

EL MANANTIAL “LOS BARRANCOS” EN VALDEMORILLO (MADRID) Y SUS AGUAS RADIATIVAS

The natural spring “Los Barrancos” in Valdemorillo (Madrid) and its radioactive waters

H. Chamorro Villanueva¹, H. López Portillo², y M. García Rodríguez³

(1) Federico García Lorca 17, 28270 Colmenarejo (Madrid)
hortensia.chamorro@gmail.com

(2) Pintor Zuloaga 17, 28691 Villanueva de la Cañada (Madrid)
hadaylp@hotmail.com

(3) Facultad de Ciencias (UNED). Paseo Senda del Rey 9, 28040 Madrid
manu.garo@ccia.uned.es

RESUMEN

El manantial Los Barrancos de Valdemorillo fue descubierto a nivel científico en la primera década del siglo XX, en pleno auge de las aguas minerales y de la cura balnearia, despertando gran interés debido a sus elevados valores de radiactividad. Sin embargo, a pesar del empeño del propietario durante décadas por intentar explotarlo, tal vez el escaso caudal unido a la profunda crisis del balnearismo fueron motivos suficientes para que este pequeño venero, el más radiactivo de España, quedase prácticamente en el olvido desde mediados del siglo XX. El presente artículo introduce como fueron los inicios del balnearismo con aguas radiactivas en Europa y documenta la historia de dicho manantial, desde su descubrimiento hasta nuestros días.

PALABRAS CLAVE: Aguas minero-medicinales, Los Barrancos, Valdemorillo, Comunidad de Madrid, radiactividad.

ABSTRACT

The natural spring Los Barrancos de Valdemorillo was discovered at a scientific level in the first decade of the twentieth century, in the midst of boom of mineral waters and the spa culture, attracting great interest due to its high levels of radioactivity. However, despite the owner's efforts during decades to exploit it, it seems that the low water level of the spring as well as the deep crisis experienced by the spa resorts, were enough reasons for this small spring, the most radioactive in Spain, to fade into oblivion since the middle of the twentieth century. This article gives an introduction to the beginnings of natural spring spas with radioactive waters in Europe, and it documents the history of the mentioned spring, from its discovery to the present day.

KEY WORDS: Mineral and medicinal waters, Los Barrancos, Valdemorillo, Community of Madrid, radiactivity.

Recibido: 8 de Septiembre, 2017 • Aceptado: 2 de Octubre, 2017

INTRODUCCIÓN

Ya desde la antigüedad se conocían las propiedades curativas del agua. Su utilización como agente terapéutico tuvo épocas de máximo esplendor (antiguas Grecia y Roma) y otras de abandono. Pero fue durante el siglo XIX cuando tuvo lugar el auge de la hidrología médica en España. Los baños con aguas minero-medicinales se convirtieron en una moda entre las clases acomodadas y la burguesía, entre las cuales su uso otorgaba cierto presti-

gio, siendo conocida esta etapa como “edad de oro de los balnearios”.

Durante las primeras décadas del siglo XX la sierra de Guadarrama se consideró un lugar óptimo para la salud y el bienestar por su clima suave en verano, y por las propiedades medicinales de sus aguas, su aire limpio y sus bellos paisajes. Surgen colonias y centros de salud alrededor de manantiales (Moralzarzal, Guadarrama), como lugares de veraneo y excursionismo, en un momento en el que la insalubridad y la tuberculosis afectan a la salud

de los madrileños (Soto, 2011). El ferrocarril del Norte, que desde 1861 une Madrid con El Escorial pasando por Villalba, favorece este turismo de salud.

El descubrimiento de la radiactividad natural en 1896 por Becquerel y del radio dos años más tarde, por el matrimonio Curie, propiciaron que en 1903 se encontrara radiactividad por primera vez en aguas termales, atribuyendo a esto sus propiedades medicinales. Desde ese momento, buena parte de los balnearios europeos más famosos ofrecen la radiactividad natural como elemento curativo. Concretamente, Joachimsthal (actualmente Jáchymov en Bohemia, República Checa) salta a la fama y se convierte en ciudad balnearia. Su éxito propició la creación en 1912 de uno de los hoteles más importantes y lujosos de Europa, denominado actualmente Radium Palace.

En España, en 1904 José Muñoz del Castillo crea el Laboratorio de Radiactividad de la Universidad Central de Madrid, que estableció como línea prioritaria la investigación de los efectos de la radiactividad en los seres vivos a dosis bajas, y estableció un servicio de análisis de radiactividad de aguas minerales. Durante las siguientes décadas, numerosas publicaciones científicas europeas citan las aguas de Los Barrancos entre las primeras posiciones a nivel mundial en cuanto a valores de radiactividad, siguiendo de cerca a las célebres de Joachimsthal.

En la Comunidad de Madrid se han localizado 45 manantiales que de una u otra manera tienen reconocido carácter medicinal (Martínez, 1997). De entre los que llegaron a obtener la declaración de utilidad pública se encuentra el manantial de "Los Barrancos".

Las propiedades de las aguas radiactivas se deben principalmente a su contenido en radón. Actualmente existe una mayor regulación a la exposición al radón y una controversia respecto a las indicaciones y contraindicaciones de la exposición a bajas concentraciones.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Valdemorillo se sitúa en la zona oeste de la Comunidad de Madrid, a unos diez kilómetros de El Escorial y aproximadamente a cuarenta de la capital. El manantial se encuentra en la zona oeste del término municipal y a unos cuatro kilómetros del casco urbano, en la margen izquierda del arroyo Conejera –también conocido como Conejeros o Pradejón– que marca el límite con el municipio de Navalagamella. Este arroyo vierte sus aguas en el río Perales, afluente del Alberche, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Tajo.

La fuente se encuentra en una finca privada en el extremo sudoeste de la urbanización Los Barrancos, en la parte baja del monte del mismo nombre. El agua brota en el punto de coordenadas: ETRS89-UTM 30 N X 404959, Y 4484066 a una altura de unos 800 m s.n.m. Como indica uno de los folletos que se publicaron hacia 1930 "*en terreno quebrado y pintoresco, en el que abundan los riscos, cubierto de jara, tomillo y otras plantas aromáticas*". Desde que Gregorio Estrada comprara el manantial en 1910, ha tenido dos propietarios más, el último adquirió la finca donde se ubica el manantial en 2002. Hace unos diez años, según nos informa el actual propietario, una empresa de aguas de la familia Gil Marín se interesó por la compra que finalmente no llegó a realizar.

GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

El manantial Los Barrancos se ubica en la zona de rampa entre las formaciones montañosas del Sistema Central y las llanuras detríticas de la cuenca del Tajo, dentro del Dominio Hidromineral del Macizo Hercínico. Aunque a grandes rasgos dicho dominio puede considerarse como impermeable, la intensa fracturación del macizo paleozoico permite la circulación de agua subterránea a través de sus grietas, constituyendo un acuífero en medio fisurado capaz de proporcionar pequeños caudales de excelente calidad. Estos acuíferos pueden dar lugar a caudales de cierto interés según las características de las fracturas atravesadas: profundidad alcanzada, extensión de la superficie del plano de fractura, anchura de la fractura, y disposición y número de fracturas que intersectan entre sí. Además, los acuíferos en medios fracturados pueden tener un comportamiento complejo con flujos ascendentes o descendentes a través de la fracturas, comportándose bien como acuíferos libres o confinados. Según Corral y López (2010) en dicho dominio hidromineral la facies hidroquímica más común es la bicarbonatada sódica, existiendo anomalías que indican una circulación profunda: temperatura, flúor, sílice, hierro, manganeso, arsénico y sulfuros.



Figura 1. Entorno del manantial. Dique de episienita sobre el que apoya el depósito circular, el arroyo a la izquierda y en el centro la fuente.
Figure 1. Surroundings of the spring. The dam of episienite on which the circular deposit is supported, the stream to the left and in the centre the spring.

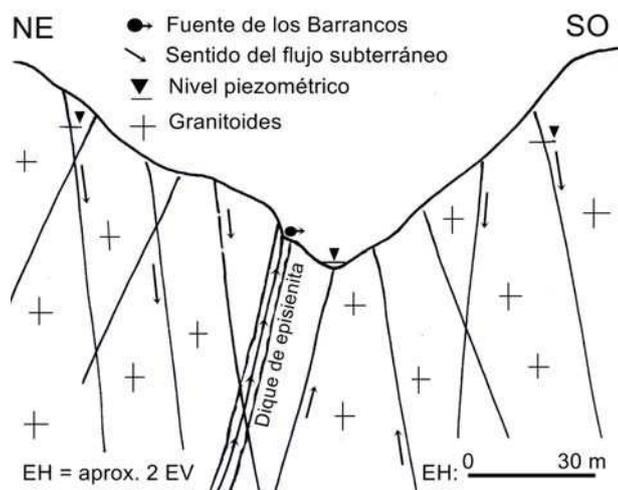


Figura 2. Esquema conceptual de flujo (elaboración propia).
Figure 2. Conceptual flow diagram (own elaboration).

La litología de la zona corresponde a rocas ígneas hercínicas, granitos de la unidad adamellitas biotíticas de grano medio tipo Zarzalejo-Valdemorillo y variedad porfídica, atravesadas por diques de episienita y filones de cuarzo y pórfido (ITGE, 1990).

Según Yélamos (1991) el agua de Los Barrancos debía manar en el punto donde actualmente se encuentra el depósito de captación, apoyado sobre un dique de episienita de unos 5 metros de ancho (Fig. 1). Tanto el origen de la surgencia como la radiactividad que presenta parecen deberse a la circulación de aguas subterráneas a través de las fracturas del dique.

Ya en 1923, el *Informe técnico y proyecto de alumbramiento del manantial de aguas minero-radioactivas denominado de "Los Barrancos"* encargado por el propietario al ingeniero de minas Antonio Comba y Sigüenza apuntaba que "... se trata de un manantial de aguas filonianas, [...] filtradas á través de terrenos rotos y quebrados, que por lento descenso vertical han llegado á regiones inferiores, emergiendo á la superficie por circulación profunda ascendente".

En 1931 la Jefatura de Sondeos del Servicio Geológico de Obras Públicas, realiza dos perforaciones en las proximidades del manantial —probablemente para analizar los testigos— siguiendo las indicaciones de los últimos estudios llevados a cabo por Díaz de Rada que apuntaba: "Pero sí queda señalada una zona situada a unos ochenta a cien metros del manantial, al lado norte y un poco a poniente, en que se registran constantemente actividades de dos mil y tres mil y pico de voltios". El sondeo 2, situado a 80 metros de la fuente, resultó surgente de escaso caudal a los 35 metros de profundidad —comprobando que no influía en el caudal del manantial— y suponiendo un origen superficial a las aguas captadas por el sondeo y sin relación con las del manantial a las que se atribuye un origen profundo y lejano (Yélamos, 1991).

Para Martín Escorza (1992), de las 181 surgencias radiactivas conocidas en la península Ibérica la de Valdemorillo es la que presenta mayores valores. El manantial de Los Barrancos de Valdemorillo figura con el número 31 en el mapa de las aguas minerales de la Comunidad de Madrid, como bicarbonatadas sódicas (VV.AA., 1995).

DESCUBRIMIENTO DEL MANANTIAL RADIOACTIVO Y DÉCADAS DE EXPECTATIVAS

La Estadística Minera de 1911 indica que de muy antiguo se conocía en Valdemorillo esta fuente aunque, probablemente, no se le dio importancia por su reducido caudal.

Para Vilches (1913), el abrupto y solitario paraje donde se sitúa el manantial, casi escondido, hizo muy probable que pasase desapercibido durante mucho tiempo, o tan solo conocido por pastores, labradores o caminantes, que tras ingerir estas aguas con el único fin de calmar la sed, apreciaban sus propiedades minero-medicinales, extendiéndose con el tiempo el rumor por la comarca. Añade Vilches en 1913 que hacía ya bastantes años que estas aguas eran conocidas en localidades próximas, sobre todo en Valdemorillo, donde numerosas personas consiguieron curar o mejorar sus afecciones gastrointestinales tras su ingesta, acudiendo a ella enfermos con distintas dolencias y otros llevándola a sus casas.

Un particular, Gregorio Estrada Acedos, propietario de la Imprenta Colonial en Madrid e hijo de un reputado impresor, al observar los resultados del uso del agua en un familiar muy allegado, decide averiguar su composición y propiedades. En 1908 encarga análisis químico y bacteriológico en el laboratorio de Enrique Ortega y Mayor, que, manifestando no tener noticia que existan en el mundo otras semejantes, las califica como "eminentemente radiactivas y muy puras" y, sorprendidos ambos por la extraordinaria radiactividad —obteniendo valores de 14860 voltios hora-litro—, envían cuatro botellas de agua procedente del manantial al Laboratorio de Radiactividad de la Facultad de Ciencias de Madrid, dirigido por el prestigioso catedrático José Muñoz del Castillo, el cual no solo confirma dichas propiedades sino que con el fontactoscopio de Engler y Sieveking obtiene cifras considerablemente superiores, alrededor de los 50000 voltios hora-litro (Muñoz, 1908).

A Muñoz del Castillo no le debió sorprender la ubicación de la fuente en las estribaciones de la sierra de Guadarrama. Valdemorillo se encuentra próximo a la primera "mancha radiactiva" (en cuanto a la radiactividad de rocas y minerales) que había descubierto y plasmado en su *Mapa de la radioactividad hidro-minero-medicinal de España* en 1905, y que comprendía los municipios de Colmenar Viejo, TorreloDONEs, Galapagar, Colmenarejo y El Espinar, entre las provincias de Madrid y Segovia. Además se sitúa cerca de la localidad de Guadarrama cuyos manantiales de La Alameda y La Porqueriza presentan ciertos valores de radiactividad (Muñoz del Castillo, 1909). Indicando que "El curiosísimo hallazgo [...] fortifica nuestra conocida opinión de que las próximas sierras de Guadarrama constituyen un inmenso y hermosísimo sanatorio, especialmente adecuado para la población de Madrid" (Muñoz del Castillo, 1908).

