litológicamente diferentes, denominados formación Yunquera, formación Carratraca y formación Capellán, de edad Permo-triásica (1). Los materiales de las dos últimas afloran en el extremo noreste de la sierra de Alcaparaín y conforman el núcleo básico de la Serrezuela. Son mármoles dolomíticos blancos (formación Carratraca) y calizas grises, filitas y calcoesquistos (formación Capellán). La estructura interna de la Serrezuela corresponde, a grandes rasgos, a un sinclinal, cuyo eje tiene una dirección aproximada N-S. La formación Yunquera está constituida por micaesquistos y gneises, que son la base estratigráfica y tectónica de la unidad de Yunquera.

Superpuesta a la unidad de Yunquera aparece la unidad de los Reales, conformada por dos tramos litológicos bien diferenciados: metapelitas y peridotitas (2). Su posición espacial no está, sin embargo, tan bien definida. En superficie, las peridotitas afloran muy cerca del extremo sureste de la Serrezuela, cerca del Balneario de Carratraca, formando una extensa masa hacia el sur y el este. Los materiales metapelíticos de la unidad de los Reales afloran, sobre todo, al norte y al este de la Serrezuela, aunque también aparece algún retazo al suroeste de la misma.

Por encima de estas metapelitas de los Reales se encuentran los materiales de las unidades maláguides. Sólo se diferencian aquí dos tramos de la serie estratigráfica maláguide: la formación Almogía, constituida por materiales detríticos, y las denominadas «calizas alabeadas», aflorantes ambas al sur de la localidad de Ardales, entre la Serrezuela y la Sierra de Alcaparaín.

Estas unidades maláguides y alpujárrides aparecen cubiertas por los materiales flyschoides del Complejo del Campo de Gibraltar, que ocupan una franja alargada en dirección NO-SE, entre las localidades de Ardales y Carratraca, probablemente dispuestos a favor de una zona de fractura. Por último, existen pequeños retazos de ma-

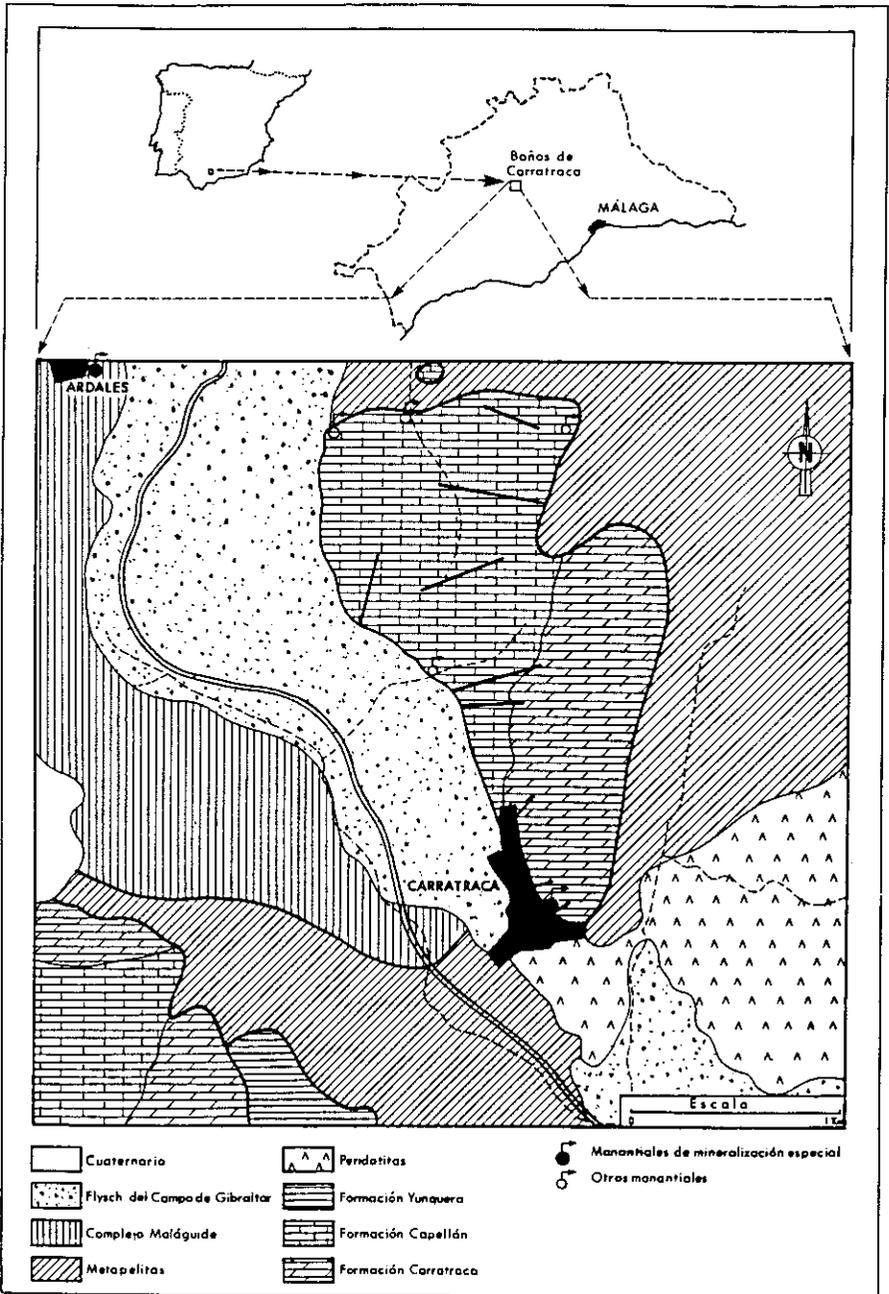


FIG. 1. Esquema litológico de los Baños de Carratraca (Málaga).

teriales aluviales, coluviales y de relleno de depresiones de edad cuaternaria, ligados a la red de drenaje, los relieves más importantes y los afloramientos carbonatados, respectivamente.

HIDROGEOLOGÍA

La Serrezuela de Carratraca constituye un pequeño acuífero kárstico en el que surgen, entre otras, las aguas de los Baños de Carratraca. Dicho acuífero es de pequeño tamaño, con algo más de 2 km² de afloramiento de materiales permeables, en desconexión aparente con otras unidades mayores cercanas y un escaso aprovechamiento para usos consuntivos. La Serrezuela forma parte de la divisoria de aguas superficiales entre el Guadalhorce Bajo, al Sur, en el que desemboca el arroyo de las Cañas, y el Guadalhorce Alto, al Norte, en el que desemboca el río Turón al que drena el arroyo Cantarranas que, a su vez, recibe las aguas de los arroyos Zahurdas, Calera y Escalera. Todos estos cauces se encuentran en la Cuenca Hidrográfica del Sur de España.

Los materiales que constituyen el acuífero kárstico son los mármoles dolomíticos de la formación Carratraca y las calizas grises de la formación Capellán. Estos se encuentran limitados en superficie por peridotitas, gneises, flysch, micaesquistos, etc., que funcionan como impermeables en relación con los anteriores. Sin embargo, no es descartable una cierta circulación hídrica, más o menos localizada, a través de estos materiales de baja permeabilidad, como consecuencia de la intensa fracturación y alteración que presentan puntualmente. El acuífero de la Serrezuela funciona como un acuífero libre y su permeabilidad es debida fundamentalmente a procesos secundarios: fracturación y karstificación. Dichos procesos han condicionado la existencia de algunas formas endokársticas notables, como la Cueva de Ardales y la Sima Gorda de Carratraca (3 y 4) situadas al Norte y Sur de la Serrezuela, respectivamente. Además, la dolomitización sufrida por estos materiales ha contribuido también al aumento de la porosidad secundaria. El nivel piezométrico local se sitúa alrededor de 540 m s.n.m., cota de surgencia de la mayor parte de los manantiales existentes. Aunque la Cueva de Ardales no presenta circulación de agua, el nivel piezométrico se en-

cuentra muy próximo a ella, como demuestran las inundaciones de la cavidad (al margen de los lagos residuales) que en alguna ocasión han llegado a ocupar la totalidad del piso de la Galería del Arquero y la Sala del Lago (5). En la Sima Gorda de Carratraca el nivel freático también está situado en torno a los 538 m s.n.m. (6). Por otro lado, algunos manantiales, generalmente de muy bajo caudal, surgen por encima de dicha cota, debido a condicionamientos locales. Éstos drenan pequeños compartimentos del acuífero en los que niveles metapelíticos intercalados entre los carbonatos, fundamentalmente en la formación Capellán, hacen de base impermeable, de forma muy localizada, dando lugar a niveles piezométricos más elevados que el general del acuífero (7).

La descarga de la Serrezuela se produce, casi en su totalidad, de forma natural a través de manantiales, con alguna excepción puntual, como el pozo situado en el Cortijo de la Calinoria. Estos manantiales, que drenan el acuífero kárstico de la Serrezuela, son generalmente de bajo caudal, del orden de 0,15-0,2 L/s la mayor parte de ellos. Únicamente, el manantial de los Baños de Carratraca, principal punto de drenaje del acuífero, tiene un caudal medio anual superior, estimado en unos 25 L/s. Salvo la utilización con fines terapéuticos que se le da a las aguas de este manantial, el resto de aguas que surgen en la Serrezuela se emplea para los usos propios de las casas de labor, pequeños regadíos y abastecimiento del ganado.

El caudal total drenado por el acuífero de la Serrezuela en 1998 fue de unos 41 L/s, lo que supone un volumen de agua de aproximadamente 1,3 hm³ (8). Sin embargo, el valor de la recarga que recibe el acuífero procedente de las precipitaciones caídas sobre el macizo kárstico ha sido estimado para un año húmedo en 0,98 hm³/año (9). Considerando que los datos de volúmenes de agua drenados por dicho acuífero corresponden también a un año húmedo, existe un déficit de unos 0,3 hm³/año. Dicho volumen debe proceder de flujos profundos de carácter regional que circulan a través de fracturas profundas (10). Este hecho explicaría la presencia de aguas de mineralización especial en la zona como son las aguas de los Baños de Carratraca y las del manantial conocido como Baños de Ardales, situado fuera de la Serrezuela y a una cota inferior a la del resto de los puntos (370 m s.n.m.). El macizo kárstico de la Serrezuela de Carratraca presenta una doble alimentación: a través de dichos flu-

jos profundos se produce una alimentación alóctona superpuesta a la recarga autóctona que origina los flujos locales, dando lugar a una mezcla de aguas de distintos orígenes. Este complejo funcionamiento hidrogeológico y las características hidroquímicas han sido factores fundamentales en la karstificación del macizo y en el desarrollo de las formas endokársticas existentes.

En relación con la evolución temporal del caudal de los manantiales, ésta responde a las variaciones estacionales o anuales del régimen de infiltración, produciéndose un aumento importante a finales del otoño y comienzos del invierno, coincidiendo con el período en el que los volúmenes de agua caídos son mayores. Después del verano, el ascenso de caudal comienza con un cierto retraso y de forma relativamente brusca. Sin embargo, el descenso del mismo se aprecia inmediatamente después de la disminución de las precipitaciones, siendo, por tanto, baja la inercia del sistema, con un bajo poder regulador. En el manantial de los Baños de Carratraca las variaciones de caudal están más atenuadas, no existiendo una relación tan clara entre los caudales drenados y la distribución de la precipitación durante el año. En cuanto al manantial de los Baños de Ardales, se puede decir que su caudal no tiene una relación directa con la precipitación, manteniéndose constante (0,2 L/s) a lo largo de todo el año. Esto indica que sus aguas proceden únicamente de flujos profundos de carácter regional, cuya inercia y capacidad de regulación natural son muy elevadas.

En cualquier caso, dentro del marco hidrogeológico regional, la Serrezuela constituye un acuífero carbonatado similar a los existentes en el resto de los afloramientos mayores del Trías del Complejo Alpujárride, como son las sierras de Blanca y Mijas (11) o las de Tejeda y Almirajara (12), ambas situadas más cerca de la línea de costa mediterránea. La diferencia radica en el grado de continentalidad, más acusada en la Serrezuela de Carratraca que en el resto de los acuíferos alpujárrides del entorno. En este sentido, la semejanza es mayor con la unidad hidrogeológica de Yunquera-Nieves (13), donde los materiales acuíferos principales están constituidos por los tramos carbonatados de la Dorsal Bética, y de unidades alpujárrides que funcionan como acuífero, sobre todo hacia el extremo noroeste (sierras Prieta y Alcaparaín), en continuidad paleogeográfica con la propia Serrezuela de Carratraca.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN

La dilatada historia sobre las propiedades terapéuticas de las aguas de Carratraca, que dieron pie a su declaración como aguas de Utilidad Pública el 27 de diciembre de 1849, no ha ido acompañada de medidas legales tendentes a proteger, tanto en cantidad como en calidad, los recursos de la surgencia asociada al Balneario, medidas que se encuentran contempladas en el Real Decreto-ley de aprobación del Estatuto sobre la explotación de aguas minero-medicinales, de 25 de abril de 1928, y el artículo 26.1 de la Ley 22/1973, de 21 de julio de 1973, de Minas y el artículo 41.1 del Reglamento General para el Régimen de la Minería, de 25 de agosto de 1978, que la desarrolla.

