

## **Geología, Hidrogeología y Protección del Balneario Cervantes de Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real)**

JUAN IGNACIO PINUAGA ESPEJEL Y ANTONIO RAMIREZ ORTEGA\*

*Instituto Geológico y Minero de España (IGME)*

### **RESUMEN**

El balneario Cervantes se encuadra, desde el punto de vista geológico, en el extremo suroriental de la zona Centro-Ibérica del Macizo Ibérico y en sus proximidades existen varias cadenas montañosas, Sierras del Acebuche y del Águila de dirección preferente NO-SE y O-E, en las que afloran abundantes pizarras, cuarcitas y areniscas, muy tectonizadas, y algunas vulcanitas y calizas, todas ellas de edad paleozoica, separadas por depresiones rellenas de sedimentos constituidos por arenas y arcillas terciarias y cuaternarias.

El acuífero captado por el pozo principal del balneario, denominado Bilbao, está asociado a una formación de cuarzos, a veces filolianos, afectados por redes de fisuras y fracturas abiertas de dirección preferente SSO-NNE dentro de las pizarras ordovícicas, que fueron explotados en antiguas minas de antimonio.

Sus aguas, procedentes de la infiltración del agua de lluvia en los afloramientos paleozoicos y terciarios mencionados, son de carácter ácido, muy mineralizadas y con un elevado contenido de anhídrido carbónico de origen endógeno, que asciende a través de fracturas y fisuras y está relacionado con la actividad volcánica relictas de la zona.

Las aguas carbónicas de los pozos del balneario, denominados Bilbao y Villa Rosa, se encuentran conjuntamente protegidas en cantidad y calidad por un perímetro de protección minera de 2.308 hectáreas.

**Palabras clave:** Geología.- Hidrogeología.- Protección.

---

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

**ABSTRACT****Geology, Hydrogeology and protection of Cervantes Spa in Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real)**

Cervantes spa is situated, geologically, in the south east of Centro-Iberia Massif, and near it there are several mountains, the Acebuche and the Águila, of preferent direction North West-South East and West-East, in wich one can find a large amount of slates, quartzites and sandstones, very some volcanites and limestones, all of them from paleozoic age, separated by depressions filled with sediments made by sands and clays.

The acuifer by the main well of the spa, named Bilbao, its associated to a quartz formation, sometimes affected by fissures and fractures of preferred direction SSW – NNE, inside the ordovicis slates, exploted in the antimony old mines.

Its waters proceding from the water filtration from the rain in the mentioned paleozoic and terciary outcrops, they're acid, very mineralized and with high conteins of carbonic anhidrid originally endogenous, increasing through the brekage and fissures related to the volcanic activity of the area.

The carbonic waters of the spa wells, denominated Bilbao and Villa Rosa, are protected in quantity and quality by a mining perimeter protection of 2.308 hectares.

**Key words:** Geology.- Hydrogeology.- Protection.

**GEOLOGÍA****Estratigrafía general de la zona**

El balneario Cervantes, situado en el paraje del Salobral del término municipal de Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real), se encuadra, desde el punto de vista geológico, en el extremo suroriental de la zona Centro-Ibérica del Macizo Ibérico [1], que se extiende desde el Macizo Galaico-Portugués al noroeste de la península Ibérica hasta la depresión del Guadalquivir al sudeste.

En esa zona y en sus proximidades existen varias cadenas montañosas, Sierras del Acebuche y del Águila de dirección preferente NO-SE y O-E, en las que se encuentran abundantes pizarras, cuarcitas y areniscas, y algunas vulcanitas y calizas, todas ellas de edad paleozoica, muy tectonizadas y separadas por depresiones rellenas de sedimentos constituidos por arenas y arcillas terciarias y cuaternarias (Fig. 1).

Los terrenos paleozoicos más abundantes aflorantes en la hoja geológica de Santa Cruz de Mudela [2], principalmente hacia el sur de dicha población, pertenecen al Ordovícico y al Silúrico, y sólo existe una estrecha franja del Devónico en la Sierra del Águila.

Finalmente, en esa zona se encuentran terrenos sedimentarios del Mioceno y del Cuaternario compuestos por arcillas, arenas y gravas de facies aluvial y coluvial, que rellenan las extensas llanuras manchegas al norte de Santa Cruz de Mudela hacia Valdepeñas.

El Ordovícico está formado, en primer lugar, por un paquete de unos 100 m de cuarcitas Armoricanas del Ordovícico inferior o Arenig, que se encuentran en los crestones de las sierras de esa zona [3]. Estas cuarcitas son masivas, con diferentes tamaños de grano, de color blanco y con algunas impregnaciones ferruginosas en las fracturas.