Convencido de la excepcionalidad de las aguas, Gregorio Estrada compra en 1910 la finca de Los Barrancos, de 140 hectáreas, a los herederos de Ramón Gamonal Aguilar, el cuál en 1869 la había comprado al Estado, procedente del clero, fruto de la desamortización (*Boletín*

Agrícola y Pecuaria, 1929). En 1911 ya tenía solicitada la declaración de utilidad pública del manantial y en tramitación el expediente para obtener permiso para el embotellamiento de las aguas y construcción de un balneario.

Un artículo titulado *Manantiales minero-medicinales radiactivos extranjeros*, publicado en el Boletín del Instituto de Radiactividad de 1911, señala la analogía entre las aguas de Los Barrancos —las más radiactivas de España— con las célebres aguas de Joachimsthal. Añadiendo que, a pesar de sus notables indicaciones terapéuticas y siendo excelentes como aguas de mesa, su uso no está muy generalizado. En el mismo año 1911, la Estadística Minera publica los resultados que el Dr. Enrique Ortega y Mayor había realizado sobre la composición físico-química de las aguas de Los Barrancos, y su clasificación. Además publicaba información relativa al color, olor, caudal, temperatura, pH, bacteriología, micrografía y radiactividad del agua. “Desde muy antiguo [...] se decían sulfurosas por la mancha amarillenta que dejaban en la roca [...] y el sabor a huevos podridos”. Por otro lado E. Ortega la describía como incolora, perfectamente diáfana, con ligero olor y sabor a hidrógeno sulfurado —y sin embargo muy agradable al paladar—, y extraordinariamente radiactivas (50000 voltios hora litro). Respecto a la información sobre el caudal y la temperatura, añade que Gregorio Estrada había realizado los trabajos recomendados para aumentar el caudal insignificante hasta la cantidad de 2 litros por minuto, y había observado que era constante, a pesar de las grandes lluvias, al igual que la temperatura (de 15 °C de media).

En 1913 se celebró en Madrid, en el Palacio de Cristal del Parque del Retiro, la Exposición anexa al IX Congreso

Internacional de Hidrología, Climatología y Geología, siendo premiadas las aguas de Los Barrancos con Medalla de Plata. La reseña a esta exposición que hace la Revista Médica Española y Boletín de Higiene y Salubridad de 1913 incluye una fotografía del stand de Valdemorillo, con agua embotellada, aunque la declaración de utilidad pública no llegaría hasta dos años después.

Por Real Orden de 6 de junio de 1915 se nombra al doctor Domingo Fernández Campa, del cuerpo de Médicos-Directores de Baños, para intervenir en el expediente de declaración de utilidad pública del agua de Los Barrancos. Dicho cuerpo se había establecido en 1817 con el fin de supervisar los regímenes terapéuticos “en cada uno de los baños más acreditados del reino”. Fernández Campa atribuyó a estas aguas propiedades tónicas, bactericidas, analgésicas y sedantes, entre otras. Certificó que se trataba de aguas minero-medicinales, y las clasificó como bicarbonatadas sódicas litínicas, variedad nitrogenadas sulfhídricas, con un caudal de 120 litros/hora y una temperatura de 15'5 °C, aptas para bebida y diversas aplicaciones hidroterápicas e indicadas en diversas enfermedades que detalló en una memoria. Siendo susceptibles de utilizarse en un establecimiento balneario, fueron declaradas de utilidad pública por Real Orden de 19 de noviembre de 1915, autorizando su embotellado y fijando temporada oficial en el periodo comprendido de 15 de junio a 15 de septiembre (*Gaceta de Madrid*, 23 de noviembre de 1915).

En 1915 se publica también la “*Memoria histórico-científica acerca de las aguas minero-medicinales de Valdemorillo, manantial Los Barrancos*” que el Doctor Enrique Vilches había escrito en 1913. Concede a las aguas acción sedativa y analgésica, y debido a que la

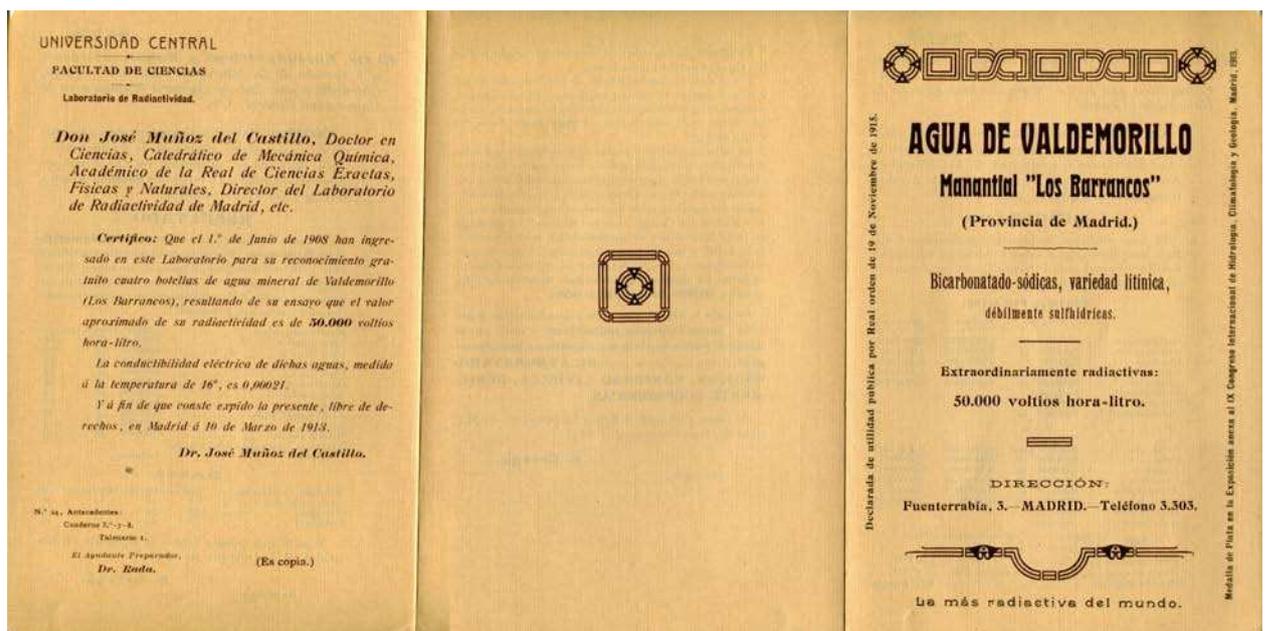


Figura 3. Folleto del Agua de Valdemorillo (s.f.).