La citada solicitud, realizada por la sociedad Balneario de Carratraca, S.A., a principios del año 1998, fue acompañada de un estudio previo, fundamentado en una serie de trabajos de campo, consideraciones hidrogeológicas y de vulnerabilidad de los materiales geológicos aflorantes en el área del Balneario, proponiendo tres áreas de protección:

La primera de ellas, circunscrita a las instalaciones balnearias y a los afloramientos de mármoles dolomíticos, se justifica en base a la existencia de grietas o huecos en el acuífero kárstico de la Serrezuela, a favor de las cuales se desarrolla la circulación rápida de las aguas subterráneas, y de los huecos (fisuras y formas endokársticas) que cumplen la función capacitiva y de recarga del acuífero.

La segunda zona, denominada próxima o de restricciones máximas, incluye todo el afloramiento de mármoles dolomíticos de la formación Carratraca presente en la Serrezuela de Carratraca. La misma se encuentra determinada en base a sus características hidrogeológicas y a la vulnerabilidad de estos materiales geológicos.

En tercer lugar se define una zona, denominada alejada o de restricciones moderadas, que engloba a las dos anteriores y cuya finalidad es la de proteger la captación de agentes contaminantes químicos persistentes o contaminantes biológicos de alta perdurabilidad en el agua. Esta zona incluye los bordes del acuífero kárstico de La Serrezuela y los afloramientos de metapelitas y mármoles calizos de la formación Capellán en la Serrezuela.

En síntesis, se puede decir que el perímetro de protección solicitado por el Balneario de Carratraca, S.A. queda definido por una poligonal envolvente del afloramiento de la Serrezuela (formaciones Carratraca y Capellán), con una superficie de casi tres kilómetros cuadrados, aunque en todo caso el establecimiento definitivo de este perímetro está supeditado a los informes que en su momento emitan la Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía y el Instituto Tecnológico Geominero de España

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MARTÍN ALGARRA, A. (1987). Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y las zonas externas de la Cordillera Bética. Tesis doctoral. Univ. Granada. 1171 p.
- (2) ITGE (1990). *Mapa Geológico de la Hoja nº 1038 (Ardales) del Mapa Geológico Nacional. Escala 1:50.000*. Segunda serie Magna-Primera edición. Memoria y mapa. 56 p.
- (3) DURÁN, J.J. (1994). *Cuevas habilitadas de la provincia de Málaga*. Diputación de Málaga. 58 p.
- (4) DURÁN, J.J. (1996): *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental*. Tesis doctoral (Inédita). Universidad Complutense de Madrid. 409 p.
- (5) DURÁN, J.J. (1992). Geología. En: Cueva de Ardales: su recuperación y estudio: 47-56. Ayuntamiento de Ardales. Málaga.
- (6) LÓPEZ MARTÍNEZ, J.; DURÁN, J.J. Y ARRIBAS, A. (1995). Génesis, evolución y geocronología de la Cueva de Ardales. En: Geología y Arqueología prehistórica de Ardales: 55-70. Ayuntamiento de Ardales y Grupo Andaluz del Cuaternario (A.E.Q.U.A.). Málaga.
- (7) DURÁN J.J. Y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (1995). El karst de la Serrezuela y la Cueva de Ardales: Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Hidrogeológicos. En: Geología y Arqueología prehistórica de Ardales: 47-54. Ayuntamiento de Ardales y Grupo Andaluz del Cuaternario (A.E.Q.U.A.). Málaga.
- (8) ITGE (1998). Estudio hidrogeológico de los Baños de Carratraca (Málaga). Informe inédito.

- (9) ESTRAIN (1997). Perímetro de protección del balneario de Carratraca (Málaga). Informe inédito.
- (10) ITGE (1990-91). Evaluación del estado actual de las aguas minerales en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Estudio de detalle de la provincia de Málaga. Tomo 4. Informe inédito. 541 p.
- (11) ANDREO, B. (1997). Hidrogeología de acuíferos carbonatados en las sierras Blanca y Mijas. Cordillera Bética. Sur de España. Tesis doctoral. Univ. Málaga. 489 p.
- (12) CARRASCO, F. (Ed.) (1993). Geología de la Cueva de Nerja. Patronato de la Cueva de Nerja. Málaga. 354 p.
- (13) LIÑÁN, C., CARRASCO, F. Y ANDREO, B. (1996). Tránsito aguas bajas-aguas altas en la Unidad Hidrogeológica Yunquera-Nieves. En: IV Simposio sobre el agua en Andalucía: 271-280. Almería.

Los suelos del término municipal de Carratraca

FRANCISCO MONTURIOL

Doctor en Farmacia. Profesor de Investigación. C.S.I.C.

RESUMEN

En este apartado se hace un breve repaso de los llamados factores formadores del suelo, como son la topografía, clima, litologías y vegetación, que imperan en el término municipal de Carratraca. Se hace referencia a los procesos vinculados a la formación y evolución de los suelos presentes en la región y se enumeran y describen, incluyendo sus características y propiedades, siguiendo las normas publicadas por la F.A.O. El trabajo concluye con una referencia a los cultivos y aprovechamiento actual de los suelos y el análisis de la capacidad de uso potencial que tienen los distintos suelos estudiados.

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

SUMMARY

The soils of Carratraca municipal term

A brief review of the so called «soil formation factors», as the topography, climate, lithological materials and vegetation of the municipal term of Carratraca, is made. The processes related to the formation and evolution of soils in the region are enumerated and described, including their characteristics and properties and following norms published by F.A.O. The work concludes with a reference to cultivations and land use

of the soils and the analysis of the land capability that different studied soils have.

Key words: Soils.—«Soil formation factors».—Processes.—Cultivations.—Land use.—Land capability.

GENERALIDADES

El término municipal de Carratraca, con una extensión de 2.258 hectáreas, está situado en la provincia de Málaga y limita al norte con el de Ardales, al este, sur y oeste con el de Casarabonela y solamente en el noroeste roza con el término de Alora, términos todos ellos igualmente de la provincia de Málaga.

El término está presidido por la villa de Carratraca, a 541 metros de altitud. Posee ayuntamiento propio, perteneciente al partido judicial de Málaga. Su población actual es de 819 habitantes, algo menos que hace 150 años. La primitiva iglesia, realmente una ermita, fue construida en 1726 por un ermitaño con las limosnas que recogía y donde puso una imagen de la Virgen que tituló de «La Salud» en acción de gracias por la que él había recibido con el uso de las aguas minerales del pueblo. En 1754 el obispo de Málaga, conecedor del efecto beneficioso de las aguas de Carratraca, empezó a consumirlas, pasando a consagrar la primitiva ermita que poco después amplió.

No conocemos la fecha de inauguración del Balneario, pero sí sabemos que en 1817 fue nombrado médico director el doctor Juan de la Manja, que se encargó de publicar las primeras memorias médicas y analíticas de las aguas del balneario, en los años 1818 y 1826 y que poco después en 1834, se realizó la primera medición del caudal de las aguas que con mucho ímpetu manaban al pie de una roca caliza magnesiana y que arrojó 1500 pies cúbicos por hora.

Topográficamente el término de Carratraca, como hemos dicho de tan sólo 2.258 hectáreas, posee un relieve muy accidentado, con multitud de cárcavas y barrancos y rodeado y atravesado por numerosas sierras como las de Blanquilla, Baños y Aguas en el norte del término y la Sierra de Alcaparaín al oeste y cuyas alturas mayores

se sitúan en esta última sierra, sobrepasando en algunas ocasiones los mil metros.

El término de Carratraca no está atravesando por ningún curso importante de agua y sí por numerosos arroyos como los de Farranque y de los Pradillos en el norte y los de las Cañas y las Vacas en el sur. No es un término hidrogeológicamente importante, pero existen surgencias en las proximidades del pueblo de Carratraca con caudales no superiores a los 15 litros por segundo, según el Instituto Tecnológico Geominero de España (2) y cuyos manantiales están ligados a materiales marmóreos y calcáreos de la Sierra de Alcaparaín.

Geológicamente el término de Carratraca está situado en el sector occidental de las Cordilleras Béticas que, como sabemos, representan el extremo más occidental del conjunto de cadenas alpinas europeas. Se trata por lo tanto de una región inestable, que fue afectada durante parte del Mesozoico y gran parte del Terciario por fuertes fenómenos tectónicos. Además es una zona compleja, pues aquí se ponen en contacto el macizo peridotítico de Carratraca con el complejo alpujárride precámbrico y paleozoico de la zona bética y el complejo dorsaliano jurásico y triásico de la zona circumbética. El complejo alpujárride se dispone a manera de aureola, rodeando el macizo peridotítico, existiendo una relación entre esta intrusión y el metamorfismo observado.

Aunque no influyen de manera determinante en la formación de los suelos, podemos distinguir dentro de este macizo peridotítico tres tipos de unidades litológicas. En el SO del macizo aparece una unidad de dunitas piroxénicas o harzburgitas que en el término de Carratraca representan más del 90% de las rocas ultrabásicas. Esta unidad es la más inferior de todas y en su zona de contacto con los neises precámbricos, no aparecen las facies de borde, aunque los bordes del macizo se presentan fuertemente serpentinizados. Sobre el paquete de dunitas piroxénicas aparece un tramo de lertzolitas con piroxenos de hasta 3 centímetros. Además, existe otro tramo superior, que también es de harzburgitas pero en capas de rumbo y buzamiento continuos. Por último, diremos que dentro de todo este macizo peridotítico existe una amplia red de filones ácidos de textura aplítica y pegmatítica.

Las litologías presentes en este término de Carratraca y que de una forma u otra determinan la presencia de unos determinados suelos son, además de las ya citadas, las siguientes: correspondiendo al Complejo alpujárride, tenemos unos afloramientos de neises bandeados, glandulares, de colores oscuros y que presentan niveles más claros pertenecientes a un conjunto de cuarcitas muy metamorfizadas. La asociación mineralógica más frecuente que presentan estos neises es la de cuarzo, moscovita, biotita, granate y plagioclasa. También pertenecientes a este Complejo alpujárride encontramos unas filitas paleozóicas de color azulado, muy esquistasas y con gran cantidad de finos filones de cuarzo. El techo de estas formaciones viene representado por unas calizas alabeadas, que son detríticas, negras, finamente estratificadas y con una pátina exterior amarillenta y que pertenecientes ya al Complejo maláguide, pueden ser silúricas o del Devónico inferior. Concordantes con este tramo, encontramos unas calcofilitas y unos esquistos de color verde con intercalaciones de grauwacas.

En la zona occidental del término de Carratraca encontramos terrenos pertenecientes a los periodos Triásico y Jurásico, representados por dolomías, por mármoles blancos y azulados, sacaroides y por calizas con sílex. También al norte de la población de Carratraca, en los montes denominados Serrezuela, aparece un afloramiento de esos mismos mármoles blancos del Trias.

También en la zona occidental del término y concretamente en la Sierra de Alcaparín, aparece, aunque con pequeña extensión, un material que muchos geólogos, principalmente Blumenthal y Dürr, denominan «Brecha de la Nave» y que está constituido por una brecha poligénica de cantos angulosos, que son trozos de dolomías, calizas, mármoles y filitas, cantos cementados por un material dolomítico. Sobre la edad de esta brecha existen grandes discrepancias, pero la idea más generalizada la supone de edad terciaria.

También son terciarias las margas y arcillas marrones situadas tanto al sureste de la población como a ambos lados de la carretera que de Carratraca conduce a Ardales. Se trata de una formación arcillo margo areniscosa de color ocre oscuro o marrón, que presenta «olistolitos» de distinta naturaleza y edad. Ocupa posiciones bastante claras y son los materiales que desarrollan los suelos de mayor interés agrícola.

