

ANALES DE LA REAL ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA

Volumen 84 | Número Extraordinario | 2018



Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)

ISSN 1697-4271

ISBN 978-84-949499-0-6



**REAL ACADEMIA
NACIONAL DE
FARMACIA**



**Instituto
De España**



**Ministerio de
Educación
Cultura y Deporte**

El Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)

María del Carmen Francés Causapé

Presidenta de la Comisión de aguas minerales y minero-medicinales

Como Académica de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia, Medalla nº 43, y Presidente de la Comisión de Aguas Minerales y Minero-medicinales, es para mí un honor presentar los trabajos expuestos en dos Mesas Redondas sobre el estudio del Centro Termal de Paracuellos de Jiloca, que han tenido lugar respectivamente el 2 de marzo y el 20 de abril de 2017; actividad que se realiza con el patrocinio de la Fundación "José Casares Gil" de la Real Academia Nacional de Farmacia.

Los miembros de la Comisión cumplen con esta actividad con el compromiso tradicionalmente adquirido con la Asociación Nacional de Balnearios (ANBAL) cuyo objetivo fundamental es dar a conocer las Aguas Minero-medicinales declaradas de Utilidad Pública en España y potenciar actuaciones conjuntas con diversas instituciones en beneficio del producto balneario en nuestro país. Se trata de una Asociación de prestigio, que tiene su origen en la Asociación Nacional de la Propiedad Balnearia creada en 1871, que forma parte de la European Spas Association y cuyo objetivo es promocionar la balneología europea basándose en las cualidades naturales de las aguas minerales; que ha colaborado con la Administración, junto al Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) y el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad desde el año 1989 para la implantación del Programa de Termalismo Social; difundiendo las propiedades curativas de las aguas termales. Al propio tiempo se relaciona con la Organización Mundial del Turismo (OMT), organismo especializado de las Naciones Unidas para el fomento del turismo internacional teniendo en cuenta que los balnearios españoles están certificados con la marca *Q* por el Instituto para la Calidad Turística Española porque ostentan prestigio, fiabilidad, rigurosidad y promoción por parte de la Secretaria de Estado de Turismo y las Comunidades Autónomas.

Las personas que realizan los estudios sobre los balnearios son todos peritos especialistas que provienen de centros oficiales: Vocales Natos de la propia Comisión como Académicos de Número y Correspondientes, Catedráticos o profesores Titulares de Universidad; y funcionarios de organismos estatales o centros públicos de

investigación como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), dependiente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente; del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) que son organismos públicos de investigación adscritos al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, así como del Grupo Especializado del Agua de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas (GEA).

En este estudio del Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca se han integrado plenamente como miembros responsables de la Comisión de Aguas Minerales y Minero-medicinales los siguientes Doctores: D^a María Roser Botey Fullat, Jefa del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas (AEMET); D^a María Antonia Simón Arauzo de la Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica del Departamento de Medio Ambiente (CIEMAT); D^a Beatriz Romero del Hombrebueno Pozuelo del Gabinete de Calidad (CIEMAT); D. Juan José Durán Valsero, Director del Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica (IGME) y D^a Inés Martínez Galán, Catedrática de Enfermería, Fisioterapia y Terapia Ocupacional (Universidad Castilla-La Mancha).

Por último, hemos de notificar que han causado baja como Vocales de la Comisión de Aguas Minerales y Minero-medicinales los Doctores D^a María del Carmen de las Heras Iñiguez por jubilación como funcionaria en CIEMAT a quien agradecemos los magníficos servicios prestados a la Real Academia Nacional de Farmacia; D. Antonio Mestre Barceló, funcionario en AEMET que falleció inesperadamente y a quien debemos su aportación novedosa e interesante acerca del clima de los Balnearios españoles por lo que tenemos una deuda de gratitud con él; y D. Antonio Ramírez Ortega, Académico Correspondiente, a petición propia, por enfermedad no pudiendo participar en adelante en los trabajos que desarrolla la Comisión de esta Real Academia, le deseamos a él y a su familia que su dolencia no progrese y se mantenga lo mejor posible dadas las circunstancias.

La Comisión ya está incurso en el estudio del Balneario de Archena (Murcia) respondiendo así a los objetivos de la Real Academia Nacional de Farmacia, al dictado de su Presidente, el Excmo. Sr. D. Mariano Esteban Rodríguez, y apoyándole para hacer realidad el primero, segundo, tercero y cuarto *brainstorming*, respondiendo así a los objetivos de los encuentros tenidos en 2013, 2014, 2015 y 2016, en relación con el estudio científico y técnico de los Balnearios españoles; y haciendo posible la difusión de los trabajos de la Comisión para lo cual cuento, no me cabe duda, con el apoyo incondicional del Secretario General de la Real Academia Nacional de Farmacia, Excmo. Sr. D. Jesús Pintor Just; y del eficaz responsable de Publicaciones, el Excmo. Sr. D. Antonio Luis Doadrio Villarejo, como Editor ejecutivo de los Anales, para que vean la luz los *Anales Extraordinarios* dedicados a los Balnearios. Ya se publicó el

Volumen 83, Monografía XXXV, dedicado al Balneario de San Nicolás de Almería (Almería), gracias en parte a la labor realizada por D. Carlos Fernández González en la maquetación; y ahora se publicarán las Monografías XXXVI y XXXVII correspondientes respectivamente al Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca (Zaragoza) y al Balneario de Archena (Murcia) que, junto a las anteriormente publicadas, harán posible dar a conocer a la Sociedad Española no sólo la labor que se hace desde la Real Academia Nacional de Farmacia en este campo específico sobre los Balnearios españoles sino también la divulgación y puesta en valor de las aguas de los Balnearios españoles en la salud pública ante los diferentes centros oficiales, mencionados anteriormente, los Ministerios de Educación, Cultura y Deporte; de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y, en definitiva, ante los ciudadanos españoles.

Este número de los Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia, es el Volumen número 84 de los Anales Extraordinarios y la Monografía XXXVI, redactada y publicada por la Comisión para el estudio de las Aguas Minerales y Minero-medicinales de esta Real Academia que actualmente, según Decreto 367/2002 de 19 de abril de 2002 (B.O.E. nº 110, de 8 de mayo de 2002) se considera como Comisión Permanente de carácter técnico y cuya finalidad primordial es el estudio de las aguas utilizadas en los Balnearios españoles.

En esta Memoria se estudia primeramente por los Dra. Profesora D^a María del Carmen Francés Causapé, Académica de Número, en colaboración con el Dr. D. José López Guzmán, Académico Correspondiente y Profesor del Departamento de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Farmacia y Nutrición de la Universidad de Navarra; y la Dra. por la Universidad Complutense de Madrid, con Mención Europea, D^a María López González, farmacéutica comunitaria; la situación del Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca y su entorno. El Balneario está situado en el valle del río Jiloca, en las inmediaciones del término municipal de Paracuellos de Jiloca, en la carretera nacional 234, salida 232, en la provincia de Zaragoza, en la Comarca de Calatayud, en la Comunidad Autónoma de Aragón. Las aguas minero-medicinales de este Centro Termal Balneario ya eran conocidas por romanos y árabes. Diferentes escritores dieron cuenta de ellas como Miguel Martínez del Villar en el siglo XVI y Alfonso Limón Montero en el siglo XVII. El Balneario se abrió en 1847 y la declaración de utilidad pública se obtuvo para los Baños Viejos en 1869 y para los Baños Nuevos en 1876. Se da cuenta de los Médicos Directores del Balneario hasta la actualidad así como de los cuatro farmacéuticos que realizaron el estudio analítico de sus aguas: Pedro Gutiérrez Bueno, Constantino Sáez Montoya, Gabriel de la Puerta Ródenas y Magaña; y José Muñoz Castillo.

El Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca está considerado hoy día, gracias al Decreto Legislativo 1/2013 del Gobierno de Aragón, como un Centro de Salud y un Complejo Turístico líder en este sector, a lo que se suma, en virtud de la

fuerte inversión económica realizada, la dotación de instalaciones muy modernas y de gran calidad respondiendo así a la marca **Balnearios de Aragón**.

La Profesora Dra. M^a Esperanza Torija Isasa, Académica Correspondiente, con sus colaboradores, del Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, las Doctoras D^a Mercedes García Mata, D^a María Dolores Tenorio Sanz, el Graduado en Farmacia D. José Ignacio Alonso Esteban y el Doctor D. José Luis López Colón del Instituto Toxicológico de la Defensa; dan cuenta de la existencia de diferentes estudios de las aguas de este Balneario. Las aguas mineromedicinales de Paracuellos de Jiloca se conocen desde tiempos muy antiguos y se han utilizado a lo largo de los siglos. Estas aguas fueron declaradas de utilidad pública el 31 de marzo de 1869.

En relación a los caracteres organolépticos, destaca su olor a huevos podridos debido a su elevado contenido de ácido sulfídrico.

Se trata de aguas hipotermales que surgen a una temperatura de 17 °C; su pH es de 7,2. Se caracterizan por un elevado residuo seco, muy próximo a 15000 mg/L (a 180°C) y una conductividad también muy elevada (12800 µS/cm), lo que da idea de su fuerte mineralización.

Entre sus características más destacadas se encuentran los elevados contenidos de cloruros (más de 4000 mg/L), calcio (del orden de 900 mg/L) y magnesio (del orden de 700 mg/L); lo que se relaciona con una dureza de más de 5000 mg/L de CaCO₃. El contenido de sodio fue superior a los 3700 mg/L.

Por los análisis realizados se pueden considerar estas aguas como hipotermales, de mineralización fuerte, cloruradas, sulfatadas, fluoradas, sódicas, cálcicas, magnésicas y muy duras.

Igualmente los Doctores D^a María Antonia Simón Arauzo y D^a Beatriz Romero del Hombrebueno Pozuelo, junto a sus colaboradores D. José Antonio Suárez Navarro, D^a Catalina Gascó Leonarte, D. José Antonio Trinidad, D^a Ana M^a Suáñez Fidalgo, D^a Angela Caro y D. Oscar González; de la Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT han realizado el estudio de la radiactividad de las aguas del Centro Termal Balneario Paracuellos del Jiloca tomando muestras en el punto de surgencia.

Inicialmente se determinaron los índices de actividad alfa total, beta total y la concentración de ²²²Rn. Los resultados obtenidos fueron de 0,31 Bq/L de actividad beta total y 8,65 Bq/L de ²²²Rn.

Para determinar el origen de los emisores alfa y beta, se analizaron los isótopos específicos de las series naturales del ²³⁸U, ²³⁵U y ²³²Th así como el ⁴⁰K.

El ^{226}Ra y sus hijos ^{222}Rn , ^{216}Po y ^{214}Po son los contribuyentes de las emisiones alfa, mientras que el ^{40}K , el ^{214}Pb y el ^{214}Bi lo serían de las emisiones beta.

Los valores de ^{222}Rn son más elevados que los de alfa total y se deben al radón disuelto procedente de la exhalación de las rocas. Su valor es menor de 67,3 Bq/L por lo que no se consideran aguas radiactivas.

Si tiene interés el conocimiento de la composición química y la radiactividad de las aguas del Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca, también es importante el estudio de su microbiota autóctona y alóctona que ha sido efectuado por las Doctoras Profesora D^a María del Carmen de la Rosa Jorge, Académica Correspondiente, en colaboración con las Profesoras D^a Victoria Fernández García, D^a Concepción Pintado García y D^a Carmina Rodríguez Fernández, del Departamento de Microbiología II de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, demostrando que el agua mineromedicinal de este balneario cumple con la normativa de aguas de consumo humano ya que no se han detectado indicadores de contaminación fecal ni microorganismos patógenos. La microbiota autóctona está constituida principalmente por bacterias oligotróficas, predominando las bacterias Gram positivas de los *Phylla*, *Actinobacteria* y *Firmicutes*. Se han detectado bacterias con actividad proteolítica, amilolítica y amonificante que contribuyen a la autodepuración de las aguas. Además se han encontrado bacterias sulfato reductoras y oxidantes del azufre que influyen en la composición química de las aguas sulfuradas.

El Profesor Dr. D. Antonio López Lafuente, Académico Correspondiente, y sus colaboradores los Doctores D^a Inmaculada Valverde Asensio, D. José Ramón Quintana Nieto, D^a Ana de Santiago Martín y D^a Concepción González Huecas del Departamento de Química en Ciencias Farmacéuticas de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid; han estudiado el entorno del Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca, ubicado en el margen derecho del río Jiloca, afluente del Ebro y rodeado por un paisaje caracterizado por presentar relieves de pendientes suaves con escasa densidad de cubierta vegetal y litología diversa.

Los suelos tienen escaso desarrollo, tipo AC, formados a partir de materiales sedimentarios constituidos fundamentalmente por calizas y yeso, y conglomerados silíceos rojos en menor proporción. Se caracterizan por tener pHs básicos, proporciones elevadas de caliza y yeso, en función del material litológico donde se han formado, texturas gruesas, del tipo franco-arenosas, de escasa acumulación de materia orgánica a lo largo del perfil, a excepción de los suelos situados en la terraza del Jiloca.

Los suelos se han clasificado como Calcisoles, Gypsisoles y Fluvisoles. Su capacidad de retención de agua es baja, predominando en ellos procesos de lavado y lixiviación.

Las características geológicas e hidrogeológicas del Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca han sido analizadas por los Doctores D. Juan Antonio López Geta, del Grupo Especializado del Agua (GEA), D. Juan José Durán Valero del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y D. Antonio Ramírez Ortega, Académico Correspondiente, concluyendo que el Balneario está situado en un territorio en el que dominan los depósitos tabulares de la cuenca miocena de Calatayud compuestos por yesos y arcillas grises, con intercalaciones de conglomerados y brechas silíceas distribuidas irregularmente en la serie (tanto en vertical como con cambios laterales de facies) que afloran extensamente al E y NE de Paracuellos. Sobre la serie yesífera reposan formaciones calcáreas (calizas y margas con arcillas lignitíferas) y de fangos y conglomerados silíceos, de extensión importante al E de Paracuellos.

Las formaciones evaporíticas, presentan una carstificación medianamente importante, sin embargo la permeabilidad del acuífero debe ser baja y condicionar un tiempo de residencia relativamente elevado en el acuífero, entre 10 y 20 años.

La recarga del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia que cae sobre el Mioceno yesífero y, de forma diferida, a través de las lluvias que se infiltran en las formaciones calizo-margosas que existen entre Paracuellos de Jiloca y Villalba de Perejil.

La temperatura del agua se sitúa en la surgencia entre 15,8 °C y 16,5 °C, con un fuerte olor a sulfhídrico, dejando en el manantial de los Baños Nuevos depósitos blancos de azufre reducido. El pH es ligeramente básico, emergiendo en condiciones francamente reductoras, con un Eh negativo y contenidos muy bajos de oxígeno. Las aguas presentan una mineralización muy fuerte, con una conductividad eléctrica alta. Entre los cationes, destaca el sodio con más de 3000 ppm; las concentraciones de calcio también son altas entre 560 y 664 ppm, al igual que el magnesio entre 452 y 540 ppm. El potasio está presente en contenido apreciable y también pequeñas cantidades de litio que varían. En cuanto a los aniones mayoritarios, son los cloruros (entre 4800 y 5000 ppm) y los sulfatos (3700 a 4600 ppm) son los que presentan mayores valores.

El agua puede clasificarse como sulfatada, clorurada, cálcica, magnésica, sódica, fluorada, con unas facies cloruradas sódicas, propias de una circulación en materiales evaporíticos y ricos en sílice.

En el Balneario de Paracuellos de Jiloca, en el año 1929, siguiendo la normativa establecida en el anterior Real Decreto-Ley, se delimitaron dos zonas de protección para las captaciones al amparo de lo que se establecía.

El estudio climático y bioclimático del Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca ha sido efectuado por los Doctores Roser Botey Fullat, Jefe del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas de AEMET y sus colaboradores del Área: D^a

Inmaculada Cadenas Cortina y D^a Ana Isabel Ambrona Rodríguez, así como la Dra. D^a Yolanda Jiménez Sánchez, Jefe del Observatorio de AEMET en Daroca. Su estudio proporciona como resultado que se trata de un clima seco, semiárido, con una temperatura media anual por debajo de los 18 °C, de acusado carácter continental y con veranos calurosos. La precipitación acumulada media anual está entorno a los 330 mm y la temperatura media anual entorno a los 13,2 °C. La sensación térmica es de bienestar al final del verano e inicio del otoño (septiembre y octubre), así como en los meses de primavera a inicio del verano (abril, mayo y junio), siendo de calor en junio y agosto, y de frío el resto del año.

Los estudios sobre la vegetación del entorno del Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca han sido realizados por el Profesor Dr. D. Daniel Pablo de la Cruz Sánchez Mata, Académico Correspondiente y del Departamento de Farmacología, Farmacognosia y Botánica de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid; contando con la colaboración del Profesor Dr. D. Miguel Ladero Álvarez, Académico Correspondiente y de la Graduada en Farmacia D^a Irene Sánchez Gavilán. Desde el punto de vista geobotánico destacan que, del estudio de su situación en el territorio del término municipal de Paracuellos de Jiloca, se deduce que está caracterizado por un territorio mesomediterráneo y ombrotipo seco inferior. Los suelos se originaron básicamente a partir de rocas sedimentarias o evaporíticas, predominando los suelos margosos, yesíferos o margoso-yesíferos en mosaico con suelos subsalinos o salinos en las depresiones o vallejos mientras que los suelos de pseudogley o gley cubren los valles y cauces fluviales.

La vegetación del entorno del balneario está fuertemente antropizada. Comunidades diversas de tomillares y matorrales serales, de alto valor ecológico, se desarrollan sobre suelos margosos y margosos-yesíferos dominando el paisaje de las colinas y lomas acarcavadas por la erosión donde la sabina albar (*Juniperus thurifera*) y la sabina mora (*Juniperus phoenicea*) formaban antaño bosquetes abiertos de carácter relictico; vegetación preforestal y forestal de sotos y riberas (olmedas, choperas, saucedas) contrastan en frescura y verdor hacia los valles y cursos fluviales, en muchas ocasiones sustituida por cultivos hortícolas y de diversos árboles frutales.

En los suelos de carácter yesífero se ubican algunos hábitats de interés con taxones endémicos de relevante interés biogeográfico o corológico.

Finaliza la Memoria con el estudio de la acción terapéutica de las aguas del Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca que ha sido realizado por las Doctoras Profesora D^a Josefina San Martín Bacaicoa, Académica Correspondiente, y la Profesora D^a Inés Martínez Galán, Especialista en Hidrología Médica de la Universidad de Castilla-La Mancha, que ponen de manifiesto que las aguas de este Balneario, que han sido reconocidas desde antiguo como una de las más importantes de España, son

hipotermiales, de mineralización fuerte y sulfuradas; se pueden administrar por vía oral, inhalatoria y tópica.

En las instalaciones de uso colectivo el agua debe ser tratada para asegurar las condiciones higiénicas y en estos casos no pueden ser considerados los tratamientos con aguas sulfuradas. Los diferentes efectos obtenidos, aplicando sus aguas con diferentes técnicas son de interés en el dolor, y la impotencia funcional, y son derivados de la temperatura y de los principios hidrostáticos e hidrodinámicos. El Balneario es atendido por personal cualificado y las instalaciones terapéuticas y hoteleras son adecuadas, haciendo que la estancia de los bañistas sea agradable y provechosa.

Los pacientes son procedentes en su mayoría de la Comunidad Autónoma de Aragón, principalmente de Zaragoza; así como de Madrid y Valencia.

Madrid, 31 de mayo de 2018

ESTUDIO 1

Centro termal Balneario Paracuellos de Jiloca (Zaragoza): historia y generalidades

Title in English: *Paracuellos de Jiloca Spa (Zaragoza): history and generalities*

María del Carmen Francés Causapé^{1*}, José López Guzmán², María López González³

¹Académica de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia. ²Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia. ³Doctora en Farmacia con mención Europea por la Universidad Complutense de Madrid. *mcfc@hotmail.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 16-42.

RESUMEN	ABSTRACT
Se hace una reseña de la situación geográfica del Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca, el más antiguo de Aragón, de los antecedentes históricos del mismo y situación actual. Se hace mención a sus propietarios, la composición química de sus aguas, así como a los datos referentes a la fecha de su apertura en 1847 y otros concernientes a la acción terapéutica de sus aguas.	An account of the geographical position of Paracuellos Jiloca's Spa is given. Including a brief history of it and its situation nowadays. It is the most old Spa in Aragón. A particularly reference it is made about their proprietaries and the chemical composition of the mineral waters of this spa and about the notices in relationship the date in which it was open (1847) and another ones in relationship the medically effects of the waters and muthbath.
Palabras clave: Agua mineromedicinal; Terapéutica; Balneario; Paracuellos de Jiloca; Zaragoza; Aragón.	Keywords: Minero-medicinal water; Therapeutic Benefit; Muthbath; Paracuellos de Jiloca Spa; Zaragoza; Aragón.

1. INTRODUCCIÓN

El Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca es el más antiguo de Aragón, se encuentra en las inmediaciones del término municipal de Paracuellos de Jiloca, en la carretera nacional 234, salida 232; en la provincia de Zaragoza, en la Comunidad Autónoma de Aragón (Figura 1). Los datos cartográficos le sitúan en las coordenadas X=613750 e Y=4575150 UTM del Huso 30 (1). Está situado en el Sistema Ibérico, en el valle del río Jiloca, a 579 m sobre el nivel del mar, en un lugar saludable que domina una considerable extensión de vega.

Localización del Balneario

El Hotel Balneario Paracuellos de Jiloca se encuentra situado en el Sistema Ibérico, en Aragón, en el Valle del Jiloca.

A sólo 4 kilómetros de Calatayud y de la Autovía A-2, el acceso al Hotel Balneario es muy cómodo desde Madrid y las principales capitales del noreste peninsular.

Principales distancias:

- ✓ Zaragoza: 85 KM
- ✓ Madrid: 235 KM
- ✓ Barcelona: 394 KM
- ✓ Valencia: 278 KM
- ✓ Pamplona: 212 KM
- ✓ Bilbao: 387 KM



Figura 1. Localización del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

El acceso al Balneario se puede realizar por carretera, se encuentra a 3 km de Calatayud y tiene una situación estratégica pues es el Balneario de Aragón que está mejor comunicado con Madrid, Barcelona, Levante y Norte de España. La distancia del Balneario a Zaragoza es de 85 km, a Madrid de 235 km, a Barcelona de 394 km, a Valencia de 278 km, a Pamplona de 212 km y a Bilbao de 387 km. En tren AVE desde Zaragoza, Madrid y Barcelona hasta Calatayud con recogida gratuita por parte del Balneario previo aviso de llegada de los bañistas. La empresa Aragón Tours conecta Zaragoza con Calatayud en autobús. A su vez, la empresa ALSA realiza el trayecto desde Bilbao y Valencia a Zaragoza, y CONDA desde Pamplona a Zaragoza. Asimismo, el desplazamiento puede realizarse a Zaragoza mediante avión para conectar posteriormente en tren o autobús a Calatayud.

2. LA LOCALIDAD DE PARACUELLOS DE JILOCA

Se encuentra situada en la margen derecha del río Jiloca. Su escudo fue adoptado en virtud del Decreto 333/2003, de 16 de diciembre, del Gobierno de Aragón, es cuadrilongo de base circular. De plata, tres fajas ondeadas, de azur; y

resaltado de un escudete con el Señal Real de Aragón. Al timbre, Corona Real abierta (2) (Figura 2).



Figura 2. Escudo de la localidad de Paracuellos de Jiloca.

El casco urbano de Paracuellos de Jiloca se agrupa en torno al castillo de Xiloca, de origen musulmán; y en uno de cuyos ángulos se construyó la iglesia parroquial de San Miguel, de ladrillo y mampostería, con su torre campanario, de planta cuadrada y en su parte superior de forma octogonal, provista de la típica lonja aragonesa.

Existe una ermita, dedicada a Santa María, de estilo barroco; construida en ladrillo y tapial.

Se conserva un puente romano sobre el río Jiloca cerca de la confluencia con el río Jalón.

Las fiestas de la población se celebran el 13 de junio, por san Antonio, fecha en la que se celebra una subasta de animales en la plaza del pueblo, y sus Fiestas Mayores que tienen lugar entre el 9 y el 13 de diciembre están dedicadas en honor de las santas Eulalia y Lucía.

El número de sus habitantes alcanza hoy en día el de 600, habiendo descendido a la mitad desde el año 1960; y están dedicados principalmente a la agricultura, predominando el cultivo de cereales y frutales, así como la agricultura ecológica; y a la ganadería bovina y ovina (3). Desde el año 1986, por ser considerada esta localidad como una zona desfavorecida, sus agricultores se han podido acoger a ayudas

comunitarias por acuerdo del Consejo de Ministros de Agricultura de la Comunidad Económica Europea (4).

3. EL ENTORNO

El Centro Termal Paracuellos de Jiloca se encuentra situado en la Comarca de Calatayud que es de gran importancia en Aragón y fue una zona de duros combates durante la Guerra de la Independencia.

3.1. La Comarca de Calatayud

Es la comarca aragonesa que más municipios incluye, un total de 68 entre los cuales hay que distinguir aquellos más próximos al Balneario así como también por su mayor densidad de población como son: Calatayud con 21717 habitantes; Ateca con 2151 habitantes; Ariza con 1279 habitantes y Maluenda con 1094 habitantes.

La comarca destaca paisajísticamente por la frondosidad de sus bosques de pinos, encinas, robles, alcornoques y extensos sabinares; por sus impresionantes zonas esteparias donde el agua y el viento han formado caprichosas formas geológicas, por su abundante y variada flora destacando raras orquídeas; por su variada fauna en sus sierras constituida tanto por grandes mamíferos: ciervo, jabalí, corzo y cabra montés; como por pequeños mamíferos: jineta y gato montés; por sus aves rapaces: águila perdicera en peligro de extinción, alondra de Dupont, buitre leonado, águila real, búho real y alimoche. Y también por la fauna de sus ríos: nutria, trucha y cangrejo.

El pasto de las tierras de la comarca alimenta al ganado bovino y ovino confiriendo a sus carnes una calidad inmejorable sobresaliendo el ternasco. Y de sus fértiles tierras se obtienen exquisitos productos hortofrutícolas, destacando verduras como la borraja y frutas como los melocotones, los albaricoques y las cerezas.

Entre los **personajes ilustres** nacidos en la comarca hay que destacar:

- Marco Valerio Marcial (Bubierca ? - Calatayud 104) En el año 64 después de Cristo marchó a Roma para terminar sus estudios jurídicos con la protección de Séneca, el suicidio de éste le sumió en la pobreza. Se ganó la amistad de los mayores escritores de su época y el favor de los emperadores Tito y Domiciano. Retornó en el año 98 a España y a la vida rural en una propiedad campestre en *Bilbilis*, que era uno de sus grandes sueños, para pasar su vejez. Fue uno de los mejores poetas de su tiempo, escribió numerosos poemas, de estilo *epigrama*, que tienen un gran valor documental porque aportan información sobre la sociedad romana de la época y en los que hace gala de un ingenio agudísimo. En el cuadro renacentista *Retrato de Giovanna Tornabuoni* (1488) de Domenico Ghirlandaio, se puede leer uno de sus

epigramas en el fondo de la escena que dice: *Ars utinam mores animumque effingere posses pulchrior in terris nulla tabella foret, es decir, "Arte, ojalá pudieras plasmar la conducta y el espíritu, no habría en la tierra pintura más hermosa"*.

- San Pascual Bailón Yubero (Torrehermosa 1540-Villarreal, Valencia 1592). Asceta y místico que profesó en la Orden franciscana en 1565 en Orito (Alicante) donde tuvo una visión de Jesucristo en la Eucaristía. La tradición afirma que muchas veces cuando oraba experimentaba tal alegría que se ponía a bailar y de ahí derivó su apodo "Bailón"; y también que, tras su muerte, en la Misa de Réquiem y en el momento de la consagración, sus ojos se abrieron para adorar al Santísimo Sacramento. Se le atribuyen muchos milagros como la multiplicación del pan destinado a los pobres y la curación de muchos enfermos. Fue beatificado por el papa Paulo V en 1618, canonizado por el papa Alejandro VIII en 1690 y declarado Patrono de las Asociaciones y Congresos Eucarísticos por el papa León XIII en 1897. Es venerado en muchos lugares de la comarca de Calatayud y de la provincia de Valencia.

- Baltasar Gracián y Morales (Belmonte de Gracián 1601-Tarazona 1658). Jesuita que cultivó en sus escritos el conceptismo. Entre sus obras destacan aquellas en las que delinea al hombre perfecto: *El Héroe* (1637) en la que se describen las cualidades del hombre de excepción, *El Político* (1640) en la que expone, como ejemplo, las dotes y virtudes del rey Fernando el Católico; *El Discreto* (1646) como manual de conducta del hombre en la sociedad: discreto e inteligente; *El Oráculo manual y arte de la prudencia* (1647) en la que expone las reglas para la aplicación práctica de la prudencia en la vida del hombre en un mundo conflictivo; y *El Criticón* (1651, 1653, 1657) que constituye una alegoría de la vida humana (Figura 3).

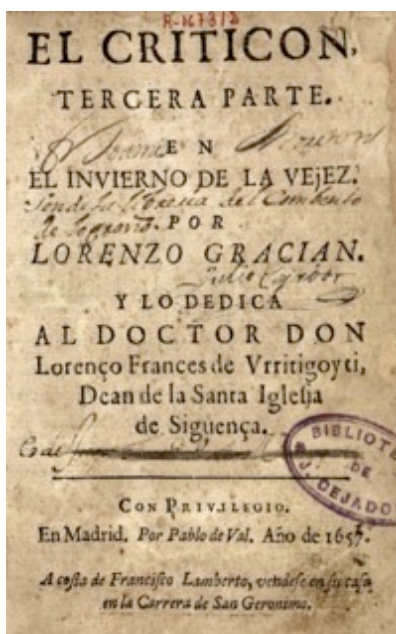


Figura 3. Portada de *El criticón*, de Baltasar Gracián.

- Joaquín Dicenta Benedicto (Calatayud 1862-Alicante 1917). Dramaturgo del neorromanticismo. Sus obras más importantes fueron: *Juan José*, un melodrama sobre los celos que se estrenó en Madrid en 1895 en el Teatro de la Comedia; y *Aurora*, un drama social revolucionario y progresista que se estrenó en 1902 en el Teatro de Cataluña. A él y a Roberto Chapí se debe en 1899 la fundación de la Sociedad de Autores, precursora de la Sociedad General de Autores y Editores establecida en 1897.

3.1.1. Patrimonio arqueológico

Entre los yacimientos arqueológicos hay que destacar el celtibérico, situado en el cerro de Valdeherrera, declarado Bien de Interés Cultural en 18-11-2008, cuyos objetos se exponen en el Museo Municipal de Calatayud; y el de la gran ciudad romana *Augusta Bilbilis* que consta de foro teatro, termas y viviendas y se encontró en los cerros Bámbola, San Paterno y Santa Bárbara, a 5 km de Calatayud, en el término de Huérmeda; y que fue declarado Monumento Histórico-Artístico Nacional en 03-06-1931, algunos objetos de esta antigua ciudad se encuentran depositados en el Museo Provincial de Zaragoza.

Otros yacimientos celtibéricos son los de Carcamas en Ateca, ubicados en el paraje de Las Balsas y en el de La Mora Encantada; así como los de la ciudad celtíbera de *Arcóbriga*, situado en el cerro Villar de Monreal de Ariza y la necrópolis de Vallunquer, sito en el cerro San Pedro de Monreal de Ariza cuyos objetos se encuentran depositados en el Museo Arqueológico Nacional.

3.1.2. Patrimonio arquitectónico

Calatayud fue una importante población musulmana, de nombre Qal'al Ayubb, levantada en el 76 y que, tras la Reconquista, en 1120 daría lugar a la Calatayud cristiana. En su casco antiguo, declarado Conjunto Histórico Artístico en 02-02-1967, se encuentran indicios de la presencia de las tres culturas: árabe, judía y cristiana. A los pies del castillo se conserva el barrio de la morería y también se conserva la judería, que mantiene las fachadas de sus sinagogas, y que es la más importante del Reino de Aragón.

El conjunto fortificado islámico es el más antiguo que se conserva en la Península Ibérica por lo que se le declaró Bien de Interés Cultural en 13-03-2007.

El arte mudéjar, fruto de la convivencia de las tres culturas en esta población, imprime carácter a la localidad en sus edificios religiosos habiendo sido levantados algunos sobre antiguas mezquitas como es el caso de la iglesia San Pedro de los Francos, de estilo gótico-mudéjar, con tres naves y tres ábsides, donde en 1461 se celebraron las Cortes donde juraron príncipe heredero al que sería más tarde

Fernando *El Católico*; fue declarada Monumento Histórico-Artístico en 04-08-1875. También la Colegiata de Santa María la Mayor, con su torre campanario altísima, de 68 m de altura, declarada Monumento Histórico Artístico en 14-06-1884; y la iglesia de San Andrés, con tres naves y con torre octogonal, declarada Bien de Interés Cultural en 31-03-1966.

Otros edificios religiosos de esta localidad son importantes como la Colegiata del Santo Sepulcro, del siglo XVI, dedicada a la Pasión, Muerte y Resurrección de Jesucristo, que es la casa matriz de los Caballeros del Santo Sepulcro. La iglesia de San Juan el Real, uno de los mejores ejemplos del barroco, fue levantada en el siglo XVII por la Compañía de Jesús. Las pechinas que sujetan la linterna de su cúpula están decoradas con lienzos de Francisco de Goya y representan a los cuatro Padres de la Iglesia occidental.

Ateca tiene un ejemplo de arquitectura militar en su castillo medieval que se levanta en la parte más elevada de la población y que fue declarado Monumento Histórico Artístico en 22-04-1949 y que, tras ser rehabilitado, fue convertido en hospedería.

En la arquitectura civil destaca la Casa Consistorial por ser un edificio renacentista aragonés de gran belleza pues tiene tres cuerpos, el inferior de piedra con arcos de medio punto y el superior con pilastras toscanas y galería.

En la arquitectura religiosa es digna de mención la iglesia de Santa María, edificada sobre la antigua mezquita, de estilo mudéjar que fue declarada Monumento Histórico Artístico en 12-01-1983.

Ariza conserva un imponente castillo árabe y su recinto amurallado con tres puertas de acceso, una calzada romana, el puente del siglo XV sobre el río Jalón, la iglesia de San Pedro del siglo XVII, con su torre cuadrada de techumbre plana; y el palacio de la familia Palafox, Marqueses de Ariza; del siglo XVIII de estilo aragonés, de tres plantas que se rematan en un sencillo alero.

Maluenda tiene en arquitectura militar un castillo que es una auténtica fortaleza musulmana de tapial, llamada *Molonda*, que consta de un recinto amurallado con dos torreones rectangulares conservándose la Torre albarrana del siglo X-XI que está rematada con una galería. Se encuentra en ruinas y fue declarado Monumento Histórico Artístico en 22-04-1949.

En arquitectura religiosa cuenta con dos iglesias: Santas Justa y Rufina, de estilo mudéjar, levantada sobre una mezquita; y la parroquial de la Asunción, del siglo XV, con torre alminar del siglo X-XI de influencia andalusí y con una sola nave con ábside heptagonal; que fueron declaradas Monumento Histórico Artístico respectivamente en 03-06-1931 y 18-09-2001.

En la localidad hay un Convento carmelitano, fundado en 1648, de estilo aragonés con templo barroco (5).

3.1.3. Patrimonio Natural

En esta comarca son de gran importancia los espacios protegidos que forman parte de la *Red Natura 2000*. Su riqueza hidrológica da lugar a rincones naturales y paisajísticos magníficos que permiten la práctica de diferentes deportes: golf, tenis, pádel, natación, patinaje, atletismo, navegación en canoa, rutas de *quad*, ciclismo, motocross, paseos a caballo, marchas por jardines y la pesca en cotos de caza y pesca.

En la comarca de Calatayud destacan sus tres Balnearios, cuya tradición se remonta a la época del Imperio Romano y que hoy están convertidos en modernos Centros Termales de gran *confort*: dos de ellos el de Alhama de Aragón y el de Jaraba ya fueron estudiados por esta Comisión en 1983 y 2004 respectivamente mientras que hoy estamos abordando el de Paracuellos de Jiloca.

El **Río Jalón** nace en la Sierra Ministra en el término de Esteras de Medinaceli (Soria), es el principal afluente del Ebro y recibe en su curso medio y en la margen derecha a los ríos Piedra y Jiloca. Discurre en territorio aragonés con meandros encajados por lo que abundan en su recorrido los molinos y almazaras, en particular hoy en día los molinos de salitre para la fabricación de la pólvora, e instalaciones hidroeléctricas. Entre la fauna de su curso hay abundantes barbos.

El **Río Jiloca** nace en el paraje "Ojos del Jiloca" en Monreal del Campo (Teruel), a los pies de la sierra de Albarracín. Desemboca en el río Jalón a la altura de Calatayud. Entre la fauna de su curso hay abundancia de nutrias y barbos.

El **Río Piedra** nace en Rueda de la Sierra (Guadalajara) y desemboca en Ateca en el curso medio del río Jalón. En sus aguas hay abundancia de truchas y a él se deben las manifestaciones geológicas e hidrológicas del **Parque Natural del Monasterio de Piedra** que se esconde en las sierras escarpadas del sistema ibérico, dentro del término municipal de Nuévalos. Este Parque Natural agrupa un entorno paisajístico único en el que se pueden contemplar cascadas y saltos de agua espectaculares como la *Cola de Caballo*, un salto de agua de 90 metros de altura; lagos como *El Lago del Espejo*, de aguas cristalinas, además de una gran biodiversidad de fauna y flora. Este Parque fue catalogado como Paraje Pintoresco Nacional el 28-12-1945; como Monumento Nacional en 16-02-1983, hoy Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento, y en 2010 como Conjunto de Interés Cultural con categoría de Jardín Histórico. Ha obtenido en 2011 la Medalla al Mérito Turístico concedida por el Gobierno de Aragón.

3.1.4. Patrimonio Cultural

En la Comarca de Calatayud se cuenta con un gran patrimonio cultural tanto museístico como de cultura popular.

En el aspecto museístico destacan en **Calatayud** el Museo municipal cuyo Palacio de la Comunidad está dedicado a la civilización celtíbera y a la ciudad romana *Augusta Bilbilis*; el Museo de la iglesia parroquial de San Juan el Real que conserva en su sacristía mobiliario taraceteado de nogal de estilo barroco del siglo XVII y en su Sala Capitular reliquias y pinturas de los siglos XVII y XVIII; el Museo de la Colegiata de Santa María, inaugurado en 2006, entre cuya colección de pintura destaca el lienzo, pintado en 1759, por Francisco Bayeu, que representa a la Inmaculada Concepción con las alegorías de la Sabiduría, la Matemática y la Arquitectura; el Museo de la Semana Santa Bilbilitana y el Museo en el Mesón de la Dolores, situado en el palacio del siglo XV del marqués de Ayerbe, hoy convertido en Hospedería; en cuya bodega se muestran objetos relacionados con antiguos oficios y fotografías antiguas que recuerdan el tiempo en que se desarrolló la vida azarosa de Dolores Peinador Nervión, nacida en la localidad en 1819.

En **Ariza** existe un Museo de Etnología, que es propiedad particular de Jesús Rúperez Mendoza, donde se exponen herramientas antiguas de labranza, imágenes de santos, cerámica aragonesa, gran número de relojes y radios antiguas.

El **Monasterio de Piedra** constituye hoy en día un destino turístico de primer orden. La fundación del monasterio se debe a Alfonso II de Aragón y su esposa Sancha de Castilla quienes donaron en 1186 a los monjes de Poblet el castillo de Piedra para que fundaran un convento cisterciense, orden ratificada en 1195. Se inició la construcción del mismo en 1203, en estilo gótico, y fue consagrado en 1218. Tras la desamortización de Mendizábal, Pablo Muntadas Company adquirió el monasterio y su hijo Juan Federico en 1844 transformó la huerta en un jardín y las dependencias conventuales en una instalación hotelera e hidroterápica añadiendo la construcción de una piscifactoría en 1867, que fue pionera en España, naturalizando en sus aguas la trucha común y el cangrejo ibérico. Alberga el Monasterio dos Museos uno está dedicado al **Vino** de Denominación de Origen de Borja, Calatayud y Cariñena y otro dedicado al **Chocolate**. Hay que tener en cuenta que fue en este lugar donde primeramente se elaboró el chocolate en Europa. Fue un monje aragonés, Fray Jerónimo Aguilar, quien se embarcó con la expedición de Núñez de Balboa y, habiendo naufragado el barco, las corrientes le llevaron hasta Yucatán. Rescatado por Hernán Cortés, Aguilar envió unos granos de cacao y la receta para elaborar el chocolate a Fray Antonio de Alvarado, abad del Monasterio de Piedra donde los monjes cistercienses prepararon la primera taza de chocolate. En la segunda mitad del siglo XIX se comercializó industrialmente el chocolate en forma de "Huesitos" en la villa de

Ateca por Chocolates Hueso, empresa creada por Francisco Hueso, que llegó a ser proveedora de la Casa Real en 1900. Esta industria, tras varios cambios de propiedad, desde 2013 pertenece a Chocolates Valor. Tanto en Calatayud como en Zaragoza se comercializan desde mediados del siglo XIX las famosas frutas confitadas bañadas de chocolate, así como el cacao para confeccionar el chocolate a la taza que son de consumo tradicional en Aragón (6).

4. EL BALNEARIO

Las aguas mineromedicinales del Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca son conocidas desde la más remota antigüedad pues ya en época romana se establecieron unas termas en ese lugar, aunque posteriormente cayeron en el olvido. También se dice que los lugareños habían observado que muchos animales enfermos curaban de sus dolencias cuando se bañaban en las charcas formadas por las aguas del manantial, motivo por el que comenzaron a hacer uso para las personas aquejadas de escrófula y herpetismo (7).



Figura 4. Portada de la obra de Martínez del Villar.

Miguel Martínez del Villar, doctor en Derecho y Asesor del Santo Oficio en Calatayud, en su obra *Tratado del Patronado, Antigüedades, Gobierno y Varones Ilustres de la Ciudad, y Comunidad de Calatayud, y su Arcedianado* (1598) hace la siguiente referencia: "oy se van descubriendo admirables efectos de una fuente extraordinaria, en olor, color, y gusto que nace en Paracuellos de Xiloca (...) Y assí bebida cura las enfermedades de pecho y opilaciones" (8) (Figura 4). Alfonso Limón Montero en su

obra *Espejo cristalino de las aguas de España* (1697) es el primero que hace mención de las virtudes medicinales de estas aguas, gracias a las noticias que le procuró José Fernández, médico de Calatayud, que las aconsejaba para combatir estreñimiento, asma, hidropesía, opilaciones de hígado, bazo y matriz; así como para combatir la esterilidad de la mujer, para curar afecciones urinarias, gota y patologías cutáneas. También fue Limón Montero el primero que efectuó un análisis, partiendo de un residuo seco de una muestra de las aguas, que le remitió aquel médico, poniendo de manifiesto la presencia de azufre (9).

Pascual Madoz en su *Diccionario* (1848) señala que al Norte de Paracuellos de Jiloca existía una mina "cuyas aguas contienen el hidrógeno sulfurado" que eran provechosas, administradas tanto oralmente como aplicadas exteriormente, para curar diversas enfermedades "y en especial para las cutáneas é intermitentes" (10).

Pedro María Rubio en su *Tratado de las Fuentes minerales de España* (1855) comenta que estas aguas fueron analizadas en el Real Laboratorio Químico de Madrid en 1788 por el farmacéutico Pedro Gutiérrez Bueno pero el resultado del mismo no fue publicado (11).

Simón Moncín, médico Director del Balneario, analizó las aguas en 1850 hallando en ellas gas sulfhídrico clasificándolas como sulfurosas cálcicas. Anastasio García López en 1869 las clasificaba en la 8ª clase como Sulfuradas (12). Desde 1876 en que los ingenieros industriales Constantino Sáez Montoya y Luis María Utor Suárez, ambos profesores en la Escuela de Comercio, Artes y Oficios de Madrid, realizaron la determinación analítica de estas aguas y las consideraron sulfuradas cálcicas. En 1885 las aguas fueron analizadas por Manuel Millaruelo Pano, médico Director del Balneario, y en 1886 por el farmacéutico Gabriel de la Puerta Ródenas y Magaña, a instancias de Ildefonso Otón Parreño, médico Director del Balneario, clasificándolas como clorurado sódicas sulfurosas, variedad magnesiana (13). En 1914 José Muñoz del Castillo, Catedrático de Mecánica química en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid calificó estas aguas como radiactivas.

En el *Vademécum de aguas mineromedicinales españolas* de 2003 estas aguas se incluían por su composición entre las cloruradas, sulfatadas, sódicas y sulfuradas (14).

Las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca han recibido diversas distinciones por la extraordinaria calidad y valor terapéutico así en la Exposición Universal de París (1867) con Medalla de plata, en la Exposición de Minería de Madrid (1883) con Medalla de plata, en la Exposición Universal de Barcelona (1888) con Medalla al mérito, en el Concurso Internacional de la Sociedad Científica Europea de Madrid (1890) con Medalla de oro y en la Exposición Hispano-Francesa de Zaragoza (1908) recibió el Gran Premio.

Ya en el año 2003 la Comunidad Autónoma de Aragón reconoció el carácter específico de las Aguas mineromedicinales de los Balnearios en el artículo 50 de la Ley 6/2003, de 27 de febrero, de Turismo de Aragón (15), hoy derogado, y en la actualidad el Decreto Legislativo 1/2013, de 2 de abril, del Gobierno de Aragón, en su artículo 52, punto 1, se definen los balnearios de la región como "los complejos turísticos que, contando con instalaciones de alojamiento hotelero y con un manantial de aguas mineromedicinales declaradas de utilidad pública utilizan estos y otros medios físicos naturales con fines terapéuticos de reposo o similares. En el punto 3 de este mismo artículo se dispone que "los balnearios que utilicen aguas minero-medicinales o termales con fines terapéuticos tendrán la consideración de centros sanitarios añadida a la de complejos turísticos" (16).

En el año 2006 el Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca ha sido distinguido con la Medalla Basilio Paraíso, como empresa centenaria de Aragón, por la Fundación Basilio Paraíso de la Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza y su Hotel en el año 2009 con la Q de Calidad Turística otorgada por el Instituto de Calidad Turística Española.

4.1. Los Manantiales, propietarios y Declaración de Utilidad Pública

Carlos III había concedido al Hospicio de Calatayud el arbitrio de las aguas perdidas de Paracuellos de Jiloca el cual las retuvo en propiedad sin utilizarlas. En 1844, por testamento de Juan Herrero, la era donde nacían estas aguas pasaron a Felipe García Serrano. Se originó un pleito por la propiedad de las aguas entre el Hospicio y Felipe García Serrano que se resolvió en 1848 a favor de Felipe García Serrano quien en este año levanta un modesto Balneario junto al manantial, edificio que se conocerá con el nombre de **Baños Viejos**. El Ayuntamiento de Calatayud, en 30 de julio de 1850, notificaba en la *Gaceta de Madrid* que este Balneario "se encuentra baldío en cuanto a su estudio químico y farmacéutico" por lo que era necesario que "el Consejo y Junta de Sanidad del reino tomase a su cargo el estudio y examen analítico de dichas aguas (...) la medicina farmacéutica propinará con seguridad y confianza la cantidad y tiempo en que debiera usarse este fenómeno medicinal, manantial fecundo de la salud" (17).

Este Balneario, en virtud de las *Reglas por las que provisionalmente habían de regirse los establecimientos de aguas minerales* de 15 de marzo de 1869 (18), obtuvo la declaración de utilidad pública de sus aguas en 31 de marzo de 1869 (19).

En 1874 Jaime Cortadellas compró una era donde alumbró un nuevo manantial por lo que concibió la idea de levantar un establecimiento balneario muy lujoso e inicia las obras de lo que serán los **Baños Nuevos** cuyas aguas obtendrían la declaración de utilidad pública en 13 de julio de 1876. A consecuencia de las obras llevadas a cabo en los Baños Nuevos, los Baños Viejos quedaron sin agua y su

propietario inició un pleito contencioso-administrativo en 8 de octubre de 1875 intentando que se demoliera el edificio de los Baños Nuevos, resultando que el Gobernador de Zaragoza, dado que el caudal de ambos Baños era el mismo, dispuso en 6 de noviembre de 1875 que se apreciaran los perjuicios ocasionados a Felipe García Serrano en lo cual se reafirmó la sentencia del contencioso-administrativo por Real Decreto de 28 de octubre de 1878 (20) y se finalizó el problema repartiendo el agua entre los dos Balnearios que compitieron hasta su unificación. En 1892 eran Administradores Mariano García Serrano y Jaime Cortadellas, mientras que en 1893 y 1894 figuraban como tal Joaquina Melendo, viuda del hijo de Felipe García Serrano, y Jaime Cortadellas. En 1899 Felipe García-Serrano adquirió el Balneario de Jaime Cortadellas quedando como único propietario y transformándose el Balneario de Paracuellos de Jiloca como uno de los más populares y prestigiosos de España, reservándose los Baños Viejos para los bañistas más modestos (21).

En 1928 se reconoció el Balneario de Paracuellos de Jiloca, a efectos de la asistencia médica, por contar con Médicos del Cuerpo de Baños en la Dirección del mismo (22).

Los Baños Nuevos durante la Guerra Civil se transformaron en Hospital y, debido a un accidente fortuito, se destruyeron totalmente a causa de un incendio con lo cual se inició un periodo de decadencia.

Felipe García-Serrano, nieto del fundador Felipe García Serrano, murió en 1959 y dejó en su testamento el Balneario, en comunidad de propietarios, a su sobrino Eduardo de Gregorio García-Serrano; al Director del Gran Hotel, Félix Serraque; a sus primos Vicente y María Melendo; a la Gobernanta del Balneario, D^a Josefina Duce Grimal, y al Administrador del Balneario, José Manuel Acero; este último lo siguió llevando hasta 1979 año en que lo compraron D.^a Presentación y D. Joaquín Soria Navarro. En la actualidad el Administrador es D. Ramiro Pérez Monteagudo y el Gerente su hijo, D. Ramiro Pérez Soria.

En 1996 se llevaron a cabo una serie de reformas en una primera fase y en 2006 en una segunda fase dejando el Balneario completamente rehabilitado, con un Hotel de tres estrellas muy cómodo y manteniendo el mobiliario del siglo XIX. En 2008, coincidiendo con la Expo de 2008, dedicada al agua; se inauguraron unas nuevas zonas ajardinadas con 2500 m² de superficie y en 2014 se ha desarrollado un *Parque Termal*, en una finca del propio Balneario, de 100.000 m² con numerosas zonas naturales, deportivas y de ocio entre las que destacan: dos lagos naturales, uno de ellos habilitado para baño en los meses de verano; 40.000 m² de jardines; 3 km de paseos, pista de pádel, parque infantil, petancas, aparcamiento, terrazas y zonas de lectura, huerto y frutales ecológicos, etc.

4.2. Indicaciones

La temporada oficial comprendía en los primeros años de 15 de junio a 15 de septiembre. Los bañistas que acudían a los **Baños Viejos** eran tratados de las enfermedades de la piel: psoriasis, herpetismo, escrofulismo, úlceras en diferentes partes del cuerpo, padecimientos del sistema nervioso, clorosis, enfermedades del aparato genito-urinario. En 1860 se recomendaba tomar los baños en un periodo de 9 días, atendiendo al régimen dietético de los enfermos y repitiendo el novenario en diferentes años. Gregorio Guedea, médico Director, recomendaba estancias de 12 días debiéndose tomar las aguas diariamente, en bebida, en ayunas; y los baños, bien generales o parciales, durante 20 o 30 minutos en el primer caso ó de 12 a 20 minutos en el segundo. Y si fuera necesario se deberían repetir las estancias posteriormente.

El médico Director Juan Detrell, llamaba la atención, en 1870, sobre el hecho de que no existiera "un verdadero análisis" de estas aguas debido a que el propietario no miraba al Balneario "con el interés debido para que prospere" y también aludía al hecho de que el agua de los baños había que calentarla, ya que salía fría del manantial, con lo que los gases se evaporaban "en perjuicio de los enfermos y del crédito del establecimiento "(24).

En los **Baños Nuevos** las aguas tenían la misma composición y las mismas propiedades que las aguas de los Baños Viejos y por tanto se usaban para la curación de todas las enfermedades de la piel, la escrófula, el herpetismo, las dispepsias, gastralgias, infartos de hígado y bazo y estreñimientos rebeldes. Se usaban en bebida en cantidad de 1 a 3 vasos de cuarto de litro, en ayunas, que se administraban en dosis pequeñas y progresivas; mientras que para los baños se seguía el tradicional novenario. Las botellas de agua del manantial se vendían en 1882 al precio de 40 reales la docena pudiendo adquirirse en el propio establecimiento balneario, en Madrid en el domicilio del propietario, Jaime Cortadellas, sito en Madrid en la calle Caballero de Gracia nº 21; y en Zaragoza en la Farmacia Ríos y hermanos, situada en la calle Coso nº 33 (25).

En 1931, ya unificadas las aguas en un mismo propietario, se recomendaban en bebida, en pequeñas dosis, y siempre bajo la vigilancia del médico Director, como eupépticas, hematógenas y purgantes; y en baño para todas las dermatosis, en linfatismo, escrofulismo, herpetismo y artritis, en afecciones sifilíticas, en patologías catarrales respiratorias y del aparato genital de la mujer.

La tarifa de baños comprendía: Uso del agua medicinal por cada prescripción: 5 pesetas, baño general de primera clase: 2,25 pesetas; baño de brazo o pierna: 1,10 pesetas; baño de asiento con irrigaciones: 2,20 pesetas; ducha circular: 2,75 pesetas; ducha de lluvia: 2,20 pesetas; inhalación: 2,50 pesetas; lodos: 5 pesetas.

Las aguas de bebida se vendían embotelladas en caja de 25 botellas al precio de 25 pesetas y la caja de 12 botellas al de 12 pesetas (26).