Figure 3. Brochure of the Water of Valdemorillo (s.f.).

emanación retardaba la transformación del urato de sosa soluble en urato insoluble, y uno de los productos de su degradación, el radio D (hoy plomo-210), podía destruir el ácido úrico, la aconseja para el tratamiento de la gota por inhalaciones.

En 1923, Faustino Díaz de Rada, recientemente nombrado director del Instituto de Radiactividad tras la jubilación de Muñoz del Castillo, publica un artículo titulado *Sobre la radiactividad del agua del manantial Los Barrancos del pueblo de Valdemorillo (provincia de Madrid)*, señalando que presenta unos valores de emanación rádica (a partir de 1923 se la denominaría radón) muy por encima del resto de los muchos manantiales españoles estudiados y "... que la más activa de las aguas francesas posee menos de una quinta parte de emanación que la que nos ocupa". Lo sitúa en tercera posición en cuanto a los manantiales europeos, solo superado por Joachimsthal y Brambach. Estos dos, también de aguas frías, se encontraban en las proximidades de célebres minas de radio, lo cual hacía aún más especial la fuente de Los Barrancos y le llevaba a formular la hipótesis de que en los alrededores de Los Barrancos pudieran hallarse yacimientos de uranio y radio. Díaz de Rada da a conocer medidas más precisas sobre la emanación rádica con el método clásico de someter el agua a ebullición. Los resultados arrojados fueron que 10 litros de agua contienen al brotar 29,78 miligramos minutos de emanación rádica, correspondientes con 218,58 milimicrocurios por litro y 588,6 unidades Mache. Además determinaron el radio elemento de la roca, y disuelto en el agua, obteniendo que 1 g de la roca contenía $6,09 \times 10^{-10}$ gramos de radio elemento, y 1 gramo de residuo de evaporar el agua, secado a 110° , contenía $1,14 \times 10^{-9}$ gramos de radio. En ese mismo número del boletín, el doctor en Ciencias Alberto Gil Bermejo publica un breve artículo titulado *Algunos datos más sobre la radiactividad de las aguas de Valdemorillo*, a partir de los análisis realizados en las espumas formadas al brotar el agua y en las escamas (principalmente compuestas de carbonato cálcico) en las proximidades de la fuente —enviadas al Instituto de Radiactividad por el propietario— ante la posibilidad de la existencia de yacimientos de uranio próximos. Resultando valores de $6,44 \times 10^{-7}$ (para las espumas) y $1,57 \times 10^{-7}$ (para las escamas) mg de radio elemento por gramo de producto.

Al mismo tiempo que se realizaban estos estudios el prestigio de la radiactividad como elemento curativo estaba llegando a su punto culminante y numerosos anuncios publicitarios en prensa señalaban su venta en un almacén de la capital madrileña, que además ofrecía otras conocidas aguas minerales (Fig. 4).

En 1928 Gregorio Estrada presenta una demanda contra la Administración general del Estado por la Real Orden de 22 de enero de 1926 expedida por el Ministerio de Gobernación sobre arbitrio de las aguas minerales de cinco céntimos por litro o fracción. El fallo absuelve a la Administración general del Estado, autorizando este tributo creado por la Diputación provincial de Madrid (*Gaceta de Madrid*, 26 de abril de 1928).

Posteriormente Díaz de Rada realiza nuevos ensayos *in situ*, a pie de manantial, obteniendo valores de radiactividad de 60000 voltios hora-litro, al menos un veinte por ciento mayores que los obtenidos en laboratorio. Con el fin de concretar respecto a las posibles minas de radio, toma veintidós muestras de agua en manantiales y arroyos próximos a la fuente y mide su radiactividad, observando no solo que ninguno de ellos se aproxima a la cifra de Los Barrancos, sino que además la diferencia es francamente enorme, siendo los valores comprendidos entre 1000 y 2000 voltios muy frecuentes en la sierra de Guadarrama. Díaz de Rada refleja estos estudios en 1929 en un artículo titulado *Ensayos sobre la radiactividad de los terrenos próximos a la fuente de la finca denominada "Los Barrancos", situada en el término municipal de Valdemorillo, provincia de Madrid*, concluyendo que "La radiactividad del agua se debe a la emanación rádica que por el filón se desprende, la cual activa en proporciones diversas el agua que a distintas profundidades encuentra [...] sólo encontramos razones para apoyar la hipótesis de la existencia de minerales radiactivos". También realiza análisis radiactivo de los gases del suelo y del subsuelo con el aparato de Elster y Geytel, concluyendo que los minerales uraníferos no debían estar muy superficiales.

Aunque no nos consta que se llevasen a cabo labores de explotación de minerales —y probablemente para evitar dejar el terreno franco— la fuente de Los Barrancos estuvo incluida dentro del perímetro de tres concesiones mineras solicitadas en el monte del mismo nombre por el propietario del terreno en el primer tercio del siglo XX (Tabla 1), dando como punto de partida de la demarca-



Figura 4. *La Nación*, 20 de enero de 1926.
Figure 4. *La Nación*, 20th of January, 1926.

Nombre	Sustancia	Nº expediente	Nº pertenencias	Año concesión	Año renuncia /caducidad
Los Barrancos	Radio	851	6	1912	1925
Los Barrancos Segunda	Hierro	1153	106	1930	1932
Los Barrancos Tercera	Hierro	1176	15	1933	1978

Tabla 1. Expedientes mineros en el monte Los Barrancos, primera mitad del siglo XIX. Elaboración propia a partir de datos extraídos del Boletín Oficial de la provincia de Madrid.

Chart 1. Mining records of mount Los Barrancos, first half of the nineteenth century. Own elaboration based on data extracted from the Official Gazette of the province of Madrid.

ción la esquina noroeste de la pequeña casa próxima a la fuente.

En 1934, tras el fallecimiento de Marie Curie, el diario *El Debate* (Fig. 5) dedica la portada del número extraordinario del mes de julio a la radiactividad, a su descubrimiento, propiedades y usos. El texto destinado al manantial de Los Barrancos, al que considera el segundo del mundo en poder radiactivo, y que apunta a las investigaciones realizadas por Díaz de Rada, finaliza “¿Será este sitio el futuro filón de radio hispano? Creemos, a nuestro juicio, que debieran seguirse las investigaciones, pues supondría una enorme riqueza para España”.

“Deslizábase cómodamente el automóvil por la carretera hacia Guadarrama. Marcha tranquila, paisaje

adusto, conversación amena, tabaco, radio... Y de pronto, el aparato de radio dejó de funcionar. Un contratiempo. Pero pocos metros más arriba volvió a oírse la música bullanguera”. Así comienza un artículo publicado en la revista *Economía Mundial* de 1941 por el ingeniero de minas Miguel Moya Gastón de Iriarte—entonces secretario del Instituto Geológico y Minero y nombrado con anterioridad Director General de Minas en 1934— titulado *Yacimientos radiactivos a 45 kilómetros de Madrid*. Moya, considerado padre de la radioafición española, relata como la repetición de este fenómeno “que en plena carretera hace enmudecer a las radios viajeras” puede convertirse en el descubrimiento de un yacimiento de sustancias radiactivas.