Depositadas sobre ellas, se encuentran cuarcitas arenosas y pizarras arcillosas, de colores azulados, grisáceos y a veces verdosos, en lechos de 5 cm de espesor, teniendo todo el paquete una potencia de unos 20 m. Estos estratos pertenecientes al Arenig-Llanvir, en transición al Ordovícico medio, se les denomina «Capas Pochico».

Sobre el anterior tramo y concordante con él aparecen en primer lugar pizarras arenosas y después unas pizarras negras por contener mucha materia orgánica, muy laminadas, conocidas normalmente como «Pizarras de Librillo» y también como «Pizarras de Rio», pertenecientes al Llanvir-Llandeilo u Ordovícico medio. A continuación se encuentran unas cuarcitas alternando con pizarras y areniscas, que pertenecen al Caradoc u Ordovícico superior.

A continuación existe un tramo de dolomías y calizas arrecifales, que a veces contiene galena y blenda, que puede alcanzar una potencia de unos 20 m. Finalmente se encuentran unas pizarras verdes y negras de grano muy fino. Estos últimos estratos pertenecen al Ashgill u Ordovícico superior.

El Silúrico inferior o Llandovery está formado por cuarcitas blancas con nódulos de oxi-hidróxido de hierro de unos 40 m de espesor, cubiertas por pizarras y algunas intercalaciones de vulcanitas básicas. Después se encuentra de nuevo unas cuarcitas muy compactas de grano fino y color gris claro.

El Devónico sólo aparece en una estrecha franja de 200 a 500 m de anchura y de dirección N 110° E, que comienza a unos 6 km al sur de Santa Cruz de Mudela hasta alcanzar un recorrido de 12 km en las proximidades de Castellar de Santiago. La rocas que pertenecen a este periodo están constituidas por una gran variedad de pizarras, alternando con areniscas, cuarcitas y rocas volcánicas, y también una caliza espática de color gris teñida frecuentemente con oxi-hidróxido de hierro.

El Terciario rellena las depresiones que se encuentran en la zona que se extiende desde Torrenueva, al sudeste, a Santa Cruz de Mudela, al sudoeste, y Valdepeñas al norte. En él predominan las arcillas con algunas intercalaciones arenosas, culminados en algunos sitios por un nivel calizo de unos 2 m de espesor, perteneciente al Plioceno.

Finalmente, el Cuaternario aparece con sedimentos de aluviones en el cauce del río Jabalón, con algunas terrazas a 6 u 8 m sobre el cauce actual. También existen algunas zonas con sedimentos procedentes de la erosión de las montañas colindantes, estando formados estos coluviones por bloques, cantos, gravas y arcillas.

## **Tectónica**

La tectónica que afectó a todos esos terrenos se debe a la orogenia hercínica. En ella se produjeron pliegues de dirección principal N 110° E y fallas N-S, E-O, N 40° E y N 120° E. La orogenia alpina también afectó a esta zona y se produjeron fallas de distensión, dando lugar a la existencia de depresiones en las que se depositaron detritus procedentes de la erosión de los afloramientos paleozoicos.

## **Estratigrafía local**

Los terrenos en los que se encuentra situado el balneario y también se captan sus aguas de tratamiento en los baños y de bebida, pertenecen a una gran depresión rellena de arenas y arcillas y algunos niveles de cantos poligénicos, de facies lacustre-fluvial, cuya potencia es de unos 20 m. Esta formación, datada como de la época