4.3. Instalaciones

En los **Baños Viejos**, se construyeron en 1848 tres pilas y el bañero se ocupaba del manantial, de atender a los bañistas, así como de la limpieza de los baños. Se hicieron reformas en 1851, 1852 y en 1859, siguiendo las indicaciones del médico Director, Felipe García Serrano, que se ocupó personalmente de servir la Fonda y en las habitaciones sustituyó los catres de madera por camas de hierro. En 1860 se abrió la capilla al culto y en 1863 se iniciaron unas obras para levantar un nuevo edificio con destino a Casa-Fonda que se estrenó en 1864. En el edificio antiguo se hallaba la fuente de bebida en el piso bajo, así como los baños que constaban de 8 cuartos con 9 pilas, 7 eran de piedra arenisca y 2 de azulejos, todas con doble juego de grifos para agua fría y caliente. En el piso principal había 12 habitaciones, en el segundo estaba la cocina y el comedor de segunda clase para 35 ó 40 personas y en el tercero unas habitaciones destinadas al propietario y dependientes. El edificio nuevo de tres pisos era más amplio y estaba destinado a los bañistas de clase acomodada, en la planta baja se encontraba el comedor, con cabida para 50-60 personas, en el segundo cinco habitaciones y en el tercero un salón de recreo con piano, oratorio y habitaciones (27, 28). A pesar de estas reformas, el médico Director, Gregorio Guedea continuaba reclamando mejoras en el sentido de aumentar los Baños (29) y en 1867 se mejoraron los aparatos hidroterápicos y se incrementó el arbolado en los paseos ajardinados instalándose los Baños en una elegante rotonda situada entre el edificio antiguo y el moderno. Juan Detrell describe el edificio balneoterápico como de figura cuadrangular, con 36 balcones en la fachada, con dos pisos y en el último se situaban las buhardillas destinadas a los bañistas de pocos recursos económicos (30).

Jaime Cortadellas levantó en 1874 el edificio de los **Baños Nuevos**, que era un establecimiento moderno para la época, en forma de paralelogramo que destacaba por su grandeza y elegancia", muy lujoso, en cuyas habitaciones, situadas en el piso primero y principal, con vistas a la vega; estaban amuebladas con camas de hierro, colchón de muelles, sillas de rejilla, balancín, cómoda y buenos lavabos. En el piso primero y principal se encontraban los comedores de primera y segunda clase. La Fonda estaba provista por el propietario y contaba con cocineros y reposteros de Madrid que tenían la cocina y despensas en el piso bajo. La Fuente para beber el agua estaba situada en una gruta en el piso bajo constituyendo una auténtica sala de inhalación. La galería de Baños constaba de 17 gabinetes para Baños, pavimentados con baldosa blanca, con pilas de mármol blanco con retrete, mesita, tocador de mármol con su espejo y colgador; y cuatro gabinetes para Hidroterapia con aparatos para chorros, baño circular, de asiento, de inmersión y pulverizaciones. El

establecimiento contaba con mesa de billar, gabinete de lectura, salón de tertulia y baile, carruajes de lujo para hacer excursiones y capilla con capellán, bajo la advocación de la Virgen del Pilar. En otro edificio, independiente, los bañistas con menos recursos económicos disponían de habitación, servicio de cama, mesa y cocina (31)

En 1893, aunque era necesaria una reforma en la instalación hidroterápica de los **Baños Viejos**, no se intervino mientras que sí se llevó a cabo en los **Baños Nuevos** tan solo en las habitaciones del tercer piso, ya que la parte de los Baños era completa, incluyéndose en aquellas: menaje de cocina, camas con colchón de muelles, sillas, mesa, espejo y objetos de aseo (32).

En 1919 se anunciaban en ABC de Madrid las Aguas de Paracuellos de Jiloca como laxantes, depurativas y antiherpéticas, de venta en las principales farmacias, de las cuales se daban informes en la carrera de San Jerónimo 53, entresuelo (33). En 1924 se anunciaban en este periódico las Aguas y Baños de Paracuellos de Jiloca notificando que se arrendaban las cocinas de sus hoteles y que los interesados se pusieran en contacto con el Administrador hasta el día primero de marzo (34). En 1928 se incluía en este diario una esquila conmemorativa del segundo aniversario del fallecimiento de la señorita María-Vicenta García-Serrano Gaspar, hija de Felipe García-Serrano, que había fallecido el 24 de junio de 1926 en Paracuellos de Jiloca a la edad de once años, las misas en su memoria se celebrarían el día 25 tanto en la capilla del Balneario como en las parroquias del Santo Sepulcro, Santa María, San Andrés y San Juan de Calatayud y en la parroquia de San Miguel de Bubierca (35) (Figura 5).



Figura 5. Balneario de Paracuellos de Jiloca a comienzos del siglo XX.

Las mejoras en los establecimientos balnearios fueron continuas y en 1931 se describen estas en los dos establecimientos balnearios. En el edificio antiguo de los **Baños Viejos** se encontraba un gran vestíbulo donde se reunían los bañistas por la mañana, un comedor, un saloncito que comunicaba con la Administración y con la gruta donde estaba la fuente, con 4 surtidores, destinada a la bebida. A través de dos galerías se accedía a los Baños, que utilizaban el agua medicinal de veneros distintos

del de la fuente; la "vieja" daba a un saloncito, que a su vez daba acceso a 8 gabinetes de baño con piedra caliza de Alhama y de mármol; mientras la "nueva" comprendía cuartos de baño con pila de mármol y retrete, así como cuatro gabinetes de hidroterapia con duchas y pulverizaciones. Las habitaciones para hospedaje estaban situadas en los tres pisos del edificio antiguo pudiendo albergar a 120 personas. En el edificio nuevo se encontraban la capilla, que estaba bajo la advocación de la Virgen del Pilar, un gran salón de recreo y un saloncito que servía de gabinete de lectura.

En los **Baños Nuevos**, un edificio de tres pisos como se ha comentado anteriormente, un amplio portal daba acceso a la Dirección Médica y a la Administración. En el piso bajo se encontraba emplazada la gruta con la fuente destinada al agua de bebida, la inhalación y el acceso al jardín, la capilla, el gran comedor, un salón de reuniones, billar, mientras que en el sótano se encontraban las cocinas, despensas y reposterías. Todas las habitaciones, distribuidas en los tres pisos, estaban destinadas a los bañistas de primera categoría, disponían de camas inglesas con colchón de muelles, mobiliario elegante compuesto de sillas de rejilla, balancín, cómoda, lavabo y algunas con armarios de luna. En la parte central del edificio unos amplios y ventilados claustros servían de solaz y esparcimiento a los bañistas y en el piso principal había dos pabellones, lujosamente decorados, con sala de recepción para las familias que desearan mayor comodidad.

Tanto los Baños Viejos como lo Baños Nuevos contaban con salones de baile y conciertos, así como con espaciosa zona ajardinada poblada de "álamos, olmos, chopos, acacias, árboles frutales y flores" (36).

En el ABC de Madrid en el año 1963 se anunciaba, entre otros balnearios el de Paracuellos de Jiloca con indicación para aparato digestivo, nutrición y piel, aparato circulatorio y respiratorio así como para reumatismo a fin de que los bañistas disfrutaran de un ¡Veraneo feliz y juventud todo el año! (37).

Hoy día, tras muchas reformas, realizadas en el siglo XX y XXI el Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca no sólo ha mantenido su carácter clásico en su arquitectura, sino que ha incorporado en sus equipamientos hidroterápicos las más actuales técnicas integrando un circuito termal que incluye siete terapias termales: piscina termal activa, pediluvios, sauna nebulinizada, baño de vapor, piscinas de contraste, duchas y tepidarium. Además, ofrece una amplia variedad de tratamientos individuales: inhalaciones, masajes, tratamientos de belleza tanto faciales como corporales. En su Hotel de tres estrellas, climatizado, con ascensores, se disfruta de la comodidad respetando todo el sabor de su mobiliario del siglo XIX. En su restaurante y en sus dos cafeterías se cuida de forma muy especial la oferta gastronómica haciendo uso de lo mejor de la huerta aragonesa, de las Migas, los Huevos estrellados, el Ternasco y los Vinos aragoneses. Sus habitaciones, con aire acondicionado, algunas

adaptadas a personas con discapacidad; tienen baño completo con secador y secatoallas; teléfono, televisión de plasma y caja de seguridad. El Hotel cuenta con piscina exterior, piscina climatizada, sauna, jacuzzi, gimnasio, solárium, sala de televisión, salones de reuniones, sala de conferencias, sala de juegos, peluquería, parking, traslado gratuito a Calatayud. A todo ello se suma el Parque Natural para el esparcimiento de los bañistas.

4.4. Médicos Directores

Tenemos noticias de los Médicos Directores del Balneario de Paracuellos de Jiloca gracias a los datos suministrados por Leopoldo Martínez Reguera (38) y a las memorias Reglamentarias realizadas por los propios facultativos, que se hallan en la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Unas veces los Médicos ocupaban la plaza en propiedad, otras veces por permuta, en otras ocasiones lo hacían como interinos o bien como médicos libres en los **Baños Viejos** mientras que en los **Baños Nuevos** se contaba con Médico Director. A continuación, relacionamos cronológicamente los facultativos que ocuparon la Dirección Médica en el Balneario de Paracuellos de Jiloca y sus circunstancias:

1847-1854: Simón Moncín, interino.

1855-1867: Gregorio Guedea Artigues, interino, residente en Calatayud.

1868: Felipe García-Serrano Marqués, residente en Zaragoza, y Gregorio Guedea Artigues.

1869: Gregorio Guedea Artigues.

1870: Juan Detrell, residente en Barcelona.

1871-1875: Gregorio Guedea Artigues, residente en Zaragoza.

1876: Félix Sáenz de Tejada España, por permuta con Amalio Jimeno Cabañas.

1877: Félix Sáenz de Tejada España por permuta con Alejandro Gregorio Guajardo.

1878: Félix Sáenz de Tejada España por permuta con Eduardo José Lorenzo Menéndez Tejo.

1879-1886: Manuel Millaruelo Pano, residente en Huesca por permuta con Eduardo José Lorenzo Menéndez Tejo.

1887-1894: Ildefonso Otón Parreño, residente en Almería y después en Madrid.

1895: Alejandro de Gregorio Guajardo, por permuta con Ildefonso Otón Parreño.

1896-1903: Manuel Manzaneque Montes, residente en Madrid, C/ Pez nº 22.

1905-: Mariano Salvador y Gamboa.

1906-: Benito Avilés Merino.

1908-: José del Pino Cuenca.

1909-: Camilo Castells Ballespí.

1910-1914: Leoncio Bellido.

1914-1921: Joaquín María Aleixandre Aparici.

1922-1923: Wenceslao Fernández de la Vega.

1924-: Francisco de B. Aguilar.

1928: Manuel Bort Olmos. Falleció en este año.

1931-1932: Vicente Izquierdo Gómez, residente en Valencia, C/ Gran Vía Germanías nº 45.

1950: Luis Esteban Múgica.

1954: José María Gómez Ullate.

1995-2004: María José Lafuente.

2005-2007: Jorge Planes Pedra.

2008 a la actualidad: María del Carmen Pardos, Médico general.

2014 a la actualidad: José Antonio Frías, Hidrólogo.

En 1880 surgió un problema entre dos facultativos: el médico libre Dío Amando Valdivielso, que atendía a los bañistas en los Baños Viejos desde el año 1877, y el médico del Cuerpo de Médicos de Baños, Manuel Millaruelo Pano, que atendía a los bañistas de los Baños Nuevos pero ante quien el primero debía cumplir las exigencias consignadas en el Reglamento de 12 de mayo de 1874 y en la Circular de 26 de julio de 1876: estados quincenales o mensuales, cuadro estadístico y libro-registro. Se vieron implicados el propietario de los Baños Viejos, el bañero José Heredia que fue sustituido por Mariano García Serrano. Se originó un pleito contencioso-administrativo en el que tuvieron que declarar varios bañistas, el Presidente de la Hermandad del Refugio de Zaragoza, que enviaba al Balneario enfermos pobres, y el Alcalde de Pamplona puesto que algunos enfermos eran de la Casa de la Misericordia de aquella ciudad. El Ministerio de la Gobernación expidió una Orden en 24 de enero de 1883 destituyendo al bañero Mariano García Serrano y resolviendo la inhabilitación de Valdivielso para ejercer como Médico libre en los Balnearios de Paracuellos de Jiloca. Recurrió éste, y dada la deficiencia de las pruebas de los hechos se resolvió finalmente dejar sin efecto la Orden del Ministerio de la Gobernación por Real Decreto de 23 de agosto de 1886 (39).

Se deduce que el primer facultativo que ocupó la Dirección Médica fue Simón Moncín y que los facultativos que más tiempo la ocuparon fueron Simón Moncín, Gregorio Guedea Artigues, Manuel Millaruelo Pano y Manuel Manzaneque Montes. Entre todos los facultativos tres de ellos eran naturales de Aragón:

- Gregorio Guedea Artigues, nacido en 1813 en Caspe (Zaragoza) que estudió Medicina en Zaragoza y Madrid obteniendo su Licenciatura en Medicina y Cirugía en 1840. Perteneció a la Sociedad Médica General de Socorros Mutuos y cuando esta sociedad se disolvió, en 15-10-1857, él que figuraba como pensionista recibió la parte correspondiente del fondo de la misma. Tuvo diversos cargos en Calatayud como Subdelegado de Medicina (1855), Vocal de la Junta de Beneficencia (1849), Vocal de la Junta de Sanidad (1867). Fundador de la Academia de Emulación de Ciencias Médicas (Madrid, 17 junio 1840). Publicó un folleto titulado *Baños de Paracuellos de Giloca* (Calatayud, 8 de febrero de 1867).

- Manuel Millaruelo Pano, nacido el 25 de febrero de 1845 en Hoz de Barbastro (Huesca) y fallecido en 1929 que estudió en Zaragoza y Barcelona obteniendo el título de Licenciado en Medicina y Cirugía en 1871 y el de Doctor en 1872. Fundador de la Sociedad Española de Hidrología Médica. Publicó un folleto titulado *Establecimiento de los Baños Nuevos de Paracuellos de Giloca propiedad de Jaime Cortadellas* (Zaragoza, establ. tip. "La Derecha", 1882). A él se debe también un trabajo, publicado en colaboración con José Casares Gil titulado *Análisis químico de las aguas de Alceda y Memoria acerca de las acciones, efectos y aplicaciones de las aguas de Alceda* (Santander, Vda de F. Fons, 1908).

- Alejandro de Gregorio Guajardo, nacido en Ibdes (Zaragoza), el único natural de una localidad de la Comarca de Calatayud. Obtuvo el título de Licenciado en Medicina y Cirugía en Madrid en 1861. Ejerció en 1895, 1879 y 1889 como Director Médico del Balneario de Jaraba. Ejerció como Médico Titular en diferentes villas de la provincia de Zaragoza, fue fundador de la Sociedad Española de Hidrología Médica, Académico Correspondiente de la Academia de Medicina y Cirugía de Galicia y Asturias. A él se le deben varias publicaciones sobre el balneario de Jaraba como son: *Apuntes hidrológicos sobre las aguas cloruro-sulfatado-termales de Jaraba* (Madrid, impr. Hoz y Cía., 1877), *Estudios hidrológicos de las aguas de Jaraba de Aragón* (Zaragoza, impr. del Hospicio Provincial, 1882) y *Estudio de las aguas termales clorurado-sódicas variedad bicarbonatadas propiedad de Don Mariano Serón en Jaraba de Aragón* (Madrid, C. Apaolaza, 1895).

4.5. Farmacéuticos

Cuatro farmacéuticos intervinieron realizando los análisis de las aguas mineromedicinales de Paracuellos de Jiloca:

- Pedro Gutiérrez Bueno (1743-1822) Profesor del Laboratorio Químico de Madrid, Profesor de Química en el Real Colegio de Farmacéuticos de Madrid, Catedrático de Química en el Real Colegio de San Carlos de Madrid y Académico de Número de la Real Academia de Medicina de Madrid. Era un experto como analista de aguas y realizó muchos análisis de diversos manantiales españoles, entre ellos en 1788 el de Paracuellos de Jiloca. (Figura 6).



Figura 6. Retrato calcográfico de Pedro Gutiérrez Bueno.

- Constantino Sáez Montoya (1827-1891) Licenciado en Farmacia en 1845 e ingeniero industrial. Desde 1867 era Profesor de Química Orgánica en la Escuela de Comercio, Artes y Oficios de Madrid (40). Analizó estas aguas en 1876 en colaboración con el ingeniero industrial Luis María Utor Suárez.

- Gabriel de la Puerta Ródenas y Magaña (1839-1908). Licenciado en Farmacia en 1862 y Doctor en Farmacia en 1863 por la Universidad Central de Madrid. Catedrático de Química Inorgánica en la Facultad de Farmacia de la misma Universidad, Académico de Número de la Real Academia de Medicina (1878), del Real Colegio de Farmacéuticos de Madrid (1880) y del Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1881). En 1884 permaneció como bañista en el Balneario de Paracuellos de Jiloca y en 1886 analizó las aguas de este Balneario que le fueron remitidas, en frascos lacrados, por el médico Director. En el segundo tomo de su *Tratado de Química Inorgánica* (1897) hizo un estudio detallado de los análisis de aguas (41) (Figura 7).

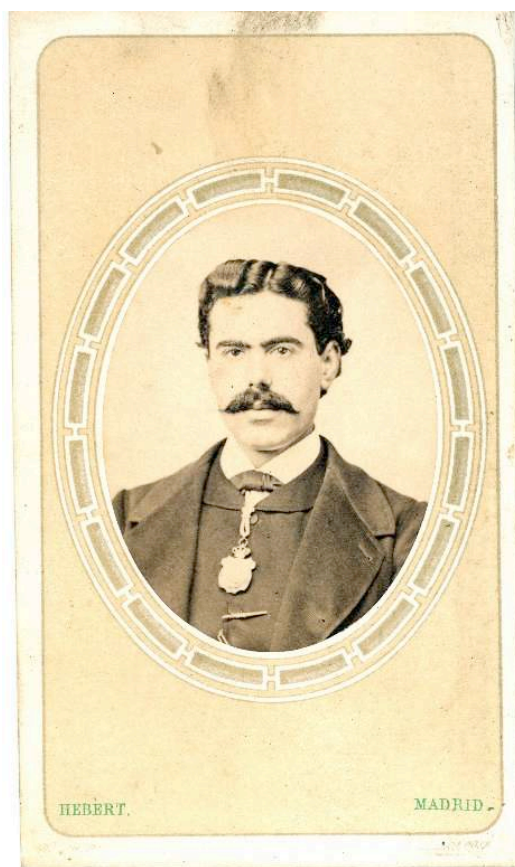


Figura 7. Fotografía de Gabriel de la Puerta.

- José Muñoz del Castillo (1850-1926) Doctor en Ciencias Físico-Químicas y farmacéutico. Ocupó en 1881 la cátedra de Ampliación de Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en 1887 se trasladó a la Cátedra de Mecánica Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid. En 1904 fundó, anejo a esta cátedra, el Laboratorio de Radiactividad que en 1911 convirtió en Instituto de Radiactividad del que sería Jefe (42). Entre sus estudios, dedicados a esta materia, destaca *La radioactividad en físico-química y en hidrología médica*, publicado en 1905 (43). Analizó las aguas de Paracuellos de Jiloca en 1914.

4.6. Pacientes y Programa de Termalismo Social

Al inicio de las actividades balnearias en el siglo XIX en los **Baños Viejos** la concurrencia de bañistas ya se elevaba a 411 pacientes que poco a poco iban en aumento, así en 1860 ya acudían a ellos 471, en 1863 a más de 500, en 1881 más de 1000. Una vez instalados los **Baños Nuevos** la concurrencia superó los 1000 bañistas siendo más visitados los Baños Viejos, sin duda en razón a que la estancia en ellos era más económica que en los Baños Nuevos. Los pacientes disminuyeron ostensiblemente en algunos años del siglo XIX fundamentalmente a causa de las epidemias de cólera en 1855, 1865 y 1885 así como al periodo de la pérdida de las

colonias americanas. En el siglo XX se frenó mucho el negocio balneario, tras la Primera Guerra Mundial, por factores sociales y políticos: bien por el mayor predicamento de la Medicina farmacológica, la mejora de la medicina hospitalaria y la cirugía, en detrimento de la medicina hidrológica, o bien por la inestabilidad política durante la Segunda República y la Guerra Civil. Llama la atención la circunstancia dada en este Balneario hasta antes del inicio de la Guerra Civil con la admisión no sólo de pacientes pobres sino también de personal militar que fueron más numerosos, en ambos casos, en el primer decenio del siglo XX y en el segundo caso entre 1911 y 1917 así como en 1930.

Los pacientes procedían en gran parte de Madrid por lo que los **Baños Viejos** se habían convertido en 1863 "casi un arrabal de la Corte" (44). En general los pacientes provenían de Aragón, Valencia, Castilla y Navarra. En 1884 entre los bañistas ilustres en los **Baños Nuevos** se contaba el eminente farmacéutico Gabriel de la Puerta Ródenas y Magaña. Entre otros pacientes ilustres que fueron a los Baños de Paracuellos de Jiloca hemos de citar en julio de 1911 a al Capitán General de Zaragoza (45) y en agosto de ese mismo año al Gobernador Civil de Zaragoza quien no había designado mando y despachaba a diario pues hacía "frecuentes viajes a Zaragoza" desde el Balneario (46).

Hubo personajes ilustres aragoneses que, por diversas circunstancias científicas, estuvieron en el Balneario de Paracuellos de Jiloca y entre ellos hemos de citar a Ricardo Royo Villanova (1868-1943), Catedrático de Patología Médica en la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza, quien en 1917 eligió este establecimiento para inaugurar el Curso de Crenoterapia Práctica (47); y a Fernando Cámara Niño (1906-1981), Doctor en Ciencias Naturales, médico, Catedrático del Instituto "Miguel Servet" de Zaragoza, que estuvo en este centro balneoterápico en 29 de mayo de 1949 para estudiar la flora de sus aguas minerales "siendo recibido con mucha amabilidad y ofreciéndome toda clase de facilidades el propietario, señor García-Serrano" (48).

El **Programa de Termalismo Social** para pensionistas, convocado por el Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) para el año 2016 incluía los tratamientos termales, ofertados por el Balneario de Paracuellos de Jiloca, para enfermedades reumatológicas y respiratorias en dos turnos durante 10 meses, de febrero a noviembre, y comprendía además el acercamiento al Balneario, tanto el día del comienzo como el de finalización del turno; a la localidad más próxima con transporte público (49).

El número de plazas ofertadas al IMSERSO en 2014 y 2015 ha sido 1778 y 1777 respectivamente. Asimismo la Diputación Provincial de Zaragoza ha ofertado 96 plazas en cada uno de esos años.

5. CONCLUSIÓN

El Centro Termal Balneario de Paracuellos de Jiloca es el más antiguo de Aragón. Conocido desde tiempo de los romanos tuvo su origen en dos manantiales: el *De Serrano ó de La Montaña* y el *De Cortadellas ó del Jardín* (50). Hoy día constituye un Centro de Salud y además un Complejo Turístico líder en este sector por el número de bañistas, por el número de plazas ofertadas, y tanto por los Programas de Termalismo Social ofertados por el Gobierno español como por la propia Comunidad Autónoma de Aragón; que permiten la recuperación física de los pacientes aprovechando el entorno natural en que se halla enclavado por su singular belleza, el silencio y la paz de que se disfruta en él, por lo que sirve también de recuperación de las personas que acuden a este centro para reponerse del ritmo estresante que impone la vida actual en las grandes ciudades. También este centro es una alternativa a las vacaciones de muchas familias ofertándoles un descanso que les permite recuperar el estado físico y anímico. Su propietario, D. Ramiro Pérez Monteagudo, ha realizado en los últimos años una fuerte inversión económica mediante un proceso muy importante de adecuación de sus instalaciones que son, a día de hoy, muy modernas y de gran calidad respondiendo a la marca **Balnearios de Aragón** como una marca de calidad. (Figura 8).



Figura 8. Imagen actual del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

6. AGRADECIMIENTOS

Hemos de agradecer las facilidades dadas por la Biblioteca Histórica de la Universidad Complutense de Madrid y la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la misma Universidad para la consulta de sus fondos así como a los Propietarios y Gerente del Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca, Sres. D. Ramiro Pérez y D. Ramiro Pérez Soria por sus atenciones y aportación documental.

7. REFERENCIAS

1. Baeza Rodríguez Caro J. *et al.* Las aguas minerales en España. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España 2001: pp. 146.
2. B.O.A. 29-12-2003, 155: 13082.
3. Datos básicos de Aragón. Zaragoza: Gobierno de Aragón, Instituto Aragonés de Estadística 2016.
4. ABC 02-06-1986: 86.
5. Diputación de Zaragoza. Calatayud y alrededores. Zaragoza: Patronato Provincial de Turismo 2008-2009.
6. Monasterio de Piedra 2016. Disponible en: (<http://monasteriopiedra.com/>).
7. Millaruelo Pano M. Establecimiento de los Baños Nuevos de Paracuellos de Giloca propiedad de D. Jaime Cortadellas. Zaragoza: Establecimiento tip. "La Derecha" 1882.
8. Martínez del Villar M. Tratado del Patronado y Comunidad de Calatayud. Zaragoza: Lorenzo de Robles 1598; Segunda parte: pp. 31.
9. Limón Montero A. Espejo cristalino de las aguas de España. Alcalá: Francisco García Fernández 1697: pp. 115-118.
10. Madoz P. Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Tomo XII. Madrid: impr P. Madoz 1848: pp. 677.
11. Rubio P. Tratado completo de las Fuentes Minerales de España. Madrid: Establecimiento tip. R.R. de Rivera 1855: pp. 156.
12. García López A. Tratado de Hidrología médica, con la guía del bañista. Madrid: impr. M. Rivadeneyra 1855: pp. 200.
13. Otón Parreño I. Establecimiento de los Nuevos Baños de Paracuellos de Giloca, propiedad de D. Jaime Cortadellas. Madrid: Tip. de Gregorio Estrada 1887.
14. Maraver Eyzaguirre F. Vademécum de aguas mineromedicinales españolas. Madrid: Instituto de Salud Carlos III 2003: 88-89.
15. B.O.E. 15-04-2003, 90: 14868.
16. B.O.A. 11-04-2013, 70: 8008.
17. Gaceta de Madrid 05-08-1850, 5866: 4.
18. Gaceta de Madrid 17-03-1869, 76: 1.

19. Dirección General de Beneficencia, Sanidad y Establecimientos Penales. Nota de los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad pública. Gaceta de Madrid 16-04-1869, 106: 2.
20. Pedro Madrazo, Secretario General del Consejo de Estado. Madrid, 14-11-1879. Gaceta de Madrid 13-02-1879; 4: 415-17.
21. García-Serrano F. Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesiana de Paracuellos de Giloca (Calatayud). Zaragoza: Tip. Octavio y Felez 1931: pp. 9.
22. Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales. Real Decreto-Ley 743/1928, de 25-04-1928. Gaceta de Madrid 26-04-1928, 117: 483.
23. Guedea G. Memoria sobre las aguas hidro-sulfo-salinas de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1863: Ca 2785 (19)
24. Detrell J. Memoria sobre el establecimiento balneario de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1870: Ca 2774 (25)
25. Millaruelo Pano M. Establecimiento de los Baños Nuevos de Paracuellos de Giloca, propiedad de D. Jaime Cortadellas. Zaragoza: Establecimiento tip. "La Derecha". s.a.
26. García-Serrano F. Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesianas. Folleto de propaganda. Zaragoza: Tip. Octavio y Felez 1931.
27. Guedea G. Memoria sobre las aguas hidro-sulfo-salinas de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1863: Ca 2785 (19).
28. Guedea G. Memoria anual sobre la temporada balnearia de los baños de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1864: Ca 2787(28).
29. Guedea G. Baños de Paracuellos de Giloca, provincia de Zaragoza. Zaragoza: impr. Francisco Castro 1867.
30. Detrell J. Memoria sobre el establecimiento balneario de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1870: Ca 2774 (25).
31. Millaruelo Pano M. Establecimiento de los Baños Nuevos de Paracuellos de Giloca propiedad de D. Jaime Cortadellas. Zaragoza: establecimiento tipo. "La Derecha" [s.a.].
32. Otón Parreño, I. Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1893: Ca 2826 (14-2).
33. ABC 04-03-1919, 4999: 19.

34. ABC 03-02-1924, extraordinario: 44.
35. ABC 24-06-1928, extraordinario: 58.
36. García-Serrano F. Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesianas de Paracuellos de Giloca. Folleto de propaganda. Zaragoza: Tipo Octavio y Felez 1931.
37. ABC 20-06-1963: 42.
38. Martínez Reguera L. Bibliografía hidrológico-médica española 2ª parte. Manuscritos y Biografías. Madrid: Establecimiento tip. "Sucesores de Rivadeneyra" 1896.
39. Real Decreto. San Ildefonso 23-08-1886. Madrid 07-10-1886 certificado por Antonio Alcántara, Secretario General del Consejo de Estado, Gaceta de Madrid 09-11-1886; 313: 410-11.
40. Silva Suárez M. Técnica e ingeniería en España V. El Ochocientos. Profesiones e Instituciones civiles. Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, Institución "Fernando el Católico", Prensas Universitarias 2007: pp. 704.
41. Roldán Guerrero R. Diccionario biográfico y bibliográfico de autores farmacéuticos españoles. Tomo IV. Madrid: I.M.P.H.O.E. 1976: pp. 181-186.
42. Rivadulla A. Unidades Físicas, de José Muñoz del Castillo, primer libro de análisis dimensional en la Historia. Contrastes, Revista Internacional de Filosofía 2017; XXII.
43. Gran Enciclopedia aragonesa. Texto GEA 2000.
44. Guedea G. Memoria sobre las aguas hidro-sulfo-salinas de Paracuellos de Giloca. Biblioteca de la Facultad de Medicina UCM. Ms 1863: Ca 2785 (19).
45. La Vanguardia 02-07-1911; 13851: 11.
46. La Vanguardia 17-08-1911; 13897: 8.
47. Solsona F. Los Balnearios Aragoneses. Publicación nº 80-37. Zaragoza: Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón 1999: pp. 28-29.
48. Camara Niño F. Estudios sobre la flora de las aguas minerales. Anales del Jardín Botánico de Madrid 1950; 1:195.
49. Resolución de 2 de diciembre de 2015 del IMSERSO. B.O.E.10-12-2015, 295: 116800-805.
50. Aleixandre J. Paracuellos de Jiloca. Contribución al estudio de sus manantiales. Anales de Hidrología médica 1922; 6:123-133.

Estudio de las características físico-químicas de las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)

Title in English: *Study of the physico-chemical characteristics of the waters of Paracuellos de Jiloca Spa (Zaragoza)*

María Esperanza Torija Isasa^{1,*}, Mercedes García Mata², María Dolores Tenorio Sanz², José Ignacio Alonso Esteban², José Luis López Colón³

¹Académica Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia. ²Dpto. Nutrición y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Farmacia UCM. ³Instituto Toxicológico de la Defensa. *metorija@farm.ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 43-56.

RESUMEN

Las aguas mineromedicinales de Paracuellos de Jiloca se conocen desde tiempos muy antiguos y se han utilizado a lo largo de los siglos. Estas aguas fueron declaradas de utilidad pública el 31 de marzo de 1869. En relación a los caracteres organolépticos, destaca su olor a huevos podridos, debido a su elevado contenido de ácido sulfhídrico. Se trata de aguas hipotermiales, que surgen a una temperatura de 17 °C; su pH es de 7,2. Se caracterizan por un elevado residuo seco, muy próximo a 15000 mg/L (a 180 °C) y una conductividad eléctrica también muy elevada (12800 µS/cm), lo que da idea de su fuerte mineralización. Entre sus características más destacadas se encuentran los elevados contenidos de cloruros (más de 4000 mg/L), sulfatos (cerca de 4000 mg/L), calcio (del orden de 970 mg/L), magnesio (en torno a 750 mg/L), lo que se relaciona con una dureza de más de 5000 mg CaCO₃/L. El contenido de sodio fue superior a los 3700 mg/L. Por los análisis realizados se pueden considerar estas aguas como hipotermiales, de mineralización fuerte, cloruradas, sulfatadas, fluoradas, sulfuradas, sódicas, cálcicas, magnésicas y muy duras.

Palabras clave: Aguas mineromedicinales; análisis físico-químico; balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza).

ABSTRACT

The mineral-medicinal waters of Paracuellos de Jiloca have been used over the centuries and were declared waters of public utility on March 31, 1869. The most important organoleptic character of these waters is their rotten eggs smell, due to their high content of hydrogen sulfide. These hypothermal waters arise at a temperature of 17 °C and their pH is 7.2. They have a very high dry residue (at 180 °C) and electrical conductivity, very close to 15000 mg/mL and 12800 µS/cm, respectively; which gives an idea of their strong mineralization. Among their most relevant characteristics are the high contents of chlorides (more than 4000 mg/mL), sulfates (slightly less than 4000 mg/mL), calcium (around 970 mg/mL) and magnesium (close to 750 mg/mL), these last two minerals are responsible of a hardness of more than 5000 mg CaCO₃/L. Due to the results obtained, the waters can be considered as hypothermal, of strong mineralization, chlorinated, sulfated, fluoridated, sulfured, sodic, calcic, magnesian and very hard.

Keywords: Mineromedicinal water; physico-chemical analysis; Paracuellos de Jiloca Spa (Zaragoza).

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca se conocen desde la más remota antigüedad y se han utilizado a lo largo de los siglos. Estas aguas fueron declaradas de utilidad pública el 31 de marzo de 1869 (1).

Al revisar distintas publicaciones sobre Paracuellos de Jiloca y su balneario encontramos el nombre del río escrito con G, con J o incluso con X o F, lo que queda reflejado más adelante.

Existen diferentes estudios de las aguas de este balneario, especialmente en el siglo XIX, en los que se comenta el tipo de aguas y su clasificación. En la Tabla 1 se recogen los principales autores que han tratado las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca, principalmente las publicaciones anteriores al siglo XX, y a continuación haremos mención a las más importantes.

En distintos casos los médicos directores presentaron Memorias sobre el Balneario, sus aguas y su funcionamiento, y en la Tabla 1 se incluye únicamente la primera que publicó cada uno de ellos.

En primer lugar hemos de referirnos al Doctor Alfonso Limón Montero (2), quien en su obra *Espejo cristalino de las aguas de España* (1697), en el Capítulo VI se refiere a “De la Fuente de Paracuellos de Giloca y de sus medicinas”, en el número 51, dice: “El color de dichas aguas es cristalino, como de las aguas comunes; el sabor es à cieno con un olor molesto y nada gustoso, y es tan intenso este olor que se siente algunos pasos antes de llegar à la fuente, y los que beben el agua alli suelen tomar algunos anises para disimular el mal sabor, y olor: estas aguas no las usan por bebida ordinaria los naturales; sino por medicina, y esto por causa del dicho olor desagradable, y sabor à cieno, y porque el beberlas les suelta el vientre en copiosas camaras...”.

En el número 52, comenta: “Hemos de inquirir quales sean los minerales que alteran esta agua, y las comunican sus facultades, para que de ay deduzcamos para que enfermedades son utiles, y se pueden, y deben aplicar por medicina. Y lo primero es cierto que esta agua tienen azufre, y esto no como quiera, sino en mucha cantidad. La prueba es el remanente, que dexan esta agua evaporandolas, este es casi puro azufre, como yo he experimentado en el remanente que de ellas me embio el Dr. D. Joseph Fernandez, Medico docto de la noble Ciudad de Calatayud...”.

Tabla 1. Principales textos en que se trata de las aguas de Paracuellos de Jiloca.

AÑO	AUTOR	TEXTO
1697	Alfonso Limón Montero (2)	Espejo cristalino de las aguas de España
1815	Antonio Ballano (3)	Diccionario de Medicina y Cirugía, ó Biblioteca Manual Médico-quirúrgica
1827	Sebastián de Miñano (4)	Diccionario Geográfico-Estadístico de España y Portugal
1832	Sociedad de Literatos (5)	Diccionario Geográfico Universal. Tomo VII.
1848	Simón Moncín (6)	Memoria sobre las aguas minero-medicinales de Paracuellos de Giloca en la provincia de Zaragoza
1850	Simón Moncín (7)	Aguas y baños minerales de Paracuellos de Giloca
1853	José Pérez de la Flor y Manuel González de Jonte (8)	Novísimo Manual de Hidrología Médica Española
1853	Pedro M ^a . Rubio (9)	Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España
1856	Gregorio Guedea (10)	Memoria balnearia correspondiente al año 1856
1867	José Fernando González (11)	Crónica de la Provincia de Zaragoza
1869	Anastasio García López (12)	Aguas minerales. Tratado de Hidrología médica con guía del bañista y el mapa balneario de España
1870	Juan Detrell (13)	Memoria sobre el Establecimiento balneario de Paracuellos de Giloca
1875	Mariano Viejo y Bacho (14)	Memoria anual de los baños de Paracuellos de Giloca (provincia de Zaragoza), correspondiente al año de 1875
1876	Félix Sáenz de Tejada y España (15)	Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Paracuellos de Giloca, provincia de Zaragoza: temporada de 1876
1878	Eduardo Menéndez Tejo (16)	Paracuellos de Jiloca: Memoria de temporada oficial de 1878
1881	Manuel Millaruelo (17)	Memoria de los baños de Paracuellos de Jiloca en la temporada de 1881
1881	Marcial Taboada (18)	Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica. Tomo IV. Núm. 8
1892	Leopoldo Martínez Reguera (19)	Bibliografía Hidrológico-médica española
1914	Joaquín M ^a . Aleixandre (20)	Memoria quinquenal de las aguas minero-medicinales de Paracuellos de Jiloca. 1914 - 1918
1931	Felipe García Serrano (21)	Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesianas de Paracuellos de Jiloca (Calatayud) Provincia de Zaragoza

Como en otros balnearios españoles, en Paracuellos de Jiloca era habitual que los médicos directores encargaran, comentaran e incluso hicieran análisis de las aguas, los cuales eran recogidos en las diferentes memorias anuales que elaboraban. Por otra parte, Paracuellos de Jiloca también aparece en diversos diccionarios sobre diferentes materias y algunos textos se comentan más adelante.

Así, en el *Diccionario de Medicina y Cirugía, ó Biblioteca Manual Médico-quirúrgica*, de Antonio Ballano (3), publicado en 1815, se habla de aguas minerales y se cita una serie de análisis de las mismas, realizados por Gutiérrez Bueno. Dice que D. Pedro Gutiérrez Bueno les facilitó una lista de aguas y que “nos hubiera comunicado

los análisis de todas las aguas que comprende, si no pensase en publicar una obra que haga esta descripción; é ínterin este laborioso Profesor lo ejecuta, se ofrece gustoso á comunicar las noticias que necesiten los facultativos sobre este objeto; pues así nos lo aseguró quando entregó la siguiente lista”. Esta se presenta como *Razón de las aguas que se han analizado en el Real Laboratorio desde el año 1788 hasta el de 1799 por D. Pedro Gutiérrez Bueno*; en ella aparecen las de *Paracuellos de Xiloca* y se indica que se beben y se usan para baño.

Sebastián de Miñano (4), por su parte, en 1827, hace referencia a las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca como aguas termales ferruginoso-sulfúreas; esta misma denominación es la que se encuentra en el *Diccionario Geográfico Universal*, publicado en 1832 por una Sociedad de Literatos (5); en esta obra el nombre aparece como *Paracuellos de Filoca*.

Simón Moncín (7), en 1850, en el *Boletín de Medicina, Cirujía y Farmacia*, dice que las aguas de *Paracuellos de Giloca* son hidro-sulfurosas salinas.

En el año 1853, José Pérez de la Flor y Manuel González de Jonte (8), en su *Novísimo manual de Hidrología médica española*, al hablar de las propiedades físicas de las aguas de Paracuellos de Jiloca comentan que “las aguas son claras, transparentes, de olor fétido y cenagoso como á huevos podridos que se nota á larga distancia; su sabor es azufroso y desagradable, deposita un cieno de color agrisado oscuro, untuoso al tacto, y cuando se le quema huele á polvora: su temperatura es de 14º R., y su densidad mayor que la del agua destilada”.

Cuando se refieren al análisis, dicen: “según los ensayos practicados hasta ahora resulta que contienen ácido sulfhídrico, azufre, carbonato y sulfato de cal, sulfato de magnesia é hidrociorato de sosa y magnesia; principios todos que hacen se clasifique estas aguas de sulfurosas”.

Otro de los textos más importantes relativos a las aguas minerales y/o mineromedicinales, es el de Pedro María Rubio (9), de 1853. En él se cita que al pie de un cerro de yeso brota un manantial caudaloso de agua mineral. “Es esta clara y transparente; de sabor y olor hidrosulfuroso: deposita un sedimento gris, bastante untuoso al tacto: su temperatura varia entre 10 y 13º R. Fueron á lo que se dice, analizadas esta agua en el Real laboratorio de Madrid en 1788; pero no se publicó el resultado. De lo que escribió Limón Montero, acerca de sus componentes, infirió Capdevila que contienen: Gas sulfídrico. Cloruro sódico y otras sales. D. Simon Moncin actual director de aquellas aguas decia en 1850 que «una análisis exacta de ellas seria operacion de sumo interés» añadiendo que sus ensayos habian dado por resultado en una libra de agua mineral: Gas sulfídrico gran cantidad. Gas ácido carbónico 1 pulgada cúbica. Sulfato cálcico 20,571 granos. Sulfato magnésico 78,572 granos. Sulfato férrico en combinacion 13,44 granos. Cloruro magnésico 34,285 granos”.

En la clasificación de las aguas la incluye entre las aguas minerales sulfurosas frías. En otra parte de la obra dice que las aguas de Paracuellos de *Giloca* se empezaron a utilizar en 1847.

José González (11), en su obra *Crónica de la Provincia de Zaragoza*, de 1867, describe que se trata de una fuente de “caudal considerable y agua transparente, de sabor y olor hidro-sulfuroso, depositando un sedimento gris bastante untuoso al tacto. Su temperatura varía entre 12,5º y 16,25º centígrados”. Más adelante, comenta que, según los ensayos analíticos, contiene en una libra: gas sulfhídrico gran cantidad; gas ácido carbónico “una pul. cúb.”; sulfato cálcico, magnésico y férrico; cloruro “*magnético*”, expresados en granos. Resume que estas aguas corresponden “por su temperatura á las frias y por su composición química á las sulfurosas”.

Anastasio García López (12), en 1869, habla de las características de las aguas del Balneario de Paracuellos de *Jiloca* diciendo que se trata de un agua clara, transparente, de olor sulfuroso y sabor amargo y un poco salado; la temperatura es variable desde 13º a 16º, y su composición química es gas sulfhídrico y ácido carbónico; sulfatos cálcico, magnésico y férrico; cloruros magnésico y sódico. “Pertenecen á las sulfurosas frías; pero los sulfatos están en proporciones notables, que participan de las propiedades terapéuticas de las sulfatadas”.

En una tabla sobre la clasificación química de las aguas minerales de España, diferencia entre nomenclatura oficial y nomenclatura químico-terapéutica; en ambas clasificaciones las considera sulfurosas frías.

Este autor hace referencia a que el agua también se usaba para beber y comenta que había que pagar 24 rs por beber el agua, con derecho a llevarse cada bañista la que quisiera.

Marcial Taboada (18), en el Tomo IV de los *Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, de 1881, hace referencia al análisis realizado por los Sres. Sáez y Utor, sin aportar datos. Define las aguas como clorurado-sódicas, sulfurosas, frías. Además, comenta que las aguas se utilizan en bebida y baños y otras formas de aplicación balneoterápica.

Un documento muy interesante es el de Martínez Reguera de 1892 (19), que recoge numerosas referencias de estudios realizados, dirigidos o encargados por médicos directores de distintos balnearios españoles, entre ellos del Balneario de Paracuellos de *Jiloca*, como pueden ser Simón Moncín, o Gregorio Guedea, entre otros.

En 1931 Felipe García Serrano publica un folleto cuyo título es: *Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesianas de Paracuellos de Jiloca (Calatayud) Provincia de Zaragoza*. En sus comentarios sobre las características del agua, al hablar de la composición química, transcribe el análisis practicado por el Excmo. Sr. D.

Gabriel de la Puerta el año 1886. Recoge que “la temperatura es de 15°. Grados sulfhidrométricos de Dupasquier por litro de agua 18°. Densidad, 1011. Grados aerométricos de Baumé, 1,6. Gases en “cmms. cúbica”: hidrógeno sulfurado, 6,2. Ácido carbónico, 4,8. Oxígeno, 0,8. Entre las sales y otros principios, incluye sulfuro de sodio, cloruros de sodio, magnesio y calcio; sulfatos de sosa, cal y magnesio; bicarbonatos de cal y de magnesio. Clasifica las aguas como clorurado-sódicas sulfurosas (variedad magnesianas)”.

Al final del folleto incluye una serie de tarifas entre las que se encuentran las relativas a la fonda y “restaurant”, baños y venta de agua; a este respecto comenta que una caja de agua de 25 botellas, “sobre la estación de Paracuellos”, con envase, costaba 25 pesetas, y la de 12 botellas, 12 pesetas. El uso del agua medicinal, por cada prescripción médica, 5 pesetas.

Fernando Cámara Niño (22), en 1950, publica su trabajo *Estudios sobre flora de las aguas minerales*, en el que incluye datos de las aguas de Paracuellos de Jiloca; así, cita un residuo seco de 14595 mg/L; sulfhídrico, 11,2 cc; temperatura 15 °C y dice que se trata de un agua “clor. sódica, sulfurosa, hiperton.”.

2. ANÁLISIS REALIZADOS

En el mes de noviembre de 2016 se procedió a la recogida de muestras de las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca para la realización de los diferentes análisis. Las muestras coinciden con las utilizadas para realizar los análisis microbiológicos (23).

Se realizaron una serie de análisis a pie de manantial; para las determinaciones que se llevan a cabo en el laboratorio se recogieron las muestras y se conservaron en nevera y en frascos estériles las destinadas a la determinación de la oxidabilidad al permanganato y otros. A pie de manantial se tomó la temperatura del agua y del ambiente; se hizo una determinación previa del pH y se procedió a determinar el anhídrido carbónico, el ácido sulfhídrico, así como a preparar las muestras para la determinación del oxígeno disuelto. En todos los casos se utilizaron métodos oficiales o recomendados.

Dado que no existe normativa específica que permita caracterizar las aguas mineromedicinales, los comentarios a los resultados los haremos en relación, principalmente, con el RD 140/2003 (24), texto consolidado en octubre de 2013, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, dado que en algunos casos las aguas de este Balneario se utilizan por vía oral. Este RD tiene una pequeña modificación según RD 1120/2012 (25), que no atañe a nuestro trabajo. Además, haremos referencia al RD 1744/2003 (26), texto consolidado en

2011, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas y al RD 1798/2010 (27), publicado en enero de 2011 y con texto consolidado en 2016, en el que se especifican las características exigidas para aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, iremos comentando los resultados obtenidos, comparando con los aportados por otros autores y estableciendo las características de mayor interés que nos van a permitir clasificar las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

En cuanto a los caracteres organolépticos, se trata de un agua incolora, de sabor salino, y con olor a huevos podridos.

En la Tabla 2 se recogen los datos correspondientes a temperatura y constantes físico-químicas y en la Tabla 3 se presentan las características generales.

La temperatura ambiente fue del orden de 18 °C y la del agua fue de 17 °C. Esta temperatura está de acuerdo con la que se cita en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (28), de 14,2 °C. Distintos autores (28-30) indican que cuando la temperatura del agua es menor de 37 °C deben considerarse hipotermas.

Tabla 2. Constantes físico-químicas de las aguas de Paracuellos de Jiloca.

Parámetro	Unidades	Manantial
Temperatura ambiente	°C	18,1
Temperatura del agua	°C	17
pH	Unidades pH	7,2
Densidad	g/cc	1,0121
Turbidez	FAU	< 1

El pH encontrado fue de 7,2. En la ficha correspondiente a los datos del Balneario de Paracuellos de Jiloca (28), se indica un pH de 6,9. Rodier (31) comenta que las aguas naturales tienen normalmente un pH que oscila entre 7,2 y 7,5. En los RD 140/2003 (24) y 1744/2003 (26) se señala un margen para los valores de pH entre 6,5 y 9,5.

En relación a los gases disueltos, no se aprecia contenido de oxígeno disuelto. El dióxido de carbono se encuentra en una cantidad de 6,2 mg/L; en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (28) se indica 1,9 mg/L. El ácido sulfhídrico dio un valor de 3,7 mg/L. Rodier (31) comenta que una cantidad superior a 0,05 mg/L de este ácido da origen a un sabor desagradable.

La conductividad eléctrica dio un valor próximo a $13000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 20°C . En el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas, Maraver *et al.* (28) mencionan una conductividad, a 25°C , de $26040 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Rodier (31) comenta que aguas con una conductividad superior a $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ son de mineralización excesiva.

Tabla 3. Características generales de las aguas de Paracuellos de Jiloca

Parámetro	Unidades	Manantial
Conductividad eléctrica a 20°C	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	12834,5
Residuo seco a 180°C	mg/L	14920,0
Oxidabilidad al permanganato	mg O_2 /L	27,6

El residuo seco, determinado a 180°C , es de 14920 mg/L . En el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas al. (28), se citan 15726 mg/L . Rodier (31) comenta que las aguas con un residuo seco tan elevado se deben considerar de potabilidad momentánea.

En el RD 1798/2010 (27) se especifica que cuando el residuo seco es superior a 1500 mg/L , se trata de aguas de mineralización fuerte.

La oxidabilidad al permanganato dio un valor de $27,6 \text{ mg}$ de oxígeno por litro. En el RD 140/2003 (24), que se refiere a aguas de consumo humano, y en el RD 1744/2003 (26) sobre aguas de bebida envasadas, se especifica un valor paramétrico máximo para oxidabilidad de $5 \text{ mg O}_2/\text{L}$.

El dato obtenido es muy elevado, pero debemos considerar que, en este caso, no da idea de la potabilidad del agua, sino que se trata de una interferencia en la determinación analítica debida al elevado contenido de cloruros, ya que, según Rodier (31) una concentración demasiado alta de iones cloruro (50 mg/L o más) puede falsear los resultados. En relación a la potabilidad, tenemos que hacer referencia a que el bajo contenido de nitratos (menor de 1 mg/L) y la ausencia de nitritos nos indica que no existe problema al respecto.

Si nos detenemos ahora en las diferentes sales presentes en las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca, en relación a los cationes, el sodio dio un valor de 3777 mg/L y el potasio de 15 mg/L . En el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (28) se citan contenidos de sodio de 3718 mg/L y de potasio de $25,9 \text{ mg/L}$.

En el RD 1798/2010 (27) se especifica que cuando el contenido de sodio supera los 200 mg/L , las aguas se pueden considerar sódicas.

En la Figura 1 se recogen los valores de calcio, magnesio y dureza de las aguas analizadas y se comparan con los recogidos en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas (28).

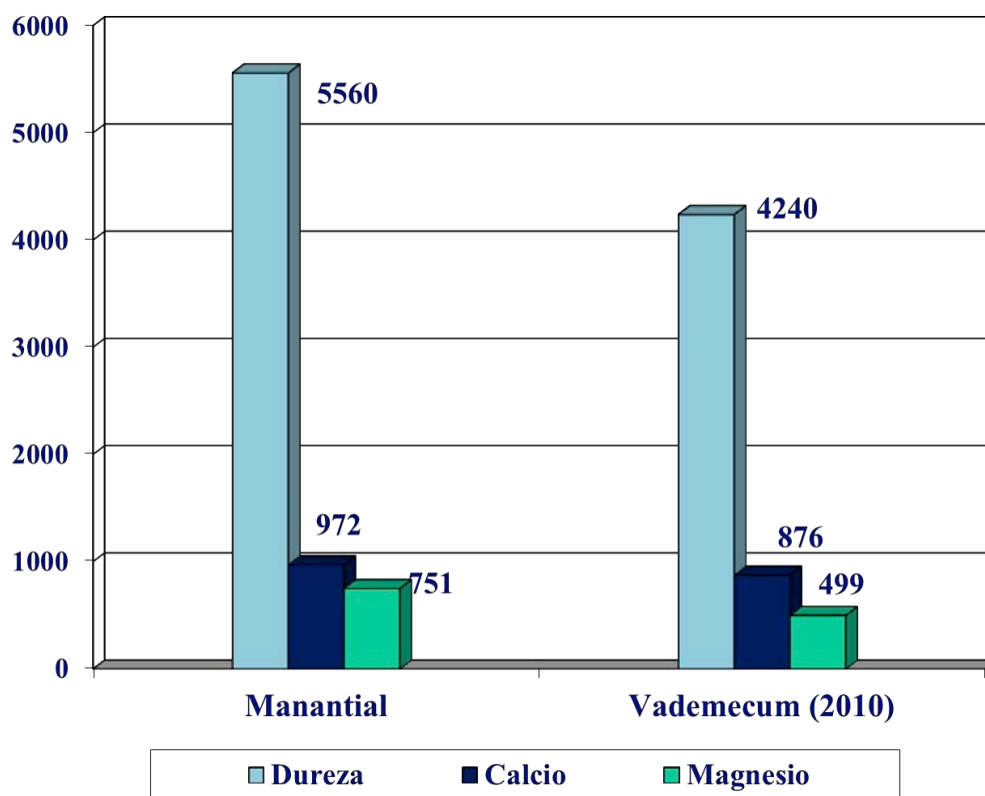


Figura 1. Dureza (CaCO_3), calcio y magnesio de las aguas de Paracuellos de Jiloca (mg/L).

El contenido de calcio de las aguas fue próximo a 980 mg/L y el de magnesio cercano a 750 mg/L. Como se observa en la Figura 1, nuestros datos son algo superiores a los obtenidos por Maraver *et al.* (28), que aparecen reflejados en el Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas de 2010.

El RD 1798/2010 (27) indica que se consideran aguas cálcicas aquellas cuyo contenido de calcio es superior a 150 mg/L y magnésicas cuando tienen más de 50 mg/L de magnesio; por ello podemos considerar las aguas de Paracuellos de Jiloca cálcicas y magnésicas.

La dureza total del agua fue de 5560 mg/L de CaCO_3 . Según Maraver *et al.* (28) la dureza de estas aguas es superior a 4000 mg/L de CaCO_3 .