Figura 5. *El Debate*. Suplemento extraordinario, julio 1934.
Figure 5. *The Debate*. Extraordinary Supplement, July 1934.

PROYECTO DE ESTABLECIMIENTO TERAPÉUTICO

La familia Estrada intentó durante décadas el establecimiento de un balneario. La belleza del entorno natural del manantial y sus características climáticas, los buenos accesos y su proximidad a la capital, unidos a las décadas de esplendor del balnearismo y buena fama de la radiactividad jugaban a su favor. El principal obstáculo parecía ser el “*insignificante aforo*”, que según la Estadística Minera de 1911, llegó a ser de dos litros por minuto gracias a las obras realizadas por el propietario siguiendo ciertas recomendaciones. En el mismo sentido, en 1920 el prestigioso catedrático de Hidrología médica Hipólito Rodríguez Pinilla apunta respecto al manantial de Valdemorillo “*agua perfectamente desconocida e insignificante para los clínicos y para los hidrólogos*”, a pesar de ser las aguas más radiactivas de España según el análisis de Muñoz del Castillo (Rodríguez, 1920).

En 1921, Gregorio Estrada se pone en contacto con Marie Curie. Parece ser que le envía una primera carta a finales de agosto, informando de los valores de radiactividad del agua obtenidos en el laboratorio del químico Enrique Ortega. Obtiene respuesta a mediados de septiembre del secretario de Marie Curie, Louis Greteau. El 26 del mismo mes, Estrada envía otra carta (Fig. 6) añadiendo que los análisis han sido realizados por los más competentes en la materia, y que la medición de la radiactividad se realizó mediante un fontactoscopio, tanto en la fuente como en laboratorio; además de consultar sobre la cantidad de agua, condiciones y época para el envío de muestras al Institut du Radium de París. No nos ha sido posible averiguar si la analítica llegó a realizarse y si hubo más correspondencia.

En el informe encargado al ingeniero Antonio Comba en 1923, este indica que las iniciales obras de ampliación de caudal solo consistieron en un pequeño pocillo de captación y propone realizar “*a golpe de mazo y cuña*” una galería de unos cuarenta o cincuenta metros de longitud, sobre la grieta principal de dirección N20E y que corte al menos cuatro o seis grietas transversales de dirección E-O “*que hacen brotar á la superficie otros tantos manantiales o resudaderos, que en muy corta extensión se observan, junto al margen del arroyo, aguas arriba, que no han sido aprovechados hasta la fecha*”. De este modo Comba mantiene que se conseguiría aumentar el caudal de dos litros por minuto, cortando tan solo una grieta, hasta como mínimo cuarenta o cincuenta litros por minuto. Además, añade la importancia del valor industrial que podría tener aislar el radio en el caso de que su presencia en estas aguas no sea solo en forma de gas sino que además aparezcan sales de radio (Comba, 1923).

El ingeniero Miguel Moya recogió las opiniones de reputados doctores sobre las propiedades de dichas aguas y sus posibles usos. El doctor Gustavo Pittaluga, en 1935, realiza un informe y sugiere la utilización terapéutica del manantial creando un emanatorio para la inhalación del radio. También contempla buenos resultados por aplicación por vía digestiva y no así por vía cutánea, tanto por no tratarse de un agua termal como por la escasez del aforo. Pittaluga compara con otros manantiales radiactivos afirmando que las aguas francesas contienen, en el

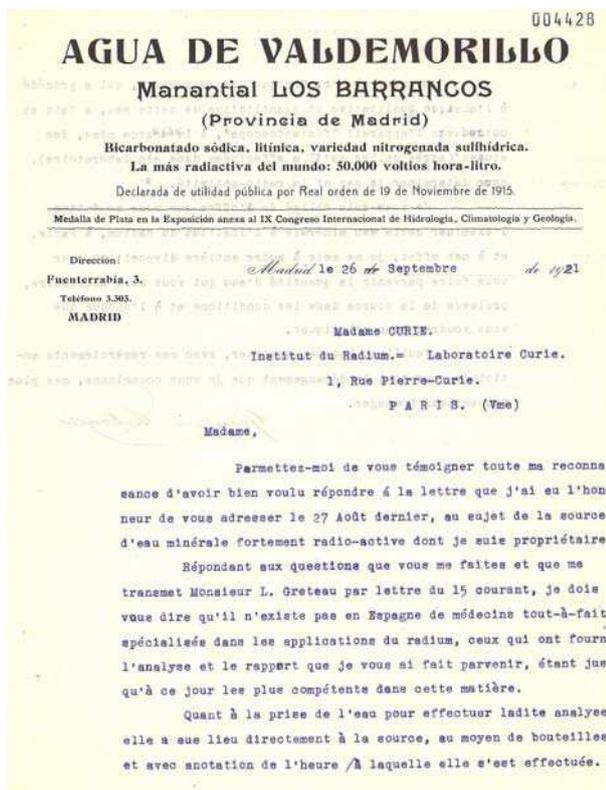


Figura 6. Carta enviada por Gregorio Estrada a Marie Curie el 26 de septiembre de 1921. Archives du Musée Curie, AIR LC.MC/n° 4428.

Figure 6. Letter sent by Gregorio Estrada to Marie Curie on the 26th of September 1921. Archives du Musée Curie, AIR LC.MC/n° 4428.

mejor de los casos, menos de la décima parte de unidades radiactivas y “*sin embargo, su aplicación terapéutica es ampliamente extendida y sus efectos indudables*”. Considera que las aguas de Los Barrancos son idénticas a las de Joachimsthal, y muy similares a las de Brambach, aunque estas últimas cuatro veces más activas. En cuanto a las posibilidades de mercado supone una clientela del centro de Madrid y otra de la colonia de El Escorial y sus alrededores. Prevé un capital aproximado de dos millones de pesetas, que comprenda arreglo del camino hasta la carretera, repoblación forestal, urbanización, estudios previos y arreglo del manantial, construcción de emanatorio y de uno o dos hoteles (Pittaluga, 1935).

El doctor Gregorio Marañón también respalda las virtudes de este manantial en 1936 —como recoge la revista *Economía Mundial* en 1941— concluyendo “*El examen del análisis de las aguas de Valdemorillo, demuestra que poseen propiedades químicas y, sobre todo, radioactivas que permiten clasificarlas como de utilidad extraordinaria [...] Pero, además, la excepcional riqueza de este manantial y su situación climatológica, representan condiciones espontaneas inmejorables para plantear sobre su base una estación de reposo...*”.

También el doctor Blanco Soler, en 1941, manifiesta su aprobación en cuanto al uso terapéutico de las aguas radiactivas, concluyendo: “*Tiene además el Manantial de Valdemorillo una situación espléndida donde se puede recoger las influencias climatológicas hoy nuevamente tomadas en cuenta, que se sumaran a los beneficios logrados con la radioactividad [...] Nosotros aconsejamos siempre a los hombres altamente desgastados por los*

trabajos de la vida actual un descanso semanal y el emplazamiento de Valdemorillo nos satisface plenamente [...] Los niños débiles, anémicos, los convalecientes de enfermedades infecciosas etc... serán casos que logran con rapidez la recuperación de su salud ...” (Blanco, 1941).