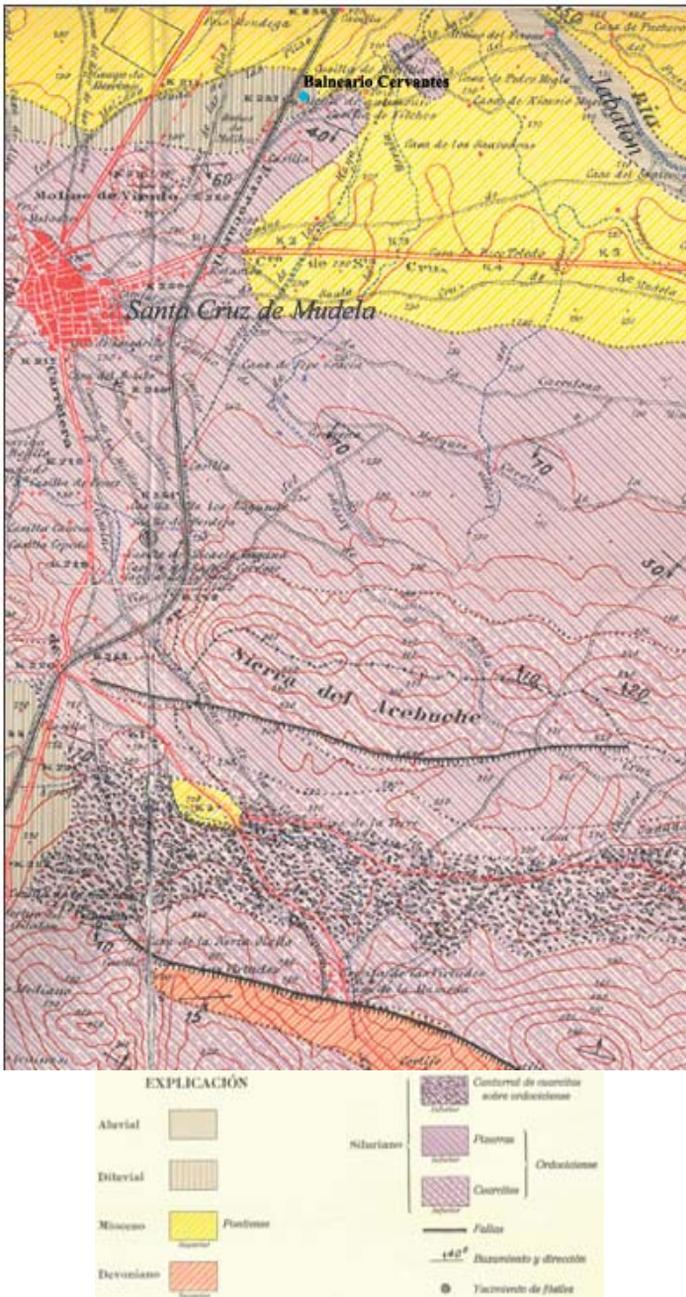


FIGURA 1. Mapa geológico (Fuente IGME).

Mio-Pliocénica, está atravesada en algunos recorridos por los cauces del río Jabalón y sus afluentes, que han depositado cantos de cuarcitas y algunos de calizas, cementados por un cemento calcáreo, y que han formado terrazas fluviales con estratificación cruzada, considerándose como pertenecientes a la serie Holoceno-Pleistoceno. También existe un extenso afloramiento, cercano al Balneario Cervantes y sobre el que se encuentra la ciudad de Santa Cruz de Mudela, compuesto por arcillas y cantos angulosos englobados en una matriz arcillosas de color pardo-rojiza del Holoceno.

Los terrenos con rocas paleozoicas más próximos al Balneario Cervantes se encuentran al Sur, a unos 3 km del mismo, aunque también se pueden observar a 1 km en el corte del terreno por el trazado de la vía del ferrocarril, donde tienen una dirección E-W y un buzamiento de 45° S, bajo los sedimentos citados anteriormente.

El paleozoico que aflora cerca del balneario y junto a Santa Cruz de Mudela está formado por las denominadas Pizarras de Río, constituidas por pizarras grises y negras con algunas intercalaciones areniscosas, con una potencia máxima estimada de unos 700 m, que pertenecen a la serie Llanvir-Llandeilo u Ordovícico Medio.

En el cerro Molino de Viento situado entre el Balneario Cervantes y la población de Santa Cruz de Mudela se encuentran cuarcitas silúricas, denominadas de Criadero y pertenecen a la serie Llandovery, utilizadas en su día para balasto. Estas cuarcitas estratificadas en niveles de decímetros a metros se encuentra depositada sobre el nivel anterior de Pizarras de Río y están rodeadas por arcillas y cantos del Holoceno.

Finalmente, entre los terrenos próximos al balneario, se encuentra al noroeste un afloramiento de calizas lacustres, que forman varias mesas de unos 2 m de espesor, pertenecientes al Plioceno.

### **Estratigrafía Local del Balneario**

El terreno sobre el que se encuentran construidos los edificios del Balneario Cervantes y están las captaciones de sus aguas mineromedicinales, tanto las de los baños como las de bebida, están constituidos por arcillas y arenas pertenecientes al Mioceno-Plioceno, depo-

sitadas por corrientes fluviales sobre la depresión que existe en esa zona y de las pizarras del Ordovícico, de unos 20 m de espesor.

Al noroeste de esta zona existe una formación calcárea, que cubre los anteriores sedimentos y forma una pequeña meseta de origen lacustre de edad pliocénica.