Casares *et al.* (30), consideran que aguas cuya dureza se encuentra entre 350 y 500 mg/L de CaCO_3 son duras.

La OMS (32), por su parte, menciona que las normas internacionales de 1971 señalaron que el grado máximo permisible de dureza del agua de consumo era de 10

mEq/L (500 mg de CaCO_3/L), basado en la aceptabilidad del agua para el uso doméstico. Posteriormente, la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicadas en 1984, concluyó que no existían pruebas sólidas de que el consumo de agua dura provocara efectos adversos en la salud de las personas y se estableció un valor de referencia de 500 mg de CaCO_3/L para la dureza, basado en consideraciones sobre el sabor y el uso doméstico. En ningún caso establece una clasificación de las aguas según su dureza. En función de este dato citado por la OMS, deberíamos considerar que todas las aguas que superan los 500 mg/L de CaCO_3 son muy duras. No obstante, Maraver *et al.* (28, 29) clasifican las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca como extremadamente duras; independientemente de cómo se clasifiquen, según Rodier (31), se trata de aguas de difícilmente utilizables.

El contenido de aniones se recoge en la Figura 2, donde se compara con los obtenidos por Maraver *et al.* (28). Los bicarbonatos se encuentran alrededor de 210 mg/L; los cloruros son del orden de 4550 mg/L y los sulfatos próximos a 3900 mg/L.

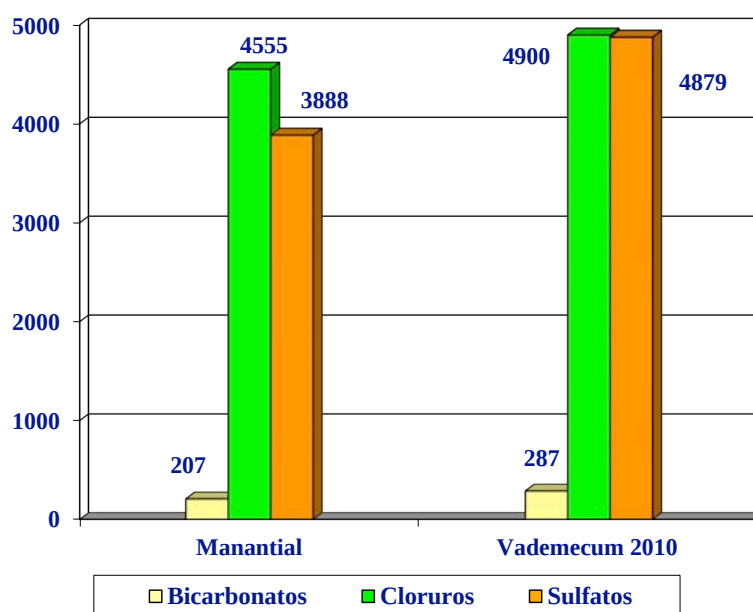


Figura 2. Bicarbonatos, cloruros y sulfatos de las aguas de Paracuellos de Jiloca (mg/L).

Según el RD 1798/2010 (27) un agua puede ser considerada bicarbonatada si supera los 600 mg/L; clorurada si supera 200 mg/L y sulfatada si su contenido de sulfatos supera los 200 mg/L. En función de los datos obtenidos, podemos decir que las aguas de Paracuellos de Jiloca se pueden considerar cloruradas y sulfatadas.

El contenido de fluoruros fue de 4 mg/L. Según el RD 1798/2010 (27) se puede considerar fluorada un agua cuyo contenido de fluoruro sea superior a 1 mg/L.

Tabla 4. Metales de las aguas de Paracuellos de Jiloca (Expresados en µg/L).

Elemento	Manantial	Nivel de referencia	Elemento	Manantial	Nivel de referencia
Aluminio	< 4	0 - 200	Hierro	1	0 - 200
Arsénico	< 1	0 - 10	Manganeso	12,3	0 - 50
Boro (mg/L)	0,4	0 - 1	Mercurio	< 0,2	0 - 1
Cadmio	< 0,1	0 - 5	Níquel	1,4	0 - 20
Cobre	4	0 - 2000	Plomo	< 1	0 - 25
Cromo	< 1	0 - 50	Selenio	< 1	0 - 10

En ningún caso los metales estudiados superan los valores paramétricos recogidos en el RD 1798/2010 (27).

4. CONCLUSIONES

En los principales estudios sobre las aguas de Paracuellos de Jiloca llevados a cabo en el siglo XIX, al clasificar estas aguas la mayor coincidencia se da en cuanto a su denominación de sulfurosas y los distintos autores comentan el contenido de sales, en el que no todos coinciden. A finales del citado siglo y principios del XX se incluyó también la denominación de clorurado-sódicas.

De los resultados obtenidos en este trabajo se deduce que las aguas del Balneario Paracuellos de Jiloca se pueden considerar: hipotermas, de mineralización fuerte, cloruradas, sulfatadas, fluoradas, sulfuradas, sódicas, cálcicas, magnésicas y muy duras.

5. REFERENCIAS

1. Francés MC, López Guzmán J, López González M^a. Centro Termal Balneario Paracuellos de Jiloca (Zaragoza): historia y generalidades. Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia 2018; 84, Special Issue: 16-42.
2. Limón Montero A. Espejo cristalino de las aguas de España. Alcalá: Francisco García Fernández, Impresor de la Universidad, y a su costa 1697.
3. Ballano DAB. Diccionario de Medicina y Cirugía, ó Biblioteca manual médico-quirúrgica, Tomo primero A-B. Madrid: Francisco Martínez Dávila, Impresor de Cámara de S.M 1815.
4. Miñano S. de. Diccionario geográfico-estadístico de España y Portugal, tomo VI. Madrid: Imprenta de Pierart 1827.

5. Sociedad de Literatos: S. B. M. F. C. L. D. Diccionario geográfico universal, tomo VII. Barcelona: Imprenta José Torner 1832.
6. Moncín S. Memoria sobre las aguas minero-medicinales de Paracuellos de Giloca en la provincia de Zaragoza. Manuscrito. 1848.
7. Moncín S. Aguas y baños minerales de Paracuellos de Giloca; en el partido de Calatayud. Hidro-sulfurosas salinas de M. Henry. Boletín de Medicina, Cirujía y Farmacia, 3ª serie tomo V, núm. 232, 9 junio 1850.
8. Pérez de la Flor J, González de Jonte M. Novísimo manual de Hidrología Médica Española. Madrid: Imprenta y Librería de Vicente Matute 1853.
9. Rubio PM. Tratado completo de las fuentes minerales de España. Madrid: Establecimiento Tipográfico de D.R.R. de Rivera 1853.
10. Guedea G. Memoria balnearia correspondiente al año 1856. Manuscrito. Biblioteca de la Facultad de Medicina, UCM. 1856.
11. González JF. Crónica de la Provincia de Zaragoza. Madrid: Rubio y Compañía 1867.
12. García López A. Aguas minerales: tratado de Hidrología médica con guía del bañista y el mapa balneario de España. Madrid: Imprenta y estereotipia de M. Rivadeneyra 1869.
13. Detrell J. Memoria sobre el establecimiento balneario de Paracuellos de Giloca. Manuscrito. Biblioteca de la Facultad de Medicina, UCM. 1870.
14. Viejo y Bacho M. Memoria anual de los baños de Paracuellos de Giloca (provincia de Zaragoza), correspondiente al año de 1875. Manuscrito. Biblioteca de la Facultad de Medicina, UCM. 1875.
15. Saénz de Tejada y España F. Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Paracuellos de Giloca, provincia de Zaragoza: temporada de 1876. Manuscrito. Biblioteca de la Facultad de Medicina, UCM. 1876.
16. Menéndez Tejo E. Paracuellos de Jiloca: Memoria de temporada oficial de 1878. Manuscrito. Biblioteca de la Facultad de Medicina, UCM. 1878.
17. Millaruelo Pano M. Establecimiento de los baños nuevos de Paracuellos de Giloca propiedad de D. Jaime García Cortadellas. Zaragoza: Establecimiento tip. "La Derecha" 1882.
18. Taboada M. Director. Anales de la Sociedad Española de Hidrología Médica, tomo IV. Número 8. Madrid: Establecimientos Tipográficos M. Minuesa 1881.
19. Martínez-Reguera L. Bibliografía Hidrológica-Médica Española. Madrid: Imprenta y Fundición de M. Tello 1892.

20. Aleixandre J. Paracuellos de Jiloca. Contribución al estudio de sus manantiales. Anales de Hidrología médica 1922.
21. García-Serrano F. Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesianas de Paracuellos de Jiloca (Calatayud) Provincia de Zaragoza. Zaragoza: Tip. Octavio y Félez 1931.
22. Cámara Niño F. Estudios sobre la flora de las aguas minerales. Anales del Jardín Botánico de Madrid 1950: 129-258.
23. De la Rosa C, Fernández García V, Pintado García C, Rodríguez Fernández C. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Paracuellos de Jiloca. Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia 2018; 84, Special Issue: 68-80.
24. Real Decreto 140/2003 BOE nº 45 de 21 de febrero de 2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. 2003.
25. Real Decreto 1120/2012, de 20 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
26. Real Decreto 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. Publicado en BOE núm. 312 de 30 de Diciembre de 2003. Vigencia desde 31 de Diciembre de 2003.
27. Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. B.O.E. Núm. 16 miércoles 19 de enero de 2011.
28. Maraver F, Hurtado I, Armijo F. Aguas mineromedicinales españolas. 4.1. Análisis y fichas. En: Maraver Eyzaguirre F, Armijo Castro F. Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas. Madrid: Complutense 2010.
29. Maraver Eyzaguirre F. Capítulo 4. Aguas mineromedicinales españolas. 4.2. Clasificaciones. En Maraver Eyzaguirre F, Armijo Castro F. Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas. Madrid: Complutense, 2010. 297-310.
30. Casares López R, García Olmedo R, Valls Payés C. Tratado de Bromatología. 5ª ed. Madrid: Pub. Dpto. Bromatología, Toxicología y Análisis Químico Aplicado, UCM 1978.
31. Rodier J. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3ª ed. Barcelona: Omega 1998.

32. OMS 2008. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. Volumen 1: Recomendaciones (Libro en Internet). Ginebra (Suiza): OMS. Organización Mundial de la Salud. Disponible en: (www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es).

Análisis de la radiactividad en aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)

Title in English: *Radioactivity analysis of Paracuellos de Jiloca Spa water*

M.^a Antonia Simón Arauzo*, Beatriz Romero del Hombrebueno Pozuelo, José Antonio Suárez Navarro, Catalina Gascó Leonarte, José Antonio Trinidad Ruiz, Ana M.^a Suáñez Fidalgo, Ángela Caro Benito, Óscar González Martínez

Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica. Departamento de Medioambiente (CIEMAT), Avda. Complutense 40, 28040 Madrid. *simon.arauzo@ciemat.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 57-67

RESUMEN	ABSTRACT
Se ha realizado el estudio radiológico del agua del manantial del Balneario de Paracuellos de Jiloca en la provincia de Zaragoza. Este estudio ha consistido en la determinación cuantitativa de los radionucleidos naturales más importantes desde el punto de vista de la protección radiológica existentes en las aguas del balneario. La medida del contenido radiactivo de las aguas constituye un tema cuyo estudio resulta de gran interés, ya que los elementos radiactivos disueltos pueden producir, como consecuencia directa de su consumo, dosis de irradiación interna tanto por ingestión como por inhalación de estos elementos. Debido a lo cual es necesario, en algunos casos, proceder al análisis radiológico de las mismas y la posterior evaluación de la dosis asociada a este consumo.	Radioactivity analysis of Paracuellos de Jiloca Spa water was carried out by the CIEMAT Laboratory of Environmental Radioactivity. With this aim the most important natural radionuclides were determined in water from spring water. The measurement and knowledge of radioactivity level in water is an interesting and convenient topic. The consumption of water which has dissolved some radionuclides could lead to internal irradiation both by ingestion and by inhalation. Therefore it is necessary, in some cases, to determine the water radioactivity level in order to assess the dose.
Palabras clave: Radiactividad; Radionucleido; Periodo de semidesintegración; Series radiactivas.	Keywords: Radioactivity; Radionuclides; Half life; Radioactive series.

1. INTRODUCCIÓN

La Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica del departamento de Medio Ambiente del CIEMAT ha realizado el estudio de la radiactividad en las aguas del manantial de Paracuellos de Jiloca. Este trabajo está englobado dentro de un estudio más amplio sobre las características generales de los

balnearios españoles en el que se incluyen las características radiológicas de sus aguas mineromedicinales.

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

Los isótopos radiactivos que habitualmente se encuentran presentes en el agua, a excepción del tritio y del carbono-14 que son de origen cosmogénico, proceden de las series radiactivas naturales de los radionucleidos primarios ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th (Figura 1), que se encuentran distribuidos abundantemente, aunque de forma desigual, en la corteza terrestre y del ^{40}K .

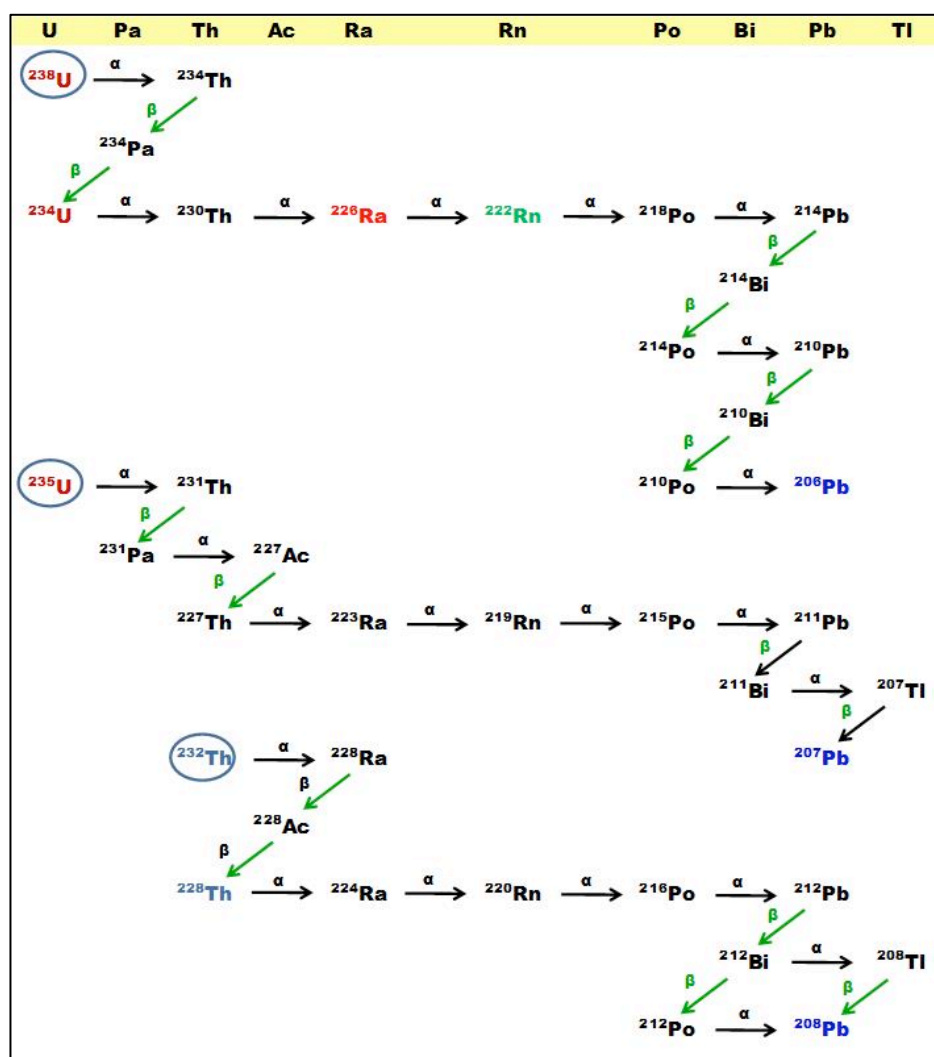


Figura 1. Series radiactivas naturales.

Serie del Uranio 238

El ^{238}U es el padre de una serie de 14 nucleidos. Los isótopos de mayor importancia debido a su larga vida media y a su toxicidad son el ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra y ^{222}Rn .

Serie del Uranio 235

El ^{235}U con un periodo de semidesintegración largo (700 millones de años) encabeza la serie formada por 12 radionucleidos con isótopos de radio, radón, plomo, bismuto y polonio.

Serie del Torio 232

El ^{232}Th con un periodo de semidesintegración muy largo (14 billones de años) encabeza una serie de 11 radionucleidos que tiene muchas semejanzas con las series del uranio ya que incluye isótopos de los mismos elementos (radio, radón, plomo bismuto y polonio).

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

La mayor o menor concentración de estos radionucleidos en las aguas viene condicionada no sólo por la mayor abundancia en el terreno sino también por las características fisicoquímicas de cada uno de ellos individualmente (solubilidad, etc.). Ello hace que los equilibrios radiactivos seculares entre los radionucleidos existentes en los terrenos se alteren radicalmente en las aguas que los disuelven y acumulan. Un caso típico es el ^{222}Rn , que a pesar de tener un periodo de semidesintegración mucho más corto que el de su progenitor el ^{226}Ra , su actividad en el agua es mayor debido a sus diferentes características fisicoquímicas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestras

Las muestras se tomaron en octubre de 2016 en el punto de surgencia del Balneario.

Para el análisis del radón y espectrometría gamma, se utilizaron envases de tipo Marinelli de 500 mL de capacidad que se llenaron hasta el borde y se cerraron

herméticamente, se anotó la hora exacta de la toma de muestra y se midieron en el laboratorio antes de las 72 horas.

Para el resto de los análisis se tomaron 10 L de agua en dos garrafas de polipropileno y se acidularon con HNO_3 hasta pH inferior a 2, para todos los análisis a excepción del tritio.

2.2. Índices de actividad alfa y beta total

Los llamados índices de radiactividad alfa total y beta total, proporcionan una estimación orientativa del contenido de la radiactividad en el agua, su medida es sencilla y permite decidir sobre la necesidad de realizar determinaciones específicas de los posibles radionucleidos presentes.

Estas medidas proporcionan valores del contenido global de emisores alfa referidos al ^{241}Am y de emisores beta referidos al ^{90}Sr en equilibrio con el ^{90}Y .

La determinación del índice de actividad alfa se ha realizado mediante la técnica de coprecipitación y medida por centelleo sólido de sulfuro de cinc (Ag), y los de actividad beta total mediante evaporación y medida por contador proporcional de flujo de gas (1,2)

2.3. Determinación de radionucleidos específicos

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

Los radionucleidos estudiados han sido los siguientes:

^{222}Rn

En general, el mayor porcentaje de radiactividad de las aguas subterráneas se debe a la presencia de ^{222}Rn . Debido a sus propiedades fisicoquímicas se produce una acumulación de radón en el agua que da lugar a valores de actividad muy superior a la debida al simple equilibrio radiactivo con su progenitor. Por otra parte, la presencia de ^{222}Rn 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 radionucleidos de periodos de semidesintegración cortos, tales como el ^{214}Pb ($T_{1/2}= 26,8$ minutos) y ^{214}Bi ($T_{1/2}=19,8$ minutos), que contribuyen en gran medida a los valores de actividad encontrada en las aguas.

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

Los métodos de medida “in situ” en el propio manantial son menos sensibles y precisos que los métodos de determinación de radón en el laboratorio, que es como se han realizado en este estudio.

El ^{222}Rn es un emisor alfa, su detección se realiza por medida directa mediante la técnica de espectrometría gamma (3). El cálculo de la actividad se realiza sobre los fotopicos del ^{214}Pb y ^{214}Bi , en equilibrio con el ^{222}Rn (3). El equipo utilizado es un detector de germanio intrínseco “reverse” (Rege) con su correspondiente cadena electrónica asociada. El detector está rodeado con un blindaje de plomo de 10 cm. de espesor para reducir el fondo.

^{226}Ra

El ^{226}Ra es un radionucleido emisor alfa con un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=1600$ años y es el precursor del ^{222}Rn . Su determinación en agua se realiza mediante una separación radioquímica del radio utilizando portador de bario (4). Las medidas se realizan con un detector de centelleo sólido de sulfuro de cinc a distintos intervalos de tiempo a partir del momento de separación y mediante el planteamiento y resolución de un sistema de ecuaciones simultáneas se obtienen las actividades de ^{226}Ra y ^{224}Ra .

^{238}U , ^{235}U y ^{234}U

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

^{230}Th , ^{232}Th y ^{228}Th

Los isótopos de torio se han determinado por espectrometría alfa (6) previa separación radioquímica y utilizando como patrón interno el ^{229}Th .

El ^{230}Th pertenece a la serie radiactiva natural del ^{238}U y tiene un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=80.000$ años. Su determinación es muy importante por tratarse de un radionucleido muy restrictivo desde el punto de vista de protección radiológica, dado que es un emisor alfa con un periodo de semidesintegración muy largo.

^{210}Po

El Po-210 es un radionucleido emisor alfa con un periodo de semidesintegración de $T_{1/2}=138,4$ días. Es descendiente directo del ^{210}Pb y ^{210}Bi , que a su vez provienen de la cadena de desintegración del ^{222}Rn . Su determinación en agua se realiza mediante un autodepósito sobre disco de plata en medio reductor, citrato sódico y bismuto en baño de agua termostatzado (7). El rendimiento químico del procedimiento se determina por medio de un trazador de ^{209}Po . La medida se realiza mediante espectrometría alfa de alta sensibilidad y bajo fondo con detector de Si implantado.

^{40}K

El ^{40}K es un emisor beta-gamma con un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=1,28$ billones de años. Su determinación se realiza por espectrometría de emisión atómica, considerando que su actividad específica es de $0,02769$ Bq/mg. (2)

^3H

El tritio es un emisor beta con un periodo de semidesintegración $T_{1/2}=12,33$ años. Su determinación se puede llevar a cabo mediante destilación y medida directa por centelleo líquido, o por concentración electrolítica y medida por centelleo líquido (8). En este estudio se ha utilizado la concentración electrolítica ya que los límites de detección son veinte veces menores que los de medida directa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis por espectrometría gamma no ha mostrado la presencia de ningún isótopo artificial.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de los índices de actividad alfa total y de los emisores alfa analizados de las tres series radiactivas naturales.

Como puede observarse la contribución a la actividad alfa total de los emisores alfa a excepción del ^{222}Rn , es muy pequeña. Esto es debido a que el ^{222}Rn detectado proviene de la exhalación del entorno rocoso que rodea el acuífero y que se disuelve en éste, y no del ^{226}Ra disuelto en el agua.

Tabla 1. Emisores alfa

<i>Análisis</i>	<i>Actividad Bq/L ± 2S</i>
Alfa total	0,31 ± 0,03
²³⁸ U	0,006 ± 0,001
²³⁴ U	0,006 ± 0,001
²³⁰ Th	< 0,002
²²⁶ Ra	< 0,05
²²²Rn	8,65 ± 0,47
²¹⁰ Po	0,003 ± 0,001
²³⁵ U	0,0002 ± 0,0001
²³² Th	<0,001
²²⁸ Th	<0,001

Los hijos de vida corta del radón (²¹⁸Po y ²¹⁴Po) podrían ser los que contribuyen a la actividad del índice alfa total. Para constatarlo se ha realizado otra medida una vez transcurrido un tiempo largo desde el muestreo a fin de asegurar el decaimiento del ²²²Rn y de sus hijos. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de estas dos medidas.

Tabla 2. Índices de actividad alfa total en distintas fechas de análisis

<i>Análisis</i>	<i>Fecha muestreo</i>	<i>Fecha análisis</i>	<i>Actividad Bq/L ± 2S</i>
Alfa total	04/10/2016	10/10/2016	0,31 ± 0,03
Alfa total	04/10/2016	06/03/2017	0,14 ± 0,01

Como se puede observar, la actividad de la segunda medida es menor, por lo que en el primer análisis podría haber una contribución de los descendientes del ²²²Rn a la actividad alfa total.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para el índice de actividad beta total y para los emisores beta tritio y ⁴⁰K.

El valor del índice de actividad beta total está justificado por la actividad del ⁴⁰K. La actividad de tritio indica un componente de recarga del acuífero con aguas más superficiales.

Tabla 3. Emisores beta

<i>Análisis</i>	<i>Actividad Bq/L ± 2S</i>
Beta total	0,8 ± 0,24
Pb-210	0,013 ± 0,004
Tritio	0,14 ± 0,03
K-40	0,52 ± 0,01

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en nuestro laboratorio y los descritos en el Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas.

Tabla 4. Comparación de resultados Ciemat vs. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas

<i>Análisis</i>	CIEMAT	VADEMÉCUM II DE AGUAS MINEROMEDICINALES ESPAÑOLAS
	<i>Bq/L ± 2S</i>	<i>Bq/L ± 2S</i>
Rn-222	8,65 ± 0,47	< 4
Alfa total	0,31 ± 0,03	< 0,15
Beta total	0,80 ± 0,24	< 0,50

El Ciemat detecta actividad por encima de los valores de límite de detección descritos en el Vademécum. Según la concentración de K⁺ reportada en el Vademécum, 25,9 mg/L, habría una actividad beta de 0,69 Bq/L debida al ⁴⁰K, resultado que estaría más acorde con el detectado por el Ciemat. En cualquier caso las actividades son muy bajas por lo que las diferencias podrían ser debidas a la estadística de recuento.

En la Tabla 5 se muestran un resumen de la actividad encontrada en otros balnearios. Como puede verse los niveles del balneario de Paracuellos de Jiloca no presentan valores destacables para ninguno de los isótopos analizados.

Tabla 5. Relación de los resultados radiológicos de los balnearios estudiados

BALNEARIO	Alfa total	Beta total	²³⁸ U	²³⁴ U	²³⁰ Th	²²⁶ Ra	²²² Rn	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	²³⁵ U	²³² Th	²²⁸ Th	³ H	⁴⁰ K
Alange (Badajoz)	8,1E-02	2,5E-01				3,0E-02							7,0E-02	
Fitero (Navarra)	2,3E+00	2,4E+00				2,4E+00		ND	3,3E-03					
La Toja (Pontevedra)	4,8E+01	9,5E+01			3,1E+00	1,1E+01	2,7E+02	ND	7,5E+00					
Lugo (Lugo)	2,8E+01	8,3E+01				3,0E-01		1,6E-01	1,0E-01					
Blancafort (Barcelona)	ND	1,0E-01			2,2E-01	ND	1,4E+01	4,0E-03			ND			
Cofrentes (Valencia)	1,5E-01	1,0E+00			ND	1,0E-01	2,0E+00	ND					ND	
Carratraca (Málaga)	1,7E+00	1,5E+00	5,8E-02	6,4E-02	1,3E-02	5,0E-01	4,5E+01	ND		2,7E-03	6,5E-03			
El Paraíso (Teruel)	1,7E+00	2,8E+00	2,9E-02	4,2E-02	3,2E-03	1,6E+00	4,3E+01	7,0E-02	2,8E-02	1,4E-03				
Alhama (Granada)	4,8E-01	4,4E-01	7,3E-03	8,4E-03	1,1E-03	1,8E-01	8,7E+00	2,0E-02	2,0E-03	4,0E-03			ND	
Jaraba (Zaragoza)	1,1E-01	1,1E-01	2,4E-02	4,7E-02	1,1E-03	1,7E-02	ND	ND	2,8E-03	3,4E-03	4,3E-03		ND	
Cervantes (C. Real)	8,3E-02	5,6E-01	2,1E-03	3,5E-03	3,7E-03	1,3E-02	7,0E+00	ND	2,0E-03	9,0E-04	1,3E-03	2,3E-03	ND	
P. Viesgo (Santander)	1,5E+00	2,5E-01	1,5E-01	2,8E-01	3,3E-02	8,3E-01	1,7E+01	ND		5,6E-04	9,3E-03	9,4E-03		
Valdelateja (Burgos)	1,9E-01	2,1E-01	1,0E-03	3,6E-03	3,1E-02	6,2E-02	7,3E+00	ND	1,8E-03	ND	1,8E-02	2,1E-02	ND	ND
Alicún de las Torres (Granada)	5,9E-01	1,1E+00	2,3E-02	3,7E-02	2,9E-02	1,8E-01	1,4E+01	3,0E-02	1,1E-02	8,9E-04	ND	7,2E-03	ND	
Baños de la Concepción (Albacete)	2,5E-01	1,8E-01	1,8E-02	4,5E-02	1,0E-02	8,0E-02	3,0E-02	7,0E-03	4,0E-03	7,0E-04	ND	1,2E-02	ND	
El Raposo (Badajoz)	1,1E-01	5,0E-02	1,1E-02	5,0E-02	1,0E-02	1,0E-02	9,6E+00	6,0E-03	3,0E-03	3,0E-03	ND	6,8E-04	4,0E-04	
Villa de Olmedo (Valladolid)	6,9E-01	1,9E+00	2,7E-01	5,2E-01	9,0E-04	1,9E-01	3,1E+00	ND	2,0E-02	1,1E-02	ND	6,1E-04	ND	ND
Villavieja (Castellón)	9,9E-01	5,9E-01	5,7E-02	7,6E-02	ND	4,0E-01	1,6E+02	8,8E-02	2,0E-02	2,0E-03	ND	ND	ND	ND
S. Nicolás (Almería)	4,9E+00	1,3E+00	1,3E-01	3,0E-01	2,0E-03	1,3E+00	3,6E+01	6,2E-04	2,6E-01	5,0E-03	1,7E-03	3,1E-02	ND	8,6E-02
Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)	3,1E-01	8,0E-01	6,0E-03	6,0E-03	<0,001	< 0,05	8,7E+00	1,3E-02	3,0E-03	2,0E-04	<0,001	<0002	1,4E-01	5,2E-01

ND: No detectable

4. CONCLUSIONES

Según el Vademécum de aguas mineromedicinales españolas (9), se clasifican como aguas radiactivas las que tienen más de 67,3 Bq/L de ^{222}Rn , por lo que estas aguas no deben considerarse como tales.

No se han detectado isótopos radiactivos de origen artificial en las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca. Las actividades alfa y beta detectadas son debidas principalmente a la presencia de radionucleidos de origen natural pertenecientes fundamentalmente a la serie radiactiva del ^{238}U y al ^{40}K .

5. REFERENCIAS

1. Trinidad JA, Romero del Hombrebueno B. Determinación de la actividad alfa total en aguas por centelleo sólido (RA/PT-L501). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente 2015.
2. Simón MA. Determinación del índice de actividad alfa total, beta total y beta resto en aguas mediante contador proporcional. (RA/PT-L204) Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente 2017.
3. Suárez JA. Determinación de emisores gamma en muestras ambientales. (RA/PT-L301) Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente 2013.
4. Gómez V, Heras MC, García MR. Procedimiento para la determinación de Ra-226 y Ra-224 en aguas y en suelos, mediante separación radioquímica y posterior medida alfa con contador proporcional de flujo continuo de gas o contador de centelleo (PR-X2-04). Madrid: CIEMAT, Dpto. de Impacto Ambiental de la Energía 1994.
5. Heras MC, Gómez V, García MR, Pozuelo M, Gracia JA. Procedimiento para la separación radioquímica y determinación mediante espectrometría alfa de uranio en aguas, suelos, sedimentos y muestras biológicas. (PR-X2-09). Madrid: CIEMAT, Dpto. de Impacto Ambiental de la Energía 1996.
6. Trinidad JA, Romero del Hombrebueno B. Determinación de torio isotópico en muestras ambientales por espectrometría alfa. (RA/PT-L503). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente 2016.

7. Gascó C. Determinación de Po-210 y Pb-210 en muestras ambientales por espectrometría alfa. (RA/PT-L404). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente 2013.
8. Romero del Hombrebueno B, Trinidad JA. Determinación de la actividad de tritio en aguas por centelleo líquido. (RA/PT-L502). Madrid: CIEMAT, Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica, Dpto. de Medio Ambiente 2015.
9. Maraver F, Armijo F. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas. Madrid: Editorial Complutense 2010.

Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Paracuellos de Jiloca

Title in English: *Microbiology of the natural mineral water of Paracuellos de Jiloca Spa*

M.^a Carmen de la Rosa Jorge*, Victoria Fernández García, Concepción Pintado García, Carmina Rodríguez Fernández

Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid.

*delarosa@ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 68-80.

RESUMEN	ABSTRACT
Se ha estudiado la microbiota autóctona y alóctona del agua mineromedicinal del Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza). No se han encontrado indicadores fecales ni microorganismos patógenos en 250 mL de agua. El número total de microorganismos ha sido de $3,4 \times 10^6$/mL, siendo el número de bacterias viables heterótrofas y oligotrofas <100 ufc/mL. La microbiota autóctona está constituida, principalmente, por bacterias Gram positivas de los <i>Phyla Firmicutes</i> y <i>Actinobacteria</i>. Los géneros más frecuentes han sido: <i>Staphylococcus</i>, <i>Micrococcus</i> y <i>Rhodococcus</i>. Se han detectado bacterias con actividades amonificantes, proteolíticas, amilolíticas y celulolíticas en 100 mL que contribuyen a la autodepuración de estas aguas, así como bacterias oxidantes del azufre y sulfato reductoras que influyen en la composición química de las mismas. Palabras clave: Manantial sulfurado; Microbiota autóctona; Biodiversidad; Bacterias del azufre.	The autochthonous and allochthonous microbiota of the natural mineral water of Paracuellos de Jiloca Spa have been studied. Neither faecal indicators nor pathogenic microorganisms were found in 250 mL of water. The total number of microorganisms in the water was of 3.4×10^6/mL and the number of heterotrophic and oligotrophic viable bacteria was <100 cfu/mL. The autochthonous microbiota mostly belongs to Gram-positive bacteria, from the <i>Phyla Firmicutes</i> and <i>Actinobacteria</i>. The most frequently found genera were <i>Staphylococcus</i>, <i>Micrococcus</i> and <i>Rhodococcus</i>. Moreover ammonifying, proteolytic, amylolytic and cellulolytic bacteria have been detected in 100 mL, all of them involved in self-purification process of water, as well as oxidants of sulphur and reducing sulfates bacteria that influence in the chemical composition of themselves. Keywords: Sulfide spring; Autochthonous microbiota; Biodiversity; Sulphur bacteria.

1. INTRODUCCIÓN

El Balneario de Paracuellos de Jiloca se encuentra situado en el municipio del mismo nombre, en la provincia de Zaragoza, perteneciente a la Comunidad Autónoma de Aragón. El término municipal se encuentra en la comarca de Calatayud en el valle del río Jiloca.

Las propiedades curativas de las aguas de esta localidad ya eran conocidas por los romanos y utilizadas por los lugareños desde tiempos remotos. En el siglo XVII Limón Montero describe sus propiedades medicinales y realiza un análisis en el que descubre la presencia de azufre y salitre: “...el agua es cristalina con olor desagradable y sabor a cieno...Las aguas de la fuente de Paracuellos tienen muy eficaz virtud de mover el vientre por el salitre ayudadas de la relajación que hace en el estómago el azufre” (1). En 1848 se edifica un pequeño Balneario que obtuvo la declaración de utilidad pública en 1869 (2), denominado, posteriormente, Baños Viejos ya que en 1874 surge otro manantial y se construye un nuevo establecimiento llamado Baños Nuevos. En 1899 se unen los dos balnearios con un único propietario. Durante la guerra civil los Baños Nuevos fueron utilizados como hospital y posteriormente el edificio sufrió un incendio que lo dejó inservible. El Balneario actual comprende el edificio de los Baños Viejos que ha sido rehabilitado totalmente y se le ha incorporado un parque termal con grandes zonas ajardinadas, instalaciones deportivas y piscinas. (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Edificio del balneario de Paracuellos.

Las aguas mineromedicinales no son estériles, como todos los ecosistemas acuáticos tienen una microbiota autóctona que depende de su composición química y de la temperatura de las mismas. En este trabajo hemos estudiado, por primera vez, esta microbiota autóctona no solo para conocer su número, identidad y diversidad sino también su actividad metabólica que puede contribuir a las características químicas del agua y que tanta importancia tiene en la autodepuración de la misma. Además, se han analizado los microorganismos que pueden suponer un riesgo para la salud de los usuarios que reciben los tratamientos terapéuticos en el Balneario, como

son los indicadores de contaminación fecal y algunos patógenos que se transmiten por el agua.



Figura 2. Parque termal.

2. RESULTADOS

2.1. Muestras

Estas aguas mineromedicinales emergen a una temperatura de 16 °C, tienen un pH neutro y se clasifican como hipotermales, de mineralización fuerte, cloruradas, sulfatadas, sódicas, sulfuradas y extremadamente duras (3).

El Balneario utiliza el agua mineromedicinal procedente de un manantial y de un sondeo que se encuentra en el exterior en un pequeño promontorio detrás del edificio y protegido por una caseta (Figura 3). El agua se capta con una bomba, se almacena en dos grandes depósitos y se conduce por tuberías a las instalaciones del balneario para su uso en los distintos tratamientos. Además los agüistas utilizan para los tratamientos hidropónicos el agua de una fuente situada en una galería en el interior del establecimiento balneario (Figura 4).



Figura 3. Punto de emergencia.



Figura 4. Fuente.

Para realizar este estudio se tomaron muestras del agua procedente del sondeo y de la fuente en octubre del año 2016. Las muestras se recogieron en recipientes estériles de 1,5 litros, por duplicado, y se trasladaron, a temperatura ambiente y en oscuridad, hasta el laboratorio analizándolas antes de las 24 horas.

2.2. Microorganismos totales y vivos

El número de todos los microorganismos presentes en el agua se ha determinado por el método del recuento directo, utilizando varios fluorocromos: naranja de acridina, Syto®9 y yoduro de propidio (BacLight Live/Dead) que nos permite distinguir los microorganismos muertos de los vivos. Las muestras teñidas se filtraron por una membrana Nucleopore de 0,2 μm de diámetro de poro y se observaron y contaron con un microscopio de fluorescencia y objetivo de inmersión.

El número de microorganismos totales ha sido de $3,4 \times 10^6$ /mL y el porcentaje de vivos, 77,2 %. Estos resultados son semejantes a los encontrados en otro manantial de agua mineromedicinal sulfurado (4), siendo mayor el porcentaje de microorganismos vivos. Los recuentos obtenidos por esta técnica suelen ser altos y mayores que los obtenidos por cultivo ya que se cuentan también los microorganismos muertos y los autótrofos que no pueden multiplicarse en los medios heterótrofos utilizados.

2.3. Bacterias aerobias viables

En las aguas mineromedicinales es útil la determinación del número de bacterias aerobias viables, a distintas temperaturas, pues permite conocer si ha habido contaminación del acuífero o si el agua ha sido tratada con algún proceso de desinfección. En este estudio se han determinado las bacterias heterótrofas, utilizando el medio agar extracto de levadura (5) y las bacterias oligotrofas empleando agar R₂A (6), a dos temperaturas 22 °C y 37 °C, mediante las técnicas de filtración, con filtros

Millipore de 0,22 μm y de dilución en placa. Los resultados se han expresado en unidades formadoras de colonias por mL de agua (ufc/mL).

El número de bacterias viables ha sido menor de 100 ufc/mL en todos los casos (Tabla 1), presentando más bacterias oligotrofas que heterótrofas, propio de aguas subterráneas pobres en materia orgánica (7). Estas cifras bajas indican que hay una buena protección del acuífero. Se ha observado una relación con la temperatura de emergencia del agua, 16 °C, ya que el número de bacterias viables incubadas a 22 °C ha sido mayor que a 37 °C. Los valores obtenidos son semejantes a los de otros manantiales españoles hipotermales, sulfurados (8) o extremadamente duros (9, 10).

Tabla 1. Número de bacterias aerobias viables (ufc/mL).

Bacterias	Tª	Manantial	Fuente
<i>Heterótrofas</i>	22 °C	42	31
	37 °C	9	7
<i>Oligotrofas</i>	22 °C	88	27
	37 °C	19	-

2.4. Microorganismos de interés sanitario

Las aguas mineromedicinales se utilizan en los balnearios con fines terapéuticos, por lo que deben tener ausencia de bacterias que indiquen contaminación fecal y de microorganismos patógenos que puedan transmitirse a través del agua por vía oral, tópica o inhalatoria.

Para detectar la posible presencia de indicadores fecales se han realizado los recuentos de coliformes totales y fecales, enterococos, esporas de *Clostridium* sulfito-reductores y *C. perfringens*, además se ha investigado la presencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Pseudomonas aeruginosa*, utilizando los métodos oficiales españoles de las aguas de consumo humano (5) y de bebida envasadas (11). También se ha estudiado la presencia de *Staphylococcus aureus* en 250 mL de agua, sembrando en caldo triptona soja y aislando en agar Baird-Parker y de *Legionella pneumophila*, según la Norma ISO 11731 (12).

No se han encontrado ninguno de los microorganismos indicadores de contaminación fecal, ni de las bacterias patógenas estudiadas en 250 mL de agua.

2.5. Microorganismos de interés ecológico

La microbiota autóctona de las aguas mineromedicinales es de gran interés ecológico ya que participa en los procesos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno y

azufre. Estos microorganismos poseen diversas capacidades metabólicas, transformando los compuestos orgánicos en inorgánicos lo que contribuye a la autodepuración de las aguas y mantiene el equilibrio biológico de estos ambientes hidrotermales (7).

En este estudio se ha determinado el número de bacterias que intervienen en el ciclo del carbono (proteolíticas, amilolíticas, celulolíticas), del nitrógeno (amonificantes, nitrificantes) y del azufre (sulfato reductoras, oxidantes del azufre). Se ha utilizado la técnica del número más probable (NMP) y los medios descritos en otro trabajo (9), incubando a 30 °C durante 30 días. Los resultados se han expresado como NMP de microorganismos en 100 mL de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Número de microorganismos de interés ecológico.

Microorganismos	Manantial
NMP/100mL	
Proteolíticos	1100
Amilolíticos	21
Celulolíticos	9,1
Nitrificantes	<3
Amonificantes	1500
Sulfato-reductores	23
ufc/ 100 mL	
Halófilos	4
Oxidantes de azufre	120
Hongos	6

El agua del manantial ha presentado bacterias proteolíticas, amilolíticas, celulolíticas y amonificantes. Las bacterias proteolíticas detectadas hidrolizan la gelatina y se han identificado como *Staphylococcus*, *Rhodococcus* y *Leifsonia aquatica*. Las bacterias amilolíticas son de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Leifsonia* y las celulolíticas del género *Cellulomonas*. En cuanto a las bacterias amonificantes que producen amoníaco de la asparagina pertenecen, principalmente, a la especie *Stenotrophomonas maltophilia*.

Los microorganismos con actividades proteolíticas, amilolíticas y amonificantes son muy abundantes en los hábitats naturales y son importantes en la eliminación de materia orgánica en las aguas subterráneas, siendo frecuente su presencia en manantiales mineromedicinales, tanto sulfurados (4, 8, 13, 14, 15) como sulfatados (16, 17) y extremadamente duros (9, 10).

Además, se han encontrado bacterias que intervienen en el ciclo del azufre tanto sulfato reductoras como oxidantes del azufre. Las bacterias sulfato reductoras constituyen un grupo ampliamente distribuido en la naturaleza, se encuentran en ambientes acuáticos dulces y salinos y se han detectado en otros manantiales mineromedicinales sulfatados (16, 17) y sulfurados (8, 13,14). En condiciones de anaerobiosis reducen el sulfato mediante reducción desasimiladora, primero a sulfito y luego a sulfhídrico que se excreta. El sulfhídrico es muy tóxico para los organismos aerobios por lo que puede ejercer una actividad antimicrobiana y disminuir la microbiota autóctona del agua. La mayoría de las bacterias sulfato reductoras son heterótrofas y utilizan compuestos orgánicos como fuente de energía. Para su detección, hemos utilizado un medio con lactato y sulfato, en el que se produce un precipitado negro de sulfuro de hierro debido a la reducción del sulfato (Figura 5).

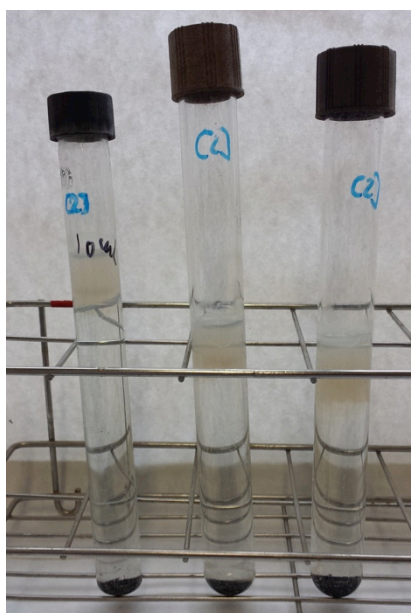


Figura 5. Cultivo de bacterias sulfato reductoras.

El sulfhídrico producido por las bacterias sulfato reductoras puede ser oxidado a azufre elemental por bacterias aerobias quimiolitotrofas o por anaerobias fototrofas, depositándose en forma de glóbulos intra o extra celulares y originando copos o masas blanquecinas macroscópicas. (Figura 6). Posteriormente el azufre se oxida a sulfato que es reducido nuevamente a sulfhídrico, completándose el ciclo (18). Las bacterias oxidantes del azufre pueden oxidar distintos compuestos reducidos: sulfhídrico, azufre elemental o tiosulfato por lo que para su detección en el laboratorio se emplean medios con tiosulfato que son más estables (19). En este estudio se han encontrado bacterias aerobias quimiolitotrofas pero no fototrofas. En otros manantiales sulfurados también se han detectado bacterias que oxidan el azufre (8, 13, 15). Una consecuencia importante del ciclo del azufre es la corrosión anaerobia de estructuras de hierro y acero que pueden destruir tuberías y depósitos. En este

proceso las bacterias tienen un papel decisivo ya que el sulfhídrico formado ataca al hierro metálico que se convierte en sulfuro ferroso e hidróxido ferroso (20).

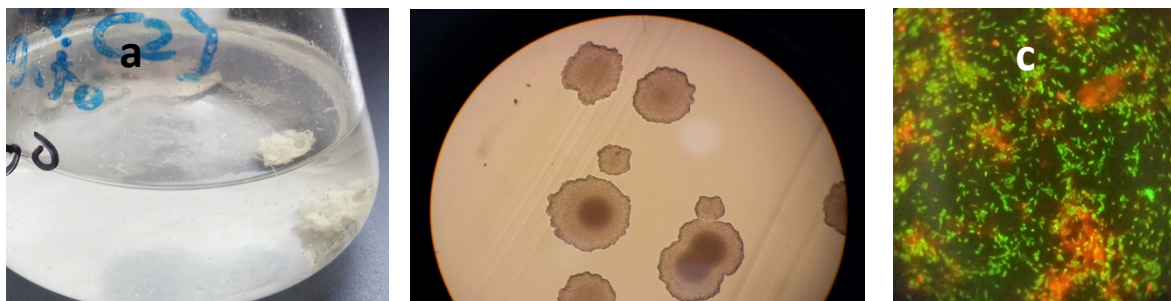


Figura 6. Bacterias oxidantes del azufre: a) cultivo en caldo tiosulfato; b) colonias en agar tiosulfato; c) tinción fluorescente con naranja de acridina.

Debido al alto contenido en sales de estas aguas, se han estudiado los microorganismos halófilos por el método de filtración, utilizando agar halófilo con 15 % de cloruro sódico e incubando a 30 °C, durante 7 días. Se han detectado en un número muy pequeño, 4 en 100 mL, son halófilos facultativos y corresponden a los géneros *Staphylococcus* y *Micrococcus*. Su presencia es habitual en aguas salinas y se han encontrado en otros manantiales de mineralización fuerte (9, 13, 16, 21).

También se han estudiado otros tipos de microorganismos: hongos, bacterias del hierro, cianobacterias y algas, utilizando los métodos descritos en otro trabajo (9). Se han encontrado un número bajo de hongos, 6 por 100 mL, que pertenecen a hongos filamentosos de los géneros *Penicillium* y *Cladosporium*. Los hongos en aguas minerales suelen proceder del suelo y se han detectado en pequeño número en otros manantiales mineromedicinales sulfurados (4, 8, 13, 14, 15).

No se han encontrado bacterias del hierro, cianobacterias ni algas.

2.6. Identificación de bacterias heterótrofas

Las cepas aisladas en los distintos medios de recuento se han identificado por varias características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas descritas en un trabajo anterior (22). Además se utilizó el sistema de identificación miniaturizado API® (bioMérieux), empleando las galerías: 20 NE para los bacilos Gram negativos no fermentadores, Staph para los cocos Gram positivos y Coryne para los bacilos Gram positivos irregulares.

Se han aislado 42 cepas de bacterias viables heterótrofas y oligotrofas, que corresponden a los tipos morfológicos de bacilos Gram negativos (21,5 %), bacilos Gram positivos (40,4 %) y cocos Gram positivos (38,1 %). Según la clasificación taxonómica del Manual de Bergey (23) las cepas identificadas pertenecen, en su

mayoría, a los *Phyla: Actinobacteria* (45,2 %) y *Firmicutes* (33,3 %) y en menor proporción al *Phylum Proteobacteria* (21,5 %) (Figura 7).

En estas aguas se ha detectado una gran proporción de bacterias Gram positivas lo que coincide con lo encontrado en otros manantiales minerales sulfurados (4) y carbónicos (24, 25). El predominio de bacterias Gram positivas sobre las Gram negativas puede ser debido a las características químicas del manantial ya que tanto la elevada concentración de sales, como la producción de carbónico o sulfhídrico tienen un efecto antimicrobiano, sobre todo contra las bacterias Gram negativas.

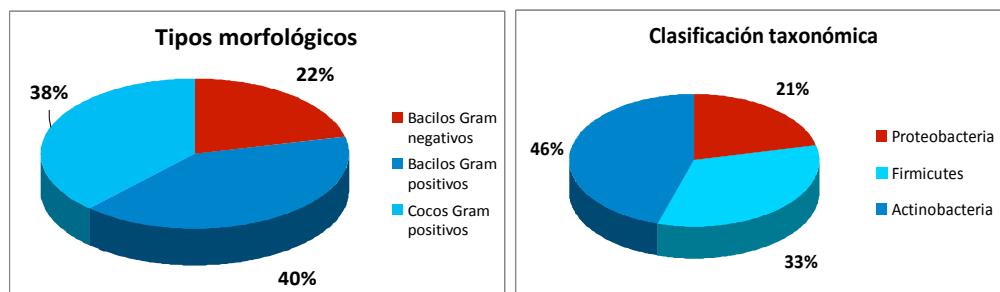


Figura 7. Clasificación morfológica y taxonómica (% cepas).

Entre los bacilos Gram negativos, las especies más frecuentes han sido *Stenotrophomonas maltophilia* y *Pseudomonas fluorescens*. Ambos géneros están ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden considerarse autóctonos de aguas minerales (26, 27).

Los bacilos Gram positivos detectados son, en su mayoría, de morfología irregular y pertenecen a los géneros *Rhodococcus*, *Leifsonia* y *Cellulomonas*. Así mismo, se ha encontrado un pequeño número de cepas de bacilos esporulados del género *Bacillus*. *Rhodococcus* y *Bacillus* se encuentran tanto en ambientes terrestres como acuáticos, y son frecuentes en manantiales termales (4, 10, 22). La principal característica de *Cellulomonas* es su capacidad para metabolizar la celulosa y su hábitat principal es el suelo pero también se ha encontrado en aguas minerales (4, 21, 22, 25). *Leifsonia aquatica* (antes *Corynebacterium aquaticum*) vive en el agua y se ha aislado en otros manantiales mineromedicinales (9, 10, 16).

Los cocos Gram positivos se encuentran en elevada proporción y corresponden a los géneros *Staphylococcus*, *Micrococcus* y *Vagococcus*. Los dos primeros son muy ubicuos y debido a su resistencia a elevadas concentraciones de sal se han detectado en otros manantiales mineromedicinales (9, 16, 22). Además se ha aislado *Vagococcus fluvialis* cuyo hábitat es el agua dulce y que también hemos encontrado en otros manantiales minerales sulfatados (21) y carbónicos (24, 25).

En la Tabla 3 se detallan los géneros y especies de bacterias aisladas en este manantial.

Tabla 3. Géneros y especies de bacterias (nº y % de cepas).

Bacterias		Manantial (n= 42)	
<i>Phylum</i>	Géneros-Especies	nº	(%)
<i>Proteobacteria</i>	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	1	2,4
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3	7,1
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	5	12,0
<i>Actinobacteria</i>	<i>Brevibacterium linens</i>	1	2,4
	<i>Cellulomonas terrae</i>	3	7,1
	<i>Leifsonia aquatica</i>	4	9,5
	<i>Micrococcus luteus</i>	2	4,8
	<i>M. sedentarius</i>	1	2,4
	<i>M. varians</i>	2	4,8
	<i>Rhodococcus sp.</i>	6	14,3
<i>Firmicutes</i>	<i>Bacillus cereus</i>	3	7,1
	<i>Staphylococcus cohnii</i>	1	2,4
	<i>S. epidermidis</i>	2	4,8
	<i>S. hominis</i>	3	7,1
	<i>S. sciuri</i>	3	7,1
	<i>S. xylosus</i>	1	2,4
	<i>Vagococcus fluvialis</i>	1	2,4

Varias cepas aisladas en estas aguas poseen pigmentos amarillos y naranjas lo que es frecuente en aguas minerales (16, 17), debido a que estos pigmentos protegen a las bacterias de las radiaciones evitando la muerte fotodinámica. Entre ellas, destacamos las especies: de bacilos Gram negativos *Stenotrophomonas maltophilia*, de bacilos Gram positivos *Cellulomonas terrea* y *Rhodococcus* y de cocos Gram positivos *Micrococcus luteus* (Figura 8).