Poca representatividad tiene el Cuaternario en el término estudiado, quedando identificado por dos pequeñas formaciones. Una está constituida por bloques y cantos calcáreos mezclados con arenas y arcillas, formando el conjunto una especie de piedemonte bastante cementado, atribuible seguramente al Pleistoceno inferior y ubicado alrededor del monte de la Serrezuela. La otra, formada por cantos, arenas y arcillas, constituye conjuntos muy sueltos, que podrían definirse como coluviones recientes y aparecen situados en los barrancos y torrenteras del término.

En el aspecto climatológico, nos hemos de remitir al capítulo que sobre esta materia presenta el Dr. Mantero en esta Memoria sobre el Balneario de Carratraca. De él, destacamos los índices climatológicos de Lang (3) = 35,28; de Martonne (4) = 21,82; Dantín y Revenega (5) = 2,83 y de Gorezgnski = 15,89 que indican que el término se sitúa en una zona semiárida, con clima subhúmedo y semimediterráneo. Comparando estos índices con los correspondientes al término de Cofrentes, en Valencia, perteneciente también a la cuenca mediterránea y estudiado recientemente por esta Real Academia de Farmacia, vemos que todos los datos y sobre todo, todos los índices climáticos indican para Carratraca un mayor grado de humedad.

Con los datos contemplados en el capítulo climatológico de esta Memoria, en el que se incluyen las temperaturas extremas y los días de helada y empleando la clasificación de Papadakis (6), hemos definido la situación agroclimática del término de Carratraca, que viene expresada por unos inviernos de tipo «Avena», ya que la temperatura media del mes más frío es mayor de -4° C y la media de las máximas de dicho mes es mayor de 10° C y unos veranos de tipo «Algodón» ya que el periodo libre de heladas es superior a cuatro meses y medio.

También, empleando esos mismos datos climáticos, hemos elaborado la potencialidad agroclimática de la zona, que utilizando el índice de Turc (7), (8), queda comprendida entre los valores 10 y 20 para el secano y entre 50 y 65 en regadío, lo que corresponde a unas 9 toneladas por hectárea y año de materia seca en secano y a unas 35 toneladas en regadío.

Si importante en la formación y evolución de los suelos es el clima atmosférico, no menos importantes son los regímenes de tem-

peratura y humedad del suelo, de manera que algunas clasificaciones y sistemáticas recogen estos aspectos y llegan a emplearlos como elementos de diagnóstico. Con esta idea, Newhall elaboró un modelo matemático de simulación aire-suelo-planta, que otros investigadores, como Travenier y Wambeke, desarrollaron posteriormente en diversos países, entre ellos España y que trabajos como «Regímenes de humedad de los suelos de la España peninsular» de Lázaro (9), y colaboradores han recogido y desarrollado.

Según el trabajo anteriormente citado, el régimen de temperatura del suelo en el término de Carratraca, es de tipo «térmico» ya que la temperatura media anual es superior a 15° C e inferior a 20° C, mientras que el régimen de humedad del suelo es de tipo «xérico», que es la de aquellos suelos en los que la temperatura media anual a 50 centímetros es menor de 22° C, siendo la diferencia entre la temperatura de verano e invierno mayor de 5° C y en los que la sección de control, permanece seca al menos 45 días durante los cuatro meses siguientes al solsticio de verano y dicha sección está húmeda durante 45 días, entre los cuatro meses posteriores al solsticio de invierno.

En cuanto a la vegetación también nos remitiremos al capítulo correspondiente de esta Memoria, desarrollado con la pertinente extensión por el profesor Ladero. Dada la importancia que la vegetación tiene en la evolución y morfología de los suelos, diremos aquí de una forma sintética, que la vegetación es la típica de la gran formación «Durilignosa», con bosques esclerófilos presididos por la encina. La degradación de este bosque «climax» conduce a su sustitución por un monte bajo o «maquis» y si aun es mayor la degradación, a la aparición de matorrales que en esta zona están formados por retamas, aulagas, tomillos y romeros.

Según «Las Series de Vegetación» de Rivas Martínez (10) en Carratraca, la vegetación potencial pertenece o bien al Piso Mesomediterráneo, facción termófila básica de la Serie Mediterránea bética mariariense y araceno-pacense basófila de *Quercus rotundifolia*, o bien a la Serie Termomediterránea bética y algarviense subhúmeda de *Quercus rotundifolia* del Piso Termomediterráneo.

Hoy día quedan pocas encinas de esta vegetación potencial, encontrando en general un bosque de repoblación constituido en un

85% por *Pinus halepensis*, es decir por «pino carrasco». La productividad forestal de este bosque en esta zona no es muy grande, pues está comprendida entre 7,5 y 9 metros cúbicos de madera por hectárea y año, en los suelos que no tienen limitaciones importantes para el crecimiento del bosque y entre 4,5 y 6 metros cúbicos bajo litologías que dan origen a suelos con fuertes inconvenientes para el arbolado.

ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Expuestos brevemente los elementos físicos, llamados también en Edafología factores formadores del suelo, litología, clima, topografía y vegetación, que dan lugar al origen y posterior evolución de los suelos a través de unos procesos que igualmente son consecuencia de la interacción de estos distintos elementos físicos, pasaríamos a la descripción de las características de las diferentes unidades de suelos presentes en este término de Carratraca.

Diremos antes, que entre estos elementos o factores formadores, el que como casi siempre, sobre todo en zonas de clima más o menos mediterráneo, tiene más impacto, es el referido a la naturaleza del material geológico, de tal forma que a cada unidad litológica le corresponde casi un suelo distinto o bien una asociación determinada de suelos.

Los procesos que hacen que en su evolución un suelo alcance el equilibrio con el medio que le rodea, son múltiples, pero en síntesis reducidos a tres grupos: procesos de desagregación física, procesos de desintegración y alteración química y procesos de descomposición de los restos vegetales presentes en el suelo. No suelen incidir aisladamente estos procesos, pero podríamos decir que en el término de Carratraca la desagregación física, es el proceso dominante, que da lugar a los «leptosoles», tanto dístricos como réndricos presentes, mientras que la desintegración y alteración química son los procesos que caracterizan la presencia de los cambisoles dístricos, eútricos y húmicos tan abundantes en este término, siendo el agua el principal agente, actuando en la hidratación e hidrólisis de los distintos minerales, fundamentalmente silicatos, constitutivos de las distintas rocas entre las que predominan, como ya se ha indicado, las peridotitas.

Aunque también se dan procesos de otro tipo como los de disolución, principalmente de carbonato cálcico, de lixiviación, fundamentalmente de sales, y de iluviación, no constituyen ejemplos muy determinantes y menos aun los de lavado ascendente, pues no encontramos en el término acumulaciones, dentro de los suelos, de gran significación. Los que sí están presentes en toda esta comarca son los procesos de erosión, que aun sin un carácter extremadamente alarmante, indicarían la conveniencia de impulsar actuaciones más o menos enérgicas que frenen en algunas zonas del término una posible desertificación generalizada.

Como consecuencia de los trabajos de prospección realizados en el término de Carratraca, se han podido diferenciar diversos suelos, que agrupados en distintas asociaciones, se localizan sobre los diferentes materiales geológicos ya mencionados anteriormente. La descripción de estos suelos la haremos siguiendo la Clasificación Sistemática adoptada por la F.A.O - UNESCO (11), en 1989. De los 28 grandes grupos de suelos que la F.A.O contempla en el primer nivel clasificatorio, en Carratraca aparecen seis, pero distinguiendo dentro de ellos un segundo nivel en el que se sitúan los diferentes diecisiete suelos encontrados, agrupados en trece asociaciones distintas.

Dentro de estas asociaciones los suelos más frecuentes o repetitivos son los Leptosoles, pero los que ocupan mayor extensión son los Cambisoles, que son los que en definitiva califican la alteración química, como el proceso edáfico más determinante en la zona. Las grandes unidades o grupos de suelos presentes en este término son: Cambisoles con un 45% de extensión y Leptosoles con el 35% e incluidos en el 20% restante, Regosoles, Calcisoles, Luvisoles y Fluvisoles.

Empezaremos la descripción de estos distintos suelos encontrados, con la referencia a los **Cambisoles**. Estos suelos tienen como característica fundamental la presencia dentro de su morfología de un horizonte (B) de Kubiena (12), y que en la nomenclatura de los sistemas F.A.O y Soil Taxonomy americana (13), se designa como horizonte B «cámbico». Son suelos en los que se ha producido formación o transformación progresiva de arcilla a partir de los silicatos primarios de las rocas o de la arcilla presente en los depósitos

sedimentarios, al mismo tiempo que dicho horizonte cámbico toma color pardo más o menos rojizo por la presencia de un óxido de hierro hidratado no movible, producido en la alteración de los silicatos. El resultado final es el «cambio» de una roca o de un sedimento a una capa u horizonte edáfico con composición, color y estructura totalmente diferentes.

Pero los «cambisoles», conocidos también como tierras pardas en otras nomenclaturas (14), y como Inceptisoles en la Soil Taxonomy americana, además del horizonte B cámbico, presentan por encima de él, un horizonte A, horizonte de humus, que en función del contenido en materia orgánica, menor o mayor del 2%, sería «ótrico» o «úmbrico». Vemos por lo tanto, que los cambisoles presentan una clara diferenciación de horizontes dentro de la morfología de su perfil. Aquí en Carratraca los encontramos muy extendidos y situados sobre materiales tan distintos como son peridotitas, margas, calizas margosas, filitas o neises y su utilización más frecuente suele ser la forestal.

Entre los 9 tipos de cambisoles que contempla la F.A.O, en este término de Carratraca hemos distinguido los Cambisoles eútricos, dístricos, húmicos y calcáricos. Los **Cambisoles eútricos** son los cambisoles que además de un horizonte A, pobre en materia orgánica, menos del 2% presentan un grado de saturación en bases mayor del 50%, pero que no poseen carbonato cálcico en su perfil. Tienen entre otras características, además, un pH próximo a la neutralidad, una razón carbono/nitrógeno alrededor de 8, con texturas de tipo medio, algo de pedregosidad en el perfil y sin problemas de salinidad. Este tipo de suelo le localizamos preferentemente sobre peridotitas.

Los **Cambisoles dístricos** son los que además de tener un horizonte A, ótrico, pobre en materia orgánica, poseen un grado de saturación en bases menor del 50%. Son suelos muy ácidos, con pH que nunca llega a 6, como es lógico sin carbonatos en el perfil, con baja salinidad, con texturas que suelen ser arenosas o franco arenosas y cierta pedregosidad en la masa del suelo. En este término, los materiales sobre los que más frecuentemente se localizan estos suelos son los neises. Su vocación preferente es también la forestal.

Los **Cambisoles húmicos** son aquellos cambisoles que poseen un horizonte A, de tipo úmbrico, es decir rico en materia orgánica, siempre por encima del 2%. Esta materia orgánica está en general mal humificada, es decir con razones carbono/nitrógeno altas, por encima de 13. Son suelos ácidos, por supuesto sin carbonato cálcico y con valores para la saturación en bases, bajos, por lo general casi siempre inferiores al 50%.

Por último, dentro de los cambisoles tenemos también en este término los **Cambisoles calcáricos** que son los suelos que además de tener un horizonte A de tipo ócrico y un horizonte B, cámbico, son calcáreos en todo el perfil, pero siempre con menor contenido en CO_3Ca que en el horizonte C subyacente. Son suelos con bajo contenido en materia orgánica, aunque en general suele estar bien humificada. Como hemos dicho son calcáreos y por lo tanto con contenidos variables de CO_3Ca en sus horizontes, pero que suelen estar alrededor del 30%. Esto se refleja como es lógico también en el pH, con valores cercanos a 8 y en el grado de saturación en bases que siempre es del 100%. Son suelos con texturas medias a finas, en general poco pedregosos y muy permeables en los horizontes superiores. Dentro de este término, se desarrollan fundamentalmente sobre margas, arcillas areniscosas con margas, calizas margosas y calizas con metapelitas.

Como dijimos anteriormente, los **Leptosoles** son los suelos más extendidos y más frecuentes, aunque no los que ocupan mayor extensión, dentro del término de Carratraca, y esta frecuencia se manifiesta en que de las 13 asociaciones distintas de suelos que hemos podido contrastar aquí, en 10 de ellas están presentes los leptosoles. El nombre de leptosoles viene del griego «leptos» que significa delgado y realmente esta es la característica primordial de estos suelos. Son suelos muy delgados en profundidad y ello es debido a la presencia dentro de los 30 primeros centímetros, de una roca dura continua, de una capa cementada, igualmente continua o de un material muy calcáreo fragmentado con más del 40% de CO_3Ca , o que poseen menos del 20% de tierra fina en los primeros 75 centímetros de profundidad. Por estas causas se comprende fácilmente que estos suelos vean dificultada su evolución y presenten un perfil poco diferenciado, pudiendo además del horizonte C mostrar como mucho un horizonte A, que puede ser ócrico, móllico o úmbrico, según el contenido y naturaleza del humus.