Y el doctor Jiménez Díaz (que al terminar la carrera en 1919 había trabajado como médico de baños en el balneario de El Molar), escribe en 1942, “*La potente radioactividad de las aguas de Valdemorillo [...] hacen de ellas un útil remedio en numerosas enfermedades: diabetes, gota, estados de agotamiento y desnutrición; depresión nerviosa; neuritis o procesos neuralgicos rebeldes etc. [...] Si a esto se añaden las características del clima donde asientan los manantiales, se convendrá forzosamente en el alto interés que pueda tener una cura combinada climática de reposo e hidroterapia en las diversas afecciones anunciadas*” (Jiménez, 1942).

A partir de 1930 la física nuclear generó líneas de investigación propias, en muchos casos alrededor de grandes aceleradores (Herrán, 2008). En España el Instituto de Radiactividad, al igual que el sector balneario, entró en crisis; la situación socioeconómica y los conflictos bélicos; los grandes avances de la medicina... de poco valieron las opiniones de célebres doctores, la época dorada del balneario había llegado a su fin. El balneario de Los Barrancos no se llegó a construir. Pudiera ser que las únicas infraestructuras que se construyeran consistieran en algún depósito donde se procediera al embotellado del agua (Martínez, 1997), a saber si el que hoy cubre la surgencia.

ANALÍTICAS Y CLASIFICACIÓN A PARTIR DE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX

A partir de la segunda mitad del siglo XX numerosas referencias aluden al manantial de Los Barrancos, citamos algunas de ellas:

Un libro editado en 2016, *Führer zu den Thermalwässern der Insel Ischia*, con una cita de 1957 (Consigli, V.P. *Le Acque Radioattive Di Lacco Ameno nella Isola d'Ischia*. Collana Scientifica Centro Studi Ischiatherme). En ella una tabla sitúa al manantial de Los Barrancos en la posición octava de quince manantiales de todo el mundo por su radiactividad, con la cantidad de 8059 Bq/L.

Una publicación del *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España* de 1963, “*Las aguas minero-medicinales. Su industrialización*”, de Juan Manuel López de Azcona. Pone como ejemplo el manantial de Los Barrancos para ilustrar el concepto definido por Frankel de potencia radiactiva o producto de la actividad unitaria por el caudal, y relaciona la pérdida de radioactividad con el aumento del caudal en el manantial de Los Barrancos. Compara aforos y medidas de radiactividad tomadas en los años 1923 y 1944, apreciando que las obras de ampliación del caudal habían producido un ligero aumento de la potencia radiactiva con una disminución de la radiactividad unitaria a una cifra algo menor de la décima parte respecto a 1923.

Yélamos (1991), en su tesis doctoral *Hidrogeología de*

las rocas plutónicas y metamórficas en la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama, incluye el manantial dentro de las aguas de composición química anómala, siendo ligeramente salino (187 ppm de TSD), con una composición bicarbonatada sódica muy marcada, un pH elevado (9,2), y el único que presenta carbonatos en disolución. Midió con un escintilómetro la radiactividad (número de choques por segundo) y obtuvo en el fondo regional 100-120 c/s, que ascendía notablemente al poner el escintilómetro en contacto con el dique de episenita.

Martín-Loeches *et al.* (1995) comprobaron la constancia de los parámetros físico-químicos y de caudal con respecto a datos aportados en trabajos anteriores.

Por último, Martínez Galán en su tesis doctoral, *Balnearios y manantiales de aguas mineromedicinales de la Comunidad Autónoma de Madrid* (1997) transforma y compara las analíticas de Enrique Ortega con las que realiza para su estudio (en 1994), evaluando la divergencia como “no demasiado relevante”, y destaca el alto contenido de fluoruros y radón. La tabla 2 muestra las analíticas comparadas de 1994 y 1911 según Martínez Galán.

Hemos obtenido en julio de 2017 un caudal de 0,0154 l/s, y una temperatura del agua que brota de la fuente desde el depósito de 26 °C. Del análisis de los datos del caudal de Los Barrancos de 1911 (2 l/m o 0,033 l/s), 1997 (0,022 l/s) y 2017 (0,015 l/s), se aprecia una reducción del caudal de la fuente a la mitad en aproximadamente un siglo. La reducción del caudal actual respecto a los aforados en años anteriores, puede explicarse por la disminución de las precipitaciones anuales registradas durante los últimos años y en particular del presente (año hidrológico 2016-2017), así como por una posible obstrucción de la fractura por acumulación de finos en el propio depósito.

INDICACIONES DE LAS AGUAS RADIATIVAS DE LOS BARRANCOS

Entre las indicaciones de las aguas radiactivas y sus emanaciones figuraban todos los estados morbosos dependientes del retardo nutritivo, como artrismo, gota y reumatismos crónicos; afecciones del estómago, intestinos, hígado y bazo; catarros de las vías genito-uritarias; afecciones crónicas del aparato respiratorio; y afecciones crónicas de la piel. Además se utilizaron en el tratamiento de distintos tipos de cáncer y por sus propiedades analgésicas y sedantes.

Las acciones terapéuticas del agua de Los Barrancos fueron apasionadamente presentadas por distintas eminencias médicas: Doctor E. Vilches (1913-1915), Domingo Fernández Campa (1915), Gustavo Pittaluga (1935), Gregorio Marañón (1941), Blanco Soler (1941), o Jiménez Díaz (1942). Más recientemente, Martínez Galán señala en 1997 que aunque el caudal no es demasiado elevado, y seguramente se podría aumentar con una buena captación, sería posible el uso terapéutico del manantial de Los Barrancos, tanto por balneación como por vía oral e inhalatoria. Afirma que estas aplicaciones resultan muy útiles en el tratamiento de cuadros de distonía neurove-