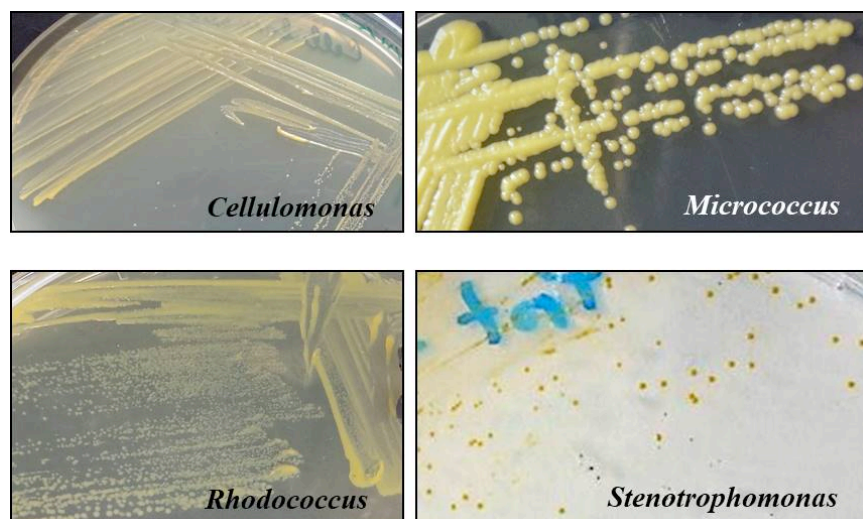


Figura 8. Bacterias pigmentadas.

3. CONCLUSIONES

En las muestras estudiadas no se han detectado indicadores de contaminación fecal ni microorganismos patógenos, por lo que cumplen con la normativa de aguas de consumo humano. La microbiota autóctona está constituida, principalmente, por bacterias oligotróficas, Gram positivas, lo que es habitual en los manantiales hipergeotermos. En el sondeo Sillero, utilizado en los tratamientos, predominan los cocos Gram positivos de la especie *Staphylococcus lugdunensis*. En el sondeo San Marcos hay más diversidad microbiana, siendo las principales especies *Bacillus licheniformis* y *Cupriavidus pauculus*. Se han detectado bacterias con actividad proteolítica, amilolítica nitrificante y amonificante que intervienen en los ciclos biogeoquímicos y contribuyen a la autodepuración de las aguas.

4. AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al propietario del Balneario, D. Jose María Morcillo, las facilidades dadas para la toma de muestras. Además, queremos agradecer a D.^a M.^a Elena Argüelles Rojo, técnico de laboratorio, su valiosa ayuda en la preparación del material de laboratorio y los medios de cultivo.

5. REFERENCIAS

1. Limón Montero A. Espejo cristalino de las aguas de España. Alcalá: Francisco García Fernández 1697: pp 115-118.
2. Gaceta de Madrid 16-04-1869, 106: 2.

3. Maraver F, Armijo F. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas. Madrid: Complutense 2010.
4. Mosso MA, de la Rosa MC, Vivar C, Arroyo G, Díaz F. Microbiología de las aguas mineromedicinales del manantial del Balneario de Lugo. In: Balneario de Lugo. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia 1994: 43-52.
5. Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero sobre Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE 45: 7228-7245.
6. Reasoner DJ, Geldreich E. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. Appl Environ Microbiol 1985; 49: 1-7.
7. Leclerc H, Moreau A. Microbiological safety of natural mineral water. FEMS Microbiol Rev 2002; 26: 207-222.
8. De la Rosa MC, Mosso MA, Prieto P, Ullán C. Microbiología del manantial mineromedicinal de Carratraca. An R Acad Nac Farm 1999; 65: 439-456.
9. De la Rosa MC, Pintado C, Rodríguez C, Mosso MA. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario de Alicún de las Torres. An R Acad Nac Farm 2009; 75: 763-780.
10. Mosso MA, de la Rosa MC. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario de Baños de la Concepción. An R Acad Nac Farm 2011; 77:57-73.
11. Orden de 8 de mayo de 1987. Métodos oficiales de análisis microbiológicos para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. BOE 114: 13964-13973.
12. Water quality. Detection and enumeration of *Legionella*. International Standard ISO 11731, 1998.
13. Mosso MA, Díaz F, de la Rosa MC. Microbiología de las aguas mineromedicinales de Archena. In: Estudios sobre el balneario de Archena. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia 1986: 23-32.
14. De la Rosa MC, Moro I. Estudio microbiológico de los manantiales de aguas mineromedicinales de Caldas de Bohí. An R Acad Nac Farm 1986; 52: 553-562.
15. De la Rosa MC, Díaz F, Mosso MA. Microbiología de las aguas mineromedicinales de Fuente Amarga. In: Estudios sobre el balneario de Fuente Amarga. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia 1985: 17-24.
16. Mosso MA, Sánchez MC, Rodríguez C, De la Rosa MC. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario Cervantes. An R Acad Nac Farm 2006; 72: 285-304.

17. De la Rosa MC, Pintado C, Rodríguez C. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Villavieja. *An R Acad Nac Farm* 2016; 82:75-86.
18. Madigan MT, Martinko JM, Dunlap PV, Clark DP. Brock. Biología de los microorganismos. Madrid: Pearson Educación 2009.
19. Stanier RY, Ingraham JL, Wheelis ML, Painter PR. Microbiología. Madrid: Ed. Reverté 1988; 46.
20. Atlas R, Bartha R. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. 4ª ed. Madrid: Pearson Educación 2002: pp. 422-433.
21. De la Rosa MC, Mosso MA, Prieto MP. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario “El Paraíso” de Manzanera (Teruel). *An R Acad Nac Farm* 2001; 67: 173-183.
22. Mosso MA, de la Rosa MC, Vivar MC, Medina MR. Heterotrophic bacterial populations in the mineral Waters of thermal springs in Spain. *J Appl Bacteriol* 1994; 77: 370- 381.
23. Garrity G. Bergey’s Manual of Sistematic Bacteriology. 2nd ed. Vol.I. New York: Springer 2001.
24. Mosso MA, de la Rosa MC, Díaz F, Vivar C, Medina R. Microbiología del manantial de aguas mineromedicinales de Alange. In: Estudios sobre el balneario de Alange. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia 1990: 27-40.
25. Mosso MA, de la Rosa MC, Vivar C. Microbiología del manantial Hervideros del balneario de Cofrentes. *An R Acad Nac Farm* 1998; 64: 53-63.
26. Casanovas-Massana A, Blanch A. Diversity of the heterotrophic microbial population for distinguishing natural waters. *Int J of Food Microbiol* 2012; 153: 38-44.
27. Garrity G, Brenner D, Krieg N, Staley J. Bergey’s Manual of Sistematic Bacteriology. 2nd ed.Vol. II. The *Proteobacteria*. New York: Springer 2005.

ESTUDIO 5

El Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza): sus características geológicas e hidrogeológicas

Title in English: *The Spa of Paracuellos de Jiloca (Zaragoza), geological and hydrogeological characteristics*

José Antonio López Geta^{1,*}, Juan José Durán Valsero², Antonio Ramírez Ortega³

¹ Grupo Especializado del Agua (GEA) de la Asociación Nacional de Ingenieros de Minas. ² Instituto Geológico y Minero de España (IGME). ³ Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia
*jalopezgeta@gmail.com

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 81-107.

RESUMEN	ABSTRACT
El Balneario de Paracuellos de Jiloca se ubica en la provincia de Zaragoza. Geológicamente se localiza en la cuenca de Calatayud rellena con sedimentos detríticos y evaporíticos del Mioceno. Desde el punto de vista hidrogeológico el Balneario está alimentado por unos pequeños manantiales de baja temperatura, situados cerca del contacto entre una terraza aluvial del río Jiloca y los yesos miocenos karstificados, cuya recarga procede fundamentalmente de la infiltración del agua de lluvia en los yesos de la serie miocena. El caudal de los manantiales es reducido, de entre 2 a 3 litros por segundo, y aunque la facies hidroquímica es sulfatada cálcica, posee una serie de aniones representativos de alta salinidad (cloruros en torno a 5000 mg/L).	The Spa of Paracuellos de Jiloca is located in the province of Zaragoza. Geologically, it is located in the Calatayud basin, filled with detritic and evaporitic sediments from the Miocene. From the hydrogeological point of view, the Spa is fed by small springs, of low temperature, located near the contact between an alluvial terrace of the Jiloca River and the Miocene gypsums of karstic nature, whose recharge comes mainly from the infiltration of rainwater in the plasters of the Miocene series. The flow of the springs is reduced, between 2 o 3 liters per second, and although the hydrochemical facia is calcium sulfate, it has a series of representative anions of high salinity (chlorides around 5000 mg /L).
Palabras clave: Balnearios; aguas minerales; acuífero yesífero; Paracuellos de Jiloca.	Keywords: Mineral waters; thermalism; gypsum aquifer; Paracuellos de Jiloca.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ADMINISTRATIVOS

Del Balneario de Paracuellos de Jiloca, dada su larga tradición y su interés como centro de salud, existentes muchas referencias bibliográficas, algunas de ellas recogidas en la publicación “Estudio de las aguas minero-medicinales, minero-

industriales, termales y de bebidas envasadas en la Comunidad autónoma de Aragón” (1).

Dado el interés de la información recogida (1), a continuación, se hace un breve resumen, del que se destacan algunos datos como su primera cita en el *Espejo Cristalino de las Aguas en España* (1697), cuyo autor, Alfonso Limón Montero, hace referencia al alto contenido en azufre y salitre en una fuente próximas a las casas del pueblo. El Dr. Manuel Boquerín, director médico del establecimiento de Alhama, insiste en una memoria escrita sobre dicha fuente e indica el escaso caudal por el estado de abandono. El rey Carlos III otorgó estas aguas al Hospicio de Calatayud. En 1844, el propietario del predio donde surgía el agua, D. Felipe García Serrano, comenzó a utilizarla en baños medicinales y reclamó sus derechos sobre la surgencia, cuya propiedad le fue reconocida en 1851 tras un largo pleito con la citada institución de beneficencia. Según la información recogida en el *Tratado Completo de las Fuentes Minerales de España*, de Pedro María Rubio (1853), en ese mismo año se cubrió el manantial y se construyó parte del edificio balneario.

Las aguas de Paracuellos de Jiloca fueron reconocidas como mineromedicinales y declaradas de utilidad pública, el 4 de junio del año 1850, en una circular de la Dirección de Sanidad, del Ministerio de la Gobernación del Reino, recogida en la Gaceta de Madrid del dieciséis de abril de 1869, en la que se publica una “Nota” de las temporadas en que están abiertos los establecimientos de baños y aguas minerales que han obtenido la declaración de utilidad (1).

Como consecuencia de la realización de una nueva captación en las proximidades de la anterior, o Balneario Viejo, se crea un conflicto de intereses entre ambos propietarios. Esta incidencia viene muy bien recogida en el primer *Anuario Oficial de las Aguas Minerales de España*, de D. M. Ruiz Salazar y otros, publicado en 1877 (2). Se menciona que en el año 1875 se edificó un nuevo balneario por D. Jaime Cortadellas, quien había realizado una nueva captación que provocó la desaparición de la surgencia primitiva (la de los Baños Viejos); estas aguas del nuevo establecimiento fueron declarada de utilidad pública el 18 de julio de 1876.

Como consecuencia de la afección del manantial nuevo sobre el viejo (se ordenó por la Administración que, del caudal del manantial nuevo, 3,33 L/s se cediera a la instalación primitiva un caudal de 0,95 L/s, que era el declarado oficialmente) se inició conflicto entre los dos propietarios que no llegaron a ponerse de acuerdo e iniciaron obras de captación para intentar quitar el agua el uno al otro. En el segundo *Anuario Oficial*, de Anastasio García y otros (1883), se consolida la existencia de los dos establecimientos, con las denominaciones de Baños Viejos y Baños Nuevos, y da cuenta de la mejora en las instalaciones de estos últimos. Los acontecimientos que fueron sucediéndose, motivó que los dos propietarios llegaran al acuerdo de vender

su propiedad, uno al otro, determinándose quién vendería a quién mediante un sorteo (Esto ocurrió entre 1890 y 1901) (Figura 1).



Figura 1. Fachadas de los edificios de los balnearios en distintas épocas.

El propietario D. Felipe García Serrano, para evitar posibles conflictos con nuevas captaciones, solicitó, con fecha diez de julio de 1928, al Gobierno Civil de Zaragoza que se "fijasen los perímetros de apropiación y protección de sus manantiales de Paracuellos" con arreglo al Estatuto de Aguas Mineromedicinales de 25 de abril de 1928, publicado en la Gaceta de Madrid de 26 de abril de 1928. Tras los informes preceptivos se demarcó un perímetro de protección de 910.000 m² de superficie, que fue aprobado por un Edicto del Distrito Minero de Zaragoza de 20 de noviembre de 1929 (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de datos administrativos de interés hidrotermal

Nombre	Fechas relevantes
Baños Viejo. Se reconocen las aguas como mineromedicinales y declaradas de utilidad pública	4 de junio de 1850
Baños Nuevo. Se declara de utilidad pública	18 de junio de 1876
Baños Viejo y Nuevo. Se aprueba el Perímetros de apropiación y protección de los manantiales	20 de noviembre de 1929
Baños Viejo y Nuevo. Se recogen en el Libro-Registro de aprovechamientos de Aguas Minerales del Servicio provincial de Industria, Comercio y Turismo de Zaragoza. Número 5AMT/07/Z	6 de febrero de 2007
Sondeo nuevo. Realización y registro	Noviembre de 2006 y 2008

2. ENCUADRE GEOLÓGICO DEL BALNEARIO DE PARACUELLOS DE JILOCA EN LA CORDILLERA IBÉRICA

2.1. Generalidades

El Balneario se sitúa en la Cordillera Ibérica (1), que se desarrolló durante la Orogenia Alpina, a comienzos del Terciario y continuó hasta el Mioceno con depósitos molásicos. La Cordillera forma una cadena montañosa que recorre el cuadrante nororiental de la Península Ibérica en dirección NO-SE, desde Burgos hasta el golfo de Valencia. Es una banda de 180 a 200 km de longitud por, hasta, 130 km de anchura. Destaca el núcleo de materiales sedimentarios precámbricos y paleozoicos, muy deformados y sometidos a metamorfismo en la orogenia hercínica, que afloran en su sector central, y un recubrimiento de depósitos mesozoicos y terciarios y fosas tectónicas tardías relleno con depósitos continentales horizontales desde el Mioceno al Cuaternario (Figura 2). Durante el Mioceno, la evolución fue particularmente compleja, con sucesión de etapas compresivas y distensivas, durante las cuales se culminó el relleno de las fosas tectónicas por depósitos continentales, poco o nada deformados posteriormente, situándose en una de ellas, en la denominada Calatayud-Montalbán, el Balneario de Paracuellos de Jiloca.

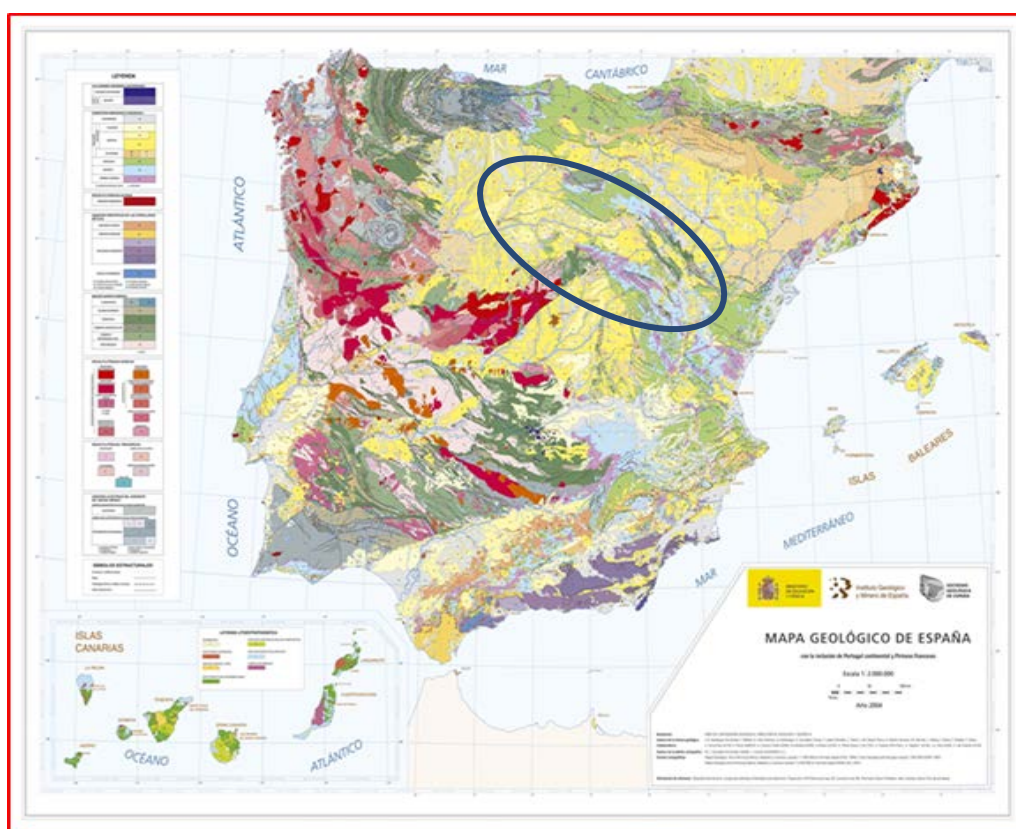


Figura 2. Cartografía Geológica de España, a escala 1:1.000000 realizado por el IGME mostrando la Depresión de Calatayud donde se emplaza el Balneario de Paracuellos de Jiloca.

2.2. Las formaciones acuíferas en el contexto de la Cordillera Ibérica

En el contexto de las formaciones geológicas presentes en la Cordillera Ibérica (1), destacan los acuíferos carbonatados mesozoicos, que abarcan desde el Muschelkalk hasta el Cretácico superior, y algunos detríticos cuaternarios de importancia, separados por macizos paleozoicos o por discontinuidades tectónicas. Además de las formaciones mesozoicas, se encuentran las formaciones detríticas y calizas del Terciarios. En cuanto a los materiales detríticos, su variada litología: terrígena y evaporítica, los hace muy poco permeable; los calizos, a menudo margoso, presentan una permeabilidad por disolución y en menor medida por fracturación, estas características hidráulicas poco relevantes, unido a sus reducidas dimensiones hacen que su interés hidrogeológico sea muy limitado. En cuanto a las formaciones cuaternarias, los sedimentos detríticos poco consolidados, con características similares a los acuíferos aluviales, originan niveles productivos libres, conectados hidrodinámicamente con los ríos, de permeabilidad considerable, pero de poca potencia.

2.3. La Fosa Neógeno de Calatayud-Montalbán

La Cordillera Ibérica se bifurca en Aragón, en dos ramas paralelas (3): la septentrional o aragonesa y la meridional o castellana, separadas por la fosa de Calatayud-Montalbán. Es en esta depresión, en las proximidades a Calatayud, en Paracuellos de Jiloca, es donde se sitúa el Balneario designado con el nombre de dicha localidad. La Depresión se sitúa en la dirección ibérica, con unas dimensiones de 120 km por 20 km, rellena de materiales terciarios, en general horizontales o poco plegados, y limitada por ambos flancos por macizos paleozoicos (Figura 3).

En la Depresión se han diferenciado tres sectores (4): septentrional (Calatayud-Villafeliche), donde se ubica el Balneario; Central (Daroca) y sur (Castralvo-Libros) (Figura 4). Al norte de estas se sitúa el río Perejiles, y al sur, atravesando esas cuencas, el río Jiloca. El relleno sedimentario de esta cuenca alcanza sedimentos aluviales, conglomerados, areniscas, arcillas y limos en la zona de margen de la cuenca que pasan a sedimentos lacustres (evaporitas y carbonatos) en las zonas centrales donde se pueden acumular potencias de hasta 1200 m.

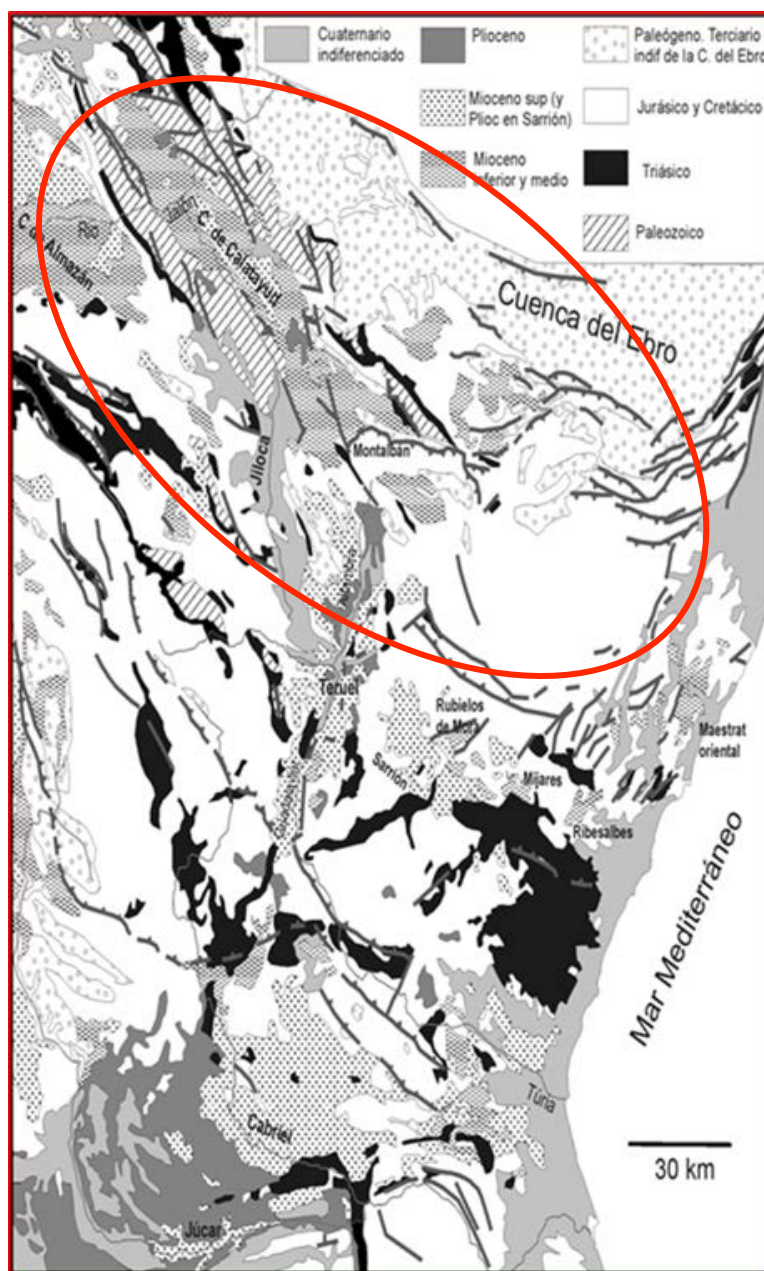


Figura 3. La Cordillera Ibérica se bifurca en Aragón en dos ramas paralelas: la septentrional o aragonesa y la meridional o castellana, separadas por la fosa de Calatayud-Montalbán (3).

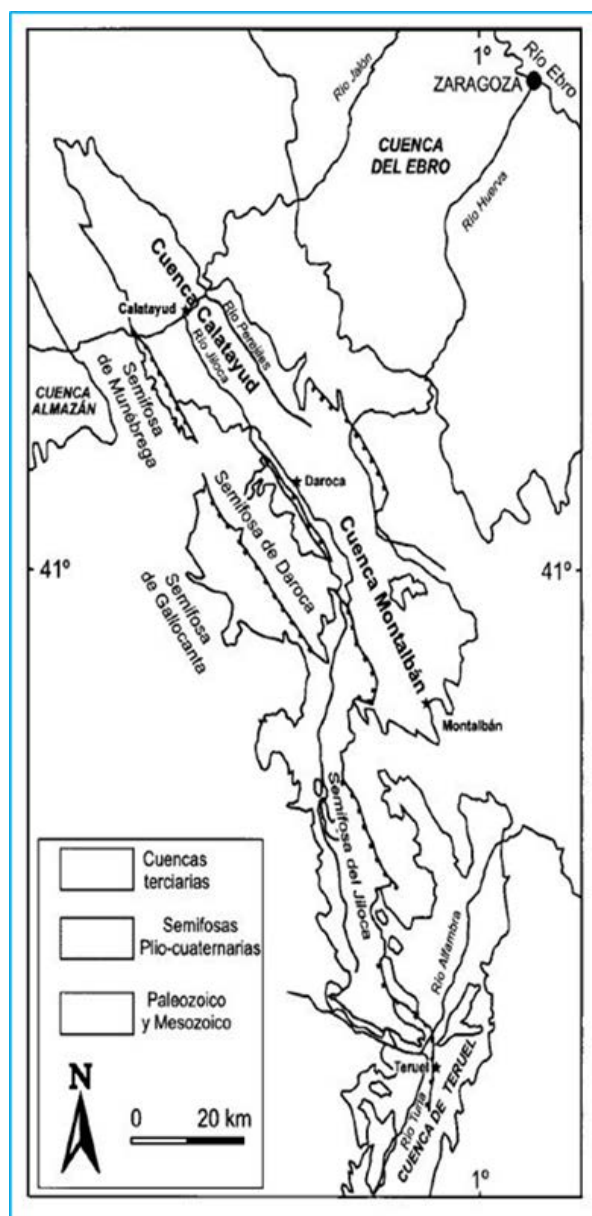


Figura 4. En el esquema se pueden observar los diferentes sectores en los que se ha dividido la Cuenca: septentrional (Calatayud-Villafeliche), donde se encuentra el Balneario, Central (Daroca) y sur (Castralvo-Libros) (4).

De los tres sectores en los que se ha dividido la cuenca de Calatayud-Montalbán (Figura 5), en el sector septentrional (Calatayud-Villafeliche), se diferencian tres unidades: Inferior (¿Oligoceno superior? -Plioceno), con evaporitas (halita, anhidrita, yesos) (Figura 6); Intermedia (Aragoniense medio-Vallesiense), en gran parte de yeso laminado; en las zonas centrales se reconocen cuerpos de carbonatos, y cerca de los bordes se localizan sistemas lacustres aislados y extensos *mudflats* dolomíticos, y Superior (Vallesiense superior-Alfabriense inferior) que consta de depósitos terrígenos aluviales-fluviales y carbonatados fluvio-lacustres (5).

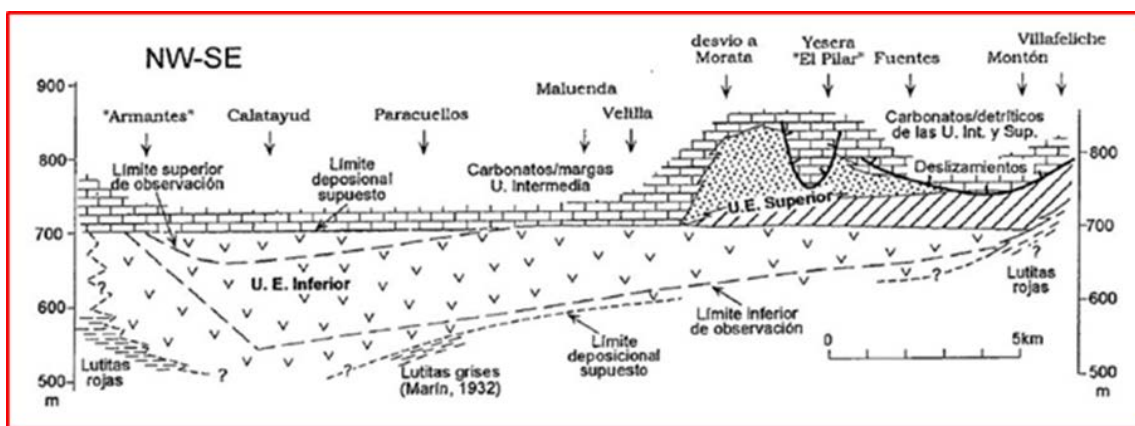


Figura 5. Corte esquemático donde se representa la Unidad inferior y la superior de los yesos de Calatayud, sobre los que se emplazan las formaciones carbonatadas (5).



Figura 6. A la izquierda, afloramiento de los yesos de la Unidad inferior, afectada por un conjunto de fallas normales. A la derecha detalle del lapiaz de disolución desarrollado en los yesos de la misma Unidad.

Como se ha comentado anteriormente, la Depresión se enmarca en la dirección ibérica, ubicándose en ella el Terciario calizo de Calatayud-Mainar (1). Es una banda discontinua por erosión horizontal, apoyada al muro sobre el terciario detrítico y libre por el techo, que aparece en la zona central de la depresión de Calatayud-Montalbán. Hay un Terciario detrítico, formado por conglomerados y arenas, de muy diversas potencias, con intercalaciones de margas y arcillas; en general con disposición subhorizontal y desde el punto de vista hidrogeológico e hidrotermal con poco interés. Además, se dispone de formaciones de edad Cuaternario de gravas y arenas intercaladas con niveles limoarcillosos, de potencia variable, en general pequeña.

3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA DEL ENTORNO DEL BALNEARIO

El balneario está ubicado en un territorio en el que dominan los depósitos tabulares de la cuenca miocena de Calatayud (6), como puede observarse en la Figura 7, compuestos por yesos y arcillas grises, con intercalaciones de conglomerados y brechas silíceas distribuidas irregularmente en la serie (tanto en vertical como con cambios laterales de facies) que afloran extensamente al E y NE de Paracuellos. Sobre la serie yesífera reposan formaciones calcáreas (calizas y margas con arcillas

lignitíferas) y de fangos y conglomerados silíceos, de extensión importante al este de Paracuellos.

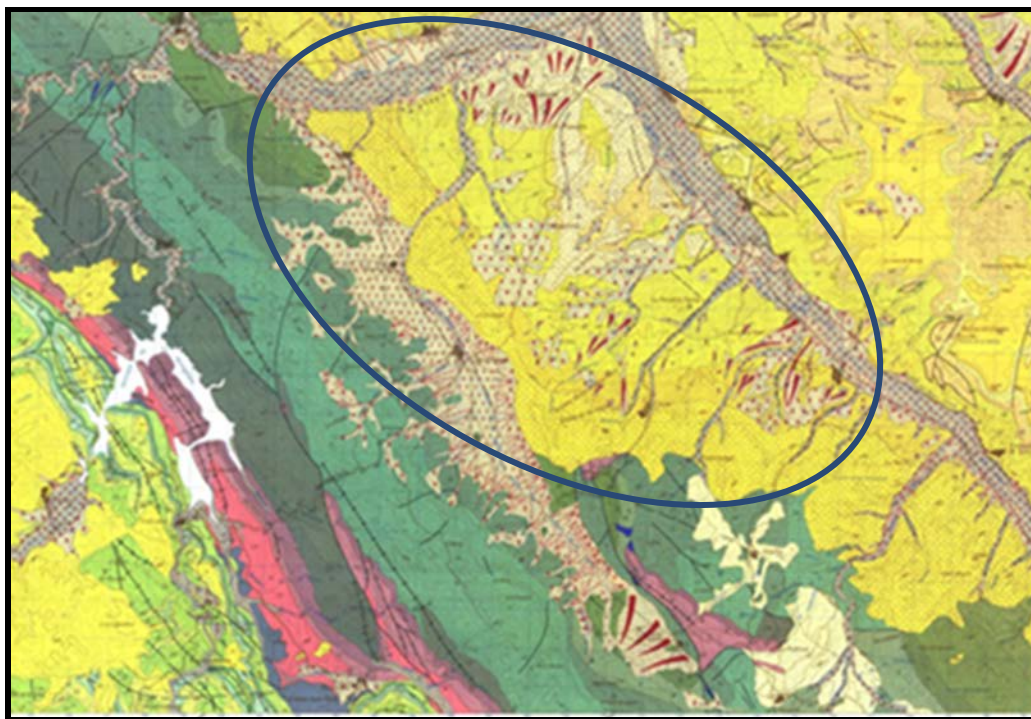


Figura 7. Geología del entorno del Balneario. Serie MAGNA a escala 1:50.000, nº 437. ATECA (7).

En ese entorno se encuentran las fuentes que son aprovechadas por el Balneario, como se puede observar en la Figura 8. La analítica de esas aguas (1) ponen de relieve que esos manantiales son la descarga de una circulación subterránea que tiene lugar a través de los materiales arcilloso-yesíferos del Mioceno, con intercalaciones de conglomerados y brechas silíceas distribuidas irregularmente en la serie (tanto en vertical como con cambios laterales de facies) que afloran extensamente al E y NE de Paracuellos, presentando un elevado grado de karstificación en superficie (Figura 9). Aun mostrando las formaciones evaporíticas una karstificación medianamente importante, sin embargo, la permeabilidad del acuífero debe ser baja, condicionando un tiempo de residencia relativamente elevado en el acuífero, con probabilidad entre 10 y 20 años (1).

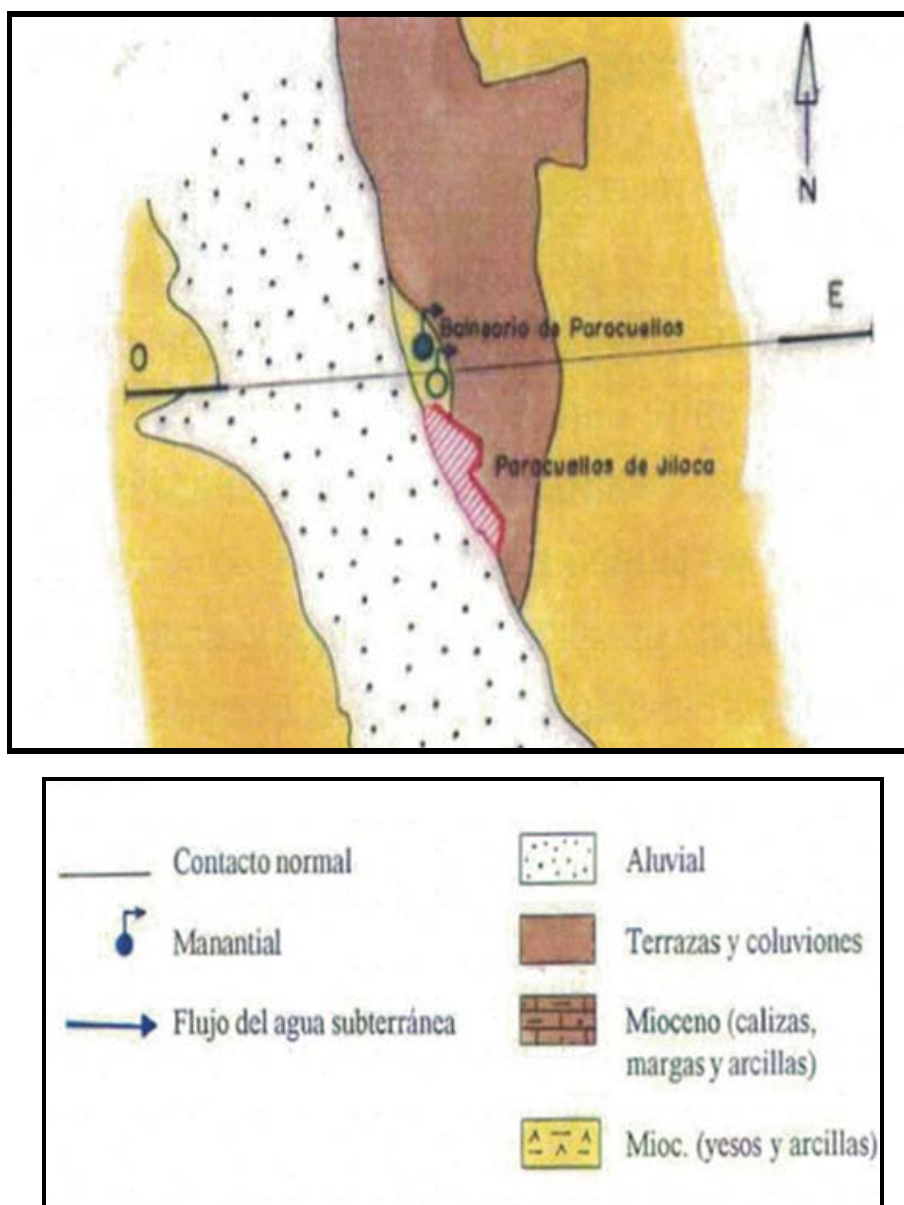


Figura 8. Esquema geológico de detalle del entorno del Bañero y representación de las surgencias y de los diferentes materiales presentes, que en función de su permeabilidad hidráulica juegan un papel más o menos fundamental en su funcionamiento (1).



Figuras 9. Arriba, formaciones yesíferas aflorantes donde se observa en superficie las fracturas e incrustaciones de cristales de yesos. Abajo, aspecto de las formaciones carbonatadas, dispuestas por encima de los materiales yesíferos.

La recarga se produce por infiltración del agua de lluvia que cae sobre el Mioceno yesífero y, de forma diferida a través de las formaciones calizo-margosas que existen entre Paracuellos de Jiloca y Villalba de Perejil.

En la Figura 10 se representa un corte geológico referenciado en la Figura 8, donde se puede observar los materiales por donde circula el agua, con un flujo, cuya dirección y sentido predominante es de E a O (Figura 10). La descarga del agua del sistema se produce hacia el cauce del río Jiloca favorecido por la karstificación y ser el sector topográficamente más deprimido de toda la zona. Está estimado un flujo máximo de unos 15 km hacia el este y 20 km hacia el sureste de Paracuellos, condicionado por la presencia de afloramientos paleozoicos del umbral de Ateca (1).

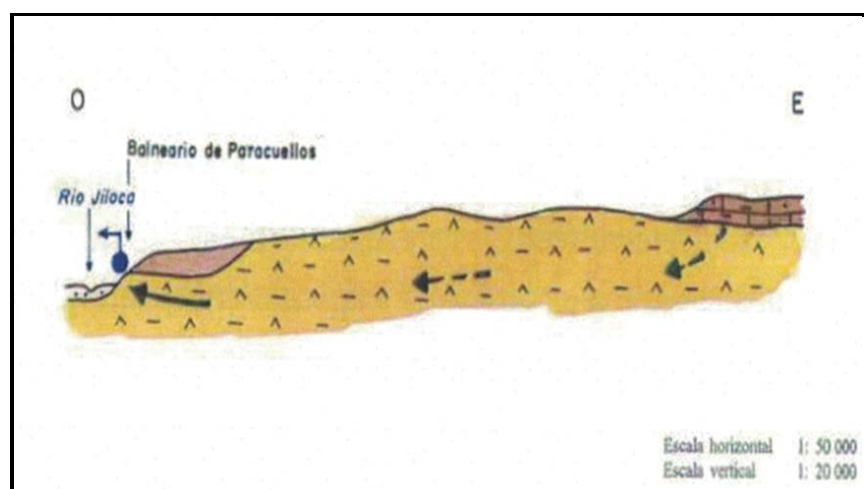


Figura 10. Circulación de las aguas a través de los materiales yesíferos y su salida hacia el valle de Jiloca (1).

4. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS Y TEMPERATURA DE LAS SURGENCIAS Y CAPTACIONES DE AGUA MINERAL DE PARACUELLOS DE JILOCA

Hasta fecha reciente el Balneario ha dispuesto de dos manantiales (ref. 2517/3/0001 y 0002), cuya situación puede verse en la Figura 11, y su acceso en la Figura 12. Estas aguas están clasificadas oficialmente como agua mineromedicinal. A estas surgencias naturales, se ha incorporado un sondeo realizado en noviembre de 2006 y registrado oficialmente en el año 2008, situado junto al balneario, y utilizado actualmente para el suministro de agua y cuyas características técnicas se describen a continuación.

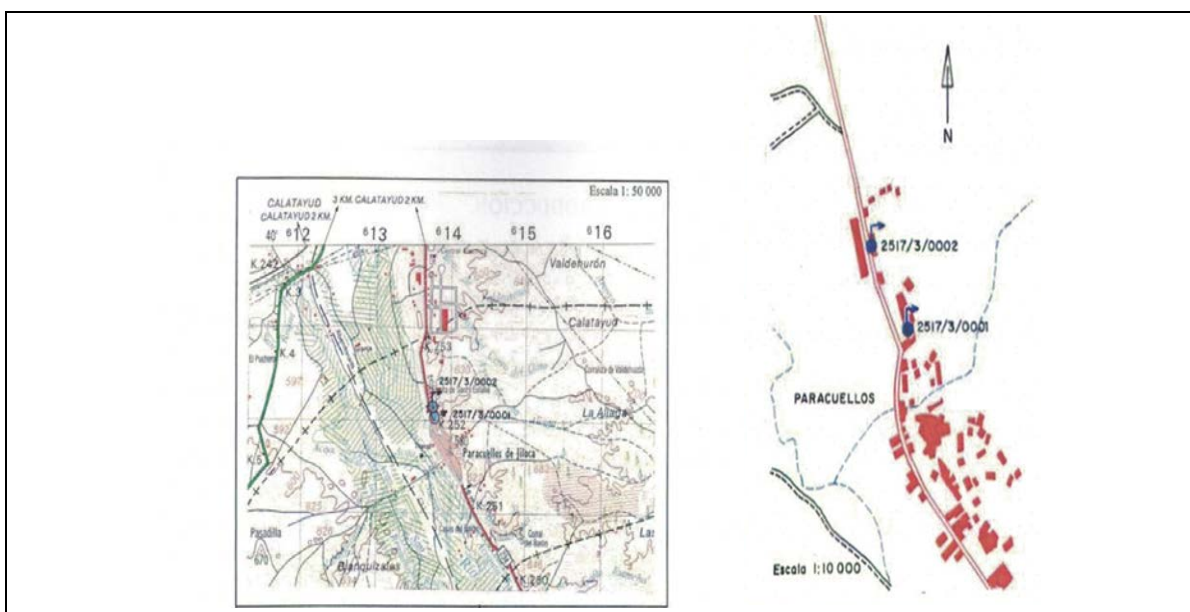


Figura 11. Plano de situación y esquema de detalle de la situación de los dos manantiales (1).



Figura 12. Izquierda y derecha, accesos a los manantiales de Baños Viejos (ref. 2517/3/0001) y Baños Nuevos (ref. 2517/3/0002).

Manantial de “Baños Viejos” (ref. 2517/3/0001)

Es una galería de unos 9 m de longitud y sección de 1,40 m de ancho por 2,20 m de altura, situada a la altura del sótano del edificio de los Baños Viejos, a unos 8 m bajo el suelo. La galería termina en una sala de dicho sótano a la que se accede desde la planta baja del edificio balneario por una escalera.

En la Tabla 2, se recogen los caudales aforados, donde se incluyen datos disponibles correspondientes a los años 1870, 1880, 1887, 1889, 1887, 1929, 1992 y 1993.

Tabla 2. Caudales aforados y temperaturas en los Baños Viejos (ref.2517/3/0001) en diversas fechas (1).

Año	Q L/s	Año	Q L/s	Año	Q L/s	T °C
1870	0.95	1889	0.758	1992	0.63	16
1880	2.3	1887	0.758	1993	15.7	15.7
1887	0.05	1929	2.43			

Esos datos de caudales drenados deben considerarse solo como valores orientativos dadas las diferencias entre ellos, que podría justificarse por causas diversas como variaciones estacionales de la descarga, diferentes grados de mezcla del flujo salino con agua de infiltración más o menos local, desiguales estados de la captación a lo largo del tiempo o aforos parciales. En el propio estudio (1), se dice que el aforo corresponde sólo al agua que salía por los tres chorros de la fuente, sin tener en cuenta la fracción que deriva directamente por el desagüe, que no puede ser aforada.

Manantial de “Baños Nuevos” (ref. 2517/3/0002)

El agua del surge en una oquedad en materiales yesíferos, en el sótano de una casa situada a unos 100 m del edificio de los Baños Viejos. En la Tabla 3, se han recogido los datos históricos aforados en la sugerencia “Baños nuevos” (1). Como se indica en ese estudio, y que se asume aquí, las diferencias en los caudales aforados pueden achacarse a las mismas causas que se han indicado para los Baños Viejos, es decir, a variaciones estacionales de la descarga, a diferentes grados de mezcla del flujo salino con agua de infiltración más o menos local, a diferentes estados de la captación a lo largo del tiempo, o a medidas en distintos puntos de la surgencia.

Tabla 3. Caudales y tempertura en diferentes años en la surgencia de los Baños Nuevos (ref. 2517/3/0002) (1).

AÑO	Q L/s	AÑO	Q L/s	AÑO	Q L/s	T°C
1877	3.33(2)	1890	4.46(6)	1992	2.1	16.5
1887	0.71(4)	1992	4.95(7)	1993	1.84	15.8
1889	(5) 3.					

Al ser datos de cierta antigüedad, hay que atenerse a las explicaciones recogidas en estudio (1) correspondiente al año 1994, donde literalmente se dice que “cuando se realizaron los dos aforos, se observó que desde la excavación donde brotaba el agua del manantial no circulaba agua hacia la galería que comunica dicho punto con el sótano del edificio de Baños Nuevos desde donde se deriva el agua hacia el Jalón; ello significa que dicha galería capta un caudal evaluado en unos 2L/s, independiente del que surge en el manantial, cuyo valor no pudo ser medido, pero que podría corresponder al pequeño caudal reflejado ya que por observación visual no parece que la excavación proporcione un caudal superior al litro por segundo, y la captación se encontraba en un estado totalmente insatisfactorio durante el reconocimiento realizado en junio de 1992, con el agua al nivel del suelo constituido por tierra pisada, sin ningún tipo de aislamiento, y dentro de un edificio en el que acumulaba abundante basura. Esta situación fue corregida posteriormente de acuerdo con las modificaciones que se indicaron a los propietarios del establecimiento: elevación del suelo respecto al nivel de agua en la zona de surgencia, con objeto de colocar una cubierta de vidrio para evitar caída de elementos indeseables en el agua, y construcción de un resalte en la galería de desagüe para evitar el retroceso durante el bombeo del agua retenida en la misma, de modo que el acondicionamiento actual protege adecuadamente la zona de surgencia del agua”.

“Nueva captación: Sondeo Número 5AMT/07/Z”

Junto a las instalaciones se sitúa un sondeo (Figura 13) realizado en noviembre de 2006, cuyas características técnicas han sido facilitadas por la propiedad a través de la empresa ejecutora MINERVOL, y cuyos datos se resume en la Tabla 4.

Tabla 4. Características del sondeo número 5AMT/07/Z.

Sistema de perforación	Rotopercusión	Columna según perforista
Profundidad total	55 m	Tierras 01-08. Sulfatos terrosos 08-55. Sulfatos terrosos muy agrietados con componentes azufrosos
Diámetro de perforación	250 mm	
Diámetro de entubado	180 mm	
Tipo de entubado	PVC de 10 kg de presión.	
Tipo de filtraje	Ranurado	
Primer aporte de agua	18 m	
Caudal	12,5 L/seg	
Bomba	Electrobomba sumergible de acero inoxidable, colocada a 46 m de profundidad, con una potencia de 7,5 Kw	



Figura 13. Situación del sondeo nuevo construido junto a los yesos aflorantes; y deposito adonde se transportan las aguas para su distribución posterior.

5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS Y TEMPERATURA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL BANEARIO DE PARACUELLOS DE JILOCA

Se ha dispuesto para la caracterización hidroquímica de las aguas del Balneario de algunos datos correspondiente al año 1993 (1), partes de ellos conseguidos "in situ" (Tabla 5) y otros análisis (Tabla 6), elaborados en los laboratorios del ITGE (actualmente IGME) correspondientes a las dos captaciones del Balneario de Paracuellos de Jiloca: Manantial de los Baños Viejos (2517/3/0001) y Manantial de los Baños Nuevos (ref. 2517/3/0002). Se ha dispuesto también de los análisis de isótopos realizados en el laboratorio de la Universidad de Barcelona (Tabla 7). Con fecha reciente, 31 de marzo de 2017, se ha realizado en los laboratorios del IGME el análisis de una muestra de agua tomada en el depósito a donde se bombean las aguas del nuevo sondeo (Tabla 8) (Figura 14).

Tabla 5. Análisis químicos realizados "in situ" directamente en las dos surgencias.

Análisis "in situ" año 1993		
	Baños nuevos (ref. 2517/3/0002)	Baños viejos (ref. 2517/3/0002)
T °C agua	15,8	15,8
T °C ambiente	10,5	10,5
pH	7,247	7,215
Eh mV	320	310
Cond. µS/cm	20.300	19.400
mgr/L		
Alcalinidad (CO ₃ Ca)	236	240
NO ₃	4	4,5
NH ₄	3	3
Fe	0	0
SiO ₂	34	30
O ₂ disuelto	0,8	0,89

Tabla 6. Datos químicos obtenidos en laboratorio en las surgencias de los baños (año 1993).

LABORATORIO								
	1993 Baños Nuevos	1993 Baños Viejos		1993 Baños Nuevos	1993 Baños Viejos		1993 Baños Nuevos	1993 Baños Viejos
mg/L								
pH	7.3	7.3						
Cond.	17760	17080						
R.S.110°C	14267	13627						
D.Q.O mg/l O ₂	20	19						
CO ₃	0	0	NH ₄	1,20	1,04	As	0,00	0,00
CO ₃ H	142	154	Ca ⁺⁺	664	560	Hg	0,00	0,00
SO ₄	4600	3700	Mg ⁺⁺	540	452	Cr	0,050	0,040
Cl	5000	4800	Na ⁺	3671	3355	Cd	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	0	0	K ⁺	17	15	Se	0,00	0,00
NO ₂	0.08	0.00	Li ⁺	0,38	0,42	Al	-1	-1
P ₂ O ₄ -3	0.00	0,00	SiO ₂	53,6	52	B	0,42	0,40
			Fe	0,15	0,10	F ⁻	2,00	2,00
			Mn	0,070	0.060	S	-10	-10
			Cu	0,00	0,00	CN ⁻	0,00	0,00
			Pb	0,430	0,410.	Rad X	0,917+- 0,815	Menor 0,975 Bq/L
			Zn	0,00	0,00	Rad b	1,015+- 0,472	1,129+ -0,497 Bq/L

Tabla 7. Análisis isotopos laboratorio de la Universidad de Barcelona (1994).

Lab. (UAB) 20/04/94 (T) y 4/2/94 (O18)	
TRITIO	7.7+-1.3
DEUTERIO	-56.0 0/00 SMOW
OXIGENO -18	-7.84 0/00 SMOW

Tabla 8. Contenido analítico de la muestra de agua tomada en el nuevo sondeo número 5AMT/07/Z (analizada el 31 de marzo de 2017).

Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	23840		
pH	7.25		
mgr/L			
R.S. 180º	17030	NH ₄	0.00
Na ⁺	3590	PO ₄	0.22
K ⁺	21	SiO ₂	41.8
Ca ⁺	780	Fluoruro	2
Mg ⁺	700	Fenoles	<0.5
Cl ⁻	5300	Bromato	0.010
SO ₄ ⁼	4400	COT	2,94
HCO ₃ ⁻	253		
CO ₃ ⁼	0		
NO ₃ ⁼	0		
NO ₂ ⁻	0.00		
$\mu\text{gr}/\text{L}$			
Ag	< 1	Hg	< 10
Al	< 20	Mn	19.4
As	1.11	Mo	<4
U		Ni	<10
Boro	< 2000	Pb	5.19
Ba	11,8	Sb	< 1
Be	< 1	Se	< 10
		Th	< 1
Cd	< 4	Ti	< 1
Co	< 1	U	< 1
Cr	< 5.59	V	< 1
Cu	<4	Zn	25.9
Fe	< 300	CN	<0.010



Figura 14. Recogida muestra de agua en el depósito al que se bombean las aguas procedentes del nuevo sondeo, y que desde ahí son distribuidas al balneario.

A la vista de los datos analíticos disponibles de las aguas de los baños, se pueden establecer las siguientes consideraciones: La temperatura del agua en la surgencia se sitúa entre los 15,8 °C y 16,5. Es una temperatura normal, que no indica en principio que estas aguas puedan verse sometida a una circulación muy profunda favorecida por una estructura favorable o la presencia de alguna falla. Son aguas ricas en sílice, entre 52,0 y 53,6 ppm, que puede indicar una circulación profunda, sin embargo, el origen de esta sílice puede deberse como se comenta más adelante a las características mineralógicas que presentan los materiales miocenos que albergan el flujo subterráneo.

En (1) se especula, sobre la circulación y el carácter termal de las aguas, lo que equivaldría a suponer una mayor penetración del flujo en el subsuelo, pero en este mismo informe se considera que dada la disposición subhorizontal de las formaciones miocenas y la tectónica presente es poco probable una penetración por debajo del nivel de descarga de Paracuellos (cota aproximada de unos 550 m s.n.m.). Por lo que el gradiente térmico vendría impuesto por las máximas cotas de la probable área de recarga al E y SE de Paracuellos que presenta una cota del orden de 870 m s.n.m. Eso supone que la profundidad máxima de circulación del agua sería del orden de 300 m, concluyendo que eso implicaría una elevación de la temperatura del agua de unos 10 °C con respecto a la que tendría en la zona de infiltración, para que no se observe esa temperatura, la velocidad de flujo sería lo suficientemente lenta que permitiera que el agua se enfriase a medida que se acerca a la zona de descarga, hasta presentar una temperatura de surgencia similar a la media medioambiental. La presencia de boro, flúor y litio, junto con los contenidos importantes de metales pesados y sílice, podría llevar a pensarse en la posibilidad de que la circulación subterránea pueda tener carácter termal y se enfríe antes de llegar a la zona de surgencia. Estas propuestas pueden ser razonables, pero hay que tener en cuenta que esos elementos químicos están presentes en superficie en los materiales miocenos por donde circula el flujo y pueden incorporarse al agua a lo largo de un tiempo relativamente prolongado de contacto agua-roca, con la lixiviación favorecida posiblemente por un cierto incremento de temperatura asociado al carácter exotérmico de la hidratación de las anhidritas.

En el manantial de los Baños Nuevos, se detecta un fuerte olor a sulfhídrico, acumulándose, como se observa en la Figura 15, depósitos blancos de azufre reducido. El muestreo de gases realizado en el marco del estudio (1), puso en evidencia la presencia de metano, con empobrecimiento relativo de oxígeno frente a nitrógeno, en consonancia con el carácter reductor de las aguas y la presencia de azufre reducido en la zona de surgencia.



Figura 15. A la izquierda Galería de los Baños nuevos (ref. 2517/3/0002), donde se observa los depósitos blancos de azufre, y a la derecha recogidos para su uso.

El pH es ligeramente básico (entre 7,125 y 7,25), emergiendo en condiciones francamente reductoras, con un Eh negativo comprendido entre - 310,0 Mv y -320,0 Mv y contenidos muy bajos de oxígeno disuelto (entre 4,08 y 7,63 mg/L), concordantes con su carácter reductor, aunque cabe una cierta reoxigenación en la zona de descarga (1).