De las siete unidades distintas de leptosoles que describe la F.A.O, nosotros hemos localizados seis en este término. Son los Leptosoles eútricos, dístricos, rendsíncicos, móllicos, úmbricos y líticos. De ellos, los que ocupan mayor extensión son los eútricos y dístricos, pero los más generalizados, es decir, los que están presentes en mayor número de asociaciones, son líticos. Los **Leptosoles líticos** que corresponden con los antiguos «litosoles» o litosuelos de todas las clasificaciones, incluida la F.A.O de versiones antiguas, se caracterizan simplemente por estar limitados en una profundidad máxima de 10 centímetros, por una roca consistente o por una capa cementada. Se encuentran sobre litologías duras y consistentes, como calizas, dolomías, neises, esquistos, etc. En nuestro término, van asociados generalmente con las zonas más erosionadas.

Los **Leptosoles eútricos** son los suelos que, dentro de las limitaciones propias de los leptosoles, se caracterizan por poseer un horizonte de humus de tipo ócrico y por un grado de saturación en bases mayor del 50%. Son suelos con texturas medias o finas, con pH alrededor de 6 y sin carbonato cálcico en el perfil. Los **Leptosoles dístricos** son los leptosoles con horizonte A ócrico, sin carbonato cálcico en el perfil y con un grado de saturación bajo siempre inferior al 50%. Suelen ser arenosos o franco arenosos con pH generalmente inferior a 6, algo pedregosos y con alta permeabilidad.

Los **Leptosoles úmbricos** tienen como característica fundamental la presencia en su perfil de un horizonte A, de humus, de tipo úmbrico, de color oscuro y rico en materia orgánica, con contenidos siempre superiores al 2%, que a veces llegan hasta el 12%, pero que normalmente son valores próximos a 3% o 4%. Son suelos ácidos, con valores nunca superiores a 6 para el pH, como es lógico sin carbonato cálcico en el perfil y con grado de saturación inferior al 50% con valores comprendidos más bien entre 30 y 40.

Los leptosoles que trataremos a continuación, tienen características muy comunes. Se trata de los **Leptosoles rendsíncicos** y de los **Leptosoles móllicos**. Además de cumplir con las especificaciones generales de todos los leptosoles, son suelos calizos, con grado de saturación muy alto, alrededor de 100 y desde luego siempre superior a 50 y con pH próximo a 8. Tienen también en común un horizonte A, que es de tipo móllico, es decir con humus «mull» muy

bien humificado y cuya razón C/N presenta valores comprendidos entre 9 y 10. La diferencia entre ellos consiste, en que mientras en los Leptosoles rendsínicos, el horizonte A contiene más del 40% de CO_3Ca o está situado inmediatamente encima de un material calcáreo, también con más del 40% de carbonato, en los leptosoles móllicos este horizonte A, ni tiene ni está situado sobre materiales con más del 40% de CO_3Ca . Esto hace que en los leptosoles rendsínicos, suelos de color muy claro por el alto contenido en carbonato, la F.A.O sea más exigente en la definición de horizonte A móllico y eleve a 4 el tanto por ciento de materia orgánica que ha de tener ese horizonte. Ambos tipos de leptosoles, son suelos ricos en materia orgánica, ricos en bases y sin problemas de salinidad. Tienen como casi todos los leptosoles el problema de su exigua profundidad para un aprovechamiento al menos forestal.

Los leptosoles se correlacionan con suelos tan conocidos en otras clasificaciones como son los ranker, xeroranker, rendsinas, xerorendsinas y litosuelos. Son los entisoles de la clasificación americana. Están tan extendidos que los encontramos sobre todo tipo de roca, tanto silíceas como calizas y así los contemplamos en este término, lo mismo sobre peridotitas, esquistos, filitas, grauwas, que sobre calizas, dolomías, conglomerados y derrubios calizos pedregosos.

Con muchísima menos representación, encontramos otros suelos en el término de Carratraca. Como componente de cinco asociaciones distintas, encontramos los calcisoles. Este grupo de suelos es una de las innovaciones que la F.A.O introdujo en su clasificación, el año 1989 y vino a sustituir en parte, a los xerosoles y yermosoles que se desarrollan en condiciones xéricas o áridas. Los **Calcisoles** son aquellos suelos que dentro de su morfología presentan un horizonte de acumulación de carbonato cálcico secundario, bien en formas blandas y pulverulentas o bien en formas cementadas, horizonte petrocálcico, o concrecionadas, pero siempre con un 5% más de carbonato que en el horizonte más profundo. Estos horizontes son consecuencia, en definitiva, de un proceso de lavado ascendente de carbonato y subsiguiente deposición, como consecuencia de unas determinadas condiciones climáticas presentes o antecedentes. Además de este horizonte, los calcisoles presentan un horizonte A de tipo ócrico y pueden presentar también un horizonte B, cámbico o un horizonte B, árgico calcáreo.

Dos son los tipos de calcisoles presentes en este término. Los **Calcisoles háplicos** que son los calcisoles que salvo el horizonte árgico y el petrocálcico tiene todas las demás características y los **Calcisoles pétricos** que son los que poseen un horizonte de acumulación de carbonato en forma continua y cementada. Ambos tipos son suelos muy pobres en materia orgánica, ricos en carbonatos con contenidos, según el tipo de calcisol, entre 10 y 30% de CO_3Ca para el horizonte A y ricos en bases, con grado de saturación 100 o próximo a 100. Encontramos estos suelos sobre materiales calizos como son depósitos y coluviones calizos, más bien antiguos y sobre calizas margosas, margas con pelitas y calcofilitas.

Un grupo de suelos, quizá con algo más de extensión que los calcisoles, pero presentes en menos asociaciones son los **Regosoles**. Edáficamente son suelos muy poco evolucionados, con escaso desarrollo genético y esto se traduce en la inexistencia de horizontes de diagnóstico, salvo la presencia de un horizonte A. Se desarrollan sobre materiales no consolidados como derrubios de ladera y depósitos coluviales o sobre materiales no muy firmes como margas. Dos son los tipo de regosoles encontrados en Carratraca. **Regosoles eútricos** que no son calcáreos, al menos en sus 50 primeros centímetros, pero que tienen un grado de saturación en bases superior al 50% en esa profundidad y los **Regosoles calcáricos** que poseen carbonato cálcico en todo el perfil. Estos dos tipos de regosoles poseen un horizonte A, ócrico, pobre en carbono y materia orgánica con valores próximos a 1 y a 1,75% respectivamente y con razones C/N alrededor de 8. Son suelos generalmente con texturas medias, francas o franco arcillosas y suelen ser suelos profundos, que en muchos casos superan los 100 centímetros, profundidad que es útil para los cultivos y plantas en general y que en la realidad aun es mayor por la escasa consolidación de sus materiales de partida.

Con muy poca representación geográfica y presente tan sólo en dos asociaciones distintas, tenemos dentro del grupo de los luvisoles, aquí en Carratraca, un tipo de suelo muy típico en las formaciones calizas y dolomíticas de toda España. Es el suelo rojo mediterráneo, «terra rossa», rotlehm de caliza, rojo fersialítico o rodoxeralf de otras clasificaciones y que en la taxonomía F.A.O es el **luvisol crómico**.

Según la F.A.O. los **Luvisoles** se caracterizan fundamentalmente por poseer un horizonte B, árgico. Es el horizonte B, argílico o textural de la taxonomía americana. Se trata de un horizonte subsuperficial, con un contenido en arcilla, siempre que no exista discontinuidad litológica, mayor que en el horizonte situado encima de él. Esta diferencia textural puede ser debida a una acumulación de arcilla iluvial, a una destrucción parcial de arcilla en el horizonte superior, a una erosión selectiva de la arcilla, a una específica actividad biológica o a combinaciones de estos procesos. La presencia de arcilla en este horizonte B, puede ser debida en parte a un proceso de formación de arcilla «in situ», argilización, y en parte a un proceso de iluviación o argiluviación. Son los luvisoles suelos bastante evolucionados en donde la presencia de esta arcilla iluvial indica unas condiciones especiales de formación y de evolución, como son unas topografías no muy accidentadas, un clima mediterráneo, algo menos xérico que el actual pero con estaciones muy contrastadas y un periodo de tiempo suficientemente largo para su formación.

Los **Luvisoles crómicos** además de la presencia en su perfil del horizonte B árgico, poseen un horizonte A, ócrico, es decir pobre en materia orgánica y una capacidad de cambio catiónico igual o superior a 24 miliequivalentes por cien gramos de arcilla. Este horizonte B en los luvisoles crómicos, es de color pardo rojizo o rojo y en las tablas de colores Munsell se corresponde con matiz de 7,5 YR y una intensidad mayor de 4 o que simplemente tienen un matiz más rojo que 7,5 YR. Son suelos de texturas francas o franco arcillosas, donde el horizonte B suele tener un 10% de arcilla más que el horizonte A. No poseen carbonato cálcico en el perfil y tienen pH alrededor de 7,5 y grado de saturación en bases próximo al 85%.

Finalmente indicaremos, casi sólo a título testimonial, por la mínima extensión que ocupan, la presencia en el término de Carratraca y coincidente con el Arroyo del Conejo, de los fluvisoles. Los **Fluvisoles** son suelos poco evolucionados edáficamente ya que se desarrollan sobre materiales aluviales recientes, materiales depositados en las avenidas y crecidas de los cursos de agua y que no han tenido tiempo para dar lugar a una mayor evolución y diferenciación genética. En los cortes del terreno, donde puede observarse el perfil de estos suelos, no se aprecia diferenciación edáfica alguna, inde-

pendientemente de los cambios texturales propios de las discontinuidades sedimentarias. Como mucho podemos apreciar un horizonte superficial, algo más oscuro y algo mejor estructurado que correspondería a un incipiente horizonte A. Éstos son los suelos que en otras clasificaciones se corresponden con los suelos aluviales, suelos de vega y suelos brutos de aporte aluvial y que en la Soil Taxonomy se describen como Fluvents, dentro del orden de los Entisoles.

Aunque difícilmente separables, hemos distinguido dentro de este término, los **Fluvisoles eútricos** y los **Fluvisoles calcáricos**. Ambos tipos de suelos poseen un horizonte A, ócrico con menos del 2% de materia orgánica y un grado de saturación en bases superior al 50%, diferenciándose casi exclusivamente, en la presencia, en los fluvisoles calcáricos, de carbonato cálcico al menos en el espacio comprendido entre los 20 y 50 centímetros de profundidad, carbonato del que carecen los eútricos. El pH es algo más alto en los calcáricos, entre 8 y 8,5, mientras que en los eútricos suele estar alrededor de 7,5 y lo mismo sucede con los valores de la saturación en bases, 75% en los eútricos frente al 100% en los calcáricos. Estos suelos suelen dedicarse al cultivo, muchas veces de tipo hortícola, concentrado en pequeños huertos familiares.

Como hemos dicho en otro lugar, estos distintos tipos de suelo, descritos, se agrupan en 13 asociaciones diferentes que a su vez se correlacionan con 13 grupos de materiales geológicos distintos. Esta correlación es la siguiente: sobre peridotitas en general, tenemos la asociación compuesta por Cambisoles eútricos y úmbricos con Leptosoles eútricos e inclusiones de Leptosoles úmbricos y líticos. Sobre las margas y arcillas marrones tenemos la asociación de Cambisoles calcáricos con Regosoles eútricos y calcáricos. Sobre la formación de neises bandeados encontramos Cambisoles y Leptosoles dísticos con inclusiones de Cambisoles úmbricos. Sobre mármoles con filitas se desarrolla la asociación de Leptosoles rendsínicos y Luvisoles crómicos. En las dolomías tenemos Leptosoles móllicos y líticos y Luvisoles crómicos y sobre la formación de calizas alabeadas y metapelitas, leptosoles rendsínicos y móllicos con inclusiones de Cambisoles calcáricos y Calcisoles háplicos.