ANÁLISIS DEL MANANTIAL DE LOS BARRANCOS POR MARTÍNEZ GALÁN. 3 DE JULIO DE 1994.									
GASES DISUELTOS CO ₂ (mg/l): negativo H ₂ S (mg/l): negativo		DATOS FÍSICO-QUÍMICOS Caudal (l/s): 0,022 Temperatura (°C): 23,5 Conductividad (µS/cm): 282 pH: 9,3 rH: 29,358 Residuo Seco (mg/l): A 110°: 176 A 110°: 170 A 110°: 106			RADIATIVIDAD Ra ²²⁶ (Bq/L): 4 Rn ²²² (Bq/L): 3000 Pb ²¹⁰ (Bq/L): 2		DATOS MICROBIOLÓGICOS COLIFORMES TOTALES (UFC/100ML):1200 COLIFORMES FECALES (UFC/100ML):0 ESTREPTOCOCOS FECALES (UFC/100ML):0		
COMPARATIVA ENTRE LOS DATOS DEL ANÁLISIS DE MARTÍNEZ GALÁN Y E. ORTEGA.									
Ion	mg/l 1994 / 1911	mEq/l 1994 / 1911	%mEq 1994 / 1911	Ion	mg/l 1994 / 1911	mEq/l 1994 / 1911	%mEq 1994 / 1911		
Ca ²⁺	3,568 / 3,349	0,178 / 0,167	5,363 / 25,661	Cl ⁻	4,382 / 4,270	0,124 / 0,12	3,789 / 18,498		
Fe ²⁺	0,000 / -	0,000 / -	0,000 / -	CO ₃ ⁻	26,000 / -	0,867 / -	26,572 / -		
K ⁺	0,234 / 3,011	0,006 / 0,397	0,180 / 11,828	F ⁻	13,384 / -	0,704 / -	21,599 / -		
Li ⁺	0,065 / 0,053	0,009 / 0,008	0,282 / 1,175	HCO ₃ ⁻	85,700 / 23,06	1,405 / 0,378	43,070 / 58,054		
Mg ²⁺	0,076 / -	0,006 / -	0,188 / -	NO ₃ ⁻	4,380 / 1,756	0,071 / 0,028	2,166 / 4,35		
Na ⁺	71,730 / 9,119	3,120 / 0,397	93,986 / 60,915	SO ₄ ⁻	4,392 / 5,972	0,091 / 0,124	2,804 / 19,098		
NH ₄ ⁺	0,000 / -	0,000 / -	0,000 / -						
TOTAL		3,320 / 0,969		TOTAL		3,261 / 0,650			
CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DEL MANANTIAL DE LOS BARRANCOS 1994 / 1911.									
FRÍA, OLIGOMETÁLICA FLUORADA Y RADIATIVA, PREDOMINANDO ENTRE SUS IONES, ADEMÁS DEL FLÚOR, LOS CARBONATOS, BICARBONATOS Y SODIO / RADIATIVAS Y BICARBONATADA SÓDICAS, LITÍNICAS, VARIEDAD NITROGENADAS, SULFÍDRICAS.									

Tabla 2. Comparativa de los análisis del manantial de Los Barrancos según Martínez Galán, Tesis doctoral *Balnearios y manantiales de aguas mineromedicinales de la Comunidad Autónoma de Madrid*. UCM, 1997.

Chart 2. Comparison of the analyses of the spring of Los Barrancos according to Martínez Galán, PhD *Spas and springs of mineral-medical waters in the Autonomous Community of Madrid*. Complutense University of Madrid, 1997.

getativa, procesos respiratorios especialmente de tipo alérgico y alteraciones del metabolismo del ácido úrico (según Armijo *et al.*, 1994). La Doctora Martínez Galán declaró recientemente que si las características del agua se han mantenido hasta la fecha y no está contaminada el interés terapéutico sería el mismo que el manifestado en 1997 (I. Martínez, comunicación personal, 16 de agosto de 2017).

El manantial de los Barrancos surge de terrenos graníticos, siendo esta roca la principal fuente natural de radón. Este gas incoloro e inodoro tiene una alta difusión en la naturaleza, aparece disuelto en agua y en el aire. El granito contiene uranio-238 que se descompone en radio-226 (vida media de 1620 años), y este en radón-222 (vida media de 3,8 días), con emisión de partículas alfa. El radón-222 se desintegra en radioisótopos sólidos que al inhalarse se depositan en las vías respiratorias. Además dos de ellos, el polonio-218 (3,1 minutos de vida media) y el polonio-214 (164,3 microsegundos de vida media), emitiendo partículas alfa, siendo éstas las que se asocian al cáncer pulmonar (Aicardi-Carrillo *et al.*, 2015). Las radiaciones ionizantes dan lugar a iones y radicales libres que afectan a los enlaces químicos de las biomoléculas, dañan las células y producen mutaciones en el ADN. Las mutaciones se manifiestan en relación a la dosis recibida

y pueden tener efectos genéticos y somáticos, inmediatos o diferidos. Desde 1986 el radón se encuentra catalogado como agente cancerígeno del grupo 1 por la OMS (Organización Mundial de la Salud), que hoy lo considera como la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón después del tabaco.

En relación a los criterios sanitarios de la calidad de agua de consumo humano, la Directiva 2013/51/EURATOM del Consejo, de 22 de octubre de 2013, fija para el radón en agua unos niveles de 100 Bq/L a 1000 Bq/L, adoptado el valor paramétrico de 500 Bq/L, que es asumido en España (Decreto 314/2016 de 29 de Julio, por el que se modifica el Real Decreto 140/2003, que establece los criterios básicos para la protección de la salud en contra de los peligros derivados de las radiaciones ionizantes, en las aguas destinadas a consumo humano). El Real Decreto 314/2016 establece distintos escenarios para considerar las aguas aptas para el consumo humano, en base a los siguientes parámetros y límites de referencia: Radón 500 Bq/L; Tritio 100 Bq /L; Dosis indicativa Total 0,10 mSv/ año. El cálculo de la Dosis Indicativa Total se realizará basándose en los resultados de Actividad Alfa Total y Actividad Beta Total. Los análisis de agua del manantial de Los Barrancos de Martínez (1997) dan valores de Rn²²² de 3000 Bq/L.

Actualmente coexisten por lo menos dos principios que se relacionan con las aplicaciones de la radiactividad a bajas dosis: el principio de hormesis por radiación (dosis altas pueden provocar la muerte o daños graves, mientras que los bajos niveles no sólo pueden ser inofensivos, sino beneficiosos para la salud), y ALARA (debe limitarse la exposición hasta ser tan baja como sea posible ya que no existe un umbral de seguridad para la exposición a la radiactividad). La Sociedad Española de Hidrología Médica asegura que las dosis de radiactividad aplicadas en las curas termales nunca suponen un riesgo, y por el contrario han demostrado ser beneficiosas.

Hoy se definen "aguas radiactivas" como las que contienen concentraciones de gas radón superiores a 67,3 Bq/L. El agua de Los Barrancos presenta 8059 Bq/L, seguidas en España por Almeida (Zamora) con 1590 Bq/L y Alange (Badajoz) 1258 Bq/L. En España existen por lo menos una docena balnearios especializados en aguas radiactivas (<http://www.balnearios.org/aguas-radiactivas>).

CONCLUSIONES

A pesar de tratarse de las aguas más radiactivas de España, con notable diferencia sobre las demás, el propietario del manantial Los Barrancos no consiguió la explotación balnearia que tanto deseó durante décadas y que fue avalada por la opinión de reconocidos hidrólogos, médicos y científicos. Su limitado caudal —que pudo ser el principal inconveniente, aunque no el único— ha disminuido considerablemente hasta la actualidad. Pero este hecho no aminora la importancia histórica de la surgencia. Los valores culturales, geológicos y científicos del manantial de Los Barrancos, constituyen un interesante patrimonio histórico-cultural, natural y educativo que debería ser valorado.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer al propietario del manantial, Federico Baudin, habernos facilitado el acceso, su disponibilidad y la información que ha compartido con nosotros.