Las aguas presentan una mineralización muy fuerte, como lo constatan los altos valores del residuo seco a 110 °C, comprendidos entre 13.627 mgr/L y 14.267 mg/L y con una conductividad eléctrica comprendidos entre 19.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 20.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en campo y de 17.080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 17.760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en laboratorio (1). En el análisis reciente de 2017, el residuo a 180 °C es de 17.030 mgr/L y la conductividad eléctrica de 23.840 $\mu\text{S}/\text{cm}$; datos que se sitúan en un abanico de valores muy estrecho.

Los materiales geológicos presentan una mineralización muy diversa como se puede ver en las Tablas 9 y 10, lo que ocasiona unas aguas, que debido a su tránsito por esas formaciones, alcancen una composición química muy diversa, con unos contenidos muy altos en alguno de los componentes químicos, así, entre los cationes, destaca el sodio con más de 3 000 ppm (éste se eleva a 3590 ppm en el análisis recientemente realizado en el sondeo); las concentraciones de calcio también son altas entre 560 y 664 ppm, al igual que en el magnesio entre 452 y 540 ppm. El potasio está presente en contenido apreciable, entre valores que se sitúan entre los 15 y 17 ppm y también pequeñas cantidades de litio que varían entre 0,38 y 0,42 ppm. En cuanto a los aniones mayoritarios, son los cloruros (entre 4 800 y 5 000 ppm) y los sulfatos (3700 a 4600 ppm) los que presentan mayores valores

Tabla 9. Fases minerales y su composición química (4).

Fase mineral	Composición química	INF	INT	SUP	Sin.	Pos.	Existencia
<i>Yeso</i>	CaSO ₄ ·2H ₂ O	(1)	(1)		X (INF, INT)	X (INF)	Satinspar, nódulos, macrocristales (INF) Microlenticulas, selenitas, detrítico (INT)
<i>Anhidrita</i>	CaSO ₄	(1)	(3)		X (INF, INT)		Ocasional en nódulos de yeso en superficie. Pseudomorfos muy comunes. Descrita en sondeos (IGME y MYTA)
<i>Glauberita</i>	CaSO ₄ ·Na ₂ SO ₄	(2)			X		Pseudomorfos en superficie. Descrita en sondeos (MYTA)
<i>Celestina</i>	SrSO ₄		(3)		X		Microcristales en el techo de la U. Inferior y carbonatos diagenéticos
<i>Tenardita</i>	Na ₂ SO ₄	(2)			X?		Descrita en sondeos (MYTA)
<i>Mirabilita</i>	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	(3)				X	Eflorescencias
<i>Bloedita</i>	Na ₂ SO ₄ ·MgSO ₄ ·2H ₂ O	(3)				X	Eflorescencias
<i>Halita</i>	NaCl	(1)			X		Pseudomorfos escasos en superficie. Descrita en sondeos (IGME)
<i>Epsomita</i>	MgSO ₄ ·7H ₂ O	(1)	(2)			X	Eflorescencias
<i>Hexaedrita</i>	MgSO ₄ ·6H ₂ O	(3)	(3)			X	Eflorescencias, por deshidratación de epsomita
<i>Magnesita</i>	MgCO ₃	(1)	(3)		X		Masiva y/o laminada
<i>Dolomita</i>	CaCO ₃ ·MgCO ₃	(3)	(1)		X		Masiva y/o laminada
<i>Calcita</i>	CaCO ₃		(1)	(1)	X (INT, SUP)	X (INT)	Masiva, laminada, clástica, etc.
<i>Aragonite</i>	CaCO ₃	(3)			X		Cristales aislados en láminas

Tabla 10. Fases minerales deposicionales y composición química (4).

Asociación Mineral	Fases minerales deposicionales	Composición química	Presencia en superficie (Postdeposicional)	Unidad Litoestratigráfica	Ambiente sedimentario	Edad
VI	<i>Calcita</i>	CaCO ₃	<i>Calcita</i>	Unidad Superior	Fluviolacustre	Mioceno superior
V	<i>Yeso</i> <i>Magnesita</i> <i>Dolomita</i> <i>Celestina</i>	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCO ₃ CaCO ₃ ·MgCO ₃ SrSO ₄	<i>Calcita</i> (diagenética) <i>Celestina</i>	Unidad Intermedia	Centro lago	Mioceno medio
IV	<i>Yeso</i> <i>Magnesita</i> <i>Dolomita</i> <i>Celestina</i>	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCO ₃ CaCO ₃ ·MgCO ₃ SrSO ₄	<i>Yeso</i> <i>Magnesita</i> <i>Dolomita</i> <i>Celestina</i>	Unidad Intermedia	Centro lago	Mioceno medio
III	<i>Yeso</i> <i>Magnesita</i>	CaSO ₄ ·2H ₂ O MgCO ₃	<i>Yeso</i> <i>Magnesita</i>	Unidad Inferior (Techo unidad, SE)	Centro lago	Mioceno inferior
II	<i>Anhidrita</i> <i>Glauberita</i> <i>Magnesita</i> <i>Aragonito</i> ± <i>Tenardita</i> ± <i>Halita</i>	CaSO ₄ CaSO ₄ ·Na ₂ SO ₄ MgCO ₃ CaCO ₃ Na ₂ SO ₄ NaCl	<i>Yeso</i> <i>Magnesita</i> <i>Aragonito</i>	Unidad Inferior	Margen lago	Mioceno inferior
I	<i>Halita</i> <i>Anhidrita</i> <i>Magnesita</i>	NaCl CaSO ₄ MgCO ₃	No	Unidad Inferior	Centro lago	Pre-Mioceno

Como conclusión, las aguas muestreadas pueden clasificarse como sulfatada, clorurada, cálcica, magnésica, sódica, fluorada, con una facies clorurada sódica, propia

de una circulación en materiales evaporíticos como queda reflejado en el diagrama de Piper (Figura 16) (1) y rica en sílice (entre 52,0 y 53,6 ppm).

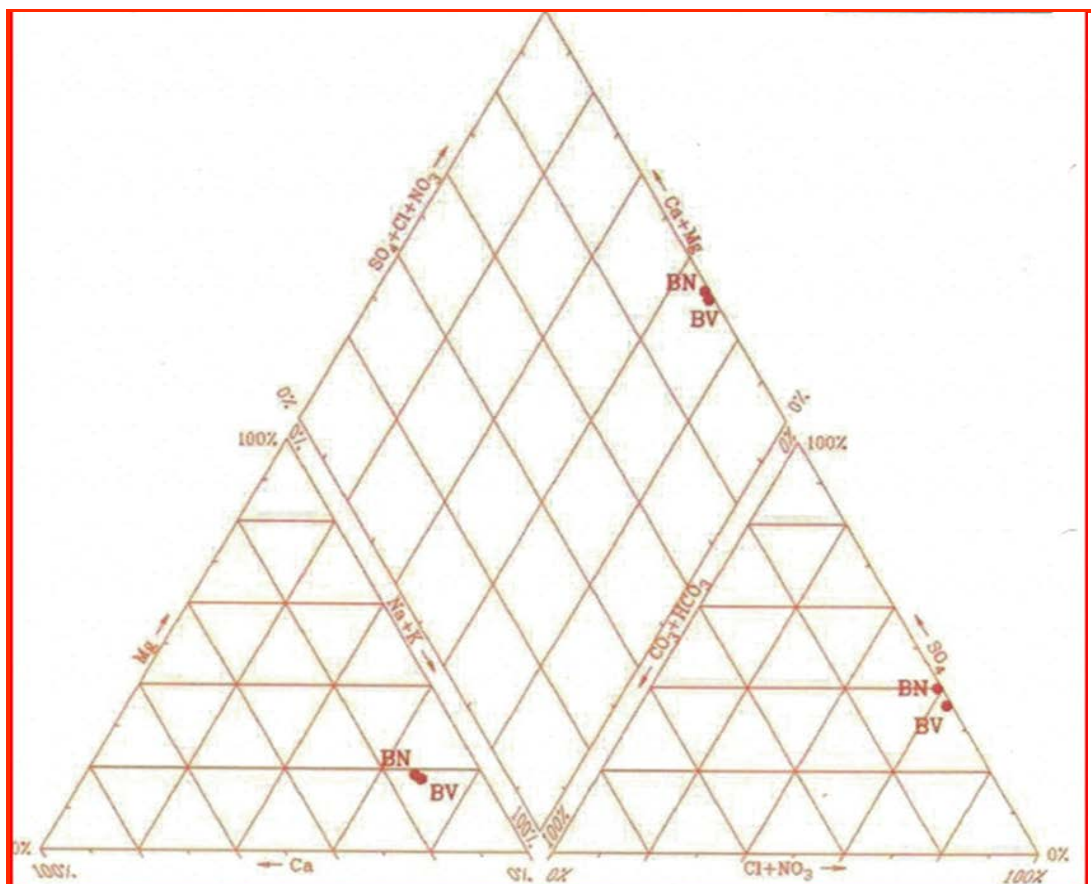


Figura 16. Diagrama de Piper de las muestras de agua de las surgencias (1).

La composición en metales pesados es significativa, destacando los contenidos en plomo que, probablemente, se encuentra en forma de partículas de sulfuro de plomo (galena), a pesar de los valores de pH y Eh de las dos surgencias. Las dos muestras contienen hierro (100 a 150 $\mu\text{g/L}$), manganeso (60 a 70 $\mu\text{g/L}$), plomo (410 a 430 $\mu\text{g/L}$) y cromo (40 a 50 $\mu\text{g/L}$). En los dos puntos se ha determinado boro, son siempre de 30 $\mu\text{g/L}$.



Figura 17. Fuente situada en los Balnearios.

6. PROTECCIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS HIDROMINERALES DEL BALNEARIO DE PARACUELLOS DE JILOCA

El "Estatuto sobre la explotación de aguas minero-medicinales ", aprobado por Real Decreto-Ley de 25 de abril de 1928, publicado en la Gaceta de Madrid nº 117 de 26 de abril de 1928, contempla la figura legal del perímetro de protección de las captaciones donde afloran las surgencias de las aguas minerales. El objetivo del perímetro de protección de las aguas surgentes aprovechadas por un balneario es protegerlas de la posible contaminación por actividades no autorizada y la afección a sus caudales por otras extracciones de agua realizadas en su entorno. Esta protección queda establecida, según el mencionado Real decreto-Ley, por un área con unas características y dimensiones determinadas. que responden a modelos metodológicos diferentes. Esta figura de protección, muy novedosa en su momento, fue un gran avance por lo que supuso proteger las aguas minero-medicinales de los posibles afecciones cuantitativa y química. Iniciativa que se ha continuada posteriormente por otras legislaciones, como la ley de aguas de 1985, publicada con posterioridad, incorporando algunas modificaciones en cuanto a su diseño. Para su aplicación se disponen de algunas metodologías específicas realizadas por el IGME, consultables en su Servicio de publicaciones.

El Balneario de Paracuellos de Jiloca, cumpliendo el Real Decreto-Ley de 25/4/1928, estableció, en el año 1929, dos zonas de protección, una compuesta por dos cuadrados iguales de 300 m de lado (9 ha de superficie total), centrados en el manantial respectivo, que delimitaba la "zona de expropiación" respectiva prevista en el estatuto; y otra, de 910000 ha, como perímetro de protección propiamente dicho. Se establecieron coordenadas de los 29 vértices de la poligonal compleja que delimita el perímetro de protección de 1929 (Figura 18).

La experiencia ha demostrado que los perímetros de protección implementados de acuerdo con el mencionado Real Decreto-Ley, pueden en ciertas ocasiones y lugares dejar de cumplir plenamente su función, debido al desarrollo económico y social originado en su entorno, lo que aumenta las posibles afecciones al no tener en cuenta el riesgo de vulnerabilidad por actividades antrópicas como extracciones de agua o vertidos no autorizados. que pueden implantarse en un ámbito más lejano de la propia surgencia.

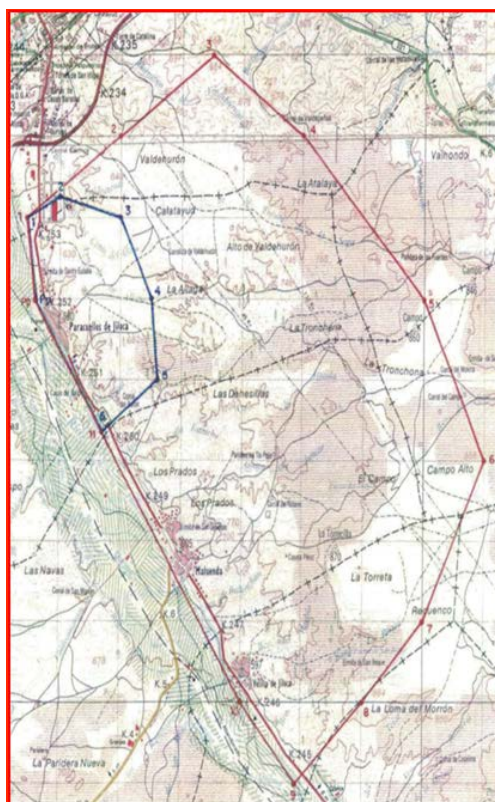


Figura 18. Delimitación del perímetro de protección de las surgencias, cumpliendo el Real Decreto de 25/4/1928.

Ante esta posibilidad de que el perímetro de protección resulte insuficiente para la protección cuantitativa como cualitativa del recurso hidrotermal explotado en Paracuellos de Jiloca, se aconseja, a que por parte de la Propiedad se tome la iniciativa de modificar el perímetro de protección actual, adaptándolo a las necesidades actuales, modificando sus límites de forma que incluya tanto el entorno más inmediato, como el de su radio de influencia y cuenca vertiente hidrogeológica y a ser posible las zonas de recarga.

Para efectuar estas modificaciones del diseño del perímetro de protección, se requiere llevar a cabo una serie de actividades, siendo las más importantes la caracterización detallada de la geológica e hidrogeología del entorno de la surgencia y hasta donde pueda verse afectado hidrodinámicamente el funcionamiento y la circulación del agua de la vertiente hidrogeológica de las surgencias, teniendo en cuenta la diversidad de formaciones geológicas, sus características litológicas y grado de permeabilidad hidráulicas del entorno del Balneario y su posicionamiento topográfico (Figura 19).

De esas formaciones, el acuífero aluvial, con relativa alta permeabilidad, y proximidad de la superficie libre del agua al suelo e inexistencia de recubrimiento superficial impermeable, crean unas condiciones que le hacen muy vulnerable a la contaminación, aunque la situación del río por encima de las surgencias disminuyen la

probabilidad de afección, reduciéndose ésta a pequeña, cuestión que habrá que estudiar detalladamente, al existir potenciales fuentes de contaminación (algunas edificaciones, desagües, alcantarillado entre otras posibles) que son necesarias identificar y eliminar a ser posible o establecer las condiciones técnicas para que estas no produzcan efectos no deseados.

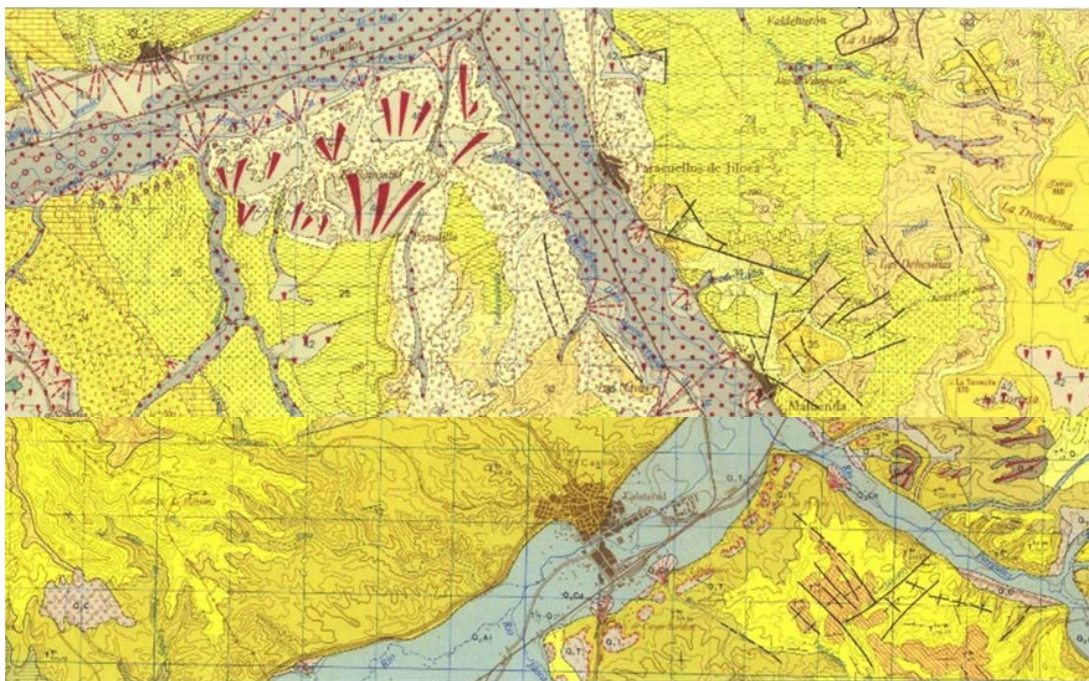


Figura 19. Geología de detalle del entorno del Balneario, extraída de la cartografía geológica de España, serie MAGNA a escala 1.50.000, hojas de Areca y Calatayud.

En cuanto al "acuífero yesífero", sus características geológicas, su baja permeabilidad hidráulica, solo perturbada en los sectores karstificados y por las direcciones preferenciales de circulación, puede contribuir a proteger los efectos negativos de una captación vertical, pozo o sondeo, con la salvedad de que se intercepte la circulación subterránea que da lugar al aprovechamiento hidromineral de Paracuellos de Jiloca, afectando de manera sensible y rápidamente a la cuantía de la descarga de las captaciones del balneario. No puede descartarse tampoco que los conductos preferentes de circulación continúen desde la zona de descarga hacia el oeste bajo el relleno aluvial de Jiloca, y el bombeo en un sondeo que los captase aguas abajo del aprovechamiento provocaría una rápida afección cuantitativa a las captaciones del balneario.

Hay que impedir que nuevas captaciones puedan realizarse en el entorno inmediato de la surgencia; y si se proponen debe ir acompañado de un estudio hidrogeológico que cuantifique el posible impacto o grado de afección y su compatibilidad o no con los aprovechamientos del Balneario. Hay que procurar una

vigilancia especial, para impedir el riesgo de algún vertido o inyección de residuos industriales peligrosos.

En síntesis, el riesgo real de afección cuantitativa es mínimo, ya que un agua tan salada como la que circula por los yesos no tiene prácticamente otra aplicación que la balnearia. El peligro que podría plantear un eventual sondeo perforado al este del río Jiloca, en busca de agua dulce en alguna posible formación acuífera subyacente, es que intercepte el aparato cárstico que da lugar a las descargas de Paracuellos y otro independiente del anterior que tuviera el área de descarga situada a menor cota topográfica. El eventual abandono del sondeo, por no alcanzar los objetivos previstos (de captar agua dulce, por ejemplo), sin ningún tipo de acondicionamiento o aislamiento de los tramos cársticos captados puede ponerlos en contacto hidrodinámico y provocar el "desvío" de una parte del flujo que descarga en Paracuellos hacia el nivel inferior.

7. CONCLUSIONES

El Balneario está situado en un territorio en el que dominan los depósitos tabulares de la cuenca miocena de Calatayud compuestos por yesos y arcillas grises, con intercalaciones de conglomerados y brechas silíceas distribuidas irregularmente en la serie (tanto en vertical como con cambios laterales de facies) que afloran extensamente al E y NE de Paracuellos. Sobre la serie yesífera reposan formaciones calcáreas (calizas y margas con arcillas lignitíferas) y de fangos y conglomerados silíceos, de extensión importante al este de Paracuellos.

Las formaciones evaporíticas, presentan una carstificación medianamente importante, sin embargo, la permeabilidad del acuífero debe ser baja y condicionar un tiempo de residencia relativamente elevado en el acuífero, entre 10 y 20 años. La recarga del acuífero se produce por infiltración del agua de lluvia que cae sobre el Mioceno yesífero y, de forma diferida a través de las lluvias que se infiltra en las formaciones calizo-margosas que existen entre Paracuellos de Jiloca y Villalba de Perejil.

La temperatura del agua se sitúa en la surgencia entre 15,8 °C y 16,5: las aguas muestran un fuerte olor a sulfhídrico, dejando en el manantial de los Baños Nuevos, un residuo de depósitos blancos de azufre reducido. El pH es ligeramente básico, emergiendo en condiciones francamente reductoras, con un Eh negativo y contenidos muy bajos de oxígeno. Las aguas presentan una mineralización muy fuerte, con una conductividad eléctrica alta. Entre los cationes, destaca el sodio con más de 3 000 ppm; las concentraciones de calcio también son altas entre 560 y 664 ppm, al igual que en el magnesio entre 452 y 540 ppm. El potasio está presente en contenido apreciable y también pequeñas cantidades de litio que varían. En cuanto a los aniones

mayoritarios, son los cloruros (entre 4 800 y 5 000 ppm) y los sulfatos (3700 a 4600 ppm) los que presentan mayores valores

Las aguas se clasifican como sulfatada, clorurada, cálcica, magnésica, sódica, fluorada, con unas facies cloruradas sódicas, propia de una circulación en materiales evaporíticos y ricos en sílice.

En el Balneario de Parauellos de Jiloca, en el año 1929, siguiendo la normativa establecida en el anterior Real Decreto-Ley comentado, se delimitaron dos zonas de protección para las captaciones al amparo de lo que establecía.

8. RECOMENDACIONES

La Propiedad debe tomar la iniciativa de modificar el perímetro de protección disponible en estos momentos, adaptándolo a la legislación actual, modificando sus límites, de forma que incluya tanto el entorno más inmediato, como el de su radio de influencia y cuenca vertiente hidrogeológica y a ser posible las zonas de recarga.

Argumentar los criterios técnicos y administrativos que permitan delimitar un perímetro de protección con las dimensiones optimas, compatible con otros uso existentes o posibles en el futuro, adecuado a las condiciones geológicas e hidrogeológicas, que proteja las captaciones utilizadas.

Por parte de la propiedad, implementar el sistema de control continuo de los caudales bombeados, así como de la evolución de los niveles piezométricos.

9. REFERENCIAS

1. Estudio de las aguas minero-medicinales, minero-industriales, termales y de bebidas envasadas en la Comunidad autónoma de Aragón. Varios tomos. Madrid: Centro documentación IGME 1994.
2. Ruiz Salazar M. Anuario oficial de las aguas minerales de España, Tomo I. Madrid: Imprenta Esterotipia y Galvanoplastia de Aribau y Cía 1877.
3. Andón A, Sanz-Rubio E, Alcalá L, Alonso-Zarza AM, Calvo JP, Orti F, Rossel L, Sanz-Rubio E. Cuencas de la Cordillera Ibérica. En: Geología de España. SGE e IGME 2004; pp. 562-563.
4. Andón A, Sanz-Rubio E, Alcalá L, Alonso-Zarza AM, Calvo JP, Orti F, Rossel L. Cuenca de Calatayud. En: Geología de España. SGE e IGME 2004; pp. 563-564.
5. Sanz-Rubio E, Sánchez-Moral S, Cañaveras JC, Abdul-Aziz H, Calvo JP, Cuezva S, Mazo AV, Rouchy JM, Sesé C, Van Dam J. Síntesis de la cronoestratigrafía y evolución sedimentaria de los sistemas lacustres evaporíticos y carbonatados

- Neógenos de la cuenca de Calatayud-Montalbán. Estudios Geológicos 2003; 59: 83-105.
6. Ortí F, Rosell L. Unidades evaporitas de Calatayud (Mioceno inferior-medio, Zaragoza). Geogaceta 1998; 23: 111-114.
7. Mapa Geológico de España. Serie MAGNA E.1:50.000, Nº. 437. ATECA.

Climatología del Balneario de Paracuellos de Jiloca

Title in English: *Climatology of Paracuellos de Jiloca Spa*

Roser Botey Fullat*, Inmaculada Cadenas Cortina, Ana Isabel Ambrona Rodríguez, Yolanda Jiménez Sánchez

Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. Agencia Estatal de Meteorología. *mbotey@aemet.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 108-131.

RESUMEN	ABSTRACT
En el presente trabajo se realiza un estudio climático y bioclimático del Balneario ubicado en Paracuellos de Jiloca (Zaragoza). Para llevar a cabo este estudio se han utilizado datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y viento, que se han obtenido de las estaciones de AEMET ubicadas en el entorno a Paracuellos de Jiloca, en concreto se han utilizado datos de la estación termo-pluviométrica de Calatayud y de la estación completa de Daroca. Se han obtenido los valores medios mensuales para cada uno de los parámetros climáticos relevantes, así como los valores extremos, la frecuencia de superación de determinados umbrales, las tendencias a largo plazo y los valores de determinados índices climáticos. Para el análisis bioclimático se han utilizado los datos de temperatura y humedad relativa y se han calculado los índices climatológicos de confort y de sensación térmica. También se incluye información fenológica sobre determinadas especies vegetales.	A climatic and bioclimatic study of the spa located in Paracuellos de Jiloca (Zaragoza) village is described in this paper. The climatological analysis has been performed using the data of precipitation, temperature, relative humidity and wind corresponding to the climatological stations of AEMET located near the village of Paracuellos de Jiloca, and in particular, the climatological station of Calatayud and the principal station of Daroca. The monthly mean value and the extreme values have been obtained from the available data, as well as the frequency of climatic parameters exceeding certain thresholds, the long term trends and a set of climatic indices. For the bioclimatic analysis the data of temperature and relative humidity have been used to calculate the climatic comfort indices and the thermal sensation values. Also, it includes phenology information about some vegetables species.
Palabras clave: Clima; Bioclimático; Balneario.	Keywords: Climate; Bioclimatic; Spa.

1. INTRODUCCIÓN

El Balneario de Paracuellos de Jiloca se encuentra situado en la misma localidad, en el valle del río Jiloca, unos 3 km antes de que desemboque en el río Jalón cerca de Calatayud, todo ello al suroeste de la provincia de Zaragoza. Sus coordenadas geográficas son 41º 18' 59" N de latitud y 1º 38' 32" W de longitud (Sistema Geodésico

ETRS89) y a una altitud de unos 560 m sobre el nivel del mar. Para este estudio se ha contado con los datos disponibles en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y se han elegido por ser las más completas y representativas la estación termo-pluviométrica de Calatayud y la estación completa de Daroca. La estación termo-pluviométrica de Calatayud, con nombre “Calatayud Aguas” e indicativo 9394U, que funcionó desde el año 1976 hasta el año 2002, estuvo ubicada a una distancia de 2 km m del balneario, no obstante, al no estar situada en el fondo del valle su altitud respecto del balneario es mayor en unos 40 m. Los datos de dicha estación (1976-2002) se han utilizado para el estudio del comportamiento de temperaturas y precipitaciones ya que resulta representativa del entorno del Balneario. Sus coordenadas fueron: latitud 41º 19’ 52” N, longitud 1º 38’ 43” W y altitud 600 m.

Para el resto de los parámetros climáticos no observados en la estación de “Calatayud Aguas”, como viento y humedad relativa, así como para estudiar series más largas de temperatura, precipitación y meteoros, se ha contado con la ventaja de disponer de los datos de la estación completa de Daroca de indicativo climatológico 9390, que está ubicada en el mismo Daroca en el valle del mismo río Jiloca pero más hacia su cabecera, a unos 29 km del Balneario de Paracuellos de Jiloca. Por estar situada en el mismo valle y aunque su altitud es mayor en unos 119 m, sus características climáticas son suficientemente cercanas al clima del entorno del Balneario, y presenta la ventaja de estar dotada de personal de AEMET y de disponer de una serie larga de datos desde 1966 hasta la actualidad. Dicha estación tiene de coordenadas: latitud 41º 06’ 52” N, longitud 1º 24’ 36” W y 779 m de altitud, y el periodo de datos que se ha utilizado en este estudio es desde 1966 hasta 2016 (51 años).

Para el cálculo de los valores normales se ha utilizado en este trabajo el período de referencia (1981-2010) y la metodología recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (1,2), habiéndose procedido al relleno de las lagunas existentes según los métodos operativos establecidos en AEMET (3,4).

2. ESTUDIO TERMOMÉTRICO

2.1 Evolución de las temperaturas a lo largo del año. Variabilidad interanual de las temperaturas medias mensuales

En la figura 1 se muestra la evolución a lo largo del año de los valores medios mensuales de las temperaturas diarias máximas y mínimas, así como los valores más altos y más bajos de los parámetros indicados dentro del período 1976-2002, que

supone un total de 27 años de datos de la estación de “Calatayud Aguas” ubicada en el entorno del balneario de Paracuellos de Jiloca.

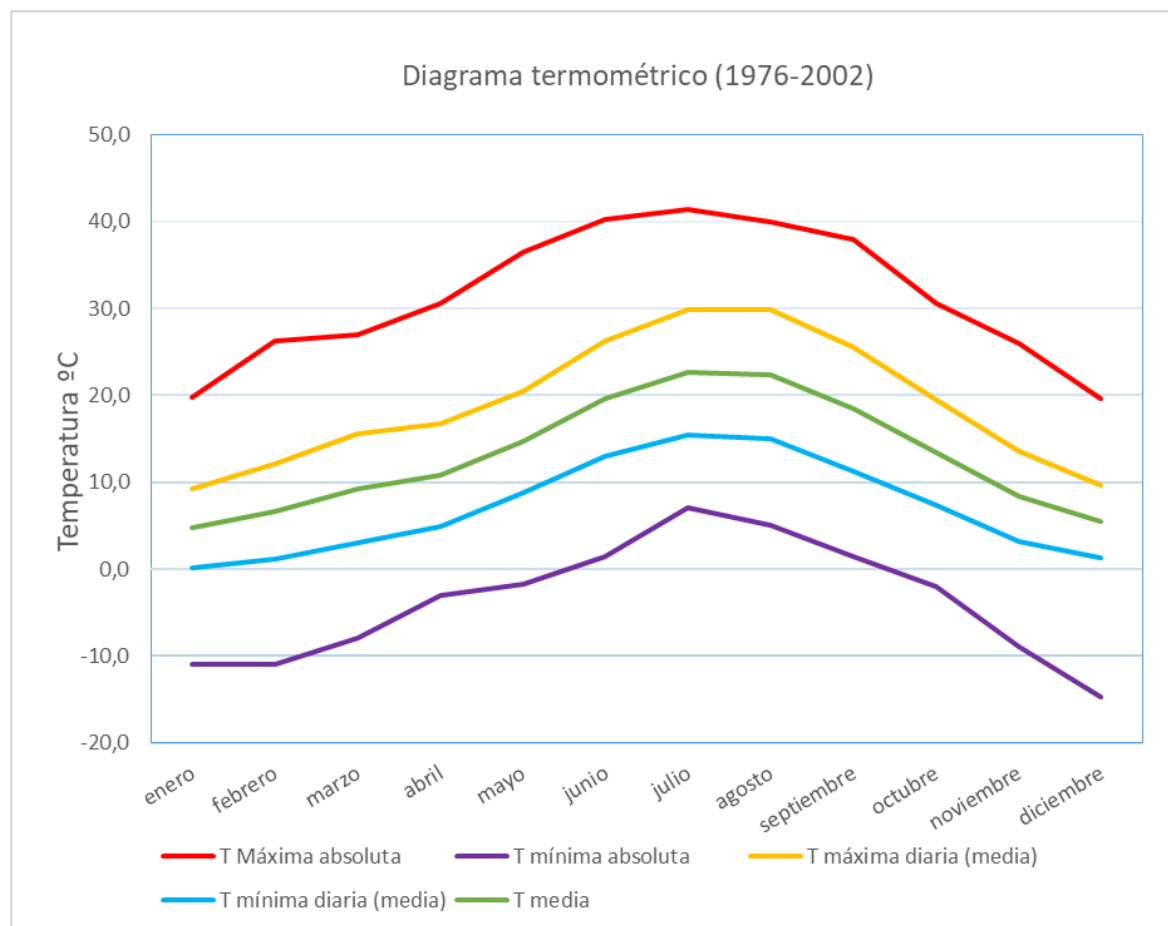


Figura 1. Diagrama termométrico del Balneario Paracuellos de Jiloca.

Del análisis de los datos se deduce que los valores medios mensuales de temperatura en Paracuellos de Jiloca superan los 22 °C en los meses de julio y agosto, siendo el mes de julio el más cálido con 22,6 °C, seguido de agosto con 22,4 °C. Sin embargo la oscilación térmica diaria en estos meses es elevada como caracteriza a los climas continentales del interior peninsular, su valor medio en los meses de julio y agosto es del orden de 14 °C, con una temperatura media de las máximas en el mes de julio de 29,8 °C y una media de las mínimas de 15,4 °C. Dicha oscilación térmica disminuye a medida que van disminuyendo las temperaturas, tomando valores entre 8 y 9 en los meses de diciembre y enero. El número medio de días con temperaturas máximas diarias superiores a 30 °C en los meses de julio y agosto está en torno a 16, y por el contrario, el número de días de noches tropicales (aquellas con temperatura mínima superior a 20 °C) tan solo es de 1 o 2. Sin embargo, excepcionalmente en el año 1994 se registraron temperaturas máximas superiores a 30 °C en 59 días entre los meses de julio y agosto, así como 32 días de noches tropicales. En cuanto a los meses más fríos, enero presenta la temperatura media mensual más baja con 4,7 °C, seguido

de diciembre con 5,5 °C, siendo la temperatura mínima diaria media mensual de 0,2 °C en enero y de 1,3 °C en diciembre, por lo que el invierno resulta ser frío.

Para el estudio de la variación interanual de las temperaturas se ha preferido utilizar los datos de la estación de Daroca por presentar una serie de datos más larga con 51 años y por presentar valores cercanos a la de Calatayud. Si se comparan los valores de temperatura y precipitación medios obtenidos para el mismo periodo de referencia 1981-2010, de las estaciones de Calatayud y Daroca, una vez que se ha procedido a la homogeneización y relleno de lagunas de las correspondientes series se obtiene lo siguiente: el valor de la temperatura media anual resulta ser para las dos estaciones de 13,2 °C, no existiendo diferencias destacables en los valores de temperatura media mensual de las dos estaciones a lo largo del año, mientras que la precipitación anual resulta ser algo mayor en la estación de Daroca sobre todo en los meses de otoño. La precipitación media anual normal (para el periodo de referencia 1981-2010) de la estación de Calatayud es de 329 mm y para la estación de Daroca ubicada a una mayor altitud resulta ser de 393 mm.

Para el estudio de la variabilidad interanual de las temperaturas del verano se han estudiado las temperaturas de la serie de Daroca para los meses de julio y agosto que son los de temperatura media más alta. En las figuras 2 y 3 se presentan respectivamente las series temporales (1966-2016) de la temperatura media de las máximas diarias de julio y agosto, y en las figuras 4 y 5 las series temporales de la temperatura media de las mínimas diarias de julio y agosto.

El valor medio más elevado de las temperaturas máximas diarias de julio en el periodo considerado se registró en el año 2015 con 34,2 °C, seguido de 33,8 °C en 2006; y en el mes de agosto en el año 2012 con 33,9 °C, seguido de 33,8 °C en 2003, destaca que estos valores máximos sean todos del siglo XXI. Por el contrario, los valores medios más bajos de temperatura máxima diaria se registraron en 1977 con 25,1 °C en julio y 26,0 °C en agosto.

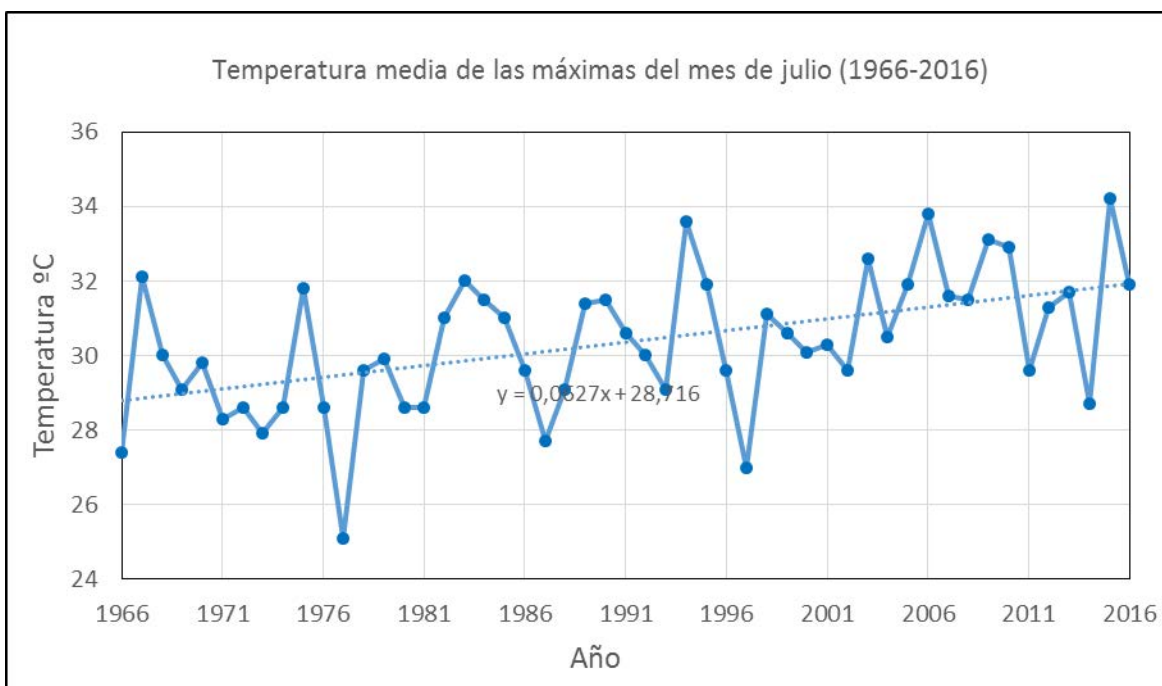


Figura 2. Variabilidad interanual de los valores medios de las temperaturas máximas diarias en julio en Daroca.

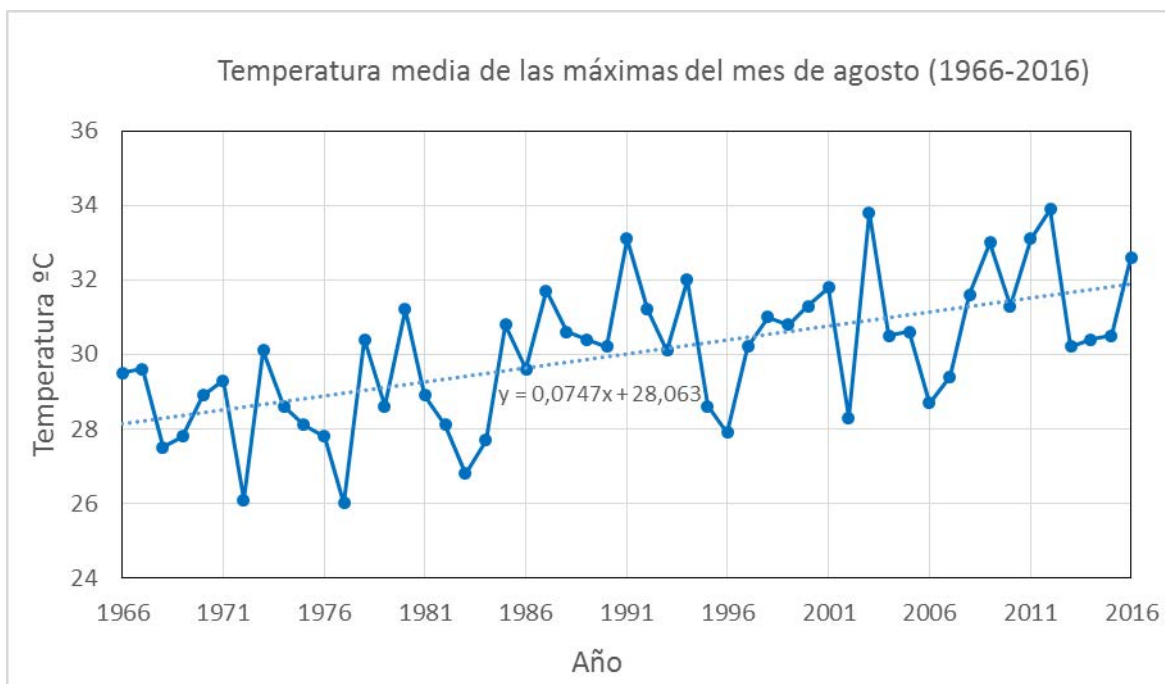


Figura 3. Variabilidad interanual de los valores medios de las temperaturas máximas diarias en agosto en Daroca.

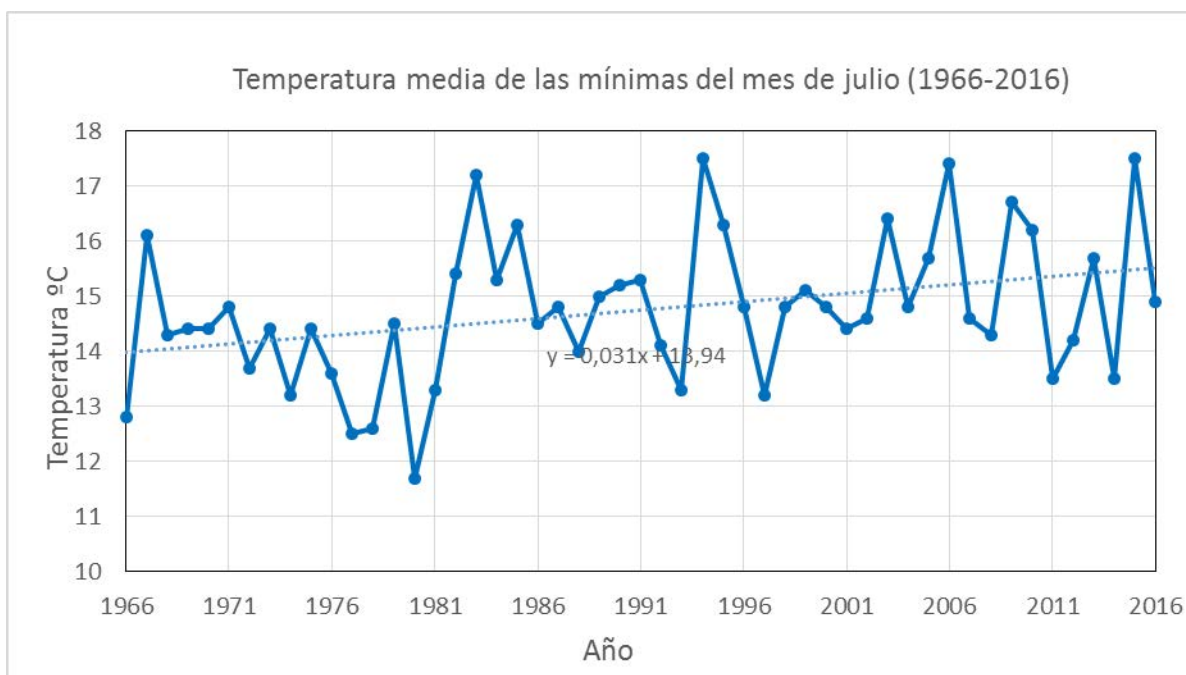


Figura 4. Variabilidad interanual de los valores medios de las temperaturas mínimas diarias en julio en Daroca.

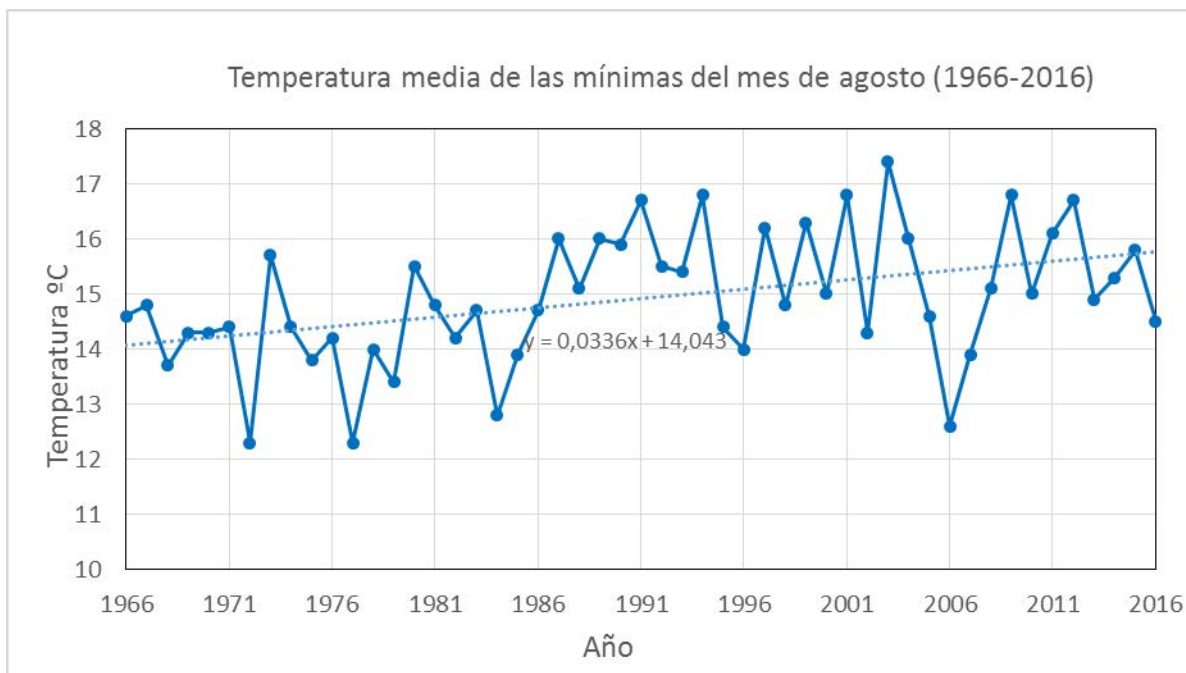


Figura 5. Variabilidad interanual de los valores medios de las temperaturas mínimas diarias en agosto en Daroca.

En relación con el comportamiento de los valores medios de las temperaturas mínimas de julio y agosto, el valor más alto se registró en julio de 2015 con 17,5 °C, seguido de 17,4 °C en agosto de 2003. Ambas temperaturas están relacionadas con la ocurrencia de olas de calor, en el año 2003 tuvo lugar una ola de calor de excepcional intensidad y duración que afectó a gran parte de España durante la primera quincena

del mes de agosto, y en julio de 2015 tuvieron lugar dos olas de calor en la segunda quincena también de especial intensidad (5,6,7). El valor medio más bajo de las temperaturas mínimas de julio se observó en el año 1980 con 11,7 °C, y de agosto en 1977 con 12,2 °C.

Del estudio de la variabilidad interanual de la temperatura media de las máximas diarias tanto de julio como de agosto, resulta una desviación típica en torno a 1,8 °C, mientras que para la temperatura media de las mínimas diarias es de 1,2 °C en agosto y 1,3 °C en julio. Se aprecia tanto en las máximas como en las mínimas una clara tendencia creciente de las temperaturas durante el período considerado, con un incremento en agosto de 0,75 °C por década en las temperaturas máximas y de 0,33 °C por década en las mínimas, los incrementos para el mes de julio son similares aunque algo inferiores.

En relación con el comportamiento térmico de los meses invernales en Daroca, las temperaturas medias mensuales quedan por debajo de los 10 °C los meses de noviembre a marzo, siendo el mes de enero el más frío con una temperatura media de 4,6 °C. En los meses de diciembre, enero y febrero la media de las temperaturas máximas es inferior a los 12 °C, con un valor mínimo de 9,7 °C en enero, mientras que la media de las mínimas queda por debajo de los 0,3 °C en los meses de diciembre, enero y febrero, siendo en enero de -0,42 °C. Estas temperaturas frías se producen en parte por la presencia de nieblas y por el estancamiento de aire frío en el valle.

La variabilidad interanual de las temperaturas del invierno se pone de manifiesto en los gráficos de las figuras 6 y 7, en las que se incluyen respectivamente las series temporales (1966-2016) de la temperatura media de las máximas y media de las mínimas del mes de enero para la estación de Daroca. El valor medio más elevado de las temperaturas máximas diarias en enero corresponde al año 2008 con 13,0 °C, mientras que el valor más bajo se observó en el año 1985 con 6,4 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, el valor medio más alto se registró en enero de 1988 con 3,7 °C, mientras que el más bajo se registra en el año 2000 con -4,3 °C.

La variabilidad interanual de la temperatura media de las mínimas es mayor en los meses invernales que la correspondiente a los meses de verano, así resulta que la desviación típica es de 2,1 °C para los valores medios mensuales de las mínimas de enero, por el contrario la desviación típica para dicho mes de los valores medios mensuales de temperatura máxima resulta ser de 1,5 °C y por tanto inferior al mismo parámetro para las máximas de los meses de verano.

La oscilación térmica media diaria que se observa en los meses del verano en Daroca es superior a la de los meses invernales como corresponde a un clima continental, alcanzando el valor más alto en los meses de julio y agosto con 15,3 °C (máximo de 15,6 °C en julio), para ir disminuyendo hasta llegar a los meses de

invierno con una oscilación térmica mínima de 9,9 °C en los meses de diciembre y enero (mínimo de 9,6 °C en diciembre).

En las temperaturas medias del mes de enero se aprecia una ligera tendencia a un incremento, tanto de las temperaturas diurnas como de las nocturnas, pero resulta ser muy inferior al observado en los meses de verano. Así el incremento por década detectado para las temperaturas máximas del mes de enero sería de 0,25 °C y para las temperaturas mínimas de 0,09 °C.

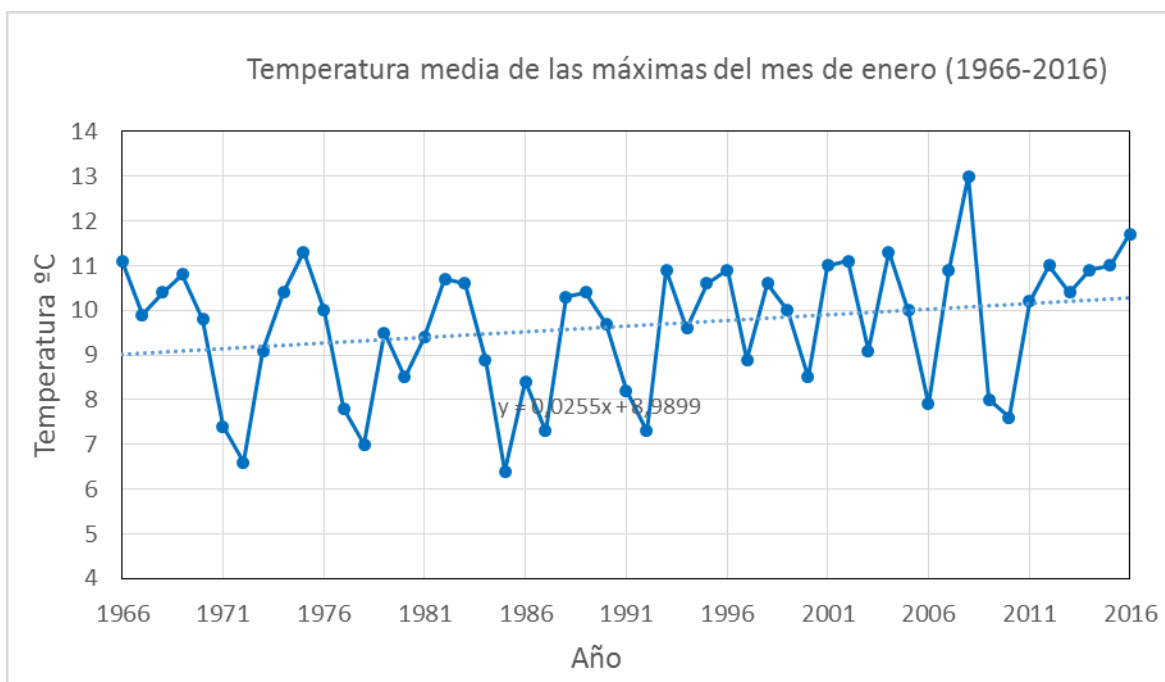


Figura 6. Variabilidad interanual de los valores medios de la temperatura máxima diaria en enero en Daroca.

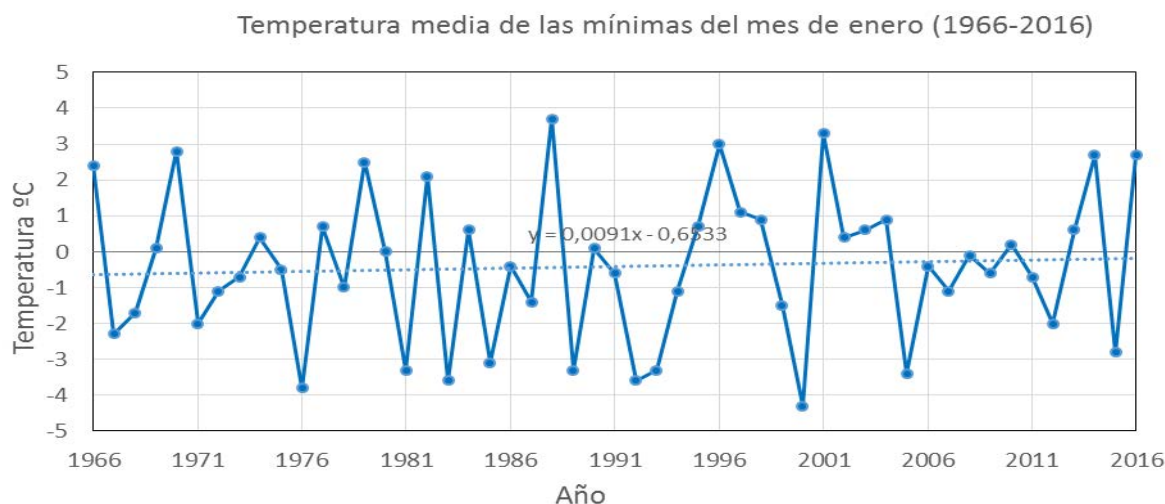


Figura 7. Variabilidad interanual de los valores medios de la temperatura mínima diaria en enero en Daroca.