Continuando con esta correlación de asociación de suelos y formación geológica, encontramos sobre el paquete de calcofilitas, es-

quistos y grauwas, Cambisoles eútricos y dístricos con inclusiones de Leptosoles también eútricos y dístricos. También sobre filitas encontramos Cambisoles y Leptosoles dístricos acompañados a veces por Cambisoles y Leptosoles eútricos. Sobre materiales conglomeráticos del tipo de la Brecha de la Nava, la asociación presente es la formada por Leptosoles rendsínicos y líticos con inclusiones de Calcisoles pétricos. Sobre coluviones recientes tenemos Regosoles eútricos y calcáricos e inclusiones de Calcisoles háplicos y finalmente sobre los aluviones recientes la asociación de Regosoles calcáricos y eútricos. Como dijimos anteriormente, son los Cambisoles los suelos que dominan en este término al estar desarrollados sobre los materiales más abundantes, aunque sean los Leptosoles los que aparezcan en el mayor número de estas asociaciones citadas.

Cultivos, aprovechamientos y capacidad de uso de los suelos.

Este término de Carratraca tiene una vocación casi exclusivamente agrícola y forestal (15), pues los trabajos mineros para la explotación del níquel y cromo se abandonaron en 1972. La actividad agrícola se circunscribe a un 27% del término, repartida entre los cultivos de regadío, con el 4,5% y los de secano, con un 22,5%. Los cultivos en regadío, se refieren casi exclusivamente a los frutales en regadío, pues son mínimos los cultivos herbáceos, que se desarrollan en pequeños huertos familiares. La extensión de estos frutales apenas llega a las 95 hectáreas, referidos casi en su totalidad a los cítricos, con predominio del limonero, pues existe hoy día una tendencia al levantamiento de los naranjos por su escasa rentabilidad. En cuanto al secano, poca representación tienen las labores intensivas, un 4% frente a los frutales con un 18,5%. En estas tierras de secano se siguen las alternativas cereal-barbecho semillado-cereal, cereal-cereal-cereal o cereal y una parte en barbecho y la otra de leguminosa, siendo el trigo el cereal más empleado. El cultivo de los frutales en secano ocupa una extensión de casi 420 hectáreas, en las que el almendro, con una producción de unos 6 kilos por árbol, es el frutal más común, seguido por el olivar, que se utiliza casi exclusivamente para la obtención de aceite.

Alguna mayor extensión tienen los suelos ocupados por los pastizales en asociación con los matorrales, unas 490 Has, es decir un 21,7% de la extensión total del término. En general, los pastizales ocupan o bien zonas de pendiente, o bien se sitúan en parcelas

donde el cultivo se ha abandonado al estar sobre suelos muy pobres. Estos pastizales están constituidos en su mayoría por gramíneas como *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina* y *Avena sterilis*. El matorral solo, por su parte, es aun más extenso pues ocupa el 25% de la superficie del término, unas 570 hectáreas y en su composición entran principalmente, retamas, aulagas y tomillos pero también pueden verse romeros e incluso formas poco desarrolladas de carrascas. Las masas forestales ocupan aproximadamente también la misma extensión, un 25% del término, dominadas en un 85% por el *Pinus halepensis* o pino carrasco y casi el 15% por el *Pinus pinea*, pues la presencia del acebuchal es sólo testimonial.

Resumimos el aprovechamiento (16) actual de los suelos en el término de Carratraca diciendo que el 4,5% se dedica al regadío, el 4% a labores de secano, el 18,5% son frutales en secano, el 21,7% está ocupado por la asociación pastizales matorrales, el 25% son exclusivamente matorrales, otro 25% son bosques y queda un 1,3% denominado improductivo, que está constituido por el núcleo de población, vías de comunicación, cauces superficiales y áreas rocosas peladas. Vemos por lo tanto, que más de la mitad de la superficie del término tiene un bajo aprovechamiento. En un término con casi absoluta dedicación agrícola y en el que la propiedad privada representa el 80% de la tenencia de la tierra, el buen saber de sus habitantes hace coincidir el aprovechamiento actual de los suelos con su uso potencial.

Basándonos en algunas metodologías para determinar la capacidad potencial de uso de los suelos, como las propuestas por Sánchez (17), (18) y Monturiol (19), (29), en las que la presencia e intensidad de unos factores limitantes, como son la erosión, pendiente, espesor, pedregosidad y afloramientos rocosos, hidromorfía, salinidad y características físicas y químicas de los suelos, establecen una serie de clases de uso o aprovechamiento de los mismos que van desde la clase A, en que los suelos no vienen afectados por ninguna limitación, hasta la clase E, en donde las limitaciones son tan severas que indican una bajísima o nula productividad.

Según las anteriores consideraciones, en el término de Carratraca encontramos suelos que pertenecen a la clase B, es decir con ligeras limitaciones, que se concretan fundamentalmente en riesgos

moderados de erosión y que requieren una explotación algo cuidada. En esta clase incluimos los Fluvisoles, Regosoles, los Calcisoles háplicos y parte de los Cambisoles. Coincide con las zonas dedicadas a los cultivos de regadío y a los secanos cerealísticos. Los suelos de la clase C, es decir, con capacidad moderada de uso agrícola, tienen como limitación mayor el grado y riesgo de erosión y necesitan una explotación más cuidadosa y quizá alguna práctica de conservación. Aquí incluimos algunos Regosoles, muchos Calcisoles háplicos y muchos Cambisoles eútricos y calcáricos. Coincidentes con los suelos de esta clase, tenemos las explotaciones de frutales en secano.

Los suelos que incluimos en la clase D, presentan restricciones de uso muy grandes, debido a la intensidad de las limitaciones que experimentan, de tal forma que su uso agrícola, salvo contadas excepciones, queda totalmente suprimido, siendo sustituido por otras alternativas como son los pastizales y el uso forestal. En el término que estudiamos, estas severas limitaciones se refieren sobre todo, al grado y riesgos de erosión y a la escasa profundidad del suelo. Por esto hemos subdividido aquí esta clase D, en las subclases De y Dx, en función de que la limitación dominante sea la erosión o el espesor del suelo, respectivamente. En la subclase De, incluimos fundamentalmente todo tipo de Cambisoles y algunos calcisoles, mientras que a la subclase Dx pertenecen principalmente los leptosoles. El uso de los suelos de la subclase De, es fundamentalmente de tipo forestal en tanto que los suelos de la subclase Dx están dedicados a pastizales o a la asociación pastizal-matorral, asociación aprovechada por el pastoreo de ganado, ovino principalmente.

Por último, tenemos los suelos sometidos a muy severas limitaciones, principalmente las que se derivan, además de la pendiente, de la escasa profundidad del suelo y que no admiten siquiera un uso de tipo forestal. Coincide con las zonas más rocosas, más pedregosas y más erosionadas donde el espesor del suelo no permite casi ningún tipo de aprovechamiento. En esta clase E, se localizan los peores suelos estudiados en este término, como son los leptosoles líticos y rendsíncicos y los calcisoles pétricos. Están ubicados generalmente sobre calizas compactas, mármoles, dolomías y conglomerados cementados como es el caso de la «Brecha de la Nava».

Como resumen, añadiremos que en este término de Carratraca los usos actuales y potenciales de los suelos estudiados son casi coincidentes, debido sobre todo al trabajo y conocimiento que de sus tierras tienen los habitantes de este término. De esta forma los porcentajes de clases y subclases de uso potencial, coinciden con los porcentajes de ocupación actual del suelo. A la clase B pertenecen los suelos de regadío y las labores de secano; a la clase C, los suelos dedicados al cultivo en secano de los frutales; a la subclase De, los suelos con uso forestal y a la subclase Dx, los suelos que soportan la asociación pastizal-matorral y a la clase E los suelos con escaso uso y aprovechamientos como los ocupados por los matorrales y donde incluimos los que en otro lugar de esta Memoria hemos calificado de improductivos. Vemos por tanto, que un 27% de la superficie del término es de uso agrícola, un 46,70% tiene vocación ganadera y forestal y un 26,30% es de difícil aprovechamiento, sobre todo por la escasez de suelo y en donde debiera encontrarse alguna solución.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CASAS TORRES, J.M. (1969). Atlas e índices de los términos municipales españoles. Madrid. Conf. Esp. de Cajas de Ahorro.
- (2) IGME (1990). Mapa geológico de España. E. 1:50.000 Hoja 1.038. Ardales. Madrid. Departamento de Publicaciones del Instituto Geomínico de España.
- (3) LANG, R. (1915). Versuch einer exakten Klassifikation der Böden en klimatischer und geologischer Hinsicht *Inst. Mitt. Bodenkunde* 5: 312-346.
- (4) MARTONNE, E.O. (1926). Areisme et indice d'aridité *C. N. Ac. Sc.* 182: 1395-1398.
- (5) DANTIN, J.; REVENGA, A. (1941). Las líneas y las zonas isóseras de España según los índices termopluriométricos. Avance al estudio de la aridez en España. *Est. Geogr.* 2: 35-95
- (6) PAPADAKIS, J. (1980). Ecología y manejo de cultivos, pasturas y selos. Buenos Aires. Albatros.
- (7) TURC, L. (1955). Le Bilan D'Eau des Sols. Relations entre les Precipitations, l'Evaporation et l'Ecoulement. *Ann. Agron.* 5: 491-95.

- (8) TURC, L. (1961). Evaluation des Besoins en Eau d'Irrigation. Evapotranspiration Potentielle. (Formule Climatique Simplifié et Mise a Jour) *Ann. Agron.* 12 (I): 13-49.
- (9) LÁZARO, F.; ELIAS, F.; NIEVES, M. (1978). Régimen de humedad de los suelos de la España peninsular. Madrid. Inst. Nac. De Invest. Agron.
- (10) RIVAS MARTÍNEZ, S. (1989). Mapa de Series de Vegetación de España. E. 1:400.000. Madrid. I.C.O.N.A.
- (11) FAO-UNESCO (1989). Mapa Mundial de Suelos. Leyenda revisada. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. N° 60 (versión en español). Roma.
- (12) KUBIENA, W.L. (1952). Claves sistemáticas de suelos. Madrid. C.S.I.C.
- (13) SOIL SURVEY STAFF (1975). Soil Taxonomy. Handbook n° 436. Soil Conservation Service. U.S.D.A. Washington.
- (14) GUERRA, A. et al. (1968). Mapa de suelos de España. Península y Baleares. 1:1.000.000. Madrid. C.S.I.C.
- (15) DIRECCIÓN GENERAL DE LA PRODUCCIÓN AGRARIA (1974). Caracterización de la capacidad agrológica de los suelos de España. Metodología y normas. Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- (16) MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1978) Mapa de Cultivos y Aprovechamientos. E. 1:50.000 Hojas 1.038 Ardales. Madrid. Direc. Gen. De la Prod. Agr.
- (17) SÁNCHEZ, J.; RUBIO, J.; SALVADOR, P.; ARNAL, S. (1984). Metodología de la Cartografía Básica. 1^{er} Congreso Español de Geología. I: 771-782. Madrid.
- (18) SÁNCHEZ, J.; RUBIO, J.; MARTÍNEZ, V.; ANTOLÍN, C. (1984). Metodología de la Capacidad de uso de los suelos para la cuenca mediterránea. 1^{er} Congreso Nacional de la ciencia del Suelo. II: 837-848. Madrid.
- (19) MONTURIOL, F.; ALCALÁ DEL OLMO, L. (1990). Mapa de Capacidad Potencial de Uso Agrícola de la Comunidad de Madrid. C.S.I.C. y Consejería de Agricultura y Cooperación de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- (29) MONTURIOL, F.; ALCALÁ DEL OLMO, L. (1991). Los suelos del término municipal de Fitero (Navarra). Pp: 104-125. Estudios sobre el Balneario de Fitero (Memoria n° 18). Madrid. Real Academia de Farmacia. Instituto de España.

Acciones terapéuticas de las aguas del Balneario de Carratraca

JOSEFINA SAN MARTÍN BACAICOA Y
AGUSTÍN VALERO CASTEJÓN

*Comisión para el estudio de los manantiales de aguas minero-medicinales.
Real Academia de Farmacia. Farmacia, 11. E - 28004 - Madrid*

RESUMEN

Los autores hacen referencia a la composición de las aguas del Balneario de Carratraca que se han considerado como sulfuradas, frías y de media mineralización para después destacar las distintas acciones sobre el organismo, así como, las principales indicaciones y las técnicas utilizadas. Se especifican algunos aspectos sobre la situación actual del Establecimiento Balneario.