La población de Santa Cruz de Mudela se encuentra sobre terrenos cuaternarios del Holoceno, constituidos por depósitos de cantos angulosos dentro de una matriz arcillosa, de facies coluvial procedentes del arrastre de restos de rocas descompuestas por la alteración meteórica de las rocas situadas en laderas montañosas próximas: al Sur, la Sierra del Acebuche, cuyas cumbres sobrepasan los 800 m y llegan alcanzar los 891 m en el Pico de Pedroflor, y entre la población y el balneario, el monte denominado La Cabezuela o Molino de Viento, que alcanza una cota de 814 m s.n.m.

## HIDROGEOLOGÍA

La zona de Santa Cruz de Mudela está encuadrada entre las Unidades geológicas «Montes de Toledo-Campos de Calatrava» y «Sierra Morena» y, a su vez, desde el punto de vista hidrogeológico, en las proximidades de las Unidades de la Mancha Occidental (04.04) y Campos de Montiel (04.06) en la cuenca del Guadiana, y de la de Sierra de Cazorla (05.01) y nuevamente Campos de Montiel (05.99) en la del Guadalquivir.

Sus aguas superficiales drenan, principalmente, hacia la cuenca del Guadiana, por la que discurre, a unos 2 km al norte del balneario, el río Jabalón, afluente del Guadiana, y en el sector meridional hacia la del Guadalquivir, cuya red hídrica está representada por un conjunto de pequeños arroyos, entre los que cabe destacar el Arroyo Somero. La divisoria de aguas entre ambas cuencas serpentea por una zona de escaso relieve entre Almuradiel y Castellar de Santiago, en la franja sur.

La red de drenaje está controlada por la estructura (control li-toestructural y fracturas) y en ella no se localizan zonas clasificadas como húmedas ni espacios protegidos. No obstante, en las proximi-

dades del balneario y al otro lado de la vía del ferrocarril existen dos pequeñas lagunas artificiales, ubicadas en antiguas excavaciones de arcilla, junto con una balsa de agua generada en la actual explotación de arcillas por Rústicos La Mancha, S.A., y otra balsa de agua al sudeste del balneario en la explotación «Los Andaluces», que son alimentadas fundamentalmente por un acuífero somero asociado a una formación de cuarzos, a veces filolianos, dentro de las pizarras ordovícicas, explotados en antiguas labores mineras.

La zona se caracteriza por un conjunto de pizarras, esquistos y cuarcitas pertenecientes al Paleozoico, de carácter impermeable, salvo algunos asomos de rocas volcánicas y filolianas y sedimentos que forman parte de la terminación meridional de la cuenca terciaria de la Llanura Manchega-Campos de Calatrava y los depósitos recientes cuaternarios de escasos recursos hídricos. Sus descargas se producen en condiciones naturales a través de los recubrimientos pliocuaternarios permeables, situados a menor cota, fundamentalmente hacia el nordeste a través del aluvial del arroyo de la Raya.

El acuífero captado por el pozo principal del balneario, denominado Cervantes o Bilbao, está constituido por los materiales paleozoicos anteriormente mencionados, afectados por redes de fisuras y fracturas abiertas de dirección preferente SSO-NNE, produciéndose la recarga del mismo fundamentalmente por la infiltración del agua de lluvia sobre los afloramientos paleozoicos situados al sur de la zona, en la Sierra del Acebuche, que hacia el norte se ven recubiertos por materiales miopliocenos arcillosos de carácter impermeable, que condicionan la posición del nivel piezométrico y las direcciones preferenciales de flujo del agua subterránea hacia el nordeste, en sentido al río Jabalón.

Las antiguas labores mineras de extracción de antimonio realizadas en los alrededores de Santa Cruz de Mudela y de Torrenueva, que aparecía en filones dentro de las cuarcitas, pizarras y vulcanitas del Ordovícico en forma de sulfuro, es decir de estibina, y que hoy día se encuentran inactivas, le han conferido a dicho acuífero una mayor permeabilidad.

Entre ellas está, al sudoeste de la población de Torrenueva, la antigua mina San Cristóbal, consistente en un haz de filones de dirección N10-20° y N90-100°, cuya paragénesis es del tipo q-Sb,

constituida por estibina, berthierita, pirita y ocre de Sb en ganga cuarzo, y su génesis ha sido relacionada con procesos exhalativos en relación al vulcanismo del Ordovícico inferior [4].

Otra de las antiguas explotaciones mineras de antimonio, denominada «La Pilarica», se sitúa al este de Santa Cruz de Mudela y es la que da origen al Balneario Cervantes. El antiguo pozo maestro de la mina fue realizado a finales del siglo XIX y está emplazado en esquistos y cuarcitas paleozoicas, y presenta un revestimiento de mampostería y unas dimensiones rectangulares de 3,15 x 1,60 metros de sección y 40 metros de profundidad y varios niveles de galerías.