2.2 Valores térmicos extremos

En la tabla 1 se recogen para cada mes del año los valores de las temperaturas máximas absolutas (Tmax) y la fecha en que se observaron (FTMax), las mínimas absolutas (Tmín) y la fecha correspondiente, así como los valores más elevados de las temperaturas mínimas (Tmaxmin) y los mas bajos de las temperaturas máximas (Tmínmax), junto con las fechas en que se produjeron (FTmaxmin y FTminmax). Todos estos datos corresponden a la estación de Calatayud aguas para todos los datos disponibles (período 1976-2002).

Tabla 1. valores térmicos extremos de la estación más cercana al Balneario de Paracuellos de Jiloca.

Nombre de estación: CALATAYUD AGUAS Indicativo: 9394U								
MES	TMAX	FTMAX	TMIN	FTMIN	TMAXMIN	FTMAXMIN	TMINMAX	FTMINMAX
1	19,8	05/01/ 2001	-11,0	13/01/ /1978	11,0	21/01/ 1981	-2,0	08/01/ 1985
2	26,2	26/02/ 1994	-11,0	02/02/ /1999	11,1	20/02/ 1977	1,0	11/02/ 1983
3	27,0	26/03/ 1981	-8,0	11/03/ /1984	16,0	12/03/ 1981	3,0	01/03/ 1992
4	30,6	29/04/ 1994	-3,0	12/04/ /1978	14,0	07/04/ 1987	4,0	07/04/ 1986
5	36,5	31/05/ 1994	-1,7	01/05/ /2001	21,0	21/05/ 1979	7,0	15/05/ 1984
6	40,3	30/06/ 1994	1,5	15/06/ /1984	22,4	01/06/ 1994	11,8	05/06/ 2002
7	41,4	01/07/ 1994	7,0	23/07/ /1975	24,1	28/07/ 1994	16,0	10/07/ 1980
8	40,0	14/08/ 1978	4,0	24/08/ /1975	23,4	06/08/ 1994	17,0	31/08/ 1975
9	38,0	02/09/1 984	1,4	26/09/ /2002	20,9	02/09/ 1998	12,1	16/09/ 1975
10	30,6	02/10/ 1995	-2,0	30/10/ /1978	17,0	06/10/ 1982	8,0	31/10/ 1992
11	26,0	10/11/ 1985	-9,0	23/11/ /1988	17,0	07/11/198 5	3,1	16/11/ 1996
12	19,6	07/12/ 2000	-14,7	25/12/ /2001	15,0	16/12/ 1989	-2,6	23/12/ 2001

Se puede observar que la temperatura máxima absoluta de todo el período se registró el día 1 de julio de 1994, cuando se alcanzó el valor de 41,4 °C, y el valor más bajo de temperatura mínima absoluta fue de -14,7 °C y se registró el día 25 de diciembre de 2001, durante la ola de frío que afectó principalmente a la mitad norte peninsular duró del 23 al 29 de diciembre de 2001 (8). Los valores de la tabla ponen de manifiesto, que se trata de una zona donde las heladas son usuales y que incluso puede haber algún día en que en las 24 horas no se superen los cero grados, como fue el caso del 1 de enero de 1985 con un valor de temperatura máxima diaria de -2 °C y del 23 de diciembre de 2001 con un valor de -2,6 °C.

2.3 Número de días en los que las temperaturas extremas diarias superan una serie de umbrales

En la zona de Paracuellos de Jiloca son frecuentes las heladas, dando lugar como valor medio a más de 62 días de helada al año entre los meses de octubre a mayo. Un 70 % de las heladas se suelen producir en los meses de invierno (diciembre, enero y febrero) y un 25 % en los meses de noviembre y marzo. No obstante, puede ocurrir algún día de helada en el mes de mayo y alguno más en el mes de octubre, por lo que dependiendo del año se verán más o menos afectados los diferentes cultivos de la zona. En la zona de Daroca, por estar a mayor altitud el número de días de helada es algo mayor.

En cuanto a las condiciones de temperaturas mínimas altas, en Paracuellos de Jiloca, son poco frecuentes las noches tropicales, definidas como aquellas en las que la temperatura mínima es superior a 20 °C, ya que se encuentra situado a cierta altitud y en el interior alejado de la costa. Tanto en la zona de Paracuellos de Jiloca como en Daroca el número medio de días con noche tropical al año es de 3 días. En la serie analizada de Paracuellos de Jiloca (1976-2002), las máximas temperaturas de las mínimas se registraron en julio y agosto de 1994 con un valor de 23,4 °C, mientras que en la serie de Daroca que alcanza hasta el año 2016, los valores más altos se habrían registrado en julio de 2009 con 25 °C.

Por lo que respecta a la climatología de los días calurosos, que son aquellos en los que la temperatura máxima alcanza o supera los 30 °C, se registran en Paracuellos de Jiloca en promedio 47 días de este tipo al año. Son muy frecuentes en los meses de agosto y julio, con 16 días por mes en promedio, mientras que en los meses de junio y septiembre el número medio de días calurosos es del orden de 8 días en junio y 5 en septiembre. Fuera del período de junio a septiembre, estas condiciones son muy poco frecuentes, habiéndose producido esporádicamente en el mes de mayo una máxima de 36 °C el 29 de mayo de 1994.

3. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO Y SOBRE METEOROS

Paracuellos de Jiloca se encuentra en una zona de precipitaciones relativamente escasas. En una extensa área de la parte central de la depresión del Ebro la precipitación anual oscila entre 300 y 400 mm, y en las zonas de alrededor en cuanto aumenta la altitud y en zonas más cercanas de las montañas del sur de Aragón, las precipitaciones pasan a ser superiores a 400 mm. Utilizando los datos de la estación climatológica más cercana, es decir la estación de Calatayud-Aguas (1976-2002) se obtiene para el balneario de Paracuellos de Jiloca una precipitación media anual de 330 mm, mientras que aguas arriba del río Jiloca, en Daroca, la precipitación anual media está en torno a los 410 mm.

En la figura 8 se representa la distribución de la precipitación a lo largo del año. Se aprecia un acusado máximo en primavera siendo la precipitación media acumulada en el mes de mayo de 56 mm, seguido del mes de junio con 37 mm y el mes de abril con 34 mm. En los meses de otoño las precipitaciones medias están entre 25 mm y 30 mm, mientras que es en los meses centrales del invierno y del verano las precipitaciones disminuyen alcanzando los 17 mm en febrero y los 20 mm en agosto. Las precipitaciones escasas del invierno con un mínimo en el mes de febrero muestran la continentalidad de la zona, están relacionadas con la topografía, la presencia de altas presiones y con la dificultad que los frentes húmedos atlánticos, capaces de aportar precipitaciones, encuentran para penetrar en el territorio aragonés.

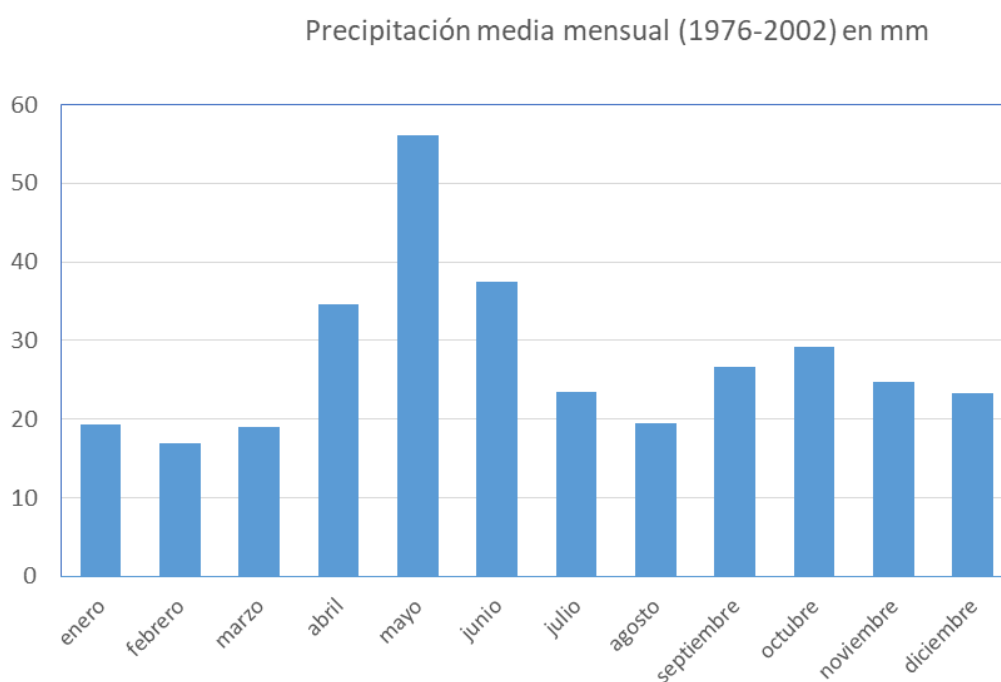


Figura 8. Distribución de la precipitación en Paracuellos de Jiloca. Valores medios mensuales (1976-2002).

El número medio anual de días de precipitación apreciable, es decir, de aquella precipitación que ha superado los 0,1 mm en el día, es de 99 días al año en la estación de Daroca, mientras que en la zona del balneario de Paracuellos de Jiloca es algo inferior. La distribución a lo largo del año presenta un máximo en los meses de abril y mayo con 11 días al mes coincidiendo con meses de mayor precipitación, y un mínimo en los meses de julio y agosto con 5 días al mes. De octubre a marzo el número de días de precipitación apreciable está en torno a los 9 días al mes.

Analizando los datos de precipitación de la estación de Calatayud-Aguas más cercana al balneario vemos que en algunos años la precipitación media mensual fue

más elevada de lo normal, como se corresponde al máximo registrado en junio de 1988 con 159 mm de precipitación mensual, seguido del mes de abril del mismo año con 122 mm, o el mes de septiembre de 1991 con 117 mm. No obstante, por las cantidades y por los meses en los que se registran, no cabe esperar episodios de carácter torrencial con precipitaciones muy intensas como los que son frecuentes en la vertiente mediterránea al final del verano y en otoño. En Paracuellos de Jiloca, la topografía, la distancia al mar mediterráneo y las montañas, hacen que no existan las aportaciones de aire húmedo que caracterizan a las zonas del litoral mediterráneo en dichas épocas.

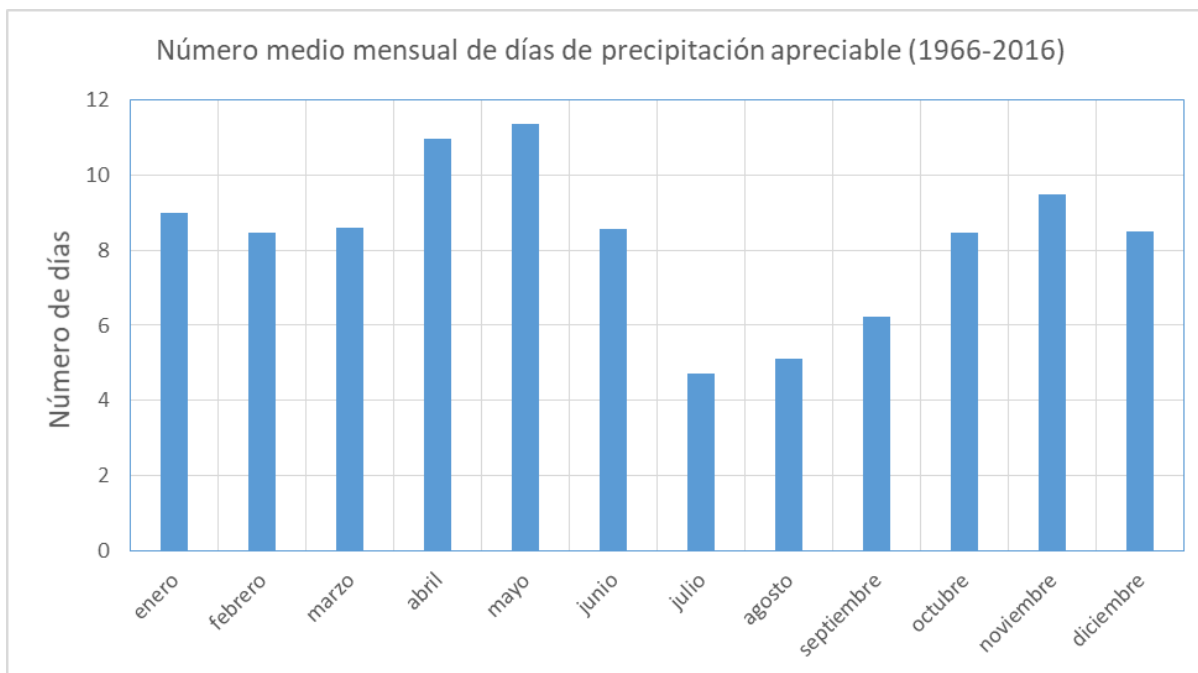


Figura 9. Distribución del número medio de días de precipitación apreciable, estación de Daroca (1966-2016).

Para el estudio de la ocurrencia de meteoros como son el número de días de niebla o de nieve se ha preferido utilizar los datos de la estación de Daroca por disponer de una serie mucho más completa. La nieve es un fenómeno que se puede dar en la zona con relativa frecuencia ya que las temperaturas del invierno son bajas, no obstante, se precisa que exista suficiente humedad para que se pueda dar este fenómeno. Según se aprecia en la figura 10, en los meses de diciembre a marzo el número medio mensual de días de nieve estaría entre 2 y 3, siendo incluso mayor de 3 en el mes de febrero, en los meses de abril y noviembre estaría próximo a un día al mes, sin embargo, no se puede descartar totalmente la ocurrencia de este fenómeno alguna vez incluso en el mes de mayo o de octubre.

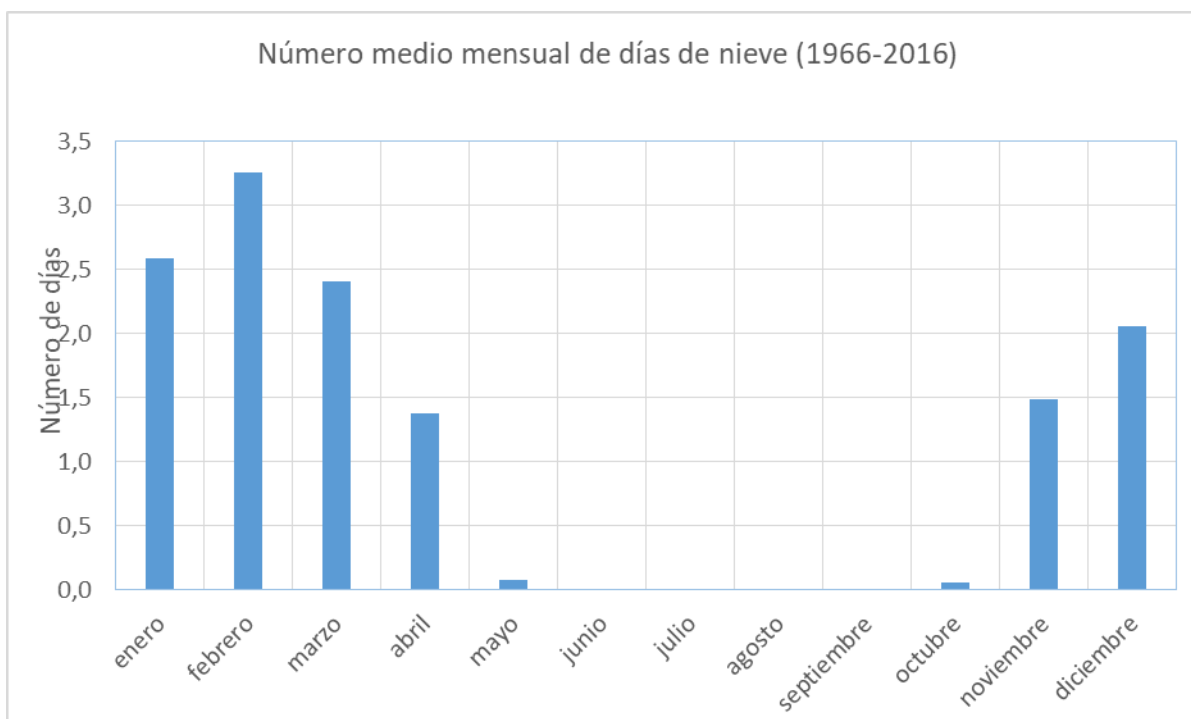


Figura 10. Distribución del número medio de días de nieve en Daroca (1966-2016).

La niebla es un fenómeno que también se puede dar en la zona con relativa frecuencia. En invierno, en situaciones anticiclónicas, sin viento y con cielos despejados, se forman nieblas de irradiación, y concretamente en Paracuellos de Jiloca el aire de las laderas se enfría por la noche, se hace más denso y desciende formando nieblas de valle. Tal como se puede apreciar en la figura 11, el mes de diciembre con un valor medio de 3 días sería en el que habría más días de niebla y le seguirían noviembre y enero con 2 días. Destaca que la presencia de niebla puede producirse aunque sea esporádicamente en cualquier mes del año, incluso en el mes de junio.

En invierno se pueden producir escarchas asociadas a cielos despejados y vientos encalmados, cuando la humedad del aire lo permite. La escarcha se puede observar con más frecuencia que el fenómeno de la helada, dado que se puede producir con temperatura mínima en garita algo superior a los 0 °C, es por ello que es frecuente en esta zona. El número medio anual de días de escarcha es de 41, produciéndose dicho fenómeno en los meses de diciembre y enero con mayor frecuencia con un valor medio de 10 días en el mes, lo que se corresponde con los dos meses del año en los que la temperatura media de mínimas diarias es más baja (0,2 °C en enero y 1,3 °C en diciembre). Le siguen el mes de febrero con 8 días al mes, noviembre con 6 días y marzo con 5. En abril, mayo y octubre también podrían producirse alguna vez, ya que pueden darse temperaturas cercanas a 0 °C.

En cuanto al granizo, en la zona se registra un valor medio de 3 a 4 días al año. Hay que tener en cuenta que el granizo presenta una gran irregularidad espacial y

temporal en su distribución. Los meses con mayor probabilidad resultan ser abril y mayo con 0,7 días por mes, pero los registros indican que se puede haber producido alguna vez en cualquier mes del año.

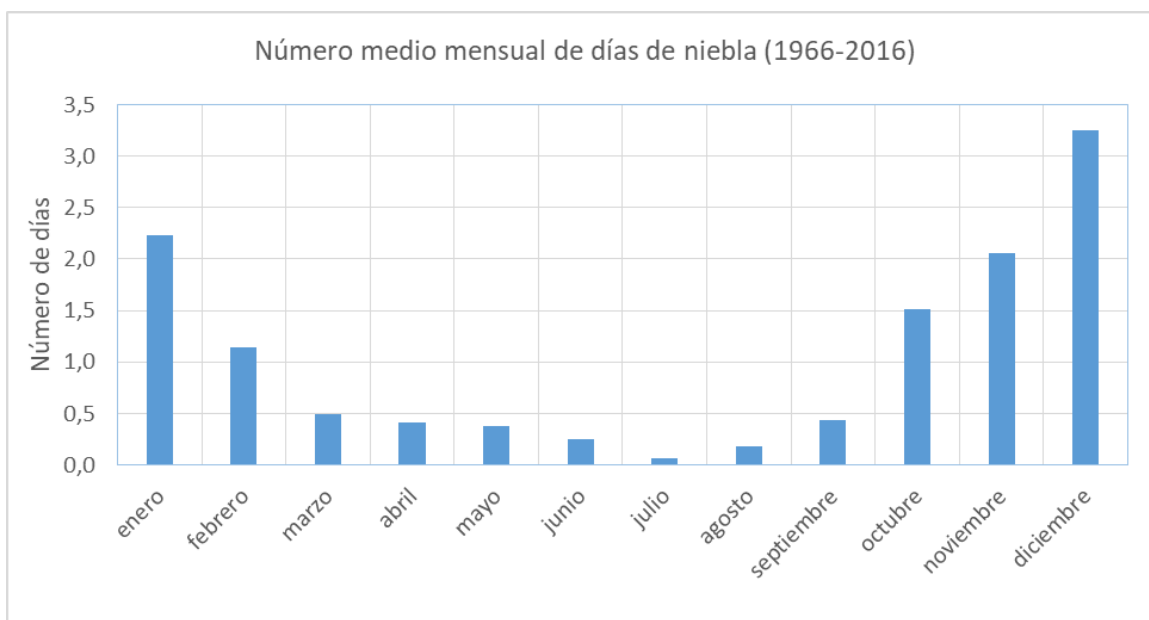


Figura 11. Distribución del número medio de días de niebla en Daroca (1966-2016).

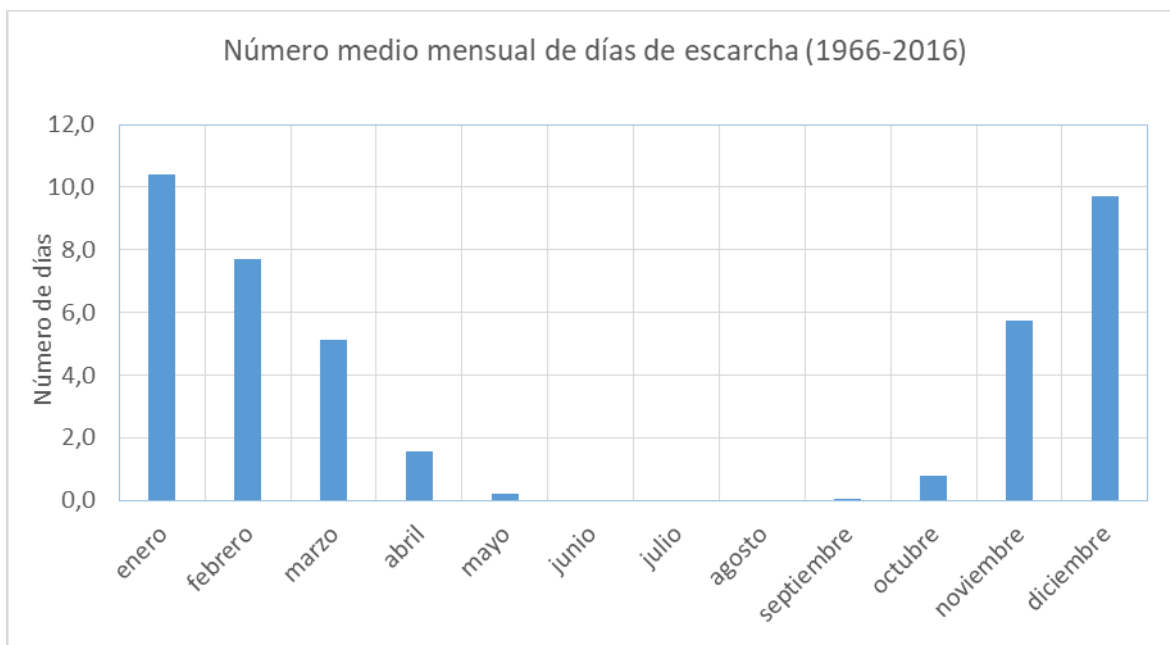


Figura 12. Distribución del número medio de días de escarcha en Daroca (1966-2016).

4. ANÁLISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa, con datos en este caso de la estación completa de Daroca, varía significativamente de invierno a verano, lo cual pone de manifiesto el carácter continental de esta zona en donde al llegar el verano las temperaturas elevadas unidas

a la escasez de aportes de humedad dan como resultado un mínimo en la humedad relativa media del aire en el mes de julio que no alcanza ni el 50 %, seguido del mes de agosto con un 50 % y un mes de junio con un 53 %. Sin embargo, en los meses más fríos del invierno (diciembre y enero) la humedad relativa registra los valores máximos, en torno al 75 %. Todos estos valores corresponden a la media de las observaciones de humedad relativa de las 07, 13 y 18 horas UTC.

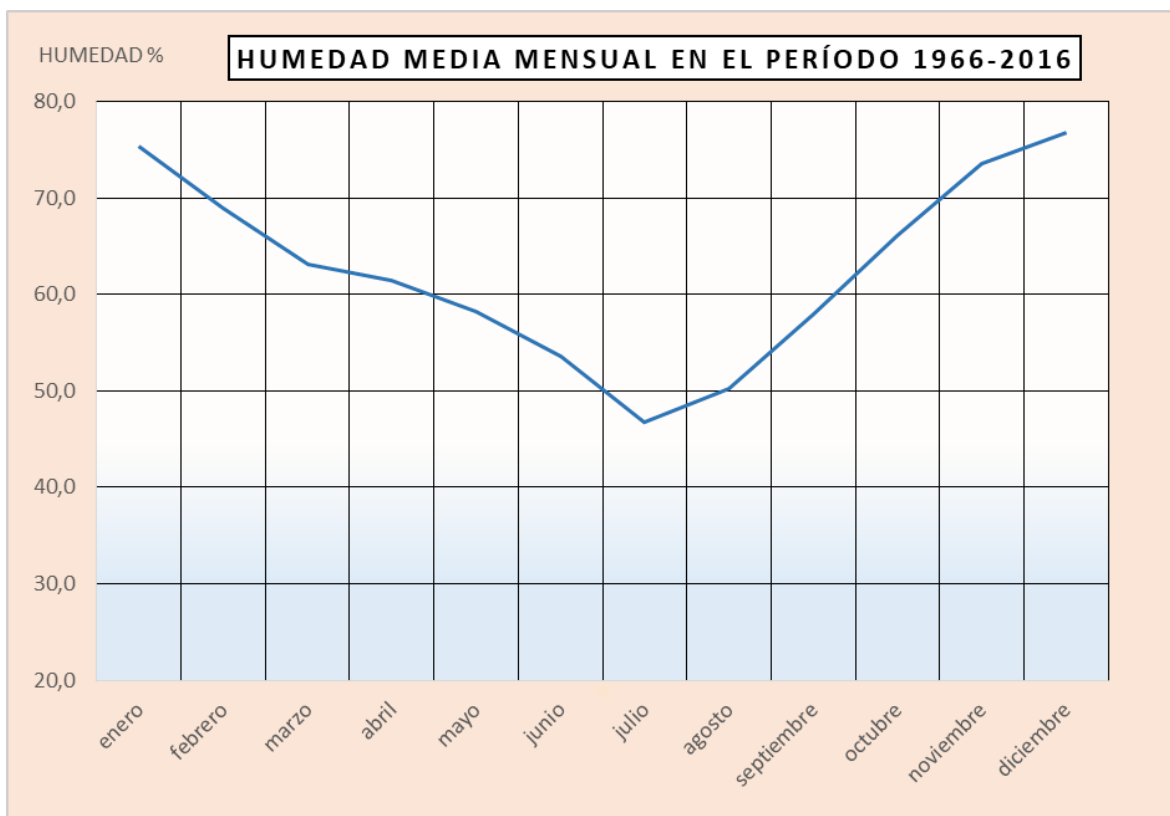


Figura 13. Valores medios mensuales de humedad relativa en Daroca.

5. VALORES DE ALGUNOS ÍNDICES CLIMÁTICOS. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

Para complementar el estudio climático del balneario de Paracuellos de Jiloca se han obtenido los valores, con los datos disponibles, correspondientes a algunos índices climáticos, en particular los siguientes: el índice de aridez de Martonne (9, 10), el índice de pluviosidad de Lang y el índice de Gorczynski (11,12).

El índice de aridez de Martonne se calcula mediante la expresión:

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

P es la precipitación media anual (mm) y T la temperatura media anual (C°). El valor de M calculado con los datos climáticos de la estación de Calatayud-aguas más cercana a Paracuellos de Jiloca es de 14,2 lo que corresponde a un clima semiárido de tipo mediterráneo.

El índice de pluviosidad de Lang: $IL = P/T$ es de 25,1 por lo que se sitúa en la clasificación establecida por Lang dentro del rango de clima árido.

Se ha aplicado también el índice de Gorczynski, que cuantifica el grado de continentalidad, y que tiene la expresión:

$$IC = 1,7 \cdot (A / \text{sen } L) - 20,4.$$

Donde A es la amplitud media de la temperatura (diferencia de las temperaturas medias de los meses extremos) y L la latitud del lugar. El valor que toma IC es 27,0 por lo que según el criterio de Gorczynski al estar entre los valores 20 y 30, se trata de una zona con condiciones climáticas netamente continentales, al igual que en la mayor parte de la superficie peninsular. Según se puede apreciar en el mapa de índice de continentalidad de Gorczynski publicado por Font, I en 1983 (13), para gran parte de la cuenca del Ebro se encuentra por encima de 20 y llega a alcanzar valores incluso por encima de 30 en la zona central del valle del Ebro, haciendo más acusado el carácter continental.

Por otro lado, en el Atlas Climático Ibérico (14), se ha aplicado la clasificación climática de Köppen-Geiger, que ha sido recientemente modificada por Russel, Trawartha, Critfield y otros autores (15). Se obtiene como resultado de este análisis que la zona de Paracuellos de Jiloca se sitúa en un área con clima BSk (estepa fría) que indica clima seco, semiárido con una temperatura media anual por debajo de 18 °C. Este tipo de clima se extiende ampliamente por el sureste de la Península y valle del Ebro y, en menor extensión en la meseta sur, sur de Extremadura y oeste de Baleares. En el entorno del área de estudio existe una transición de tipos de clima a ambos lados del río Jiloca y según se asciende en altitud aguas arriba, el clima deja de ser del tipo BSk para pasar a ser del tipo Cfa (templado sin estación seca con verano caluroso), y del tipo Cfb (templado sin estación seca con verano templado).

Este resultado, en conjunción con los valores del resto de los índices, lleva a la conclusión de que el clima de Paracuellos de Jiloca es un clima seco, semiárido, continental y con veranos calurosos.

Este análisis climático se ha complementado con un breve estudio de tipo bioclimático. Para ello se ha generado en primer lugar un diagrama temperatura-humedad que indica el índice de bienestar relativo a partir de los datos conjuntos de los valores medios mensuales de ambas variables, utilizando para ello los datos de la estación meteorológica completa de Daroca y siguiendo una metodología similar a la que fue aplicada en los anteriores estudios de los Balnearios de Alhama de Almería, Villavieja, Olmedo y de Alicún de las Torres (16).

Según se puede apreciar en el gráfico de la figura 14, en los meses de noviembre a marzo la sensación térmica predominante es de frío y por el contrario, en

los meses de agosto y julio es de calor. No obstante, en los meses de abril a junio y de octubre a septiembre, la sensación térmica es de bienestar.

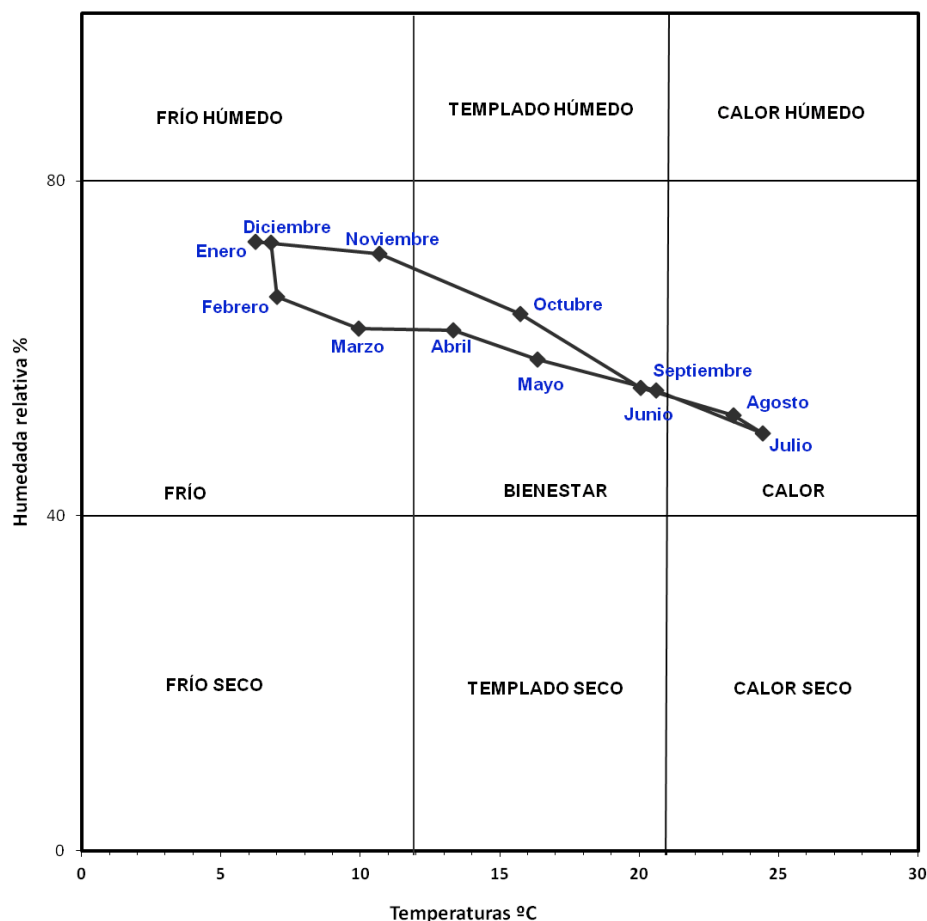


Figura 14. Diagrama temperatura-humedad de temperatura sentida del balneario de Paracuellos de Jiloca. (Obtenido a partir de los datos de la estación de Daroca).

Como ya se hizo en el estudio del balneario de Olmedo o de Villavieja, se ha llevado a cabo un análisis complementario a partir del concepto de temperatura efectiva, tal como fue definida por Missenard (17), incluyendo el efecto de la temperatura y la humedad relativa. En la tabla 2 se indican los tramos de temperatura efectiva que definen la clasificación climática de acuerdo con el criterio de Missenard.

Tabla 2. Clasificación climática según los valores de la temperatura efectiva de Missenard.

Rango de temperaturas efectivas	Categoría térmica
< -12 °C	Muy frío
-11,9 °C a 0 °C	Frío
0,1 °C a 6 °C	Muy fresco
6,1 °C a 12 °C	Fresco
12,1 °C a 18 °C	Suave
18,1 °C a 24 °C	Calor agradable
24,1 °C a 30 °C	Calor moderado
> 30 °C	Muy caluroso

En la tabla 3 se han indicado los valores medios mensuales de las temperaturas efectivas de Missenard, junto con la correspondiente clase. A continuación se muestra la expresión utilizada para el cálculo, siendo t la temperatura media del mes y HR la humedad relativa media del mes expresada en porcentaje.

$$TE = t - 0,4 (t - 10) (1 - HR/100)$$

Tabla 3. Temperaturas efectivas medias mensuales según el criterio de Missenard del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

Mes	Temperatura efectiva media °C	Categoría
Enero	6,2	Fresco
Febrero	7,0	Fresco
Marzo	8,7	Fresco
Abril	10,4	Fresco
Mayo	13,5	Suave
Junio	17,2	Suave
Julio	20,2	Calor agradable
Agosto	20,0	Calor agradable
Septiembre	16,5	Suave
Octubre	12,7	Suave
Noviembre	8,6	Fresco
Diciembre	6,6	Fresco
Anual	12,3	Suave

Los valores de temperatura efectiva obtenidos según Missenard muestran una variación entre sensación de “fresco” para la mitad del año de noviembre a abril, “suave” para el final de la primavera e inicio del verano y para el final del verano e inicio del otoño, y de “calor agradable” en los meses más cálidos que son julio y agosto, ya que a pesar de las altas temperaturas la baja humedad relativa proporciona una sensación más agradable.

6. ANÁLISIS DEL VIENTO

Los datos de viento a 10 metros han sido obtenidos de la estación meteorológica de Daroca considerando todos los datos disponibles (período 1969-2016), por ser la estación más completa y encontrarse próxima al río Jiloca, en un fondo de valle al igual que el balneario de Paracuellos de Jiloca. A partir de estos datos se han generado las rosas de viento (figuras 15, 16, 17 y 18), en las que se representan gráficamente las frecuencias de ocurrencia de los valores de viento según dirección y velocidad media para cada una de las estaciones. Destaca el alto porcentaje de periodos de calma (velocidad del viento inferior a 0,5 m/seg) durante todo el año, con un máximo en los meses de invierno que alcanza el 40 %, lo que favorece la presencia de nieblas. En diciembre, enero y febrero los vientos son flojos con una mayor

frecuencia entre los 7 y 14 km/h y la dirección dominante es del oeste. En primavera el número de calmas se reduce a 26 %, los vientos dominantes son del oeste pero también del nordeste estando la mayor parte entre 7 y 14 km/h. En verano predominan ya claramente los vientos del norte-nordeste y nordeste, con un porcentaje de calmas similar al de primavera, pero con una intensidad algo mayor. En el trimestre de otoño, las calmas vuelven a aumentar alcanzando un 37 %, las direcciones predominantes se reparten entre oeste y nordeste, y la velocidad media del viento predominante vuelve a disminuir quedando entre los 7 y 14 km/h. Factores que pueden influir en el viento son: la orografía favoreciendo vientos de ladera, la ubicación en el fondo de un valle, la influencia de las borrascas que entran por el oeste en invierno y los vientos del norte-nordeste usuales con situaciones de bajas presiones sobre el Mediterráneo.

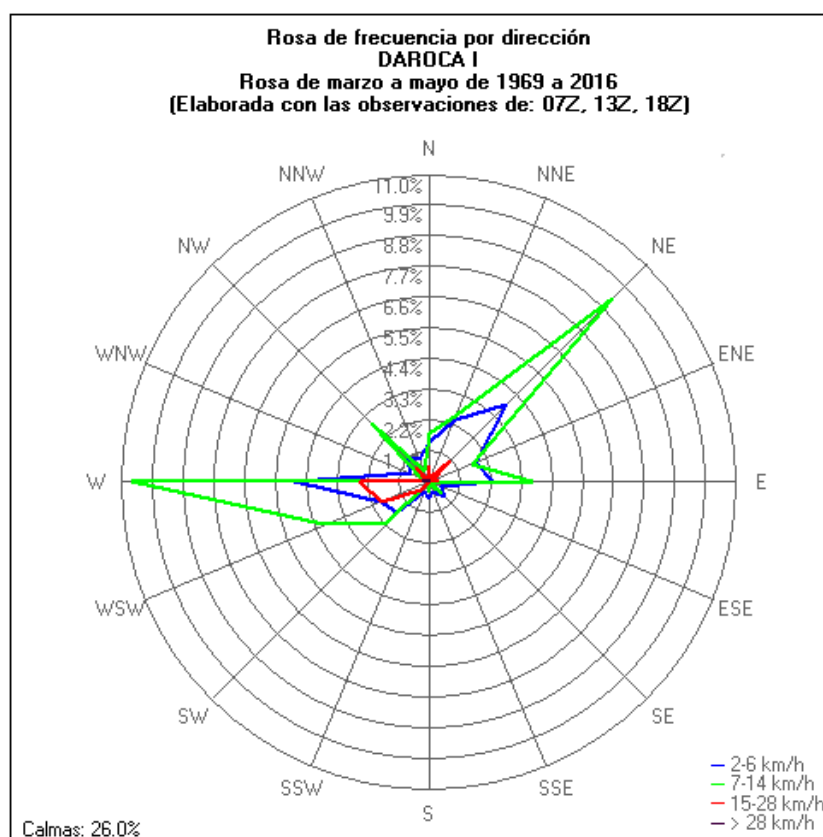


Figura 15. Rosa de vientos de la estación de Daroca correspondiente a los meses primaverales.

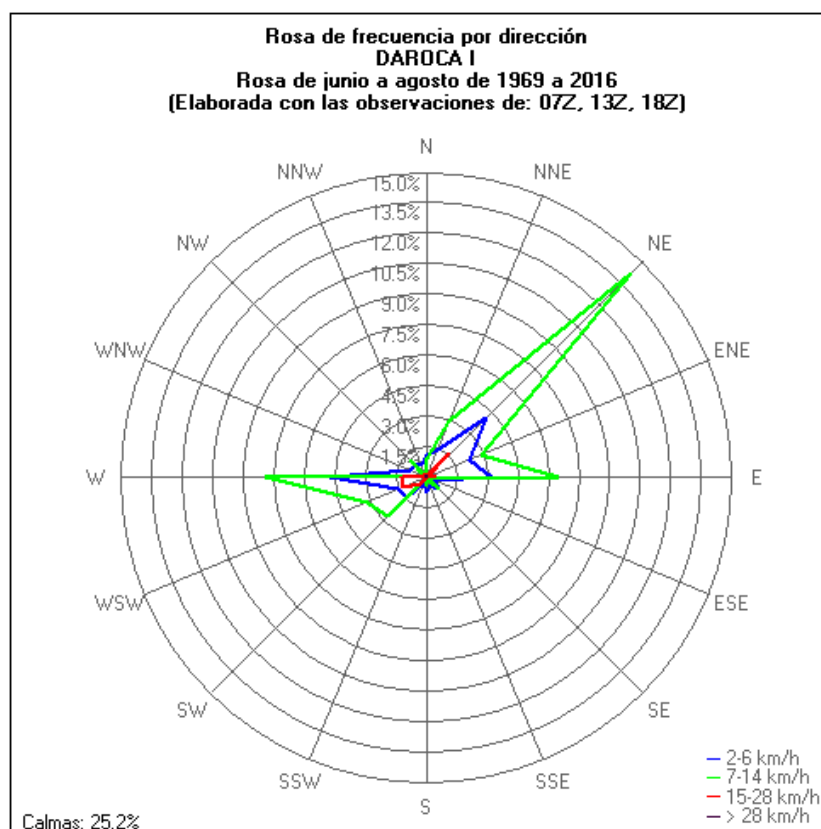


Figura 16. Rosa de vientos de la estación de Daroca correspondiente a los meses de verano.

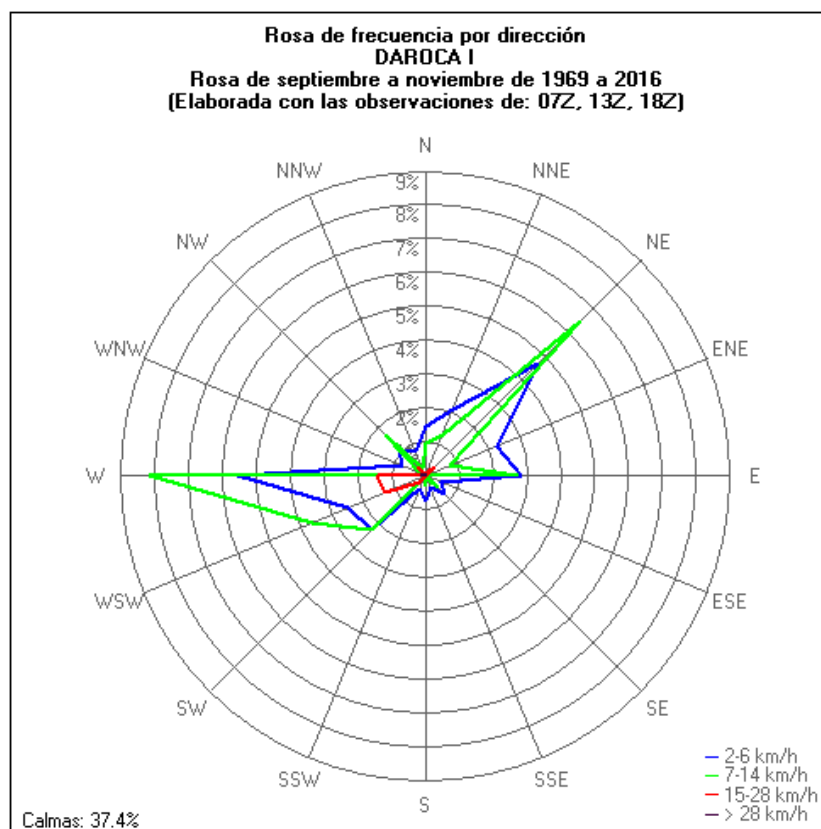


Figura 17. Rosa de vientos de la estación de Daroca correspondiente a los meses de otoño.

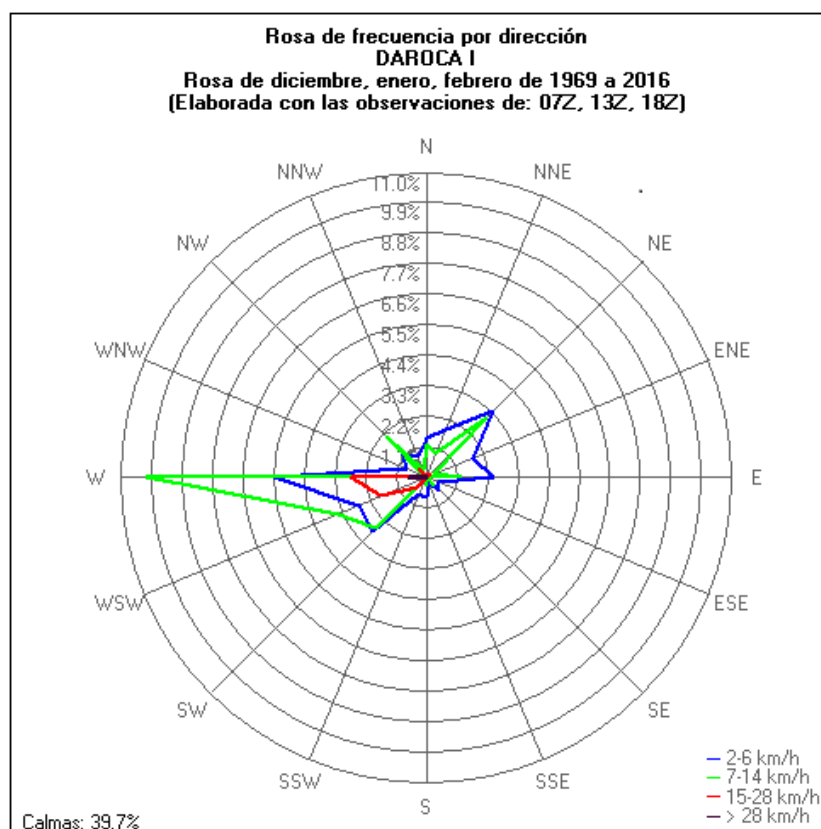


Figura 18. Rosa de vientos de la estación de Daroca correspondiente a los meses de invierno.

7. FENOLOGÍA

Desde un punto de vista climático la fenología es la ciencia que se ocupa de la observación, registro y estudio; de los fenómenos biológicos que se manifiestan periódicamente, acoplados a cambios ambientales estacionales, relacionados con el clima y el curso del tiempo atmosférico (De Cara, J.A. , 2017). AEMET dispone de una red de observación fenológica que cumple con las directrices de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) en este tipo de observaciones y que utiliza para el cifrado de estadios de las diferentes especies vegetales el código BBCH (18 y 19).

En el observatorio de Daroca cercano a Paracuellos de Jiloca en la actualidad se están llevando a cabo observaciones fenológicas de diversas especies por personal cualificado de AEMET desde el año 2014, con el objeto de llegar a conocer el comportamiento de la vegetación respecto a la variación de las condiciones climáticas de cada año. En la tabla 4 figuran los valores medios de diferentes estadios fenológicos para las especies ubicadas en el entorno del observatorio: *Prunus dulcis* (almendro), *Prunus avium* (cerezo), *Malus doméstica* (manzano), *Juglans regia* (nogal) y *Vitis vinífera*, (vid de variedad Macabeo).

Tabla 4. Fechas medias de ocurrencia de diferentes estadios fenológicos de cuatro especies de plantas en el entorno del observatorio de Daroca, entre los años 2014 y 2017.

Nombre especie	Primeras hojas desplegadas	Comienzo floración	Plena floración	Comienzo cambio color	Comienzo caída hojas
<i>Prunus dulcis</i> (almendro)	30/marzo	8/marzo	14/marzo	26/agosto	7/septiembre
<i>Prunus avium</i> (cerezo)	12/abril	8/abril	11/abril	3/agosto	12/agosto
<i>Malus doméstica</i> (manzano)	11/abril	21/abril	30/abril	20/septiembre	27/octubre
<i>Juglans regia</i> (nogal)	22/abril	Femenina: 10/mayo	Masculina: 26/abril	12/septiembre	3/octubre
<i>Vitis vinífera</i> Var: Macabeo (vid)	22/mayo	16/junio	21/junio	9/octubre	23/octubre

En cuanto al inicio de la floración el más temprano es el almendro que florece a principios de marzo, seguido del cerezo que lo hace en abril. A continuación inician la floración el manzano y el nogal, siendo el último la vid que la inicia en junio. En todos ellos la plena floración se consigue pasados de 5 a 7 días del inicio de floración, por tanto a excepción de la vid que florece bastante tarde, las heladas de marzo, abril o mayo podrán afectar perjudicando la fecundación y el correcto cuajado del fruto en dichas especies.

En cuanto al cambio de color y caída de la hoja, existe una gran dispersión en los datos, debido a que ello depende de multitud de factores relacionados con las condiciones climáticas del año agrícola, y en particular de las condiciones de humedad disponible para la planta y de la temperatura del verano. En el año 2017, con una primavera y verano especialmente secos y con elevadas temperaturas, dieron como resultado que se adelantara considerablemente el cambio de color y la caída de la hoja en especies como el almendro y el manzano.



Figura 19: Nogales en el entorno del observatorio de Daroca.

8. REFERENCIAS

1. OMM. Guía de prácticas Climatológicas. OMM-100. Ginebra: OMM 2011. Disponible en:
(http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf).
2. WMO 1989. Calculation of monthly and annual 30-year standard normals. WCDP-No 10, WMO-TD/No341.
3. Botey R, Guijarro JA, Jiménez A. Valores normales de precipitación 1981-2010. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología de España “AEMET”, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013. Disponible en:
(http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/Valores_mensuales_1981_2010).
4. Guía resumida del clima en España (1981-2010). Madrid: Agencia Estatal de Meteorología de España “AEMET” 2011. Disponible en:
(http://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/guia_resumida_2010).
5. Flores C, López JA. Extremos de Temperatura. En: Calendario Meteorológico 2010. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino 2009; pp. 266-278.
6. Rodríguez C. Olas de calor y frío en España desde 1975. En: Calendario Meteorológico 2013. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2012; pp. 280-300.

7. Rodríguez C. Olas de calor y frío registradas en el año hidrológico 2015-2016. En: Calendario Meteorológico 2017. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente 2016; pp. 124-133.
8. Rodríguez C. Olas de frío de 1975 a octubre 2017. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología. Disponible en:
(http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/Olas_Frio_ActualizacionOct2017.pdf).
9. De Martonne E. Une nouvelle fonction climatologique: L'Indece d'aridite. La Meteorologie 1926; 2: 449-458.
10. De Martonne E. Traite de Geographie Physique. Paris 1941.
11. Landsberg HE. The assessment of human bioclimate a limited review of physical parameters. Technical note N°. 123. WMO (WMO-331) 1972.
12. Gorczynski W. Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. Geografiska Annaler 1920; 2: 324-331.
13. Font I. Climatología de España y Portugal. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología 1983.
14. AEMET, Instituto de Meteorologia de Portugal. Atlas Climático Ibérico. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, Ministério de Médio Ambiente y Médio Rural y Marino 2011.
15. Essenwanger OM. General Climatology 1C: Classification of Climates. Elsevier Science 2001.
16. Mantero F, Galván Y. Climatología del Balneario de Alicún de las Torres. An R Acad Nac Farm 2009; 75 (E): 781-798.
17. Gregorzuk M, Cena K. Distribution of effective temperature over the surface of the Earth. Int J Biometer 1967; 11: 145-149.
18. Koch E, Bruns E, Chmielewski FM, Defila C, Lipa W, Menzel A. Guidelines for Plant Phenological Observations, WMO 2009.
19. Meier U. Estadios de las plantas mono y dicotiledoneas: BBCH Monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura 2001.

Estudio de los suelos de los alrededores del Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)

Title in English: *Study soil around the spa in Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)*

Antonio López Lafuente^{1*}, Inmaculada Valverde Asenjo¹, José Ramón Quintana Nieto¹, Juan Pedro Martín Sanz¹, Ana de Santiago Martín², Concepción González Huecas¹

¹Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Plza. Ramón y Cajal s/n. 28040 Madrid, España. ²Instituto IMDEA Agua. Avenida Punto Com, 2. 28805 Alcalá de Henares, Madrid, España. *alopezla@ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 132-157.

RESUMEN	ABSTRACT
El aprovechamiento de las aguas mineromedicinales como medio para sanar de forma natural se conoce desde épocas ancestrales. Sus acciones terapéuticas están condicionadas con los gases y las fases sólidas que contengan, y estos dependen del equilibrio y la composición de la atmósfera, los suelos y las rocas. Estos equilibrios están relacionados con la temperatura y la presión del sistema, y cualquier cambio puede producir una variación que afecte a los procesos de disolución y precipitación de los minerales, y por tanto, a la concentración de elementos químicos en las aguas. La composición del suelo juega un papel determinante ya que en su interior se producen reacciones de sorción-desorción, complejación-disociación, disolución-precipitación, que determinan la movilidad de los constituyentes orgánicos e inorgánicos que forman el suelo. En función del resultado de estas reacciones los elementos y compuestos puede quedarse, o alcanzar las aguas subyacentes. En este trabajo analizamos las características edáficas de cuatro suelos muy representativos de los alrededores de la localidad de Paracuellos de Jiloca, localidad donde se encuentra la casa balneario. Pertenece la zona al Sistema Ibérico, en el Valle del Jiloca, situado a una altitud de 586 msnm y se encuentra a 4,6 km de Calatayud. Son suelos con escaso desarrollo, tipo AC, formados a partir de materiales sedimentarios constituidos por conglomerados, calizas margosas y yesos. Presentan pHs básicos, poca materia orgánica, texturas gruesas, son carbonatados y están saturados, siendo el calcio el catión mayoritario.	The use of medicinal mineral waters as a means to heal naturally has been known since ancient times. The gases and solid phases they contain determine their therapeutic actions, and those depend on the balance and composition of the atmosphere, the soils and the rocks. These balances relate to the temperature and pressure of the system, and any change can produce a variation that affects the processes of dissolution and precipitation of the minerals, and therefore, the concentration of chemical elements in the waters. The composition of the soil plays a decisive role in reactions of sorption-desorption, complexation-dissociation, dissolution-precipitation, which in turn determine the mobility of the organic and inorganic constituents of soil. Depending on such reactions, the elements and compounds remain in soils, or can reach the groundwater. In this work, the edaphic characteristics of four highly representative soils located in the thermal environment of Paracuellos de Jiloca were analyzed. The area belonging to the Iberian Mountain Range, in the Jiloca Valley and 4.6 km from Calatayud, is located at an altitude of 586 meters above sea level. They are poorly developed soils, typically AC profiles, formed on sedimentary materials consisting of conglomerates, marly limestones, and gypsum. They are carbonated soils with basic pH values, scarce organic matter content, coarse textures and saturated, being calcium the major cation. The high stoniness, the predominance of coarse textures, and a weak structure determine a high porosity governing the high degree of

La alta pedregosidad, el predominio de las texturas gruesas, y estructuras débiles, condiciona una porosidad elevada lo que hace que estos suelos tengan un alto grado de infiltración.

