

ESTUDIO 5

Geología, hidrología y protección de las aguas subterráneas del balneario

Title in English: *The geology, the hydrogeology and the protection of its medicinal groundwaters*

José Antonio López Geta^{1*}, Antonio Ramírez Ortega²

¹Instituto Geológico y Minero de España (IGME). ²Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia. *lopez.geta@igme.es

An. Real. Acad. Farm. Vol 81, Special Issue (2015) pp. 64-83.

RESUMEN

El balneario de la Villa de Olmedo se sitúa en el Dominio Hidromineral nº 7 Meseta Norte, uno de los diecinueve dominios identificados en España. Ese Dominio coincide prácticamente con la cuenca terciaria del río Duero y en concreto con la zona definida hidrogeológicamente como Región de los Arenales, cuyas singularidades geológicas e hidrogeológicas son las que hacen que las aguas del Balneario dispongan de una tipología especial en cuando a la composición mineralógica de sus aguas. Estos componentes mineralógicos tienen que ver con el modelo hidrogeológico del sistema, que puede asimilarse al propuesto por Toht para las grandes cuencas sedimentarias como es este caso. La calidad de las aguas aprovechadas depende básicamente de la profundidad de las perforaciones. Así, las aguas más someras van a tener una mejor calidad, y por el contrario, si cortan líneas de flujo profundas, las aguas tendrán un alto contenido en sales. En los alrededores del Balneario, las aguas presentan una conductividad eléctrica entre los 8.000 y 10.000 μScm^{-1} , y se han datado con una antigüedad de más de 1000 años (de acuerdo

ABSTRACT

Villa de Olmedo, Medical Spa is located in the Hydromineral Area number 7, North Plateau, one of the nineteen typical areas in Spain. That area practically bump into the tertiary basin of the Duero river, exactly in the hydrogeological area known as the Región de los Arenales. Its geological and hydrogeological singularities make the medical spa waters with an special kind of mineralogical composition. Its mineralogical components have to do with the hydrogeologic model which nature and characteristics can be similar to the TOHT proposal for the big sedimentary basins like these. The quality of the collected waters depends basically on the depth of the drillings and therefore on the depth that the extractions are made; namely, if the waters cut not very deep streams they'll have better quality, and, on the contrary, if they cut deep stream lines, the waters will have high content of salts, located in the medical spa surroundings, dated more than 1000 years (according to the 14C), and temperature higher than 21°C, due to the gradual geothermal in that place.

con el 14C) y una temperatura superior a 21 °C, debido al gradiente geotérmico en ese lugar.

Palabras clave: Aguas termales; balneario; salinidad y acuífero.

Keywords: Thermal waters; medical Spa; salinity; saline and aquifer.

1. EL BALNEARIO DE LA VILLA DE OLMEDO EN EL CONTEXTO DE LOS DOMINIOS HIDROMINERALES ESPAÑOLES

1.1. Introducción

Al final del siglo XX, y en estos primeros años del siglo XXI, rebrota el interés científico, social y cultural por conocer el origen de las aguas minerales y termales; así como el porqué de su presencia en ciertas zonas, de su composición mineralógica y de su temperatura especial. Entre las Instituciones que han buscado la respuesta a esas preguntas, destaca el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Organismo público creado en el año 1849 en el Reinado de Isabel II, con la función de conocer y valorar los recursos naturales, entre ellos, las aguas minerales y termales. De sus estudios de investigación, destacar el recientemente publicado, titulado, *Aspectos genéticos de las aguas minerales y termales españolas* (1), en el que se justifica científicamente la existencia en España, de una gran variedad de aguas minerales, con diferente composición físico-química, que en este estudio se han agrupado en 78 familias o facies hidroquímicas distintas (2). Estas familias de aguas conjuntamente con las características geológicas de su ámbito, se han agrupado, por primera vez en España, en 19 Dominios Hidrominerales, definidos estos como conjunto de formaciones geológicas relacionadas geográfica y estratigráficamente entre sí, que engloba materiales cuya litología y estructura permiten el almacenamiento y circulación de las aguas subterráneas con características físico-químicas similares; cuyas respectivas dimensiones, génesis geológica, y características hidrogeoquímicas resultan claramente diferenciadas (3). De estos ámbitos, es en el Dominio Hidromineral nº 7, Meseta Norte, donde se sitúa el Balneario de la Villa de Olmedo (Valladolid).