El nivel estático del agua en este pozo está a una profundidad de 18 m de su brocal y su caudal, muy constante durante las distintas épocas del año, se puede estimar, en equilibrio hidrodinámico, en unos 3,5 L/s. Sus aguas, de carácter ácido, muy mineralizadas y con un elevado contenido de anhídrido carbónico de origen endógeno en disolución, que asciende a través de fracturas y fisuras, está relacionado con la actividad volcánica relictas de la zona.

El vulcanismo del Campo de Calatrava, activo por lo menos desde el Mioceno superior y durante todo el Plioceno y Pleistoceno inferior, puede corresponder a un punto caliente, al que se asociarían una elevación tanto de la astenosfera, como de la litosfera y, finalmente, de la propia corteza. La edad de la muestra más reciente es de  $1,75 \pm 0,2$  m.a. y la más antigua de  $7,7 \pm 0,4$  m.a. [5]. Asimismo, este vulcanismo se asocia a un posible proceso de «rifting» abortado [6].

Los materiales volcánicos, pertenecen todos ellos a tipos ultrabásicos alcalinos, son la consecuencia de los dos tipos de erupción que han tenido lugar en el Campo de Calatrava: el tipo hawaiano y el tipo estromboliano y los «maares», que son los más frecuentes y señalan una característica de alta explosividad en las erupciones en esta zona.

Otro pozo, cuyas aguas tienen también declarada su condición de Utilidad Pública, es el llamado «Santa Elena» o «Villa Rosa» o «San Camilo», y está excavado en materiales detríticos pliocuaternarios constituidos fundamentalmente por arcillas y limos, entre los que

debe existir algún nivel arenoso o de gravas. Es un pozo poco profundo de tan sólo cuatro metros y está revestido de ladrillo. El nivel estático de sus aguas, de carácter carbónico, está a una profundidad de 1,80 metros del brocal y su caudal es inferior a 0,18 L/s, por lo que sus aguas únicamente se utiliza con fines hidropínicos y para el consumo interno del propio balneario.

### PROTECCIÓN

Las aguas carbónicas de ambos pozos, Cervantes o Mina Bilbao y Santa Elena o Villa Rosa, se encuentran conjuntamente protegidas en cantidad y calidad por Resolución de la Dirección General de Industria y Energía de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, de 29 de mayo de 2003, publicada en el Boletín Oficial de Castilla-La Mancha nº 87, de 13 de junio de 2003, mediante un perímetro de protección de 2.308 hectáreas, definido por seis vértices cuyas coordenadas rectangulares en proyección U.T.M., Elipsoide internacional de Hayford y longitudes referidas al meridiano de Greenwich, datum europeo, son las siguientes:

<u>Vértice</u>	<u>Longitud X</u>	<u>Latitud Y</u>
1	462.000	4.282.875
2	464.910	4.281.525
3	465.300	4.280.295
4	461.500	4.276.340
5	460.150	4.277.720
6	458.425	4.279.055

No obstante, la aparición de multitud de surgencias de agua carbónica en el fondo de la excavación de la explotación Rústicos La Mancha, situada al sudoeste del balneario, en la que se extraen arenas y arcillas de los materiales terciarios, y las características geológicas e hidrogeológicas generales de la zona donde se ubica el balneario, hacen aconsejable la no realización de actividades potencialmente contaminantes ni obras de captación en el área de protección, ya que las mismas podrían afectar al acuífero, al producirse intercomunicaciones entre los distintos niveles freáticos, que podrían dar lugar a una alteración de la calidad química de las aguas en

ambas captaciones del balneario y a una afección cuantitativa de estos aprovechamientos.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- (1) INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME). (1971). Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Hojas nº 61 (Ciudad Real), 17 pp. y 70 (Linares), 29 pp.
- (2) IGME. Hoja Geológica nº 838 (Santa Cruz de Mudela). E: 1:50.000, 44 pp.
- (3) IGME-COMPAÑÍA GENERAL DE SONDEOS. (inédita). Memoria Geológica de la Hoja Santa Cruz de Mudela. nº 838.
- (4) GUMIEL, P. (1983). Metalogenia de los yacimientos de antimonio de la Península Ibérica. *Tecnitarrae*, v: 54, 120 pp.
- (5) ANCOCHEA, E. (1983). Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España central. Tesis doctoral. Dpto. de petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- (6) IGME. (1984). Investigación geotérmica de la cuenca alta del Tajo-Región volcánica de Ciudad Real.