Palabras clave: suelos poco desarrollados; propiedades hidráulicas; zonas semiáridas; Alhama de Almería.

infiltration of these soils.

Keywords: soils poorly developed; hydraulic properties; semi-arid environment; Alhama de Almería

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas se definen en la Directiva 2000/60/CE (1) como “todas las aguas que se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo”. Representan un porcentaje, entre las aguas dulces no heladas, de alrededor del 4 %, lo que significa que son mucho más abundantes que las aguas superficiales (2).

Su composición química está en equilibrio químico-físico con el contenido de gases y de las fases sólidas disueltas (suelo y rocas). Estos equilibrios están relacionados con la temperatura y la presión del sistema, y cualquier cambio puede producir una variación que afecte a los procesos de disolución y precipitación de los minerales, y por tanto, a la concentración de elementos químicos en las aguas (3). Cuando la concentración de minerales disueltos es superior a 1 g/L, la OMS (2006) (4) establece que es agua natural mineral, y si además, tiene propiedades curativas la clasifica como mineromedicinal (5).

El aprovechamiento de las aguas mineromedicinales como medio para sanar de forma natural se conoce desde épocas ancestrales, todavía hoy se conservan en muchas zonas de la Península Ibérica restos de edificaciones realizadas por los romanos en los siglos I y II d C, como Archena en Murcia o Baños de Fitero en Navarra, que están vinculados al uso de esta agua (6). Su utilidad en el tratamiento de determinadas patologías lo pone de manifiesto la Sociedad Española de Hidrología Médica donde las definen como aquellas aguas que, por su composición química, física y físico-química, tienen propiedades terapéuticas (7). Son aguas de origen natural que presentan caudales prácticamente invariables, además de mantener la temperatura, la composición química y bacteriológica sin notables diferencias a lo largo del año.

La clasificación que más cita la bibliografía (8, 9), de estas aguas es la basada en su composición mineralógica, es decir, el contenido de aniones y cationes, así como la cantidad y tipo de gases que la forman. Es por tanto, el material litológico con el que está en contacto, junto a los tipos de suelos que forman la zona no saturada, quien condiciona su composición.

Procesos como la disolución, la hidratación o la carbonatación sobre todo en el caso de materiales sedimentarios: calizas, dolomías o yesos, o procesos que afectan a materiales ácidos como es hidrólisis, u óxido-reducción, son los responsables de alterar las rocas y condicionar la composición de las aguas circundantes. Por otro lado, los procesos de lavado y lixiviación de las aguas superficiales a través de la zona no saturada y la composición de la zona saturada, donde se almacena, también son los responsables de la composición química de las aguas subyacentes.

En estos procesos de infiltración, la composición del suelo juega un papel determinante ya que en su interior se producen reacciones de sorción-desorción, complejación-disociación, disolución-precipitación, que determinan la movilidad de los constituyentes orgánicos e inorgánicos que forman el suelo. En función del resultado de estas reacciones los elementos y compuestos puede quedarse, o alcanzar las aguas subyacentes. Propiedades como textura, estructura, pH, conductividad, complejo de cambio, son parámetros edáficos que se deben conocer ya que determinan la capacidad de penetración en el perfil (10, 11). Otro factor a tener en cuenta es la recarga del acuífero, depende de: la precipitación y su distribución a nivel diario, de la temperatura, de la geomorfología, de la vegetación, y además, de las características edáficas de los suelos sobreyacentes (12, 13).

En este trabajo estudiamos las características morfológicas, físico-químicas y mineralógicas de los suelos desarrollados en las proximidades del Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza), así como las propiedades edáficas que condicionan los flujos de agua a lo largo del perfil, ya que pueden condicionar la composición química de las aguas subterráneas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Características del área de estudio

El Balneario se encuentra en la población de Paracuellos de Jiloca, localidad de 600 habitantes, situada en el Sistema Ibérico, en el Valle del Jiloca, a 4,6 km de Calatayud en la carretera N-234 en dirección a Teruel. Está a una altitud de 576 msnm y sus alrededores presentan un paisaje caracterizado por pequeñas elevaciones de pendientes suaves, de cerros y antecerros, con laderas en ocasiones cubiertas por material heterométrico de origen coluvial. Cuando la pendiente es mayor se han desarrollado incisiones y regueros que se distribuyen de forma irregular a lo largo de la zona (Figura 1).



Figura 1. Paisaje de las proximidades de Paracuellos de Jiloca.

La vegetación actual en la zona está formada por pino carrasco de repoblación (*Pinus halepensis*), y coscoja (*Quercus coccifera*) como masa arbórea más común. Herbazales como esparto o atocha (*Macrochloa tenacissima*), matorrales como romero (*Rosmarinus officinalis*) y espliego (*Lavandula latifolia*), además del matorral gipsícola, como jarillas (*Helianthemum squamatum*) y bojas (*Lepidium subulatum*). En las terrazas del Jiloca, y próximos al río, además de cultivos de huerta, hay árboles frutales (manzano, peral, albaricoque, etc.), y en la orilla chopos (*Populus alba*) y olmos (*Ulmus minor*) (14).

Los alrededores del Balneario tienen una litología muy variada con materiales pertenecientes al Terciario, y la zona de terrazas, al Cuaternario (15). El perfil PJ-I se desarrolla a partir de materiales carbonatados formados por calizas, margas y arcillas lignitíferas. La litología es fundamentalmente carbonatada con niveles de calizas de base irregular y de margas blancas que se apoyan en unidades yesíferas que afloran a pocos metros. El perfil PJ-II, próximo al anterior, se forma a partir de yesos y arcillas grises, litológicamente consiste en capas de yeso de 15 a 20 cm de potencia separada por material arcilloso de colores verdosos, en capas horizontes e irregulares. El perfil PJ-III, se desarrolla a partir de conglomerados silíceos rojos cementados con arenas y limos, pertenecientes a finales del Terciario. El perfil PJ-IV situado en zona de terrazas, próximas al cauce del río Jiloca, está formado por materiales aluviales constituidos por gravas cuarcíticas, arenas y arcillas.

El clima de la zona según los datos de la Agencia Estatal de Meteorología (Aemet) (16) es mediterráneo semiárido con una temperatura media de 12,5 °C y una precipitación de 383 mm. Como vemos en el Gráfico 1, los meses de mayor temperatura son julio y agosto donde la evapotranspiración potencial alcanza los máximos valores. Destacamos las precipitaciones de primavera, los meses más lluviosos es mayo y junio. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 36 mm y las diferencia de temperatura entre las medias es de 18 °C.

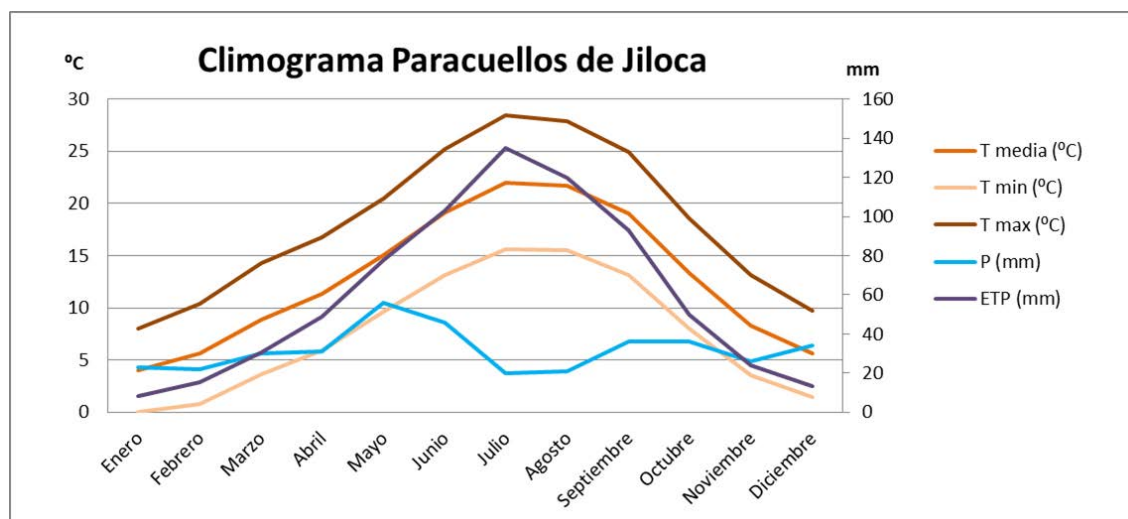


Gráfico 1. Climograma del entorno del balneario de Paracuellos de Jiloca.

2.2. Métodos analíticos

Todas las suspensiones y disoluciones se prepararon con agua purificada Milli-Q (>18MΩcm) y con reactivos de alta pureza de Merck (Alemania) y Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EE.UU.). El material de vidrio empleado fue lavado con una solución acuosa de HNO₃ 0,1 % durante 24 h y se aclaró con agua desionizada tipo I agua (Sistema de Purificación de Agua, Younglin, Aqua MAX-Basic serie 360).

Los análisis se realizaron en la fracción fina del suelo (< 2 mm), de acuerdo con los métodos propuestos por ISRIC (17) y se determinaron los siguientes parámetros: El análisis granulométrico se llevó a cabo previa oxidación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, la dispersión de las muestras se realizó con hexametáfosfato de sodio y agitación durante 8 h. La fracción arena se separó por tamizado, las fracciones limo y arcilla se determinaron utilizando el método de la pipeta de Robinson. El contenido de nitrógeno total se midió por análisis elemental en un analizador (LECO CNS 2000). El carbono orgánico total (COT) se cuantificó por oxidación húmeda de acuerdo con Walkley-Black (18), empleando un valorador automático 665 Dosimal (Metrohm). La capacidad de cambio catiónico se extrajo con una solución de 1M NH₄OAc a pH 7,0. La concentración de Ca y Mg, se cuantificó por

espectroscopía de absorción atómica (AAS) (Analytikjena NovAA 300) y, por espectroscopía de emisión de llama, utilizando un Sherwood 410, la concentración de Na y K. Se realizaron dos réplicas de cada uno de los análisis y los valores medios obtenidos fueron empleados para los cálculos. El pH se determinó en una suspensión suelo:agua con una relación 1:2,5 (p/v), medido en un pH metro Crison GPL21. La conductividad eléctrica se midió en una suspensión agua:suelo con una relación 1:5 (p/v), medida en un conducti vímetro modelo Crison micro CM 2200. El CaCO_3 se determinó por el método de neutralización ácida. Se siguió el procedimiento de USDA (19) para la determinación de la densidad aparente, de la densidad real y de la humedad del suelo a capacidad de campo. La porosidad se obtuvo indirectamente, por cálculo, a partir de los valores de las densidades real y aparente (20). La determinación de la curva de retención de agua del suelo (pF-curva) se realizó en muestras alteradas (21).

La composición mineralógica de las muestras de suelo fueron examinadas por difracción de rayos X (DRX) utilizando un equipo EQ 0434520 31 02 (X'Pert MPD) (se realizaron análisis continuos de 3-60° y con una velocidad de 0.04° por segundo). La fracción arcilla se examinó en agregados orientados (22).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características morfológica de los suelos

Se han analizado muestras de cuatro perfiles tomados en las proximidades del Balneario de Paracuellos de Jiloca, desarrollados a partir de los materiales litológicos más abundantes en la zona y que tienen mayor influencia en la composición de las aguas subterráneas. Los perfiles PJ-I y PJ-II se han tomado a 2 km del pueblo en dirección a Teruel, desarrollados sobre calizas y margas blancas, el primero, y sobre yesos y arcillas grises, el segundo. El perfil PJ-III se ha tomado en la parte alta del pueblo, desarrollado sobre conglomerados silíceos rojos, areniscas y limos. El perfil PJ-IV está tomado en la zona de terraza dedicada al cultivo de frutales situada frente a la casa del balneario, en las proximidades del río Jiloca, afluente del río Jalón.

Perfil PJ-I

Localidad: Paracuellos del Jiloca

Coordenadas: 41°18'32" N, 1°37'41" O

Altitud: 590 msnm

Posición fisiográfica: Ladera convexa

Topografía circundante: Llana-ligeramente ondulada

Pendiente: 5 %

Vegetación: Esparto (*Macrochloa tenacissima*)

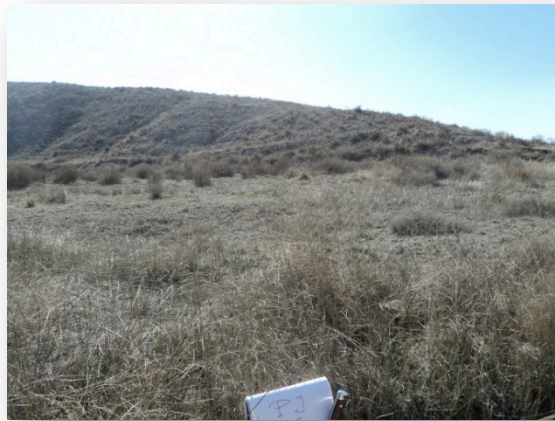
Material original: Calizas, Margas blancas, Arcillas ligníferas

Drenaje: Clase 3. Moderadamente bien drenado

Pedregosidad superficial: Abundante, heterométrica

Uso del suelo: Pastoreo

Clasificación: Calcisol calcárico



Color en húmedo: 10YR4/4, pardo amarillento oscuro

Ah1 **Color en seco:** 10YR5/3, pardo

(0-5 cm) **Elementos gruesos:** Escasos y de pequeño tamaño

Estructura: Granular fina débil

Materia orgánica: Abundancia de raíces de tamaño pequeño

Actividad de fauna: Frecuente (hormigas)

Actividad antrópica: No se observa

Reacción con HCl: Intensa

Límite inferior: Plano y difuso

Ah2

(5-30 cm)

Color en húmedo: 10YR5/4, pardo amarillento

Color en seco: 10YR6/6, amarillo empardecido

Elementos gruesos: Pocos y de pequeño tamaño

Estructura: Granular fina a moderada

Materia orgánica: Escasa presencia de raíces medias y finas

Actividad de fauna: Sin presencia

Actividad antrópica: No se observa

Reacción con HCl: Intensa **Límite inferior:** Plano y difuso

Ack

(30-60 cm)

Color en húmedo: 10YR6/6, amarillo empardecido

Color en seco: 10YR7/6, amarillo

Elementos gruesos: Abundantes, heterométricos y sin forma definida

Estructura: Poliédrica fina moderada

Materia orgánica: Escasa presencia de raíces finas

Actividad de fauna: Sin presencia

Actividad antrópica: No se observa

Reacción con HCl: Intensa

Perfil PJ-II

Localidad: Paracuellos del Jiloca

Coordenadas: 41°19'30" N, 1°37'40" O

Altitud: 590 msnm

Posición fisiográfica: Ladera baja

Topografía circundante: Llana-ligeramente ondulada

Pendiente: 7 %

Vegetación: Matorral gypsícola, jarilla (*Helianthemum squamatum*)

Material original: Yesos, Arcillas grises

Drenaje: Clase 2. Imperfectamente drenado

Pedregosidad superficial: Abundante, heterométrica

Uso del suelo: Pastoreo

Clasificación: Gypsisol cálcico



	Color en húmedo: 10YR5/3, pardo
Ah	Color en seco: 10YR7/2, gris claro
<i>(0-10 cm)</i>	Elementos gruesos: Escasos de pequeño tamaño
	Estructura: Granular fina débil
	Materia orgánica: Abundancia de raíces de tamaño pequeño
	Actividad de fauna: No se observa
	Actividad antrópica: No se observa
	Reacción con HCl: Fuerte
	Reacción con BaCl₂: Fuerte
	Límite inferior: Plano y difuso
ACy	Color en húmedo: 10YR6/3, pardo pálido
<i>(10-25 cm)</i>	Color en seco: 10YR8/4, pardo muy pálido
	Elementos gruesos: Escasos
	Estructura: Granular fina débil
	Materia orgánica: Escasa presencia de raíces muy finas
	Actividad de fauna: No se observa
	Actividad antrópica: No se observa
	Reacción con HCl: Fuerte
	Reacción con BaCl₂: Fuerte
	Límite inferior: Plano y difuso
Cy	Color en húmedo: 10YR7/3, pardo pálido
	Color en seco: 10YR8/2, blanco
<i>(25-65 cm)</i>	Elementos gruesos: Escasos
	Estructura: Sin estructura
	Materia orgánica: No se observa
	Actividad de fauna: No se observa
	Actividad antrópica: No se observa

Reacción con HCl: Fuerte

Reacción con BaCl₂: Fuerte

Perfil PJ-III

Localidad: Paracuellos del Jiloca

Coordenadas: 41°19'40" N, 1°38'10" O

Altitud: 590 msnm

Posición fisiográfica: Media ladera

Topografía circundante: Colinado

Pendiente: 25 %

Vegetación: Pino carrasco (*Pinus halepensis*)

Material original: Conglomerados silíceos rojos, Areniscas y Limos

Drenaje: Clase 4. Bien drenado

Pedregosidad superficial: Abundante, heterométrica

Uso del suelo: Pastoreo

Clasificación: Regosol éutrico



Color en húmedo: 5YR3/3, pardo rojizo oscuro

Ah **Color en seco:** 5YR4/4, pardo rojizo

(0-10 cm) **Elementos gruesos:** Abundantes, heterométricos

Estructura: Granular moderada

Materia orgánica: Abundancia de raíces de distintos tamaños

Actividad de fauna: Frecuente (hormigas)

Actividad antrópica: No se observa

Reacción con HCl: Ligera

Límite inferior: Plano y difuso

C **Color en húmedo:** 5YR4/6, rojo amarillento

Color en seco: 5YR5/6, rojo amarillento

(10-50 cm) **Elementos gruesos:** Abundantes, heterométricos

Estructura: Poliédrica subangular débil

Materia orgánica: Escasas raíces de tamaño fino

Actividad de fauna: No se observa

Actividad antrópica: No se observa

Reacción con HCl: Ligera

Perfil PJ-IV

Localidad: Paracuellos del Jiloca

Coordenadas: 41°19'40" N, 1°39'06" O

Altitud: 590 msnm

Posición fisiográfica: Terraza río Jiloca

Topografía circundante: Llana

Pendiente: 0 %

Vegetación: Cultivo hortícola

Material original: Aluvial

Drenaje: Clase 3. Moderadamente bien drenado

Pedregosidad superficial: Escasa

Uso del suelo: Agrícola

Clasificación: Fluvisol calcárico





- Ap1**
(0-5 cm)
- Color en húmedo:** 10YR3/4, pardo amarillento oscuro
- Color en seco:** 10YR4/3, de pardo a pardo oscuro
- Elementos gruesos:** Escasos y de pequeño tamaño
- Estructura:** Granular fina débil
- Materia orgánica:** Abundancia de raíces de diferentes tamaños
- Actividad de fauna:** Abundante (hormigas, ácaros)
- Actividad antrópica:** Cultivo
- Reacción con HCl:** No da
- Límite inferior:** Plano y difuso
-
- Ap2**
(5-25 cm)
- Color en húmedo:** 10YR3/3, pardo oscuro
- Color en seco:** 10YR4/4, pardo amarillento oscuro
- Elementos gruesos:** Pocos y de pequeño tamaño
- Estructura:** Granular moderada
- Materia orgánica:** Abundancia de raíces de diferentes tamaños
- Actividad de fauna:** Abundante
- Actividad antrópica:** Cultivo
- Reacción con HCl:** Ligera
- Límite inferior:** Difuso

AB	Color en húmedo: 7,5YR4/4, pardo a pardo oscuro Color en seco: 10YR5/4, pardo <i>(25-45 cm)</i> Elementos gruesos: Escasos y de pequeño tamaño Estructura: Poliédrica subangular fuerte Materia orgánica: Escasa presencia de raíces diferentes tamaños Actividad de fauna: Sin presencia Actividad antrópica: Cultivo Reacción con HCl: Intensa
BCK	Color en húmedo: 7,5YR4/6, pardo oscuro Color en seco: 7,5YR5/6, pardo oscuro <i>(45-70 cm)</i> Elementos gruesos: Escasos y de pequeño tamaño Estructura: Poliédrica subangular fuerte Materia orgánica: Sin restos vegetales Actividad de fauna: Sin presencia Actividad antrópica: No se observa Reacción con HCl: Fuerte

3.2. Propiedades químicas de los suelos

En las Tablas 1 y 2 se muestran las propiedades químicas estudiadas. El perfil PJ-I se forma a partir de material carbonatado, tiene un pH ligeramente básico con valores entre 7,35 en superficie y 7,80 en el horizonte más profundo, descendiendo ligeramente en todos los casos al medir el pH con una solución de KCl 0,1 N, lo que indica el alto grado de saturación. La conductividad eléctrica, crece al profundizar llegando a valores de 2,66 dSm⁻¹, lo que ponen de manifiesto la presencia de sales solubles, fundamentalmente yeso, ya que es positiva también la reacción con BaCl₂. El carbono orgánico tiene valores moderados, descendiendo al profundizar. Los valores de N siguen patrones similares a los del carbono, con una relación C/N muy elevada, por encima de 17 en el horizonte subsuperficial, lo que da idea de un humus poco evolucionado. El contenido en carbonatos es alto en todo el perfil, con un notable incremento en el horizonte más profundo. La capacidad total de cambio (Tabla 2) presenta valores moderados en el horizonte superficial, disminuyendo en el horizonte subyacente. El Ca es el catión mayoritario, destacando el contenido en el horizonte

Ah2 que triplica su valor respecto al horizonte sobreyacente. El suelo está saturado, como corresponde a los materiales litológicos sobre los que se ha desarrollado.

El perfil PJ-II formado a partir de yesos y margas grises del Aragoniense. Es un suelo poco evolucionado con 25 cm de horizonte superficial, subdividido en dos por la diferencia en el contenido de materia orgánica (Tabla 1). Los pHs son ligeramente básicos, con ligeros aumentos al profundizar, las diferencias con los obtenidos en KCl 0,1N no llegan en ningún caso a la unidad, lo que indica su alto grado de saturación. La conductividad presenta valores altos y similares a lo largo del perfil (2,5 dSm-1), característico de la presencia de sales solubles. Los contenidos de C orgánico y N son muy bajos, así como la capacidad de cambio. El contenido en carbonatos es alto y se mantiene constante en profundidad. Como era de esperar, en función del material de partida, los suelos están saturados y es el calcio el catión mayoritario, que representa más del 85 % de la suma de bases.

El perfil PJ-III está poco desarrollo, con una profundidad máxima de 50 cm, donde aparecen gran cantidad de cantos heterométricos de sílice. Los pHs son moderadamente básicos con valores de 7,89 en superficie y 8,34 en el horizonte subyacente. La conductividad eléctrica es baja, no supera los 0,5 dSm-1, lo que indica la ausencia de sales solubles. El contenido en carbono orgánico es bajo y la cantidad de N, también es baja, por lo que la relación C/N está en torno a 17, que indica bajo grado de humificación en el horizonte superficial. Presenta carbonatos en bajas concentraciones, debido a procesos de contaminación más que a la presencia de rocas carbonatadas. El valor de la capacidad de intercambio catiónico es bajo, y está en consonancia con los valores de materia orgánica y de la arcilla (Tabla 2). Es el Ca el catión mayoritario en el complejo de cambio, y como en los suelos precedentes, está todo él saturado.

El perfil PJ-IV corresponde a la zona de terraza del río Jiloca, desarrollado a partir de materiales aluviales constituidos por gravas y limos. Tiene una profundidad de 70 cm y está formado en superficie por un horizonte antrópico con distintas proporciones de materia orgánica. El horizonte superficial, de apenas 5 cm de espesor, forma una fina capa de acumulación de restos orgánicos poco alterados, a partir del cual, y hasta los 45 cm, presenta altas concentraciones de materia orgánica. El pH es ligeramente básico, disminuyendo menos de una unidad con los obtenidos con KCl. Los valores de conductividad (CE) son ligeramente mayores a los encontrados en los suelos precedentes, lo que indica procesos de contaminación debido a posición fisiográfica. El contenido en carbono orgánico es alto descendiendo progresivamente a partir de los primeros centímetros. El valor del N en superficie es también elevado dando una relación C/N entre 12,7 y 15,05 en los horizontes A, lo que indica un humus evolucionado. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presentan unos valores elevados en los primeros 25 cm, disminuyendo ligeramente hasta los 45 cm, lo que

pone de manifiesto la influencia de la materia orgánica en el complejo de cambio. Es el Ca el catión mayoritario, aunque destaca la alta proporción de Mg en torno a 5 cmol(+)kg⁻¹ (Tabla 2).

Tabla 1. Parámetros físico-químicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

Horz.	Prf.	pH	pH	CE	Materia orgánica		C/N	M.O.	Carb.
					C	N			
					cm	H ₂ O			
Perfil PJ-I									
Ah1	0-5	7,35	6,91	0,97	89,8	3,0	29,93	154,45	46,31
Ah2	5-30	7,65	7,10	2,65	48,1	2,8	17,17	82,73	51,70
ACk	30-60	7,80	7,35	2,66	-	-	-	-	62,83
Perfi PJ-II									
Ah	0-10	7,36	6,84	2,64	39,8	2,5	15,92	68,45	34,22
ACy	10-25	7,78	7,01	2,66	10,1	1,0	10,11	17,37	38,15
Cy	25-65	7,92	7,08	2,60	-	-	-	-	-
Perfil PJ-III									
Ah	0-10	7,89	7,15	0,31	25,5	1,5	17,00	43,86	8,34
C	10-50	8,34	7,96	0,18	8,3	0,8	10,37	14,27	10,83
Perfil PJ-IV									
Ap1	0-5	7,17	6,80	1,02	102,2	8,0	12,77	175,78	-
Ap2	5-25	7,42	6,91	0,80	81,1	6,1	13,29	139,49	6,27
AB	25-45	7,82	7,12	0,57	52,7	3,5	15,05	90,64	12,38
BCK	45-70	7,88	7,24	1,30	40,7	2,7	15,07	70,00	21,15

Tabla 2. Complejo de cambio catiónico de los suelos del entorno del balneario de Paracuellos de Jiloca.

Horz.	Prf. cm	CIC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ¹⁺	K ¹⁺	Saturación
cmol (+) kg ⁻¹							
Perfil PJ-I							
Ah1	0-5	20,78	88,12	1,56	3,26	0,84	Saturado
Ah2	5-30	13,98	285,37	1,02	0,70	0,53	Saturado
ACk	30-60	-	-	-	-	-	-
Perfil PJ -II							
Ah	0-10	13,14	52,63	1,74	4,46	0,33	Saturado
ACy	10-25	4,26	45,59	1,61	0,61	0,14	Saturado
Cy	25-65	-	-	-	-	-	-
Perfil PJ -III							
Ah	0-10	10,95	53,49	1,96	3,43	0,55	Saturado
C	10-50	7,85	75,06	2,63	0,73	0,28	Saturado
Perfil PJ -IV							
Ap1	0-5	39,75	70,93	6,48	4,84	0,41	Saturado
Ap2	5-25	29,25	91,37	4,83	0,91	0,45	Saturado
AB	25-45	20,81	74,15	5,01	0,38	0,40	Saturado
Bck	45-70	-	-	-	-	-	-

En la Tabla 3 se muestra el contenido en cationes y aniones solubles. Es el catión Ca el más abundante, fundamentalmente en los dos primeros suelos, donde en todas las muestras, menos los cinco primeros centímetros del PJ-I, están próximas, o sobrepasan, los 3 g.kg-1. Ambos suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios de naturaleza caliza y yesífera. El resto de cationes presentan concentraciones muy similares sin que aparezca una secuencia significativa, a excepción del K en el perfil PJ-IV donde las concentraciones son muy superiores a los demás suelos. Su alto contenido se explica por ser un suelo de huerta donde se cultivan distintos productos de temporada y hay una utilización permanente de abonos.

En relación a los aniones destaca el alto contenido de sulfatos en los dos primeros suelos, con cantidades por encima de 4 g.kg-1, lo cual se debe, como indicamos más arriba, al material litológico que originó los suelos. Las altas concentraciones de sulfatos y nitratos en el perfil PJ-IV, se debe a las actividades antrópicas ligadas al laboreo. Es de destacar también las proporciones elevadas de cloruros, sobre todo en los horizontes más profundos del perfil PJ-II y en todo el suelo situado en las terrazas. Estas altas concentraciones están ligadas en el primer caso a los materiales margosos evaporíticos, y en el segundo a las aguas de riego con alto grado de salinidad.

Tabla 3. Cationes y aniones solubles de los suelos del entorno del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

		Cationes solubles				Aniones solubles			
Horz.	Prf.	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	NO ₃	NO ₂	Cl
	cm	mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
Perfil PJ -I									
Ah1	0-5	831,88	23,20	22,60	110,96	2096,94	29,66	12,24	49,33
Ah2	5-30	2.978,75	13,55	31,85	43,63	4712,29	19,50	16,74	43,28
ACk	30-60	2.983,75	46,75	47,67	14,42	4573,31	18,60	14,83	75,24
Perfil PJ -II									
Ah	0-10	3.113,75	7,75	21,42	34,13	4712,93	20,02	15,79	83,20
ACy	10-25	3.046,25	7,79	16,71	17,98	4793,12	13,32	12,01	207,72
Cy	25-65	2.953,75	11,88	12,96	27,72	4642,66	17,52	10,11	181,75
Perfil PJ -III									
Ah	0-10	173,63	13,31	17,65	49,57	7,28	3,80	3,57	11,04
C	10-50	59,02	9,89	16,48	7,53	167,86	10,72	4,17	99,25
Perfil PJ -IV									
Ap1	0-5	660,00	75,04	37,34	419,71	-	-	-	-
Ap2	5-25	337,75	64,90	41,65	327,09	355,11	657,74	32,70	232,31
AB	25-45	231,50	44,86	46,95	210,71	231,54	348,43	13,42	177,01
BCK	45-70	649,88	123,89	124,14	191,71	810,55	979,01	5,33	432,67

3.3. Propiedades físicas de los suelos

El conocimiento de los parámetros físicos de los suelos ayuda a determinar su capacidad para regular la circulación de los fluidos y la movilidad de constituyentes y organismos, lo que permite explicar problemas relacionados con la recarga de los acuíferos y el establecimiento del balance hídrico (23). Los valores de las propiedades físicas de los suelos están reflejados en las Tablas 4, 5 y 6.

La utilización de modelos que relacionan distintas variables edáficas con la humedad del suelo a potenciales de agua seleccionados, se las denominan funciones de pedo-transferencia (FPT) (23). Las predicciones pueden ser mejoradas usando propiedades físicas del suelo como información adicional tales como la densidad aparente, porosidad o contenido de materia orgánica (24, 25).

El tamaño de las partículas minerales que forman los suelos es, por tanto, un parámetro fundamental para analizar la capacidad de retención y de infiltración del agua. Como se puede ver en la Tabla 4, presentan los suelos unas texturas muy variadas aunque hay un predominio de la fracción arena fina lo que imprime a los suelos unas características particulares en relación a su grado de porosidad, facilitando procesos de infiltración. Por otro lado, también es de destacar que entre las fracciones finas es el tamaño arcilla quien predomina en los perfiles PJ-I y PJ-IV, siendo el limo la fracción mayor en el perfil PJ-III. En general presentan estos suelos unas texturas equilibradas sin diferencias significativas a lo largo del perfil. Destacar en este apartado que el perfil PJ-II, con altas cantidades de yesos, es la suma de las fracciones arenas, la predominante, lo que puede favorecer los procesos de lavado.

Los valores observados en el estudio de la densidad aparente y la densidad real muestran cantidades consideradas como habituales en suelos con predominio de fracción mineral sobre la fracción orgánica (Tabla 5). En relación a la porosidad significar que varía en cada suelo: los perfiles PJ-I y PJ-IV presentan valores de porosidad que oscila entre el 55 % y 44 %, son, por tanto, cantidades relativamente elevadas, muy homogéneas y sin diferencias notables a lo largo del perfil, aunque se aprecia un ligero descenso al profundizar, debido fundamentalmente al ligero incremento en la fracción arcilla que se produce. El perfil PJ-II tiene una porosidad del 65 % en todo el perfil, valores muy altos que favorecen los procesos de infiltración. La menor proporción de porosidad se produce en el horizonte C del perfil PJ-III, donde es muy bajo el contenido en materia orgánica (14,27 g.Kg-1), por lo que la porosidad está ligada al alto contenido en la fracción limo que rellena los espacios vacíos e impide el paso de la solución del suelo.

Tabla 4. Distribución del tamaño de partícula de los suelos del entorno del balneario de Paracuellos de Jiloca.

Horz.	Prof.	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Textura
	Cm			%		
<u>Perfil PJ-I</u>						
Ah1	0-5	-	-	-	-	-
Ah2	5-30	15,27	25,14	28,41	31,18	Franco-arcillosa
ACk	30-60	12,83	25,60	17,14	34,43	Franco-arcillosa
<u>Perfil PJ-II</u>						
Ah	0-10	-	-	-	-	-
ACy	10-25	19,71	32,04	-	-	-
Cy	25-65	21,15	38,17	-	-	-
<u>Perfil PJ-III</u>						
Ah	0-10	22,21	29,69	32,30	15,80	Franco-arenosa
C	10-50	24,74	22,67	38,14	14,45	Franco-arenoso
<u>Perfil PJ-IV</u>						
Ap1	0-5	-	-	-	-	-
Ap2	5-25	20,41	32,79	21,27	25,53	Franco-arcillo-arenosa
AB	25-45	17,02	24,18	28,68	30,12	Franco-arcillosa
BCK	45-70	12,73	24,91	30,21	32,15	Franco-arcillosa

Tabla 5. Parámetros físicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de Paracuellos del Jiloca.

Horz.	Prof.	Densidad aparente	Densidad real	Porosidad
	cm	g/cm ³		%
<u>Perfil PJ-I</u>				
Ah1	0-5	-	-	-
Ah2	5-30	1,24	2,56	51,00
ACK	30-60	1,31	2,65	49,00
<u>Perfil PJ-II</u>				
Ah1	0-10	-	-	-
Cy1	10-25	0,86	2,48	65,00
Cy2	25-65	0,89	2,59	65,00
<u>Perfil PJ-III</u>				
Ah	0-5	-	-	-
C	5-35	1,76	2,73	35,00
<u>Perfil PJ-IV</u>				
Ap1	0-5	-	-	-
Ap2	5-25	1,04	2,36	55,00
AB	25-45	1,37	2,48	44,00
BCK	45-70	1,40	2,66	47,00

En la Tabla 6 se muestran los parámetros hidráulicos que nos permiten analizar la retención de agua en los suelos. Como se puede ver los valores de los suelos PJ-I y PJ-IV son muy similares entre sí, con pequeñas diferencias que les hace tener unas propiedades hidráulicas similares. Solo se aprecia diferencias significativas en los datos del perfil PJ-III, donde la conductividad del agua expresada en cm/h es muy superior a los anteriores. Esto se explica, tanto por la textura: franco-arenosa: predominio de fracciones groseras y medias, por tanto aumento de la porosidad, como por la gran heterómera de los trozos de roca incluida, como se decía en la descripción morfológica, que facilita los procesos de lavado.

Tabla 6. Parámetros hidráulicos seleccionados de los suelos del entorno del Balneario de Paracuellos de Jiloca.

Horz	Prof.	Punto marchitamiento	Capacidad campo	Agua saturación	Agua disponible	Conductividad hidráulica
	cm		cm ³ agua/cm ³ suelo			cm/h
<u>Perfil PJ-I</u>						
Ah1	0-5					
Ah2	5-30	0,17	0,30	0,49	0,12	0,31
ACk	30-60	0,19	0,32	0,50	0,13	0,25
<u>Perfil PJ-II</u>						
Ah	0-10	-	-	-	-	-
ACy	10-25	-	-	-	-	-
Cy	25-65	-	-	-	-	-
<u>Perfil PJ-III</u>						
AC	0-10	0,11	0,23	0,45	0,12	1,27
C	10-50	0,10	0,24	0,44	0,13	1,54
<u>Perfil PJ-IV</u>						
Ap1	0-5	-	-	-	-	-
Ap2	5-25	0,15	0,26	0,47	0,11	0,42
AC	25-45	0,17	0,29	0,49	0,12	0,33
BCK	45-70	0,18	0,31	0,50	0,13	0,31

3.4. Mineralogía de la fracción menor de 2 mm.

Hemos realizado difracción de RX en muestras de arcilla, en agregados orientados, pertenecientes a los horizontes subsuperficiales de los cuatro suelos estudiados (26). Los difractogramas se muestran en la Figura 1.

En la muestra del perfil PJ-I correspondiente al horizonte Ah2, aparecen como minerales laminares filosilicatos 2:1, que por sus reflexiones a 0,99 nm y 0,5 nm posiblemente se trate de biotitas. Las reflexiones a 0,75 nm y 0,42 nm indican la presencia de yeso. Los minerales carbonatados como la calcita, se ponen de manifiesto por las reflexiones a 0,30 nm (máxima intensidad), 0,22 nm y 0,18 nm. El principal

mineral no laminar es el cuarzo, por sus reflexiones a 0,42nm, 0,33nm (máxima intensidad) y 0,18 nm.

La muestra correspondiente al perfil PJ-II, evidencia una clara presencia de yeso por sus reflexiones a 0,75 nm (máxima intensidad), 0,42 nm, y 0,37 nm. De calcita por sus débiles reflexiones a 0,30 nm, 0,28 nm y 0,21 nm. El cuarzo es el mineral silicatado no laminar más abundante (0,33nm y 0,18 nm). Dentro del grupo de minerales filosilicatados, se detecta posible presencia clorita, y por las reflexiones a 0,99 nm 0,33, de micas (illitas).

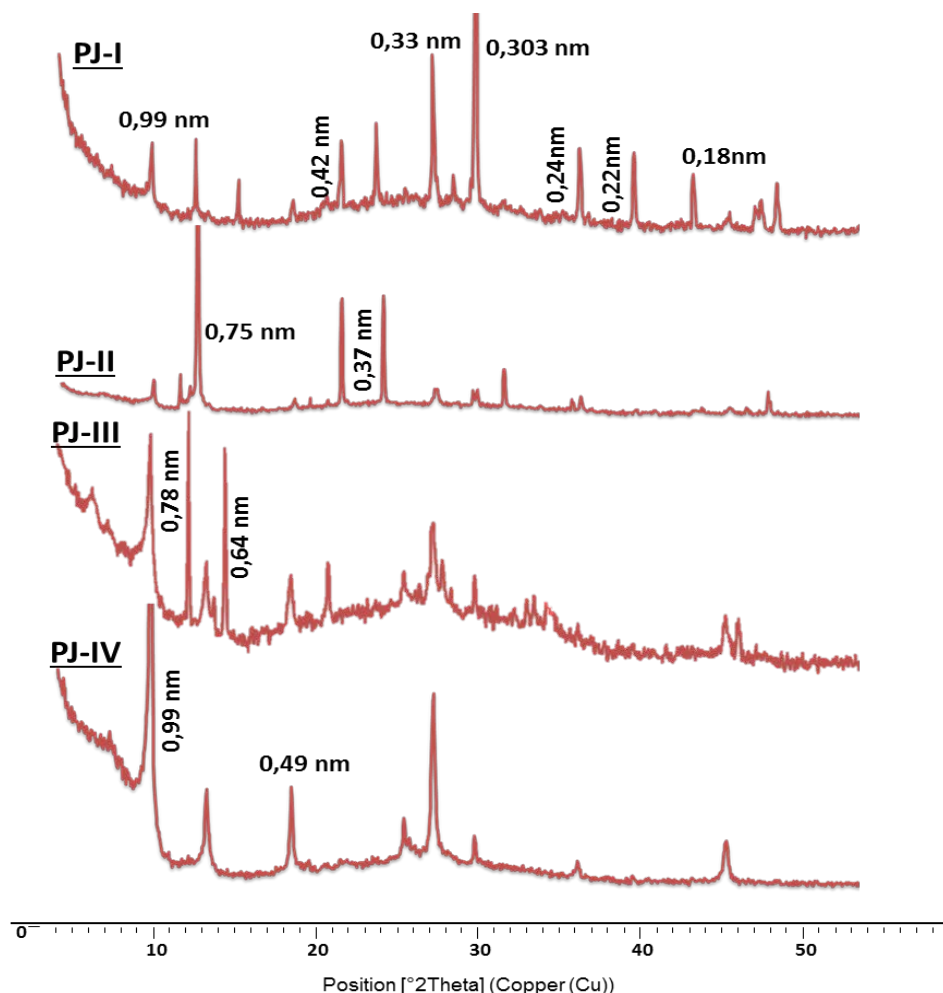


Figura 1. Difractogramas Rayos-X de agregados orientados de la fracción arcilla (Cu α -radiación).

La muestra analizada del perfil PJ-III, refleja la presencia de interestratificados cloritas-smectitas por sus reflexiones a 1,71nm. Biotitas bien cristalizadas por la reflexión a 0,99 nm y 0,49 nm muy simétricas. Presencia de caolinita por las reflexiones a 0,71nm y 0,35nm, todos ellos constituyen el grupo de los filosilicatos. Es el cuarzo por su intensa reflexión a 0,33 nm y sucesivas, el mineral no laminar más significativo, aparece presencia de calcita y trazas de yeso.

La mineralogía de la muestra correspondiente al perfil PJ-IV se caracteriza por la presencia de interestratificados cloritas-vermiculitas por las reflexiones a 1,39 nm y 0,48nm. La biotita se pone de manifiesto por la reflexión de máxima intensidad a 0,99nm. Por las intensas y simétricas reflexiones a 0,71nm y 0,35nm podría tratarse de caolinita. El cuarzo es el mineral no laminar más abundante y la pequeña reflexión a 0,30nm nos indica la presencia de la calcita.

En resumen, la composición mineralógica de los suelos refleja la naturaleza del material original, mayoritariamente formada por minerales heredados con escasos síntomas de alteración. Biotitas sobre todo, y caolinitas, en menor proporción, ambas generalmente bien cristalizadas, son los filosilicatos más abundantes. Carbonatos y yesos, son los minerales, que junto al cuarzo, constituyen la proporción más abundante de la fracción mineral de los suelos. Los ligeros procesos de alteración se ponen de manifiesto por las pequeñas proporciones de interestratificados clorita-vermiculita y clorita-smectita.

4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos más característicos de la zona, que definen el paisaje, y de acuerdo con la clasificación WRB (25), son: Calcisoles, Gypsisoles, Regosoles y Fluvisoles.

PJ-I: *Calcisol calcárico*. Desarrollado a partir de calizas y margas calcáreas se desarrolla en una amplia zona donde los espartales es la vegetación dominante. Son suelos profundos de topografía llana o terrenos ligeramente ondulados, y sin afloramiento rocosos. El suelo tiene un desarrollo AC, con altos contenidos de materia orgánica en superficie, aunque poco evolucionada, lo que origina un horizonte ócrico, presenta altos contenidos en carbonato cálcico que aumenta en profundidad.

PJ-II: *Gypsisol cálcico*. Son los materiales yesíferos y el clima semiárido quienes determinan la génesis de estos suelos. Están muy extendidos por la zona y describen un paisaje de pequeños cerros y laderas de suaves pendientes, por lo general inferiores al 10 %, predominan los colores grisáceos, escasa vegetación, constituida por matorrales gypsícolas, y los afloramientos que entremezclan: margas yesíferas y calizas. El desarrollo del perfil es escaso, presenta en superficie un horizonte orgánico con poca materia orgánica y poco evolucionada, bajo el cual se encuentran distintas capas que constituyen el horizonte C.

PJ-III: *Regosol eútrico*. Aparecen estos suelos en las proximidades de la localidad de Paracuellos de Jiloca, formados a partir de conglomerados silicios rojos, y situados en zona de ladera con fuertes pendientes, entre el 15 % y el 25 %, lo que condiciona su génesis. Presentan gran cantidad de pedregosidad heterométrica y con claros signos de erosión superficial, lo que impide una mayor evolución del horizonte

orgánico. La capacidad de cambio es baja, está saturado, siendo el calcio el catión mayoritario.

PJ-IV: *Fluvisol calcárico*. Se trata de un tipo de suelo con mucha presencia en toda la zona de terrazas del río Jiloca. Zona muy fértil de huerta que caracteriza unos suelos con altos contenidos en materia orgánica de alto grado de humificación que llega, en este suelo, hasta los 45 cm de profundidad. Tiene una textura equilibrada con alto contenido en limo en todos los horizontes, su capacidad de cambio es así mismo, elevada, está saturado y es el calcio el catión predominante. Destaca el alto contenido en nitratos y cloruros, consecuencia de las aguas de riego, con alto grado de salinidad y de la utilización de abonos.

5. CONCLUSIONES

1. La zona está condicionado por la existencia de un clima semiárido, una litología constituida por materiales sedimentarios, un fondo de valle aluvial, sobre el que aparecen cerros de distinta morfología y con escasa cubierta vegetal. En base a estos factores se describen tres tipos de paisaje: el que se aprecia en las terrazas del río Jiloca, fértil, con abundancia de árboles frutales y otros cultivos, el situado sobre la localidad de Paracuellos, formado por laderas escarpadas de colores rojizos, alteradas por la erosión, y el que se encuentra en los alrededores formado por cerros de baja altura y suaves pendientes de colores grises.

2. En relación a los suelos analizados son todos poco evolucionados, con ausencia de horizontes de alteración, y desarrollo AC. Tienen, en general, unos horizontes superficiales poco profundos y con bajo contenido en materia orgánica, mal humificada, salvo los suelos de vega situados en las proximidades del río Jiloca. Presentan texturas con altas proporciones de arenas, estructura débil, baja capacidad de cambio y composición mineralógica heredada del material original. Estas características edáficas determinan que la capacidad de retención sea limitada, por lo que la vulnerabilidad de las capas subyacentes es grande, ya que están favorecidos los procesos de lavado y lixiviación.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y por la Comunidad de Madrid (CAM) a través del Grupo de Investigación 950605 y la Red CARESOIL, Ref. P2013/MAE-2739.

7. REFERENCIAS

1. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
2. López-Geta Juan Antonio, Fornés Azcoiti Juan María, Ramos González Gerardo, Villarroya Gil Fermín. Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo. 4ª ed. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España 2009; pp. 90.
3. Stephen Foster, Hirata Ricardo, Gomes Daniel, D'Elia Mónica, Paris Marta. Protección de la Calidad del Agua Subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Groundwater Management Advisory Team (CWeMATE) en colaboración con Global Water Partnership co-auspiciado por WHO-PAHO-CEPIS y UNESCO-ROSTLAC-PHI. 2. 2007; pp. 115.
4. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable 1. Normas sobre el agua potable. 2. Normas sobre el agua. 3. Normas sobre la calidad del agua. 4. Directrices. Organización Mundial de la Salud, 2006.
5. Ley 6/1994, de 24 de noviembre, de Balnearios y de Aguas Minero-Medicinales y/o Termales.
6. González Soutelo Silvia. ¿De qué hablamos cuando hablamos de balnearios romanos? La arquitectura romana en los edificios de baños con aguas mineromedicinales en Hispania. CuPAUAM 2013; 39: pp. 123-150.
7. Sociedad Española de Hidrología Médica. <http://www.hidromed.org/hm/index.php/conceptos-basicos/aguas-minero-medicinales>
8. Brodermann, J. Clasificación de las aguas mineromedicinales analizadas por el Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médica. Archivos del Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médica 1948; II, 2.
9. Gramova V, Nelubin V, Yuriev V. Clasificación de las aguas minerales adaptada a Rusia y su estandarización. 32nd World Congress of the ISMH. Bad Wörishofen. 1994 April; 99-192.
10. Kazakis K, Voudouri S. Groundwater vulnerability and pollution risk assessment of porous aquifers to nitrate: Modifying the DRASTIC method using quantitative parameters. Journal Hydrology 2015; 525: 13-25.
11. Moreno Merino L, González Huecas C, López Lafuente A. Características edáficas condicionantes de la vulnerabilidad a la contaminación de aguas subterráneas situadas bajo Fluvisoles calcáricos. Boletín Geológico y Minero 1995; 106-2: 45-46.

12. Custodio E. Recarga a los acuíferos extensos a partir de la deposición atmosférica de cloruros y de la temperatura del terreno. *Boletín Geológico y Minero* 2009; 120-4: 631-640.
13. Foster SSD. Vulnerability of soil and groundwater to pollutions. *Hydrol Proc Inf* 1987; 20-17: 116-121.
14. Rivas-Martínez S. Memoria de series de vegetación de España. 1:400.000. Madrid: ICONA 1987.
15. (IGME) Instituto Geológico y Minero de España, Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Hoja nº 437 (Ateca). Madrid 1983.
16. (AEMET) Agencia Estatal de Meteorología. Disponible en: (<http://www.aemet.es/es/portada>) (consultado el 18 de abril de 2018).
17. (ISRIC) International Soil Reference and Information Center. Procedures for Soil Analysis; 3th. Ed. International Soil Reference and Information Center; Wageningen, 2002.
18. Walkley A, Black A. A critical examination of rapid methods for determining organic carbon in soils. *Soil Science* 1974; 62: 251-254.
19. USDA. Soil Quality para la evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. 1999; pp. 88.
20. Damiano F, Taboada MA. Predicción del agua disponible usando funciones de pedotransferencia en suelos agrícolas de la región pampeana. *Ciencia del Suelo* 2000; 18 (2): 77-88.
21. Kern JS. Evaluation of soil water retention models based on basic soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal* 1995; 59: 1134-1141.
22. Bish DL. Qualitative x-ray diffraction analysis of soils. In: amonette J.E. and Zelazny LW (ed.) *Quantitative methods in soil mineralogy*. Madison, WI: SSSA Mis Publ 1994; pp. 267-295.
23. Zimmermann ED, Basile PA. Uso de funciones de pedotransferencia para la estimación de parámetros hidráulicos en suelos limosos (Llanura Argentina). *Boletín Geológico y Minero* 2008; 119 (1): 71-80.
24. Vereecken HJ, Maes J, Feyen J, Darius P. Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density, and carbon content. *Soil Sci* 1989; 148: 389-403.
25. Zimmermann E. Estimación de funciones hidráulicas de suelos limosos. Valores de referencia y regresiones con parámetros físicos. *Cuadernos del CURIHAM* 2006; 11(1): 49-66.

26. Dixon JB, Weed SB, editors. Minerals in Soil Environments. SSSA Book Ser. 1. SSSA, Madison, WI. 1989. doi:10.2136/sssabookser1.2ed.frontmatter.

Vegetación del entorno del Balneario de Paracuellos de Jiloca

Title in English: *The vegetation of Paracuellos de Jiloca spa environment*

Daniel Sánchez-Mata^{1*}, Irene Sánchez Gavilán², Miguel Ladero Álvarez³

¹Departamento de Farmacología, Farmacognosia y Botánica (Unidad de Botánica), Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid; ²Departamento de Biología Molecular, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma, Cantoblanco (Madrid); ³Herbario de la Universidad de Salamanca. *dsmata@ucm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 158-173.

RESUMEN	ABSTRACT
Se presenta una síntesis de la caracterización del entorno geográfico y de la vegetación natural del Balneario de Paracuellos de Jiloca, localizado en la localidad zaragozana del mismo nombre (Zaragoza, Aragón). Esta población, de ubicación privilegiada, domina el amplio valle fluvial del río Jiloca –cerca de su confluencia con el río Jalón, ambos afluentes del río Ebro por su margen derecha- resultando un magnífico acceso para la exploración del siempre interesante valle del río Ebro y sus singulares parajes naturales. A pesar del uso intensivo del territorio desde tiempos prehistóricos, el entorno del balneario estudiado aún conserva importantes valores ecológicos y naturalístico.	A synthesis of the environmental characterization and natural vegetation of the geographical area of Paracuellos de Jiloca spa, is presented. The spa is located in the village of Paracuellos de Jiloca showing a privileged location on the Jiloca river valley –near its confluence with the Jalón river, both tributaries of the Ebro river on the right bank-. This town is also a wonderful access way to explore the always interesting and peculiar landscapes of the Ebro river valley. Despite the intensive landscape human use since prehistorical times, some remarkable ecological and naturalistic features deserve to be protected.
Palabras clave: Balneario de Paracuellos de Jiloca; vegetación de Aragón.	Keywords: Paracuellos de Jiloca spa; vegetation of Aragón.

1. INTRODUCCIÓN Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Balneario de Paracuellos de Jiloca (Figura 1) se ubica en la población zaragozana del mismo nombre, localidad situada en la margen derecha del valle del río Jiloca, afluente del río Jalón en su margen derecha y éste, a su vez, afluente del río Ebro también por su margen derecha (Figura 2). Se trata de una localidad de interés especial dentro de la comarca aragonesa de la Comunidad de Calatayud (Figura 3).



Figura 1. Vistas de la puerta principal de acceso (izquierda) y de la fachada y jardín anterior (derecha). Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza).