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

SUMMARY

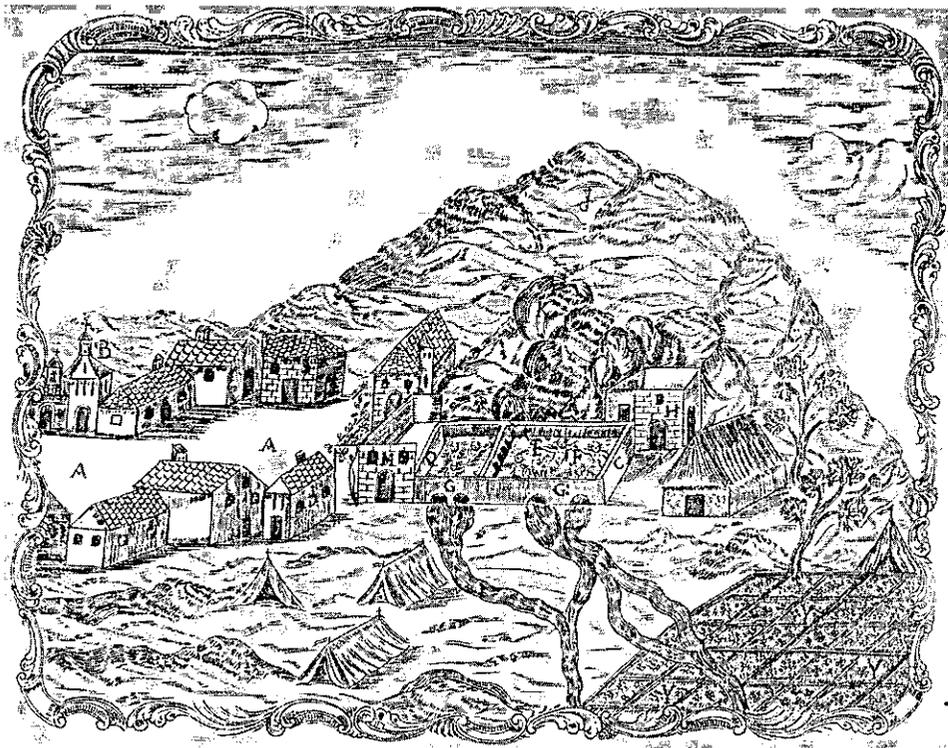
The therapeutic actions of the waters of Carratraca Baths

The authors made some references to the composition of waters of Carratraca Spa that have been considered as sulfurated waters, cold temperature and medium mineralization. They comment, as well, the therapeutic actions of those waters, their main indications and their techniques. Current situation of the watering place is also pointed out.

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

INTRODUCCIÓN

Las aguas de este Balneario fueron descritas por LIMÓN MONTERO (1697) (1) en su obra «Espejo cristalino de las aguas de España» y en su Libro primero, Tratado segundo, el CAP. VII hace mención a la «Fuente Hedionda de la Villa de Hardales, y sus medicinas».



Grabado del Balneario de Carratraca del siglo XVIII (1750).

Las aguas de este Balneario considerado en el pasado siglo como uno de los más importantes de Andalucía y destacable entre los nacionales, fueron ya utilizadas por los romanos y posteriormente con menos probabilidad por los árabes (2). Fueron llamadas de Ardales hasta 1832 fecha en la que se independiza la población de Carratraca alrededor de los manantiales y pasan a llamarse Baños de Carratraca (SALGADO Y GUILLERMO) (3). Hasta el siglo XVII no

existe edificación alguna; realmente la construcción de hospedajes y viviendas para el uso de bañistas no se produjo hasta ya entrado el siglo XIX y, concretamente, en 1830 se inició la construcción de un gran edificio para albergar a Fernando VII, aunque tal destacada visita no se llegó a producir, ya que el Rey falleció en 1883, fecha en la que no se habían concluido las obras.

Carratraca llegó a constituirse en lugar de veraneo de la clase acomodada de Málaga y de gran parte de Andalucía, especialmente de Sevilla y Córdoba, siendo considerada localidad turística del Sur de España.

LAS AGUAS DEL BALNEARIO

Nos ocuparemos de manera más destacada del valor terapéutico de las Aguas del Balneario de Carratraca que, como ya señaló el Dr. SALGADO (4) en 1860, eran consideradas como «uno de los recursos medicinales de más valor que encierra nuestro suelo».

En los análisis de estas aguas que se han venido repitiendo a lo largo del tiempo, se ha destacado su componente azufrado y ya Manuel de Almeyda, en 1677, (5) consideraba estas aguas de componente azufrado, dejando un depósito blanquecino en sus lugares de paso o almacenamiento. Posteriormente, en 1758, Juan José García (6) admitió, igualmente, la existencia de azufre en estas aguas y Juan de la MONJA, en 1818 (7), denominó «glerina» a los copos gelatinosos de naturaleza vegetal que se encuentran en estas aguas y que analizados por Félix HAENSELER y Pablo PROLONGO, ya en 1838 (8), consideró formadas por confervas o algas que denominó «Sulfuraria Carratraquensis». En 1860 José SALGADO (9) clasificó estas aguas de Carratraca como sulfuradas primitivas diferenciándolas de las sulfuradas cálcicas y sulfurosas accidentales, dando unos valores de sustancias fijas que fueron discutidos por distintos analistas, entre otros Antonio CASARES (10) quien se mostró escéptico frente a los elementos y valores registrados con anterioridad.

SALGADO defendió la veracidad de sus análisis, en 1878, en la Sociedad Española de Hidrología Médica (11) que fueron admitidos en años posteriores y la Comisión del Anuario Oficial las consideró

como sulfurado cálcicas, figurando en la Guía Oficial del Bañerios de España en 1961 como sulfo-selenhídricas-arsenicales bicarbonatado cálcicas, prácticamente coincidente con la dada por JOSÉ SALGADO Y GUILLERMO, en su monografía de las Aguas de Carratraca, esto es: sulfo, selénido hídricas, arseniadas, bicarbonatadas alcalino-térreo, metálicas (12).

Con posterioridad, en la Guía de Bañerios, editada en 1986 por la Dirección General de Política Turística (13), se denominan las aguas de Carratraca como Sulfurado Bicarbonatada, Cálcicas, siendo su residuo seco a 110° C de 500 mg/l y 17,5° C la temperatura de emergencia.

En los últimos análisis de las aguas del Bañerío de Carratraca, practicados por el Dr. García Puertas (q.e.p.d.) y expuestos por él mismo a esta Corporación, en la sesión anterior dedicada al Bañerío de Carratraca, se consideran estas aguas como sulfuradas (65,4 mg SH₂/L), frías, temperatura de emergencia 18,5° C, de mineralización media (residuo seco a 180° C 543,3 mg/L), con predominio de bicarbonatos y sulfatos entre los aniones y del calcio y el magnesio entre los cationes, siendo su pH 7,32. En menor proporción se encuentran cloruros, sodio, potasio y gran número de oligoelementos.

En cuanto a sus propiedades organolépticas, las aguas del Bañerío de Carratraca son incoloras, en grandes volúmenes presentan un color amarillo-verdoso según el grado de oxidación del azufre; el olor de estas aguas es el característico del ácido sulhídrico a huevos podridos, basta con concentraciones de SH₂ de 2 mg/l para ser detectado; son untuosas al tacto, transparentes y recién filtrada, su turbidez no es superior a 2 U.N.F. (14), pero se enturbian ligeramente al contacto con el aire, aunque recobran su transparencia por la precipitación del azufre y otros elementos en ellas disueltos.

El azufre reducido de estas aguas sulfuradas puede estar como molécula no disociada SH₂ o como ion SH⁻ y ocasionalmente como sulfuro.

La relación entre estas diferentes formas de azufre reducido está en función del pH y del rH. Así, con pH ácido entre 4 y 6 existe un predominio claro de SH₂; si el pH es cercano a la neutralidad coexisten SH₂ y SH⁻ y en pH alcalino el predominio es de SH⁻, descartando

la posibilidad de existencia de sulfuro con valor de pH inferior a 10 (15).

pH	4	5	6	7	8	9	10
SH ₂ (%)	99,6	98,8	78,3	43,9	7,8	0,8	0,09
SH ⁻ (%)	0,2	1,2	21,7	56,1	92,7	92,2	99,1

Dado que el pH de las aguas de Carratraca es 7,32 el azufre reducido estará en forma de SH₂ y SH⁻ con predominio de este último.

El SH₂ es un agente reductor. Se oxida fácilmente según sea el oxidante y su concentración. En las aguas mineromedicinales el SH₂ se oxida, de ordinario, por contacto con el oxígeno del aire y otros elementos que el agua puede contener como el hierro trivalente y los nitritos que lo oxidan a azufre y que se encuentra en las aguas en forma de azufre coloidal. La presencia de azufre coloidal es muy frecuente en las aguas sulfuradas y especialmente en las biogreas que éstas contienen (sulfuraria).

Son numerosas las especies de Sulfobacterias que tienen capacidad para producir distintas formas de azufre metaestable, que viven en simbiosis con el agua y aprovechan el S para su metabolismo.

ACCIONES SOBRE EL ORGANISMO DE ESTAS AGUAS SULFURADAS DE CARRATRACA

En las aguas sulfuradas de Carratraca la acción fundamental es debida a su contenido en azufre bivalente y a él dedicaremos atención especial, pero también están presentes otros muchos factores mineralizantes como los bicarbonatos y sulfatos, el calcio y el magnesio, y en menor proporción cloruros, sodio, potasio y otros muchos elementos tales como hierro, manganeso, cobre, cromo, níquel, zinc, plomo, cobalto, selenio, arsénico, que figuran en el análisis del Dr. Puertas, en el orden de microgramos/L, oligoelementos, que pueden actuar como catalizadores de múltiples reacciones biológicas de óxido-reducción.

El azufre bivalente reducido puede ser absorbido por todas las vías (oral, respiratoria, piel y mucosas), si bien, hay diferencias cuantitativas considerables entre unas y otras; puede atravesar la piel y mucosas, habiendo sido comprobada la absorción por vía dérmica por investigadores como HARTMANN, DREXEL y DIRNALG, PRATZEL, DUBARRY, NOHARA y tantos otros hidrólogos (16) (17) (18) (19) quienes utilizando S35 comprobaron que aunque siempre en muy baja proporción, la absorción por esta vía es inducible y tanto más fácil en el caso del sulfhídrico y sulfhidrato, en los que el coeficiente de reparto hidro-lipo solubilidad es favorable.

Es necesario destacar que para que esa absorción se produzca se precisan condiciones especiales de concentración, temperatura, pH, tiempo de contacto, estado de la piel, etc., que si no se dan, la absorción no se produce (20).

El azufre reducido incorporado al organismo llega a la intimidad de los tejidos donde cumple su función y posteriormente será eliminado en forma oxidada, por vía digestiva, renal y dérmica y en forma reducida por el aire espirado.

Las acciones específicas de estas aguas sulfuradas son muy variadas y de entre todas ellas podríamos destacar precisamente esta capacidad óxido-reductora del azufre bivalente, que justifica su intervención en los procesos de oxidación y reducción a nivel tisular.

Tal actividad del azufre bivalente es conocida desde hace muchos años y así en 1921 HOPKINS atribuyó este efecto de la levadura de cerveza a la intervención del glutatión, tripéptido sulfurado constituido por cantidades equimoleculares de ácido glutámico, cisteína o cistina y glicocola, siendo precisamente la cistina, captando hidrógenos para pasar a cisteína y la cisteína cediéndolos para pasar a cistina, los principales responsables de la acción óxido-reductora del glutatión. Actividad semejante se registra en el glutatión tisular y en otros muchos componentes tisulares en los que la forma disulfurada acepta hidrógenos y la forma tiol es reductora.

El azufre, además, forma parte de otros muchos aminoácidos azufrados como la metionina, taurina, tiamina y de ácidos como el mucoitinsulfúrico y el condroitinsulfúrico con actividad trófica, el primero en aparato respiratorio y el segundo en tejido articular.

El azufre ejerce acción antitóxica general y a nivel hepático. El poder de conjugación (sulfoconjugación) conduce a una disminución de la toxicidad.

Estas aguas sulfurado cálcicas se comportan como desensibilizantes, mejorando las respuestas anafilácticas y alérgicas, hecho que se ha atribuido a un efecto sobre las globulinas plasmáticas, que hacen disminuir su tasa en estados disrreaccionales en los que suelen estar elevadas. Así mismo es importante la acción de las aguas sulfuradas sobre determinadas funciones metabólicas, como acredita el aumento de los productos del catabolismo proteico, en particular de la urea y del ácido úrico. En cuanto al metabolismo hidrocarbonado las aguas sulfuradas se comportan como ligeramente hipoglucemiantes, acción que se atribuye a la potenciación de la actividad insulínica. En cuanto a la acción trófica sobre la mucosa del aparato respiratorio estas aguas aportan el azufre necesario para su mejor actividad fisiológica (21).