FUENTES DOCUMENTALES

- BALNEARIOS DE ESPAÑA. Recup. 16/08/2017. <http://www.balnearios.org/aguas-radiactivas/>
- Blanco Soler, C. (25 de febrero de 1941). [Carta para Miguel Moya]. Colección particular de Haday López Portillo. *Boletín Agrícola y Pecuario*. Guadalajara. Agosto-septiembre 1929.
- Boletín Oficial de la Provincia de Madrid*, 29/03/1912; 19/07/1913; 20/01/1914; 18/02/1925; 02/09/1925; 23/10/1929; 06/08/1930; 21/03/1932; 30/07/1932; 20/01/1933.
- Comba y Sigüenza, A. 1923. *Informe técnico y proyecto de alumbramiento del manantial de aguas minero-radiactivas denominado de "Los Barrancos" propiedad de los Señores Estrada Hermanos*. (Copia realizada por Gregorio Estrada). Colección particular de H. López Portillo.

- El Debate: diario católico e independiente de la mañana*. Número extraordinario. Julio 1934.
- El Defensor del Contribuyente: revista quincenal, dedicada a la defensa y fomento de la industria, comercio y agricultura*; 16/08/1913.
- Estadística Minera de España*, 1911. Ministerio de Fomento. Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio. Consejo de Minería. Madrid.
- Estrada Acedos, G. (26 de septiembre de 1921). [Lettre de Agua de Valdemorillo à Marie Curie dont il est propriétaire]. *Archives du Musée Curie*, AIR LC.MC/n° 4428.
- Estrada Acedos, G. (s.f.) *Agua de Valdemorillo. Manantial "Los Barrancos" (Provincia de Madrid)* [Tríptico y díptico]. Madrid. Colección particular de Haday López Portillo.
- Gaceta de Madrid*, 23/11/1915; 26/04/1928.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, 1990. *Mapa Geológico de España, hoja 533 San Lorenzo del Escorial, escala 1:50.000*. ITGE. Mapa y Memoria.
- Jiménez Díaz, C. (24 de diciembre de 1942). [Carta para Gregorio Marañón]. Colección particular de Haday López Portillo.
- Marañón, G. (enero de 1936 y 27 de diciembre de 1942). [Cartas para Miguel Moya]. Colección particular de Haday López Portillo.
- La Nación: diario de la noche*. 20/01/1926.
- Pittaluga, G. 1935. *Propuesta para la constitución de una Sociedad destinada a la explotación de las Aguas de Valdemorillo (Manantial "Los Barrancos") (Provincia de Madrid)*. Colección particular de Haday López Portillo.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HIDROLOGÍA MÉDICA. Recuperado el 14/08/2017, <http://www.hidromed.org/hm/index.php/el-agua/aguas-radiactivas/>

BIBLIOGRAFÍA

- Aicardi-Carrillo, G., Asmat-Inostrosa, M. y Barboza-Rangel, Y. 2015. Radón y sus efectos en la salud en trabajadores de minas de uranio. *Medicina y seguridad del trabajo*, 61(238), 86-98. <https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000100009>
- Castells Ballespí, R. 1913. Exposición anexa al IX Congreso Internacional de Hidrología, Climatología y Geología. *Revista Médica Española y Boletín de Higiene y Salubridad*, t. XIV, pp. 327-378.
- Corral Lledó, M.M. y López Geta J.A. 2010. *Génesis de las aguas minerales y termales. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas*. Ed. Complutense, S. A., pp. 15-30.
- Díaz de Rada, F. 1923. Sobre la radiactividad del agua del manantial Los Barrancos del pueblo de Valdemorillo (provincia de Madrid). *Boletín del Instituto de Radiactividad*, t. V. pp. 31-36.
- Díaz de Rada, F. 1929. Ensayos sobre la radiactividad de los terrenos próximos a la fuente de la finca denominada "Los Barrancos", situada en el término municipal de Valdemorillo, provincia de Madrid. *Boletín del Instituto de Radiactividad*, t. XI, pp. 5-11.
- Di Orio, A. und König, R. 2016. *Führer zu den Thermalwässern der Insel Ischia*. German ed.
- Gil Bermejo, A. 1923. Algunos datos más sobre la radiactividad de las aguas de Valdemorillo. *Boletín del Instituto de Radiactividad*, t. V, pp. 115.
- Herrán Corbacho, N. 2008. *Aguas, semillas y radiaciones. El laboratorio de radiactividad de la Universidad de Madrid, 1904-1929*. Madrid, CSIC.
- López de Azcona, J.M. 1963. Las aguas minero-medicinales. Su industrialización. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, t. 74, pp. 337-375.
- Martín Escorza, C. 1992. La estructura geológica de la península

- Ibérica y sus aguas termales. *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie II, Hª Antigua, t. V, pp. 231-252.
- Martín-Loeches, M., Sastre, A. y Almeida C. 1995. Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas del sector suroccidental de la cuenca paleozoica del río Alberche. *Hidrogeología y recursos hidráulicos*, t. XX, 133-147.
- Martínez Galán, I. 1997. *Balnearios y manantiales de aguas mineromedicinales de la Comunidad Autónoma de Madrid*. UCM, Tesis Doctoral.
- Moya, M. 1941. Yacimientos radioactivos a 45 kilómetros de Madrid. *Economía Mundial: revista semanal de economía y finanzas*, t. XI, pp. 22-23.
- Muñoz del Castillo, J. 1906. Yacimientos y manantiales radioactivos de España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, t. VI, pp. 84-94.
- Muñoz del Castillo, J. 1908. Sobre la radiactividad extraordinaria del agua de un manantial de Valdemorillo. *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. Real Sociedad Española de Física y Química, t. VI, pp. 398-400.
- Muñoz del Castillo, J. 1909. La carte de la Radiactivité minérale et hydrominérale de l'Espagne à la fin de l'année 1907. *Boletín del Laboratorio de Radiactividad*, t. I, pp. 9-14.
- Rodríguez Pinilla, H. 1920. *Medicaciones hidrológicas*. Ed. Saturnino Calleja, Madrid.
- Soto Caba, M.A. 2011. Agua, salud y sociedad en la Sierra de Guadarrama, 1890-1936. El manantial de aguas minero-medicinales de La Porqueriza y el balnearismo en Guadarrama (Comunidad de Madrid). *Espacio, Tiempo y Forma. Serie VI, Nueva época. Geografía nº 4 y 5, 2011-2012*. pp. 177-194.
- Vilches y Gómez, E. 1913. Memoria histórica científica acerca de las aguas minero-medicinales de Valdemorillo, manantial "Los Barrancos". *Revista Médica Española y Boletín de Higiene y Salubridad*, t. XVI, pp. 331-338.
- VV.AA. 1995. *Libro Blanco de la Minería de la Comunidad de Madrid*. ITGE y CAM.
- Yélamos, G.J. 1991. *Hidrogeología de las rocas plutónicas y metamórficas en la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama*. UAM, Tesis Doctoral.