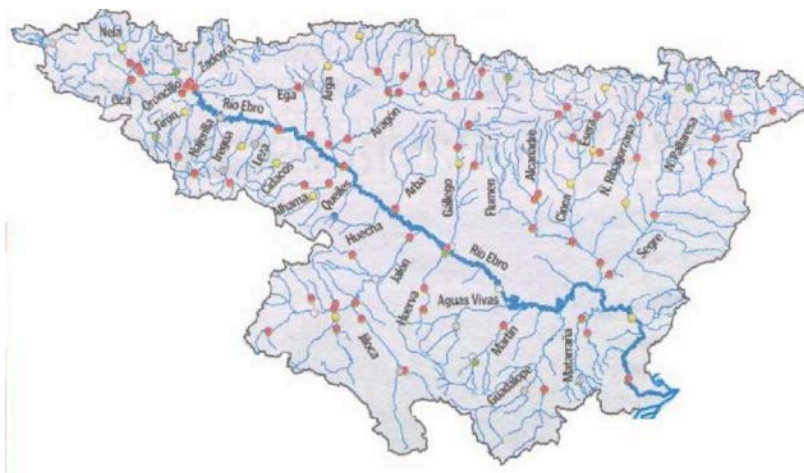


Figura 2. Mapa de la silueta virtual de la cuenca hidrográfica completa del río Ebro. Se observa como el río Jiloca es un tributario por la margen derecha.



Figura 3. Ubicación geográfica de la localidad de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza) en la comarca de Comunidad de Calatayud (izquierda) con detalle localizador (derecha).

La estratégica localización geográfica de la población en la confluencia de valles fluviales de importancia y su situación entre modestas laderas de estribaciones residuales del Sistema Ibérico y el área del valle (Figura 4) han condicionado el uso del territorio desde tiempos históricos. La utilización de los recursos naturales y la hidrología de la red fluvial de los territorios circundantes y de los fértiles valles han condicionado el paisaje a través del manejo racional del agua (Figura 5). El territorio es especialmente rico en aguas termales, principalmente en las áreas de Alhama de Aragón, Jaraba y Paracuellos de Jiloca; en estas zonas se utilizaban estos recursos desde la ocupación romana como así lo atestiguan los testimonios procedentes del excepcional núcleo de la ciudad de *Bilbilis*, actual Calatayud, cuyo asentamiento sigue siendo objeto de intensas excavaciones y estudios arqueológicos (Figura 6).



Figura 4. Vista general panorámica de la población de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza).



Figura 5. Aprovechamiento de la red hidrológica del territorio del balneario utilizada racionalmente como recurso natural.



Figura 6. Vista general panorámica de las excavaciones en las ruinas de la ciudad celtíbero-romana de *Bilbilis*, en las cercanías de la actual Calatayud (Zaragoza).

En la presente contribución seguiremos en el ámbito bioclimático y biogeográfico las propuestas de Rivas-Martínez y otros (1, 2); en lo taxonómico, salvo indicación de autoría expresa, las propuestas de los volúmenes publicados de *Flora iberica* (3) o, en su defecto, lo compendiado en la base de datos *Euro+Med PlantBase* (4); en Sintaxonomía, asimismo, las propuestas de Rivas-Martínez y otros (5, 6, 7) que se compendian en el esquema sintaxonómico que se incluye en este estudio

2. RESEÑA GEOLÓGICA

La comarca de estudio está incluida, desde el punto de vista geológico, en la unidad denominada Cuenca del Ebro; destacan, entre rocas propias del relleno de la cuenca, los afloramientos de areal reducido y de mayor antigüedad que pertenecen a diferente unidad geológica, la Cordillera Ibérica.

Los márgenes de la Cuenca del Ebro y su estructura actual se definieron entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior. La actividad tectónica el relleno con materiales sedimentarios terciarios cuyo espesor en la zona centrales muy considerable llegando a sobrepasar el kilómetro (8). En el Eoceno superior la cuenca se transforma en continental siendo alcanzada por cursos fluviales y aluviales con la consiguiente acumulación de depósitos detríticos (gravas, arenas, limos y arcillas); mientras, en la zona más céntrica de la cuenca, se situaban lagunas poco profundas que se colmataron con grandes espesores de evaporitas (sulfatos y otras sales) y carbonatos. La apertura de la cuenca hacia el mar Mediterráneo supuso una gran

actividad erosiva sobre gran parte de los materiales terciarios existentes; en este momento se estructura el sistema fluvial del río Ebro y de sus afluentes. Durante el Cuaternario se alternan periodos de erosión intensa y de sedimentación de materiales detríticos causando la aparición y desarrollo de distintos niveles de terrazas y de glacis en la cuenca.

La litología del territorio es muy homogénea dominando yesos, margas, margas yesíferas y calizas junto a diferentes sedimentos detríticos de grano fino. Todos estos materiales tienen diversos aprovechamientos de interés en la zona (Figura 7).



Figura 7. Vista de la parte alta de la población de Paracuellos de Jiloca construida en los contrafuertes rocosos de la zona, de naturaleza calcárea.

3. RESEÑAS BIOCLIMÁTICA Y BIOGEOGRÁFICA

Los datos correspondientes a las estaciones climáticas disponibles en el territorio nos permiten reconocer la homogeneidad bioclimática del área estudiada.

Los ombroclimogramas seleccionados que presentamos han sido recopilados de la base de datos climáticos mundiales *Climate-Data.org* (9) y se incluyen en las figuras adjuntas. Corresponden a las estaciones de Calatayud, Morés, Paracuellos de la Ribera y La Almunia de Doña Godina (Figuras 8-11).

En referencia a la caracterización bioclimática, siguiendo las propuestas de Rivas-Martínez y colaboradores ya mencionadas, el territorio presenta un macrobioclima Mediterráneo (con carácter estepario) con termotipo mesomediterráneo en su mayor parte (inferior, superior); únicamente en algunas localidades situadas en cotas más elevadas, como Daroca, se alcanza el termotipo

supramediterráneo; el ombrotipo generalizado en el área es el seco (inferior, superior) pudiéndose reconocer, muy localmente, alguna zona de ombroclima semiárido.

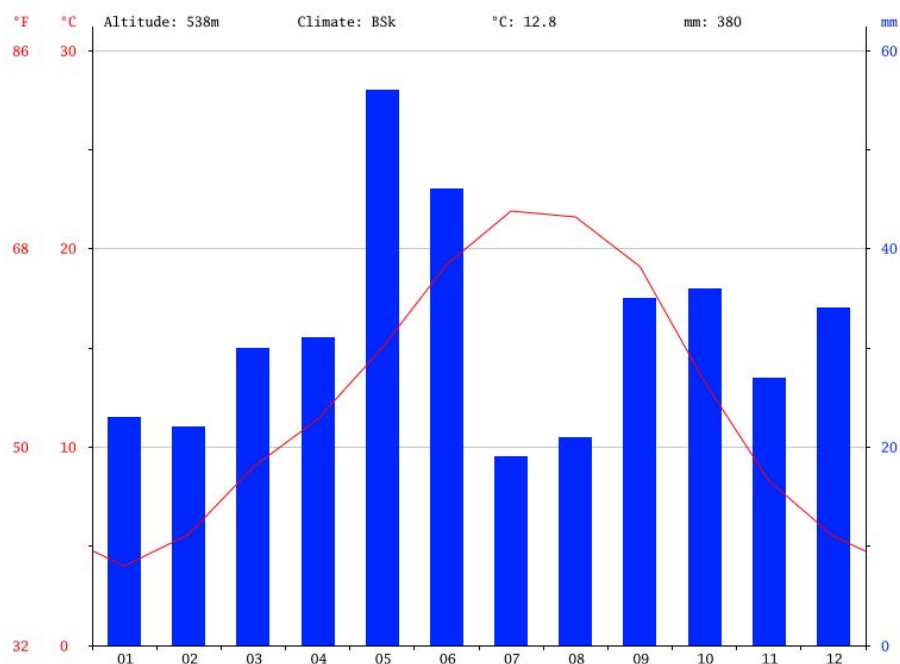


Figura 8. Ombroclimograma de la estación climática de Calatayud (538 m asl).

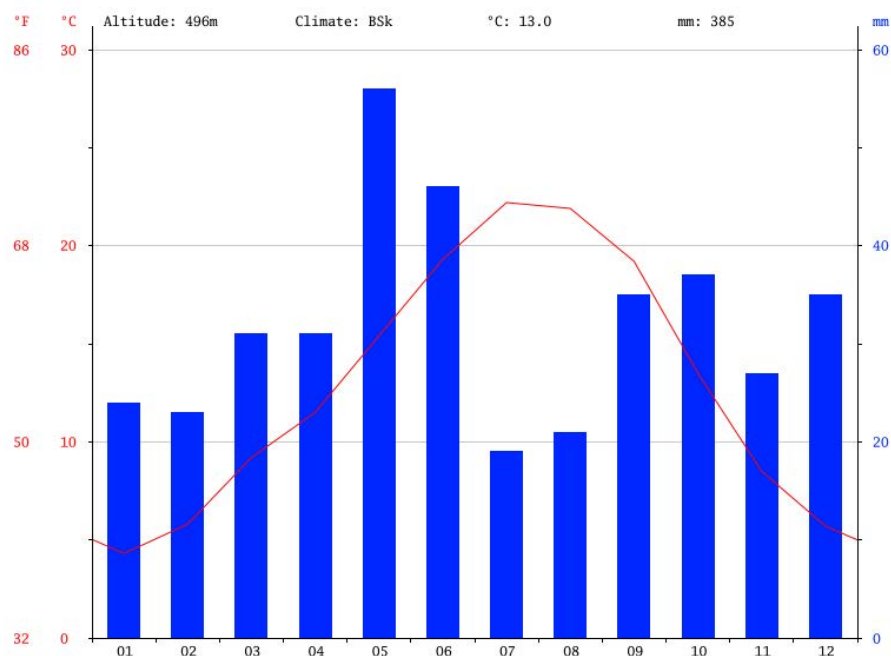


Figura 9. Ombroclimograma de la estación climática de Morés (496 m asl).

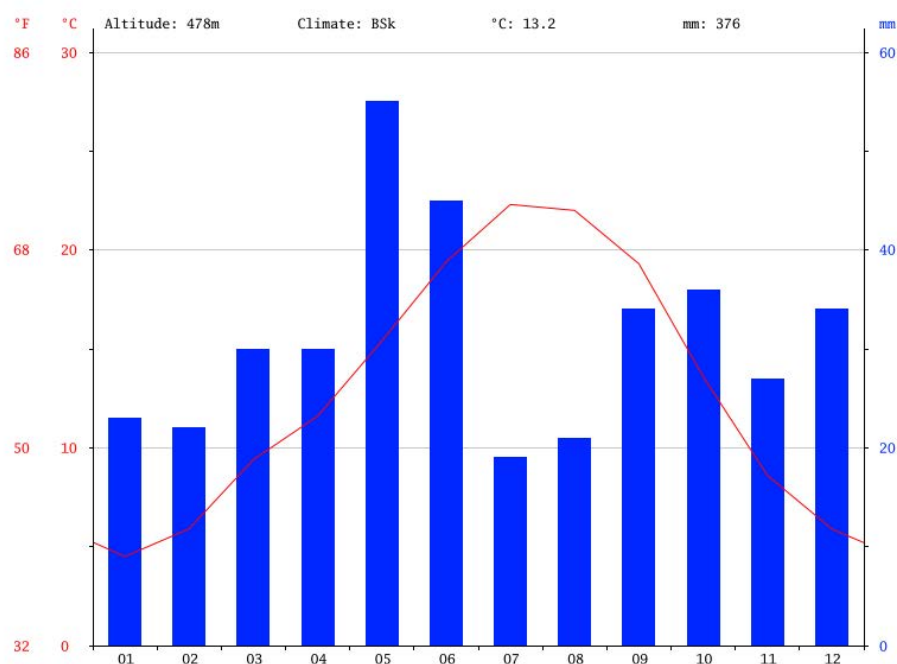


Figura 10. Ombroclimograma de la estación climática de Paracuellos de la Ribera (478 m asl).

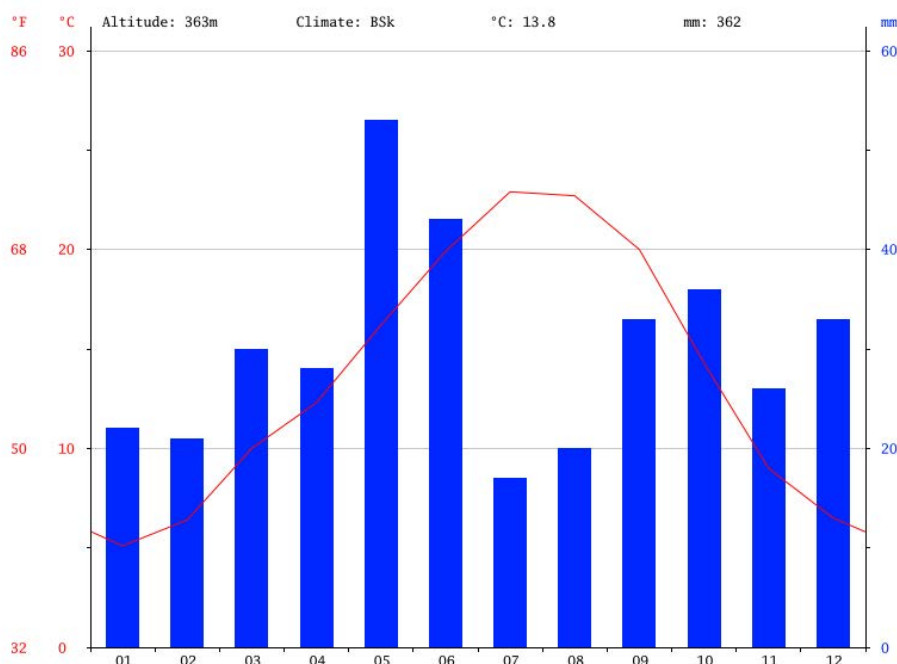


Figura 11. Ombroclimograma de la estación climática de Paracuellos de la Ribera (363 m asl).

Desde el punto de vista biogeográfico, siguiendo la reciente propuesta de tipología biogeográfica propuesta por Rivas-Martínez y colaboradores (2), el territorio se enmarca en los límites biogeográficos de las subprovincias del Bajo Aragón y Alto

Ebro (sector Bardenas-Monegros) y Oroibérica (distrito de Calatayud y de la Sierra de Cucalón):

- Provincia Mediterránea-Ibérica Central

- Subprovincia del Bajo Aragón y Alto Ebro

- Sector Bardenas-Monegros

- Distrito estepario de Zaragoza

- Subprovincia Oroibérica

- Sector Serrano Oroibérico septentrional

- Distrito de Calatayud y de la Sierra de Cucalón

En referencia a la vegetación potencial climatófila la dominancia en el territorio del balneario corresponde al encinar mesomediterráneo aragonés en sus facies o variantes sobre calizas o sobre yesos (*Quercetum rotundifoliae*, Figura 12); además, en toda la comarca bardenero-monegrina destacan los sabinares mesomediterráneos de sabina negral y albar (*Juniperus phoenicea* y *Juniperus thurifera* respectivamente: *Juniperetum phoeniceo-thuriferae*, Figura 13) desarrollados sobre suelos yesíferos o vérticos (en el fondo de los vallejos). Es precisamente esta peculiaridad sobre la vegetación natural del área el origen del topónimo ‘Monegros’ (‘mon-negros’, ‘montes negros’ del color verde oscuro de la sabina negral).



Figura 12. Aspecto de la vegetación actual de la serie del encinar mesomediterráneo aragonés (*Quercetum rotundifoliae* sigmetum): restos del encinar climácico y mosaico complejo de diferentes comunidades seriales sustituyentes.



Figura 13. Izquierda: detalle de una rama fructificada de sabina negral (*Juniperus phoenicea*); en el centro y a la derecha: sabina albar y detalle de una rama fructificada (*Juniperus thurifera*).

El encinar supramediterráneo con sabina albar (*Juniperus thuriferae-Quercetum rotundifoliae*) es muy escaso en la comarca quedando circunscrita su potencialidad a las zonas de termotipo supramediterráneo.

Como vegetación potencial edafohigrófila destacamos choperas, saucedas y olmedas muy alteradas y residuales en la actualidad por el uso agrícola de territorio; en los fondos de valle, proximidades de surgencias de agua, lagunazos e incluso pequeñas corrientes son frecuentes diversas comunidades acuáticas y edafohigrófilas de especial interés.

4. VEGETACIÓN Y FLORA

La vegetación actual del entorno del Balneario de Paracuellos de Jiloca se encuentra muy modelada por la actividad humana. En toda la comarca quedan pocos restos correspondientes a las etapas maduras de las series de vegetación reconocidas; son dominantes las etapas seriales que ocupan grandes extensiones tanto en pequeñas elevaciones como en las depresiones; en ocasiones, en pequeñas elevaciones deforestadas desde antiguo, se ha repoblado con pino carrasco (*Pinus halepensis*) para evitar la erosión edáfica. Las etapas seriales arbustivas e, incluso herbáceas, son muy ricas en taxones de interés y en endemismos (10).

Destacamos las siguientes formaciones seriales que ocupan considerables extensiones en el territorio (10):

- Arbustedas dominadas por la coscoja, *Quercus coccifera*, o coscojares (*Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae*) (Figura 14).



Figura 14. Coscoja (*Quercus coccifera*); ejemplar adulto (izquierda) y detalle de una rama fructificada con bellotas.

- Salviares con linos blancos, romerales y espegares, ricos en labiadas y plantas melíferas (*Sideritido-Salvion lavandulifoliae*); abundan, entre otras especies de interés, romero (*Rosmarinus officinalis*), lino blanco (*Linum suffruticosum* subsp. *differens*), espliego (*Lavandula latifolia*) y salvia (*Salvia lavandulifolia*) (Figura 15).

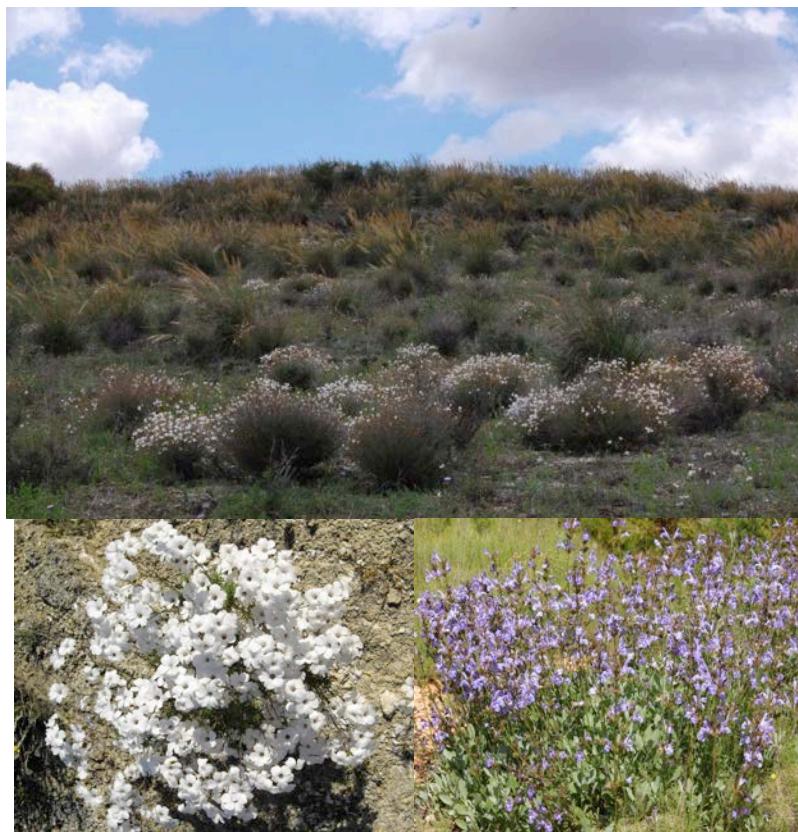


Figura 15. Matorrales seriales sobre materiales calcáreos de la serie de vegetación del encinar aragonés (*Quercus rotundifoliae* sigmetum). Arriba: en primer término, salviares-espegares con lino blanco (*Sideritido-Salvion lavandulifoliae*), y al fondo, espartales dominados por el esparto o atocha (*Macrochloa tenacissima*); abajo: lino blanco a la izquierda (*Linum suffruticosum* subsp. *differens*) y salvia (*Salvia lavandulifolia*) a la derecha, ambos en plena floración.

- Espartales dominados por el esparto o atocha (*Macrochloa tenacissima*) (Figura 16).

- Matorrales gipsícolas dominados por gipsófitos (*Lepidion subulati*), como albada (*Gypsophila struthium* subsp. *hispanica*), donde son frecuentes jarillas (*Helianthemum squamatum*), bojas (*Lepidium subulatum*) y asnallos (*Ononis tridentata*) (Figuras 17 y 18). Es en estos medios donde se desarrollan costras líquénicas y comunidades anuales de excepcional interés geobotánico y biogeográfico; además existen algunas especies de interés singular como *Limonium aragonense* y *Boleum asperum*.



Figura 16. Esparto o atocha en floración (izquierda) y detalle de la inflorescencia en la antesis (derecha) (*Macrochloa tenacissima*).



Figura 17. Comunidades seriales sobre materiales yesíferos correspondientes a la serie de vegetación del encinar aragonés (*Quercus rotundifoliae* sigmetum). Tomillares estructurados por bojas (*Lepidium subulatum*) ricos en gipsófitos (*Lepidion subulati*).



Figura 18. Gipsófitos frecuentes en las comunidades seriales sobre materiales yesíferos (*Lepidion subulati*) correspondientes a la serie de vegetación del encinar aragonés (*Quercus rotundifoliae* sigmetum). Izquierda, detalle de una rama florida de albada (*Gypsophila struthium* subsp. *hispanica*) y derecha, jarilla (*Helianthemum squamatum*), ambos en plena antesis.

Mención aparte merece comentar la situación de la crucífera denominada en el territorio 'crujiente' (*Vella pseudocytisus* subsp. *pauí*), endemismo en peligro de extinción citado de las cercanías de Calatayud a principios del s. XX y que se cree desaparecido de la comarca pues no se ha vuelto a encontrar espontáneo y permanece en unas pequeñas poblaciones en Teruel.

Extensas comunidades seriales arbustivas de carácter nitrófilo dominan, con frecuencia, el paisaje debido al pastoreo; destacan ontinares y otras comunidades camefíticas estructuradas por artemisias (*Artemisia herba-alba*), harmales (*Peganum harmala*) y barrillas (*Salsola vermiculata*).

En cuanto a las series forestales edafohigrófilas no quedan restos destacables; únicamente pequeños grupos de árboles testimonian su existencia anterior como etapas maduras propias con anterioridad a la gran extensión de los cultivos. Entre las etapas de sustitución se encuentran especies características y de interés.

Destacamos:

- Saucedas arbóreas de *Salix neotricha* (*Salicetum neotrichae*) con interesantes comunidades herbáceas helofíticas de sustitución.

- Choperas de chopo o álamo blanco (*Populus alba*) donde crecen abundantes el regaliz (*Glycyrrhiza glabra*) y la rubia roja (*Rubia tinctorum*) de elevado interés como planta tintórea (*Rubia tinctorum*-*Populetum albae*) (Figura 19).



Figura 19. Vegetación edafohigrófila. Arriba, detalle de una rama vegetativa de chopo a álamo blanco (*Populus alba*); abajo, izquierda, detalle en la antesis de plantas de regaliz (*Glycyrrhiza glabra*) y, a la derecha, de rubia roja (*Rubia tinctorum*); ambas especies son características de los bosques edafohigrófilos naturales del territorio.

- Olmedas estructuradas por el olmo, *Ulmus minor* (*Opopanax chironii-Ulmetum minoris*) e interesantes comunidades helofíticas, acuáticas y anfibias de carácter permanente desarrolladas en lechos fluviales o de acequias y canales artificiales y estructuradas por ninfeidos, potámidos, batráchidos, miriofílidos, etc. (Figura 20).

Por último destacar el uso del territorio, básicamente con vocación ganadera de ganado ovino-caprino en el medio terrestre donde se mantienen antiguas majadas, cañadas y veredas (Figura 20); en el fondo de los valles destaca el cultivo de varios árboles frutales (manzano, peral, albaricoque, melocotonero, etc.) y, en pequeñas áreas, vid y azafrán.

La diversidad agrícola de la zona tiene un elevadísimo interés por su importancia económica en toda la región.



Figura 20. Vegetación edafohigrófila y acuática. Arriba, aspectos de mosaicos complejos de vegetación helofítica y acuática; abajo, aprovechamiento humano de los bosques edafohigrófilos de fondos de valle con fines ganaderos (en la imagen, ejemplares de fresnos desmochados - *Fraxinus angustifolia*- para la producción de varas en prados).

5. APÉNDICE SINTAXONÓMICO

I. QUERCETEA ILICIS

+ Quercetalia ilicis

. Quercion ilicis

.. Quercenion rotundifoliae

1. *Quercetum rotundifoliae*

2. *Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae*

+ Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni

. Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae

3. *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae*

II. PINO-JUNIPERETEA

+ Pino-Juniperetalia

. Juniperion thuriferae

4. *Juniperetum phoeniceo-thuriferae*

III. ROSMARINETEA OFFICINALIS

+ Rosmarinetalia officinalis

. Sideritido-Salvion lavandulifoliae

+ Gypsophiletalia

. *Lepidion subulati*

IV. SALICI PURPUREAE-POPULETEA NIGRAE

+ Populetalia albae

. Populion albae

.. Populenion albae

5. *Rubio tinctorum-Populetum albae*

.. Fraxino angustifoliae-Ulmenion minoris

7. *Opopanax chironii-Ulmetum minoris*

+ Salicetalia purpureae

. *Salicion triandro-neotrichae*

8. *Salicetum neotrichae*

6. REFERENCIAS

1. Rivas-Martínez S, Rivas Sáenz S, Penas A. Worldwide bioclimatic classification system. Global Geobot 2011; 1: 1-634 + 4 mapas.
2. Rivas-Martínez S, Penas A, Díaz-González T, Cantó P, del Río S, Costa JC, Herrero L, Molero J. Biogeographic units of the Iberian Peninsula and Balearic Islands to

- district level. A concise synopsis. En: Loidi, J (ed). The vegetation of the Iberian Peninsula 2017; 1, Plant and Vegetation 12, Springer: pp. 131-188.
3. Castroviejo S, & *al.* (coord. gen.). Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC 1986.
 4. Euro+Med (2006-): Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Published on the Internet. Disponible en: (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/>) [accedido el 30.VII.2018].
 5. Rivas-Martínez S, Fernández-González F, Loidi J, Lousã M, Penas A. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobot* 2001; 14: 5-341.
 6. Rivas-Martínez S, Díaz TE, Fernández-González F, Izco J, Loidi J, Lousã M, Penas A. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical check list of 2011. *Itinera Geobot* 2002; 15(1-2): 5-922.
 7. Rivas-Martínez S & col. Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España (memoria del mapa de vegetación potencial de España) parte II. *Itinera Geobot* 2011; (n.s.) 18(1): 5-424.
 8. Pardo G, Arenas C, González A, Luzón A, Muñoz A, Pérez A, Pérez-Rivarés, FJ, Vázquez-Urbez M, Villena J. La cuenca del Ebro. En: Vera, JA (ed) *Geología de España*. Madrid: IGME y Sociedad Geológica de España 2004; pp. 533-543.
 9. Climate-Data.org. Datos climáticos mundiales. Disponible en: (<https://es.climate-data.org>) [accedido 03.IX.2018].
 10. Molina A, Loidi J, Fernández-González F. Sobre las comunidades de matorral de la Depresión del Ebro. *Bot Complutensis* 1993; 18: 11-50.

Estudio de la acción terapéutica de las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)

Title in English: *Study of the therapeutic action of the waters of Paracuellos de Jiloca Spa (Zaragoza)*

Josefina San Martín Bacaicoa¹, Inés Martínez Galán^{2,*}

¹ Catedrática Emérita de la Universidad Complutense de Madrid. Académica Correspondiente de la RANF. ² Catedrática de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Castilla-La Mancha.

*ines.martinez@uclm.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 84, Special Issue (2018) pp. 174-186.

RESUMEN	ABSTRACT
Las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca son conocidas desde antiguo; fueron declaradas de Utilidad Pública en 1869. Se hace referencia a los litigios entre Baños Viejos y Baños Nuevos y al estado actual del balneario. Según recientes análisis, son aguas hipotermales, de mineralización fuerte, cloruradas, sulfatadas, sódicas, sulfuradas. Se señalan las acciones derivadas de la composición de las aguas según las vías de administración y las técnicas utilizadas. La vía oral es muy poco utilizada; las vías inhalatoria y tópica en aplicaciones individuales pueden beneficiarse de las acciones derivadas del azufre reducido-medicinal que no se dan en las aplicaciones colectivas, ya que el agua debe ser tratada y por tanto no se puede considerar agua sulfurada; los efectos serán los derivados de la temperatura y de los principios hidrostáticos e hidrodinámicos. Se exponen también las instalaciones existentes y el funcionamiento del balneario, atendido por personal, médico y paramédico cualificado.	The mineral-medicinal waters of this Spa were known for a long time ago and were declared of Public Utility in 1869. References are made to the litigation between Old Baths and New Baths and the actual state. Recent analysis classifies these mineral water as hypothermal, chlorided, sulphated, sodic, sulphurous. Specific reference are made to the actions of these waters according to the routs of administration and the used techniques. Oral way is very little used. The authors emphasized that these waters can be considered sulphurous only when used in individual techniques; in piscines where several people may come in, water must be treated; then the effects will be due to the temperature and the hydrostatic and hydrodinamique principles. The actual instalations and the performances of the spa, are also exposed, being done by medical and qualified paramedical personal.
Palabras clave: Aguas mineromedicinales; Balnearios; Balneoterapia; Balneario de Paracuellos de Jiloca (Zaragoza)	Keywords: Mineral waters; Spas; Balneotherapy; Paracuellos de Jiloca Spa (Zaragoza).

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El balneario: situación y evolución

El balneario de Paracuellos de Jiloca se encuentra situado en el municipio del mismo nombre en la provincia de Zaragoza, a 4,5 km de Calatayud, en la margen derecha del río Jiloca, a 483 m s.n.m., bien comunicado por carretera y ferrocarril.

Un gran parque jardín rodea los edificios del balneario, antiguo y nuevo que la carretera los separa.

Las especiales características de las aguas de este balneario han sido reconocidas desde antiguo y citadas por distintos autores.

Ya en 1697 el Doct. D. Alfonso Limón Montero, *Cathedrático de Vísperas de Medicina en la muy Ilustre, y Docta Universidad de Alcalá de Henares*, en su libro *Espejo Cristalino de las Aguas de España...* dedica tres páginas en el Capítulo VI "De la Fuente de Paracuellos de Giloca y de sus medicinas", y explica que estas aguas *no se usaban en bebida ordinaria, sino por medicina*, reconociendo en ellas una alta cantidad de azufre, y también, aunque en menor cantidad, salitre, y tierra gredosa. Entre las indicaciones, manifiesta que según las informaciones aportadas por el médico que atiende en el municipio, resulta *eficacísima para mover el vientre y la orina.... y aplicadas en lavatorios son útiles a la sarna, empeines, postillas y todos los afectos cutáneos...* Y como contraindicación explica que *es dañosa para los que padecen mal francés* (1).

Pedro M^a Rubio en 1853 (2) en su *Tratado completo de las Fuentes minerales de España* dedica dos páginas a Paracuellos de Jiloca y escribe: "En una era inmediata a las casas del pueblo, y al pie de un cerro de yeso, brota un manantial caudaloso de agua mineral. Es esta clara y transparente, de sabor y olor hidrosulfuroso: deposita un sedimento gris, bastante untuoso al tacto, su temperatura varía entre 10 y 13º R ...".

Fueron, a lo que se dice, analizadas estas aguas en el Real Laboratorio de Madrid en 1788 pero no se publicó el resultado.

Según refiere Pedro M^a Rubio, Simón Moncín, médico director de esas aguas, en 1850, señalaba que eran aguas frías y por su composición química sulfurosas: "Solo se usaban en bebida. Recientemente se han construido tres pilas para baños generales que se facilitan al público por una gratificación para el que calienta el agua."

En la publicación de 1903 sobre los *Principales Balnearios de España* (3) se lee en la pág. 214, apartado Establecimientos:

"Dos bien instalados. Uno de primera clase, que ofrece todo género de comodidades y tiene vistas á la frondosa vega del Giloca. Otro de segunda, más

modesto y económico. En ambos, capilla para el culto, estación telefónica, jardines y salón de reuniones.

Temporada: de 15 de Junio á 30 de Septiembre.

Propietario: D. Felipe García Serrano.

Médico: D. Manuel Manzaneque."

El balneario inicia su actividad en 1848, en el conocido como Baños Viejos, siendo propietario el Sr. García Serrano. Posteriormente, en 1875, se abrió otro establecimiento, justo enfrente, llamado Baños Nuevos propiedad de D. Jaime Cortadellas. Tras varios litigios por el uso del agua que procedía del mismo manantial se unifican las propiedades en 1901, quedando como propietario el Sr. Serrano (4). Y así, en la reseña de los principales balnearios de España de 1903 se recoge que hay dos establecimientos, *Uno de primera clase, que ofrece todo género de comodidades y tienen vistas a la frondosa vega del Giloca. Otro de segunda, más modesto y económico. En ambos, capilla para el culto, estación telefónica, jardines y salón de reuniones* (3).

A partir de este momento, el balneario vivió una época de esplendor hasta la Guerra Civil, momento a partir del cual se inició una etapa de decadencia, hasta que en 1996 se emprende una profunda reforma, tanto del hotel como de las instalaciones terapéuticas y de las zonas exteriores.

Actualmente se ha reformado el que fuera el edificio del primer balneario denominado Baños Viejos, transformándose en un hotel de 3 estrellas, con 64 habitaciones y que cuenta con la distinción Q de Calidad del Instituto de Calidad Turística de España. Y el edificio del denominado Baños Nuevos, que fue un establecimiento con unas instalaciones extraordinarias, hoy se encuentra en desuso y en estado de abandono (Figura 1).

En este momento, tal como dispone el R.D. 1277/2003, de 10 de octubre por el que se establecen las bases generales sobre autorización de centros, servicios y establecimientos sanitarios, el balneario de Paracuellos de Jiloca obtuvo el 1/12/2012 la autorización del Gobierno de Aragón como Servicio Sanitario Integrado en Organización no Sanitaria, con una oferta asistencial que incluye la de *Hidrología y Medicina General/de Familia* (5)

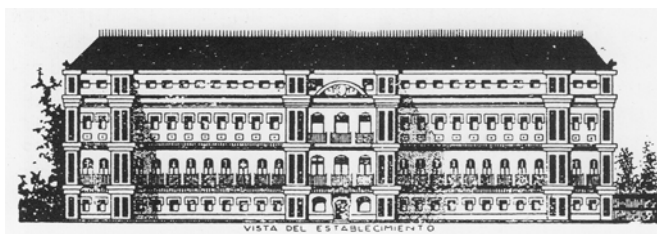


Figura 1.- Baños Nuevos y situación actual de los Baños Viejos.

1.2. Médicos-directores del balneario

Para el estudio de este y otros balnearios es de gran interés recurrir a la obra de Martínez Reguera, L. (6) y al estudio de las Memorias de los Médicos de Baños y Directores del Balneario, que debían elaborar y remitir al Ministerio de la Gobernación y cuyos originales se conservan en la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. D. Juan Antonio Méndez Aparicio, Director de esta Biblioteca, en el período 1991-2004, año en que falleció, recopiló las Memorias de los siglos XIX y XX, que fueron publicadas en Balnea 2008 (7).

En esta obra se recogen 59 Memorias sobre Paracuellos de Jiloca. Son manuscritos firmados por el Médico Director correspondiente y en ellas se exponen distintos aspectos relacionados con el balneario, sus aguas, pacientes tratados, necesidades de mejora que exigen, etc.

Las dos primeras Memorias sobre las aguas mineromedicinales de Paracuellos de Jiloca son manuscritos firmados por el Dr. D. Simón Moncín, director interino en 1848 y 1850.

De 1856 a 1872 presenta las Memorias el Dr. D. Gregorio Guedea, figura como Director Interino en algunas de ellas. En la Memoria de 1872 el Doctor Guedea recoge cuadros de concurrencia, cifra total de enfermos en 1856 que fue 1872; de 1858 al 1869 y del 1871 y 1872, cuadros de concurrencia con la determinación de sexos y resultados, incluyendo en sus memorias cuadros estadísticos. En la Memoria correspondiente a la temporada 1868 figura como Propietario D. Felipe García Serrano.

En 1870 figura como Director D. Juan Detrell.

En 1875 firma la Memoria el Director D. Mariano Viejo y Bacho.

La Memoria anual de la temporada de 1876 la firma su médico director en propiedad por oposición el Dr. D. Félix Tejada y España; figura también en 1877.

La Memoria de la temporada oficial de 1878 está firmada por el médico director Eduardo Menéndez Tejo, quien también presenta la memoria oficial de la temporada de 1879 de los establecimientos viejo y nuevo de Paracuellos de Jiloca.

Las memorias correspondientes a las temporadas de 1880 a 1886 de los establecimientos balnearios de Paracuellos de Jiloca están firmadas por el Médico Director Manuel Millaruelo.

En 1887 la *Memoria anual de los baños y aguas minero-medicinales de Paracuellos de Jiloca* la firma el médico-director en propiedad D. Ildefonso Otón y Parreño, que figurará como Director de ambos establecimientos hasta 1894.

El Dr. Alejandro de Gregorio, médico director en propiedad, firma la memoria del año 1895, y en los años siguientes desde 1896 hasta 1903, las memorias correspondientes a esos años, están firmadas por el director médico de Paracuellos de Jiloca D. Manuel Manzaneque.

El Dr. D. Leoncio Bellido y Díaz, médico director por oposición de establecimientos balnearios, presenta en 1914, *memoria quinquenal de las aguas mineromedicinales de Paracuellos de Jiloca* en la que incluye cuadros estadísticos de las temporadas de 1900 a 1913.

1.3. Características de las aguas minero-medicinales del balneario de Paracuellos de Jiloca

Las aguas minero-medicinales de Paracuellos de Jiloca son conocidas desde la antigüedad y han mantenido a lo largo del tiempo su composición y sus indicaciones, siendo su caudal de 288 L/min (8).

Como ya se ha comentado, Limón Montero ya destacaba la presencia del azufre en su composición.

Fueron declaradas de Utilidad Pública en la segunda mitad del siglo XIX, aunque no está clara la fecha exacta. Según se recoge en el libro del Dr. Solsona (8), el manantial de los Baños Viejos obtendría la declaración en 1850, mientras que el de los Baños Nuevos lo haría en 17 de julio de 1876. Por otra parte el IGME data la declaración de utilidad pública el 16 de abril de 1869 (9).

Los análisis realizados en los últimos años (10) y los realizados por la Dra. Torrija, y publicados en esta monografía, consideran esta agua como **hipotermal** (14.2 °C), **de mineralización fuerte** (R.S. a 180 °C 15.726 mg/L), **cloruradas-sulfatadas-sódicas-sulfuradas** (SH2 12.4 mg/L).

La forma de presentación del azufre reducido en estas aguas, puesto que el pH es cercano a la neutralidad (pH 6.9–7.3), será como moléculas no disociadas de hidrogeno sulfurado SH_2 y como ión sulfhidrato SH^- (11).

Desde el punto de vista organoléptico, se caracterizan por ser aguas incoloras, de sabor salado y untuosas al tacto. Todas estas cualidades están perfectamente justificadas por su composición, ya que son aguas con una elevada mineralización, en la que predominan los cloruros y el sodio, y con una considerable cantidad de sulfuro y materia orgánica. Esta materia orgánica o baregina (Barèges en Pirineos franceses) es muy abundante en estas aguas y las hace untuosas al tacto; a veces el azufre precipita y se forma espuma blanca característica de estas aguas.

1.4. Vías de administración, acciones e indicaciones

Este tipo de aguas puede administrarse por vía oral, atmiátrica y tópica.

El azufre bivalente, una vez incorporado a la circulación sanguínea por cualquiera de las vías, se distribuye por al organismo, siendo conocida su participación en los procesos de óxido-reducción tisular, su acción antitóxica a nivel hepático y su acción desensibilizante, mejorando las respuestas anafilácticas y alérgicas, con un incremento de los plasmocitos en el corión de la mucosa y una disminución de la tasa total de IgE (11, 12).

En la revisión publicada en 2017 sobre las aguas sulfuradas y sus aplicaciones en salud (13), los autores encuentran, tras la revisión de la literatura reciente, que el SH_2 en animales, tanto in vivo como in vitro, provoca una relajación vascular, estando implicado en una amplia gama de respuestas fisiológicas, tales como la modulación de la presión sanguínea, la protección contra la lesión isquémica por reperusión y las reacciones antiinflamatorias, concluyendo que las pruebas actuales apoyan el papel del sulfuro de hidrógeno como mensajero celular con efectos citoprotectores, y se prevén perspectivas prometedoras para los tratamientos con agua mineral sulfurada.

La **vía de administración oral** es poco utilizada. No resulta fácil de tomar por su alta mineralización, por su sabor salado y amargo, y olor característico. Se utilizará en dosis relativamente pequeñas, atendiendo a la tolerancia individual, repartidas en tres tomas, en ayunas y antes de las comidas. No son raras posibles acciones anormales.

Las indicaciones principales en este caso son insuficiencia hepática, colecistitis no calculosa, gastritis crónicas, gastritis atróficas, enteropatías crónicas.

La **vía de administración atmiátrica** consiste en la aplicación del agua o sus derivados sobre la mucosa respiratoria. Entre las técnicas utilizadas para este tipo de aplicaciones se incluyen las duchas nasales, las pulverizaciones faríngeas y las

inhalaciones, estas últimas pueden ser en forma de aerosoles o nebulizaciones. Es importante señalar que en las inhalaciones se debe atender cuidadosamente a la temperatura del agua a inhalar que se deberá mantener cercana a los 37º C o ligeramente inferiores.



Figura 2.- Sala de inhalaciones.

Las aguas sulfuradas aplicadas sobre la mucosa respiratoria se comportan como mucolíticas y fluidificantes de las secreciones, mejoradoras de la circulación local por estimulación parasimpática, antiinflamatorias, eutróficas al favorecer la descamación del epitelio y el recambio celular, y cicatrizantes (14,15). Estas acciones se ejercerán sobre los distintos tramos de las vías aéreas dependiendo del tamaño de las partículas de agua que se consigan con el sistema de aplicación, de manera que cuanto menor sea el tamaño de las partículas más profundamente podrán ejercer su acción (Tabla 1) (14). Sus indicaciones principales son los procesos crónicos tanto otorrinolaringológicos como pulmonares. Concretamente están indicadas en rinitis, sinusitis, faringitis y laringitis crónicas, especialmente si son de origen alérgico y en los distintos tipos de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y en asma con componente alérgico (14).

Tabla 1. Nivel de penetración de las partículas aerosolizadas.

Tamaño de las partículas	Nivel de penetración
> 30 μ	Boca y Fosas nasales
20-30 μ	Tráquea
10-20 μ	Bronquiolos
3-5 μ	Bronquiolos terminales
< 3 μ	Alveolos

La **vía tópica** es la más frecuentemente utilizada en forma de baños individuales, duchas y chorros en distintas modalidades. Si bien es necesario considerar que ha de ser el agua sulfurada la que contacte con la piel. Por tanto, en las técnicas colectivas, piscinas de mayor o menor tamaño, en las que el agua debe ser

tratada para mantenerla en óptimas condiciones higiénicas, no podemos considerar tratamiento con agua sulfurada. Los efectos beneficiosos que se pueden obtener serán los derivados de factores físicos, térmicos y mecánicos: hidrostáticos e hidrodinámicos, que condicionan la facilitación o la dificultad del movimiento dentro del agua (hidrocinesiterapia).



Figura 3. Piscina termal activa.

En baños generales y/o parciales con aguas sulfuradas, Pratzel y Artmann (16) demostraron, en piel de cerdos y posteriormente en el hombre, que las aguas con concentraciones de 1 a 100 mg/L de SH_2 producen inhibición parcial de la actividad de las células de Langerhans de la epidermis, disminuyendo las reacciones alérgicas y la inflamación cutánea. Se produce un bloqueo de la enzima ATP-asa ligada a la membrana de las células de Langerhans, que son las principales células inmunosupresoras cutáneas, y una disminución de la respuesta inmunológica modulada por las células de Langerhans (17).

En aplicaciones balnearias con aguas sulfuradas se ha observado un efecto queratolítico en la psoriasis debido a la formación de polisulfitos con átomos de azufre en los puentes de cistina de la queratina. Es un efecto local. Por otra parte, también tienen acción queratoplástica, por ser estimulante de la regeneración epitelial. Según la reacción local, si es alcalina, el hidrógeno sulfurado puede transformarse en sulfuro alcalino dando lugar a una acción queratolítica del estrato córneo. Además, los baños sulfurados producen un eritema visible por dilatación de los vasos cutáneos; habría una liberación de sustancias vasoactivas, acetilcolina, histamina, sustancias-H y peptonas (18).

Estos baños están indicados en procesos alérgicos inflamatorios cutáneos, acné y psoriasis. Debido a ese efecto antiinflamatorio, acción sobre la circulación y el torfismo, también están indicados en patologías osteoarticulares degenerativas e inflamatorias fuera de la fase aguda. En estos casos, la hidrocinesiterapia es

aconsejable, de manera que a los efectos propios de las aguas sulfuradas se sumarían los efectos de la inmersión y la movilización, lo que en estas patologías resulta de interés para obtener una mejoría funcional (14).

Para conseguir los efectos reseñados anteriormente, es necesario un tratamiento controlado, específico e individualizado, durante un tiempo suficientemente largo, 3 a 4 semanas.

Sería imposible en nuestros balnearios conseguir resultados parecidos, con 9 días de tratamiento. Los médicos de baños, directores de balnearios y también los médicos directores actuales han recomendado siempre prolongar el tiempo de tratamiento balneario, sin conseguirlo.

En todos los países de Europa el tratamiento debe durar de 3 a 4 semanas, según los casos.

Los gastos que supone el tratamiento son sufragados por la seguridad social de cada país, que no es el caso de España. IMSERSO paga la estancia en el balneario durante una semana aproximadamente. ¿Se conseguirá que la administración española entienda el beneficio, no solo médico, sino también económico, que la cura balnearia supone?. Esperemos que si lo consideran lo entenderán fácilmente.

Otros países ya lo entienden. Alemania envía a sus pacientes a ser tratados en los balnearios españoles durante el tiempo que el médico prescriba.

2. UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS EN EL BALNEARIO

La reforma de las instalaciones terapéuticas que se ha realizado en el balneario ha sido en el sentido de dar mayor relevancia a técnicas de uso colectivo, lo que obliga a realizar el tratamiento el agua para cumplir con la reglamentación vigente y garantizar su salubridad.

Según los datos facilitados por la Dra. Carmen Pardos, médico que ejerce actualmente en el balneario, los tratamientos que se aplican pueden agruparse en colectivos, individuales y complementarios. En el caso de los tratamientos individuales el balneario utiliza el agua tal como surge del manantial, y por tanto conservando todas sus propiedades.

La oferta de tratamientos colectivos incluye distintos tipos de circuitos, que son programas de tratamiento prefijados que engloban varias técnicas. Entre ellos están los circuitos termal, circulatorio, respiratorio y de relajación.

Los tratamientos individuales, que son los que utilizan específicamente el agua sulfurada, se indican, sobre todo, en pacientes con problemas dermatológicos y respiratorios.

Las técnicas disponibles que utilizan el agua sulfurada son baños, chorros, ducha-vichy, técnicas atmiátricas, baños de vapor a distinta temperatura (21-23 °C y 45 °C) y distintos tipos de duchas.

Por otra parte están las **técnicas disponibles con agua tratada, y que incluyen** baños de contraste aplicados en pileta fría (15 °C) y pileta caliente (38 °C); pasillo de marcha (15 °C y 38 °C) y la piscina.



Figura 4. Pasillo de marcha.

Además, el balneario cuenta con **técnicas complementarias** como parafango y masoterapia.

3. POBLACIÓN ASISTENTE

Los datos que figuran en este apartado son datos generales facilitados por la Dra. Carmen Pardos, quien estima que la ocupación hotelera del balneario a lo largo del año se sitúa entre el 90-100 %.

Con respecto a las características demográficas, la edad de los pacientes/usuarios oscila de niños a ancianos, incluso mayores de 90 años, estimándose que aproximadamente un 5 % de los sujetos atendidos son niños. En cuanto al género, se considera que hay un ligero predominio de mujeres.

La procedencia de los usuarios es predominantemente del territorio nacional, incluidas las islas, perteneciendo la mayoría a grupos de IMSERSO, excepto en temporada de verano que un 50 % de los usuarios acuden de manera particular.

Puntalmente se ha atendido en consulta a pacientes extranjeros residentes en su país de origen; más frecuente es la asistencia de extranjeros residentes en España, estos grupos siempre acuden de forma particular.

La Dra. Carmen Pardos nos indica que *las patologías que se presentan con más frecuencia son aquellas para las que estas aguas son beneficiosas, y en función de la edad vendrán por una u otras enfermedades:*

A. Reumatológicas: artrosis, osteoporosis, espondilosis anquilosante, artritis que no estén en fase aguda, recuperación de esguinces...Más frecuentes en aquellas personas que vienen con IMSERSO.

B. Patologías respiratorias: EPOC, asma bronquial, bronquiectasias, sinusitis, faringitis, rinitis...

C. Dermatológicas: psoriasis, eccemas, diferentes tipos de dermatitis, pruritos, prúrigos nodulares, liquen...El grupo de menores suele acudir sobre todo por problemas de piel tipo dermatitis atópica y psoriasis.

D. Patologías circulatorias: varices, insuficiencias venosas, linfedemas...

4. EL PERSONAL SANITARIO

El personal que presta sus servicios en el balneario está formado por un médico y masajistas y auxiliares de baño en número variable, dependiendo de la demanda.

Queremos agradecer al personal del balneario la atención prestada en la visita al mismo y a la Dra. Carmen Pardos por la información que nos ha facilitado para incluirla en esta publicación.

5. CONCLUSIONES

Las aguas del Balneario de Paracuellos de Jiloca son hipotermales, de mineralización fuerte y **sulfuradas**, y han sido reconocidas desde antiguo como unas de las más importantes de España. Fueron declaradas de utilidad en 1869. Pueden utilizarse con interés terapéutico por vía tópica, inhalatoria y oral.

En las instalaciones de uso colectivo el agua debe ser tratada para asegurar las condiciones higiénicas. En estos casos no pueden ser considerados como tratamientos con aguas sulfuradas. Los efectos obtenidos son derivados de la temperatura y de los principios hidrostáticos e hidrodinámicos, de interés en los procesos que cursan con dolor y dificultad funcional.

Los usuarios proceden principalmente de las Comunidades Autónomas de Aragón, Madrid y Valencia.

El balneario es atendido por personal cualificado y las instalaciones terapéuticas y hoteleras son adecuadas, haciendo que la estancia sea agradable y provechosa.

6. REFERENCIAS

1. Limón Montero A. Espejo cristalino de las aguas de España, hermoseado y guarnecido, con el Marco de variedad de Fuentes y Baños. Alcalá: Francisco García Fernández, Impresor de la Universidad 1697; pp. 116-118.
2. Rubio Pedro M^a. Tratado completo de las Fuentes minerales de España. Madrid: Establecimiento Tipográfico de D. R. R. de Rivera 1853; 2: pp. 156-157.
3. Médicos Directores de Baños. Reseña de los Principales Balnearios de España. Madrid: Imprenta de Ricardo Rojas 1903; p. 214.
4. Aguas clorurado-sódicas sulfurosas magnesianas de Paracuellos de Jiloca. Reseña descriptiva de los establecimientos nuevos. Zaragoza: Tip. Octavio y Félez 1931.
5. Balneario de Paracuellos de Jiloca (<https://www.balneariodeparacuellos.com/>). Paracuellos de Jiloca Z. (Citado 2018 mar 18). Disponible en: (<https://www.balneariodeparacuellos.com/salud-en-el-balneario-de-paracuellos/propiedades-del-agua-sulfurada/id/25>).
6. Martínez Reguera L. Bibliografía hidrológico-médica española. Segunda parte (Manuscritos y Bibliografías). Tomo Primero. Madrid: Establecimiento tipográfico "Sucesores de Ribadeneira" 1896.
7. Méndez Aparicio JA. Catálogo de Memorias de las aguas minero-medicinales españolas. (Siglos XIX y XX) existentes en la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Balnea 2008; 3: 121-128.
8. Solsona F. Balnearios Aragoneses. Pasado, Presente y Futuro. Zaragoza: Diputación General de Aragón 1992.
9. Baeza Rodríguez-Caro J, López Geta JA, Ramírez Ortega A. Las aguas minerales en España. Madrid: IGME 2001.
10. Maraver Eyzaguirre F, Armijo Castro F. Vademecum II de las aguas mineromedicinales de España. Madrid: Ed. Complutense 2010.
11. San Martín Bacaicoa, I., Armijo Castro, F. El azufre en las aguas mineromedicinales: aguas sulfatadas y aguas sulfuradas. En: Armijo Valenzuela M, San Martín Bacaicoa J. Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Madrid: Ed Complutense 1994: pp. 241-257
12. Meijide Failde R. Afecciones broncopulmonares y ORL. En: Sarria A, Hernández A. Técnicas y tecnologías en hidrología media e hidroterapia. Madrid: AETS 2006: p. 80.

13. Carbajo JM, Maraver F. Sulphurous Mineral Waters: New Applications for Health. Evid Based Complement Alternat Med 2017. Disponible en: (<https://doi.org/10.1155/2017/8034084>).
14. San Martín Bacaicoa J. Crenotecnia. En: Armijo Valenzuela M, San Martín Bacaicoa J. Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Madrid: Ed Complutense 1994: pp. 197-215
15. Berioli ME. Crenoterapia en otorrinolaringología. Bol Soc Hidrol Med 1995; X, 2: 67-74.
16. Artmann C, Pratzel G. Einfluß von Schwefelwasserstoffbädern auf das Immunsystem des Menschen. Schwefel in der Medizin. 1^o Internationales Symposium; 1990. Mai 10-12; bad Nenndorf. Germany.
17. Pratzel G. Acción de las aguas mineromedicinales. Efectos generales de las aplicaciones tópicas. Conferencia magistral pronunciada en el congreso de la SEHM en 1992, celebrado en el balneario Hervideros de Cofrentes (Valencia). Bol Soc Esp Hidrol 1993; VIII: 33-38 [y publicada en el boletín de la SEHM].
18. San José Arango C. Hidrología médica y terapias complementarias. Sevilla: Universidad de Sevilla 1998.