En los procesos inflamatorios crónicos, catarros prolongados, etc., la mucosa respiratoria experimenta necesidades crecientes de azufre. El mucus, secretado por las células de revestimiento y glandulares, es rico en azufre, la pérdida excesiva de grupos SH^- y mucopolisacáridos neutros de la mucosa persistentemente inflamada, puede ser aportado por estas aguas sulfuradas, pudiendo además ejercer influencia favorable sobre la actividad ciliar (22).

Por tanto, podríamos decir que las aguas sulfuradas mejoran la capacidad funcional de la mucosa bronquial y de las células mucíparas, tienen acción mucolítica, fluidifican las secreciones y favorecen al mismo tiempo los movimientos ciliares facilitando la expectoración, lo cual está favorecido cuando el pH es neutro o muy ligeramente alcalino, como en el caso de estas aguas de Carratraca.

También debemos señalar que estas aguas activan la circulación local, enlentecida por el proceso inflamatorio, tienen acción antiinflamatoria, eutrófica y cicatrizante.

Sobre la piel, el azufre reducido se comporta como reductor y queratoplástico en tanto que el azufre oxidado es queratolítico.

Se ha atribuido efecto antiséptico y antiparasitario al azufre y sus compuestos, pero estas acciones en las aguas sulfuradas son de poca significación desde el punto de vista terapéutico.

Nos parece interesante destacar la influencia de las aguas sulfuradas sobre las reacciones inmunitarias.

La capa córnea constituye una importante barrera para el paso de sustancias a su través. La permeabilidad a través del *stratum corneum* es siempre difícil, pero no la entrada en el propio *stratum*. El agua con sus elementos mineralizantes puede ser retenida en la capa córnea y se admite que un baño completo permite la entrada de unos 20 ml del agua del baño al organismo.

Las sustancias disueltas quedan retenidas en la capa córnea cuando el agua que las vehiculiza desaparece, y pueden ser causa de irritación de la piel por mecanismo osmótico y a su vez esa irritación favorecer la permeabilidad.

Los efectos derivados de la absorción de los elementos mineralizantes del agua del baño no suelen ser destacables por los niveles que se pueden alcanzar en sangre, más bien son debidos a las acciones sobre el revestimiento cutáneo.

La epidermis es una zona reactiva importante que permite poner en marcha según PRATZEL y cols (23), mecanismos inmunológicos, hemodinámicos, termorreguladores, analgésicos, etc., en general, de defensa frente a la agresión externa.

Son numerosas las investigaciones realizadas sobre los baños de aguas sulfuradas, los efectos sobre la piel y su repercusión general, concretamente, en los casos de aguas sulfuradas con concentración superior a 10 mg de SH_2/L .

Estos baños sulfurados inhiben las células epidérmicas de Langerhans que juegan papel importante en los procesos inmunológicos por ser precursoras del sistema inmunológico celular periférico.

Esta inhibición de las células de Langerhans ha sido comprobada por PRATZEL y cols (24), quienes señalan que el tiempo de inhibición es sorprendentemente largo, superior a ocho días después de un solo baño. Este efecto de inhibición no se registra con el uso del azufre coloidal, sulfatos o tiosulfatos.

El azufre reducido se comporta también como captador de radicales oxigenados lo que presta singular valor en los procesos inflamatorios. Este comportamiento de las aguas sulfuradas hace supo-

ner que la acción antiinflamatoria que se produce en los procesos reumáticos, así como sus favorables efectos en afecciones alérgicas cutáneas, pudiera atribuirse a una respuesta de tipo inmunológico, siendo la piel, el órgano que informaría al sistema nervioso central y el causante de la puesta en marcha de reacciones sistemáticas con liberación de tipos diversos de citoquinas capaces de actuar por vía humoral.

INDICACIONES

Las aguas del Balneario de Carratraca, aguas sulfuradas frías, tienen sus indicaciones más destacadas en las afecciones de piel, de aparato respiratorio, y ginecológicas, y esto desde los primeros tiempos de utilización con fines terapéuticos de estas aguas; pero, durante muchos años la indicación predominante radicaba, precisamente, en procesos ginecológicos y en especial, en la esterilidad femenina.

Así leemos en la monografía de Salgado de las Aguas de Carratraca en la pág. 233:

«El bello sexo encuentra en las aguas de Carratraca un recurso de tanta eficacia para sus enfermedades propias, que ha llegado a concederles la más completa confianza en sus más rebeldes y molestas dolencias.

A consecuencia de este favor que se han conquistado aquellas aguas con las más decididas y sorprendentes pruebas, son estas virtudes de las más notorias, y de las que más han contribuido a darlas la extraordinaria fama de que gozan.» (25).

En general se puede admitir que la Crenoterapia es una práctica terapéutica que ha sido utilizada en múltiples afecciones ginecológicas, tanto más explicable si se considera que el carácter crónico de muchos de tales procesos no se vence con facilidad por los métodos de tratamiento habituales, y a pesar de que tales métodos se han modificado y mejorado en los tiempos actuales, la Crenoterapia no ha perdido interés práctico, si bien hayan variado parte de sus indicaciones y así, los procesos infecciosos crónicos que hace años constitufan indicaciones de estas curas, son tributarias actualmente de la antibioterapia y, por el contrario, procesos que se trataban farmaco-

lógica o quirúrgicamente con resultados no siempre brillantes, pueden mejorar con las curas balnearias sin riesgos ni complicaciones.

En general, la Crenoterapia debidamente aplicada y dirigida, puede mejorar la respuesta orgánica, restaurar equilibrios neurohormonales y poner a la mujer enferma en unas favorables condiciones para vencer su padecimiento, pero siempre es preciso considerar sus posibles contraindicaciones, de las que son destacadas la fase aguda de las afecciones inflamatorias, el cáncer y la tuberculosis genital. Por el contrario, constituyen indicación las afecciones inflamatorias y sus secuelas, las algias pelvianas, la esterilidad y los trastornos hormonales.

Las aguas sulfurado cálcicas, oligometálicas de Carratraca son útiles en las secuelas de afecciones inflamatorias crónicas, en procesos subagudos muy amortiguados de la mucosa, forma catarral del cuello uterino que pueden mejorar con las curas en Carratraca, asociada al tratamiento farmacológico logrando evitar la evolución a la cronicidad y sus secuelas. Por su acción antiflogística, estimulante de la secreción y motricidad sin efecto excitante, son útiles en esos procesos inflamatorios crónicos.

Las algias pélvicas (50% de los casos según CAPODOURO), de naturaleza postinflamatoria (secuelas de infección *postpartum* o postaborto, anexitis, metritis, salpingitis) o postoperatoria, constituyen indicación importante de las aguas de Carratraca.

Determinados casos de esterilidad femenina puede mejorar con las curas balnearias en Carratraca y constituyen indicación destacada de este tratamiento.

La esterilidad puede tener causas muy diversas y no todas son tributarias de Crenoterapia, que sólo es realmente eficaz en los casos en los que el trastorno de la mucosa del tracto genital femenino es la causa determinante.

La esterilidad de causa cervical u orgánica es en la que, acreditada la normalidad del espermograma, el moco cérvico-uterino impide la penetración de los espermatozoides (infertilidad); en estos casos las curas crenoterápicas pueden ser eficaces.

En la esterilidad de origen tubárico, por estenosis parcial inflamatoria de las trompas, la cura balnearia no tiene indicación tan

clara ni tampoco en los casos de obstrucciones tubáricas completas que precisan de intervención quirúrgica.

No obstante, según los ginecólogos franceses CANEL, COLETTE DE BESANÇON, LAMARCHE (26) (27), la prescripción de una cura termal durante la convalecencia de una salpingitis es de gran utilidad, es el método más adecuado de tratamiento preventivo de las recidivas, que constituyen más del 90% de esterilidad definitiva en mujeres jóvenes.

En la esterilidad hormonal u ovárica, es decir, esterilidad funcional producida por déficit o por hiperfunción ovárica, alteraciones de la ovulación e insuficiencia ligera del cuerpo amarillo o por ciclo anovulatorio —la causa más importante según el Prof. BOTELLA (28)— son en gran parte tributarios de la Crenoterapia con las aguas de Carratraca.

De los síndromes hipohormonales, precisamente los retardos de la pubertad, las amenorreas secundarias y determinadas insuficiencias estrógenicas, pueden responder favorablemente a las Curas de Carratraca.

En estos cuadros se obtienen resultados favorables que se atribuyen a estimulación endocrina, cuya acción sobre el ciclo menstrual en mujeres sometidas a balneación y duchas, acentúan los signos clínicos de la ovulación y la acción estrogénica.

Es preciso tener en cuenta que los posibles efectos de la Crenoterapia en estos casos, suele ser complejo y motivado por muy diversos mecanismos.

Entre las indicaciones de la Cura Termal en Ginecología debemos hacer mención a las mujeres menopaúsicas en los que la Cura puede modificar el estado dishormonal y dismetabólico de este período de la vida femenina (MESSINA Y GROSSI) (29); pudiendo reportar excelentes resultados por: estimular la actividad ovárica, restablecer el equilibrio neurovegetativo y normalizar la respuesta psíquica (30), pero siempre que se cumplieran, dice LAMARCHE (31) las exigencias requeridas para las curas balnearias ginecológicas en general, sus indicaciones y contraindicaciones.

Son múltiples los trabajos (32) (33) (34) (35) que acreditan que la cura hidrotermal y las aplicaciones de Peloides pueden determi-

nar respuestas de tipo estrogénico en el epitelio vaginal pudiendo, además, modificar favorablemente las alteraciones distróficas e inflamatorias, muy frecuentes en las mujeres menopáusicas, así como coadyuvar en la mejoría de la osteoporosis.

Han sido descritos adelantos de las reglas, reimplantación de la hemorragia menstrual en mujeres menopáusicas recientes con un mejor ritmo y cantidad de flujo. Además las observaciones microscópicas colpo-citológicas de frotis vaginales, acreditan la respuesta estrogénica del epitelio (36).

Constituyen también indicaciones terapéuticas de las curas en Carratraca las afecciones respiratorias y dermatológicas crónicas, e incluso las afecciones reumáticas.

En efecto, durante muchos años, en los siglos XVIII y XIX quizá era principal indicación las afecciones crónicas cutáneas, tales como llagas, úlceras herpéticas y fistulosas, etc. (37).

Actualmente, se mantienen como indicaciones de estas curas balnearias los eccemas crónicos y psoriasis, en particular las formas evolutivas susceptibles de regresión que pueden evolucionar favorablemente con estas curas.

De las afecciones respiratorias de evolución crónica: las bronquitis no específicas, bronconeumopatías crónicas, asma bronquial, etc., pueden beneficiarse de la cura en Carratraca. En estos procesos patológicos han sido utilizadas estas curas pero sus indicaciones son menos claras y menos precisas.

TÉCNICAS DE UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS

A mediados del siglo pasado el Dr. Salgado, Director que fue de este Balneario de 1856 a 1877, establecía que el método de administración de estas aguas debía estar subordinado a las condiciones del sujeto en cura, su dolencia, estado general, etc., puesto que sin atender tales circunstancias no se suelen conseguir acciones realmente favorables; es imprescindible apropiarse al objeto y exigencias de cada caso, la forma y modo de administración de estas aguas.

Según el Dr. Salado las aguas de Carratraca se pueden utilizar por todas las vías de administración: en bebida y en forma tópica (38). En balneación es quizás la forma más frecuente y a tal efecto estas aguas, declaradas de Utilidad Pública en 1849, se han podido utilizar de esta forma ya que el Balneario disponía de dos albercas circulares de primera clase, dos albercas cuadradas de segunda clase para baños gratuitos, dos piezas circulares para baños de chorro, 16 a 18 gabinetes para baños templados con bañeras de piedra, un baño de asiento de corriente continua y sillón para duchas vaginales y rectales; una habitación para baños de vapor y una fuente para bebida. Desde 1879 existía una sala de pulverizaciones y otra de inhalaciones con 8 aparatos que dejaron de funcionar ya en 1900 (39).

Las aguas de Carratraca, como otras aguas mineromedicinales sulfuradas, pueden ser administradas por todas las vías. La ingestión suele hacerse en dosis relativamente pequeñas y atendiendo a la tolerancia individual. De ordinario la dosis más importante se ingie-



FIG. 1. Alberca circular de primera clase.

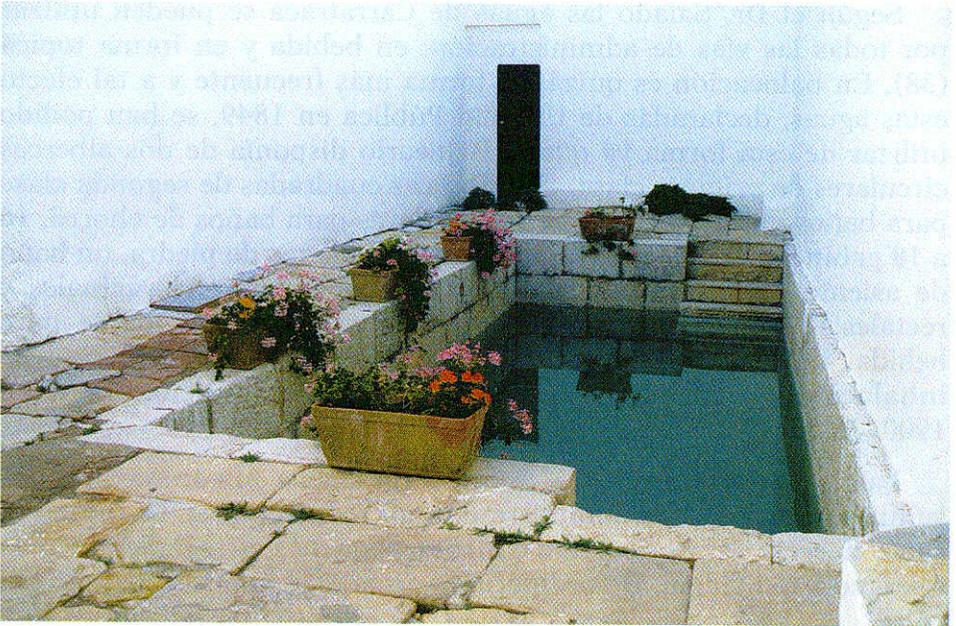


FIG. 2. Alberca cuadrada de segunda clase para baños gratuitos.

re por la mañana en ayunas, pudiéndose potenciar el efecto con pequeñas tomas antes de las principales comidas.

Las aplicaciones tópicas en forma de baños, duchas y chorros son trascendentes en esta cura de aguas, bien sea en bañera, tanque o piscina, en particular en las afecciones de piel, aparato locomotor, etc. y en tales casos el chorro o la ducha permiten añadir el efecto de hidromasaje a la acción directa del agua y sus factores mineralizantes. El baño frío, a la temperatura propia de estas aguas ha de ser siempre corto y atendiendo a la respuesta individual, pero si se pretenden acciones más prolongadas, la temperatura del agua deberá ser próxima a la indiferencia (entre 32° C y 36° C). Los baños fríos son excitantes y los calientes sedantes.

En Ginecología la principal técnica de aplicación es la balneación en todas sus modalidades, baños generales y especialmente el baño de asiento, y como práctica complementaria importante las irrigaciones vaginales a presión y temperatura modulable y regulable de forma individual. También pueden ser utilizadas las duchas y aerosoles vaginales.

La inhalación de aguas sulfuradas es favorable en afecciones respiratorias, en particular en procesos bronquíticos crónicos y afecciones asmáticas, debiéndose ajustar la fragmentación del agua según sea el sector respiratorio que se pretenda tratar.

Claro es que a todos estos posibles efectos, más o menos directos de las aguas de Carratraca, es preciso unir acciones inespecíficas, en especial en las aplicaciones tópicas, que siempre suponen una estimulación y hasta una pequeña agresión, que recogida por los receptores periféricos es transmitida al sistema nervioso central y muy selectivamente al hipotálamo, originando respuestas características del Síndrome General de Adaptación.

Es también destacable que, normalmente estas curas son muy bien toleradas, pero en algunos casos pueden ser determinantes de efectos secundarios tales como la «fiebre termal» o la denominada «hidrorrea termal» que puede aparecer en mujeres sensibles acompañada de sensación dolorosa en zona abdomino-pelviana, pero que afortunadamente suele ceder espontáneamente, sin más tratamiento que la suspensión de la cura durante 24 ó 48 horas.

Todas estas respuestas anormales se pueden evitar mediante la implantación progresiva de las curas, atendiendo a la respuesta individual o tolerancia de los pacientes, sin olvidar que en muchos casos el cambio de ambiente, de actividades, clima, etc., pueden causar alteraciones en el normal equilibrio orgánico de cada sujeto, y más si son personas débiles o delicadas.

SITUACIÓN ACTUAL DEL BALNEARIO DE CARRATRACA

La información aportada por la Dra. Carmen ANDÚJAR PÉREZ, Médico Director del Establecimiento Balneario, en la Memoria de la temporada 1997 (40), señala que para comenzar la temporada de funcionamiento del balneario, 15 de Junio a 15 de Octubre, se habilitaron para su uso en la galería de Baños Templados: 7 bañeras, 2 salas para duchas y chorros, 1 sala de masaje, 3 piscinas y una fuente para bebida del agua.

El número total de agüistas ha sido de unos 370 durante dicha temporada. En la población balnearia predominan los agüistas del

sexo femenino (70%) sobre el masculino (30%), considerando únicamente aquellos que han sido sometidos a tratamiento.

En relación con el lugar de procedencia de agüistas, Málaga y su provincia representan 67,2% del total, siendo el resto procedentes de Madrid, Barcelona, Sevilla, Córdoba y resto de Andalucía y otros lugares.

Los tipos de patología tratadas en el Balneario de Carratraca durante la temporada de 1997 fueron en su mayoría (70,5%) patología osteomuscular, artrosis y secuelas de fracturas; las afecciones dermatológicas constituyen un 17,2%, eccemas y psoriasis y en patología nerviosa, la ansiedad constituyó el 9,7% de los atendidos. Otros porcentajes más bajos se indican en alteraciones ginecológicas: inflamaciones crónicas, esterilidad y procesos dolorosos; afecciones de aparato respiratorio, endocrinas y metabólicas e incluso afecciones cardiovasculares.

Las instalaciones, según se lee en la Memoria, se encuentran en estado precario, con dificultades de funcionamiento, pero están en vías de restauración o renovación en fechas próximas.

En una publicación muy reciente sobre el Balneario de Carratraca de Juana Baeza, Jefe de Sección de Aguas del ITGE (41), se señala que se está realizando un estudio hidrogeológico y está en curso la declaración del perímetro de protección, tanto en la cantidad de recursos drenados como en su calidad; se estudia también la radioactividad ambiental (véase el capítulo dedicado a este tema), etc., todo lo cual es un buen comienzo de reforma.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) LIMÓN MONTERO A. (1697). Espejo cristalino de las aguas de España, hermoseedo y guarnecido, con el Marco de variedad de Fuentes y Baños. Alcalá. Francisco García Fernández.
- (2) RODRÍGUEZ J.A. (1994). Historia de los Balnearios de la provincia de Málaga. Málaga. Diputación de Málaga.
- (3) SALGADO Y GUILLERMO J. (1860). Monografías de las aguas sulfo, selénidohídicas, arseniadas, bicarbonatadas alcalino-térreas, metálicas de Carratraca. Madrid. Imp. Manuel Minuesa.

- (4) Ibidem.
- (5) Op. cit. en (1).
- (6) GARCÍA, J.J. (1759). Disertación hidraulico-farmacéutica sobre el origen de las aguas de Hardales, su verdadero análisis químico, y medicinales virtudes. Málaga. Imp. Dignidad Episcopal.
- (7) MONJA, J. DE LA (1818). Análisis de las aguas medicinales de Ardales, llamadas también de Carratraca. Málaga. Luis de Carreras.
- (8) CASARES LÓPEZ, R. (1932). Datos biográficos de Juan José García, Félix Haenseler y Pablo Prolongo. Farmacéuticos malagueños de los siglos XVIII y XIX. Madrid. Academia Nacional de Farmacia.
- (9) Op. cit. en (3).
- (10) CASARES, A. (1866). Tratado práctico de Análisis Química de las aguas minerales y potables: con indicación de las fuentes de aguas minerales más notables de España, su composición, enfermedades a cuya curación se aplican, y número de enfermos que a ellas acuden anualmente. Madrid. Lib. de Angel Calleja.
- (11) SALGADO Y GUILLERMO, J. (1878) Intervención en la Sesión científica del 2 de Marzo de 1878. *Anal. Soc. Esp. Hidrol. Méd.*. Tomo II: 4-13.
- (12) Véase op. cit. en (3).
- (13) CRUZ, J. (1986). España. Balnearios. Guía de Estaciones Termales. Dirección General de Política Turística. 24-25.
- (14) GARCÍA PUERTAS, P. Y COLS. (1998). Análisis de las aguas del Balneario de Carratraca. Comunicación a la Real Academia de Farmacia. Madrid.
- (15) SAN MARTÍN, I. Y ARMIJO, F. (1994). El azufre en las aguas mine-romedicinales: aguas sulfatadas y aguas sulfuradas. En *Curas Balnearias y Climáticas*. Cap. 18 . Talasoterapia y Helioterapia. Armijo M. y San Martín, J. Madrid. Ed. Complutense.
- (16) DREXEL, H. Y DIRNAGL, K. (1966). Resorption und absortion von Meerwasserin hatsstoffen durch dir Haut. C.R. Cong. Thalassothérapie-Westerland, 197.
- (17) PRATZEL, H. (1993). Acción de las aguas mineromedicinales. Efectos generales de las aplicaciones tópicas. *Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd.*, Vol. VIII, 1, 33-38.

- (18) DUBARRY, J.J. Y TAMARELLE, C. (1972). Pénétration percutanée en Balneothérapie thermale. *Press. Therm. Clim.*; 109, 196.
- (19) NOHARA, H. (1963) Penetration of Mineral Water Constituents. Cap. V. en *Medical Hydrology*. Licht, S. Connecticut.
- (20) ARMIJO, M., SAN MARTÍN, J. Y COLS. (1994). *Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia*. Madrid. Ed. Complutense.
- (21) ARMIJO, M. (1968). *Compendio de Hidrología Médica*. Barcelona. Ed. Científico Médica.
- (22) GUALTIEROTTI, R. (1981). *Medicina Termale*. Lucisano. Milano.
- (23) Op. cit. en (17).
- (24) Op. cit. en (17).
- (25) Op. cit. en (3).
- (26) CANEL, Y. et SCHRAMM, B. (1951). Etude sur les modifications de la cytologie vaginale sous l'influence de la Crénothérapie à Luxeuil. *Press. Therm. Clim.*, 88, 77-81.
- (27) LAMARCHE, M. (1972). Crénothérapie des affections gynécologiques et endocriniennes, Chap XXIII en *Thérapeutique Thermale et Climatique*. Bert, J.M. et cols. Paris. Masson.
- (28) BOTELLA, J. (1968). *Tratado de Ginecología*. Madrid. Ed. Científico Médica.
- (29) MESSINA, B. Y GROSSI, F. (1998). *Elementi di Idrologia Medica*. Roma. Soc. Ed. Universo.
- (30) SAN MARTÍN, J. (1991). Thalassotherapy in Stress. XX Congr. Intern. Thalassotherapiae. Nordsseheilbad Borkum.
- (31) Op. cit. en (27).
- (32) KOVARIK, R., PEDROSA, E., GOECKE, C. (1988). Balneología en Ginecología. *Bol. Soc. Esp. Hidrol. Med.* Vol 3, 2: 87-90.
- (33) GOECKE, C., KOVARIK, R. (1985). Gynäcologisch wirksame Anwendungen in Frauenheilbäder. *Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim.* 14, 71-73.
- (34) SAN MARTÍN, J. (1997). Alteraciones psicósomáticas en el climaterio femenino y curas balnearias. *Anal. Real Acad. Nac. Med.* Tomo CXIV, 1, 129-144.
- (35) STURM, R. (1986). Steigerung der Genitaldurchblutung durch Moorwendungen. Tagung des Arbeitskreises. Gynäkologische Balneotherapie. Bad Driburg.

- (36) Op. cit. en (20).
- (37) MONJA, J. DE LA (1852). Memoria sobre la virtud curativa de las aguas sulfhidrico-carbónicas frías de Carratraca, y la del agua simple. Imp. del Avisador Malagueño. Málaga.
- (38) Op. cit. en (3).
- (39) Op. cit. en (2). 168-169.
- (40) ANDÚJAR, C. 1997. Balneario Carratraca. Memoria de la temporada.
- (41) BAEZA, J. (1997). El repuntar de los balnearios. El caso de Carratraca. *Rev. Tierra y Tecnología*. Madrid.