Ese Dominio coincide prácticamente con el territorio ocupado por la cuenca hidrográfica del río Duero, con una extensión en España de unos 79.000 km², lo que representa la sexta parte del territorio nacional y el mayor Dominio Hidromineral de España. En él, se distinguen dos zonas muy distintas (mapa de la figura 1): Una zona, que constituye una orla o perímetro montañoso, donde por sus morfología y régimen pluviométrico, se originan aportaciones de aguas superficiales importantes; y otra, la gran Llanura Central, que por su diversidad litológica, hidrogeológica y parámetros

hidráulicos, dan lugar a una serie de niveles productivos (acuíferos), por los que discurren aguas que proceden de la recarga natural de las lluvias, de las entradas laterales subterráneas de otras formaciones acuíferas y de la infiltración de las escorrentías de su entorno montañoso; aguas subterráneas que en determinadas condiciones, pueden ser declaradas por la Administración competente como mineromedicinales y termales, según establece la Ley de Minas de 1973. Éste es el caso del Balneario Villa de Olmedo (Valladolid).

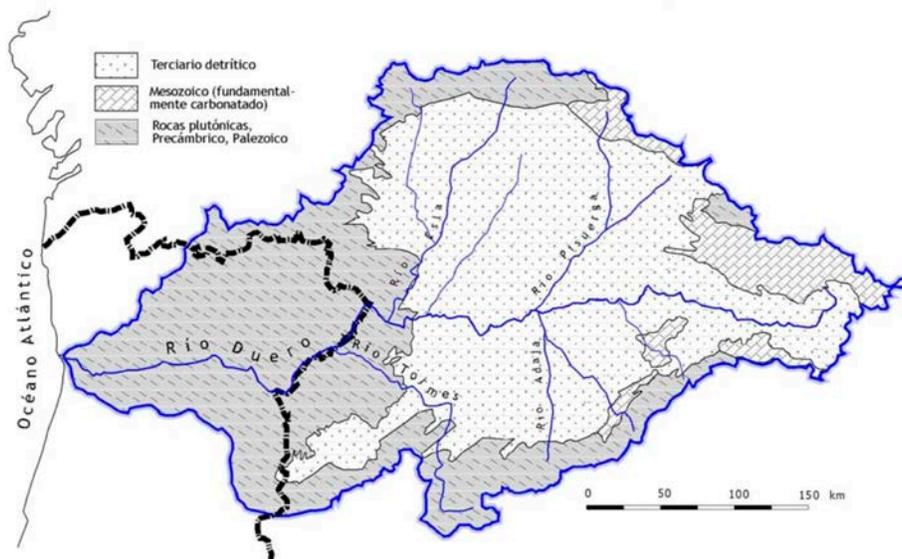


Figura 1. Esquema geológico simplificado de la Cuenca del Duero (4).

Este ámbito de la Cuenca, presenta una gran complejidad geológica (4) con diferentes tipos de rocas, que por sus caracterización hidrogeológica, como se describe posteriormente, tendrán un protagonismo especial: Unas representadas por un conjunto de rocas ígneas y metamórficas, situadas a lo largo de toda la periferia de la cuenca, con un comportamiento hidrogeológico caracterizado por la baja permeabilidad de esas rocas; otras al Sur y Suroeste, donde predominan las rocas graníticas, también de baja permeabilidad; mientras que al Norte y Noroeste, el borde de la cuenca está formado por rocas precámbricas y paleozoicas de litologías diversas, pizarras, areniscas o cuarcitas, entre otras, que localmente pueden constituir acuíferos debido a su fracturación; las formaciones calcáreas pueden ser localmente acuíferos importantes por disolución, especialmente al Este, donde afloran rocas mesozoicas que dan lugar a acuíferos importantes. En el centro, se identifica una gran extensión, el Terciario detrítico, con una topografía muy suave, con superficies planas, casi horizontales, asociadas a distintos materiales, recubiertos por depósitos calizos calizas del Páramo, rañas, conglomerados con matriz arenoso-arcillosa y los aluviales asociados a los ríos. Esta planicie está dividida, aproximadamente por la mitad, por el río Duero, siendo los afluentes de la margen derecha más largos y caudalosos

(Cordillera Cantábrica), que los de la izquierda (Sistema Central). Sin embargo, hay que destacar el escaso desarrollo hidrográfico existente motivado por la conjunción de tres circunstancias: pequeñas pendientes, materiales permeables y aportes a los cursos de agua procedentes del perímetro montañoso, donde las precipitaciones son mayores.

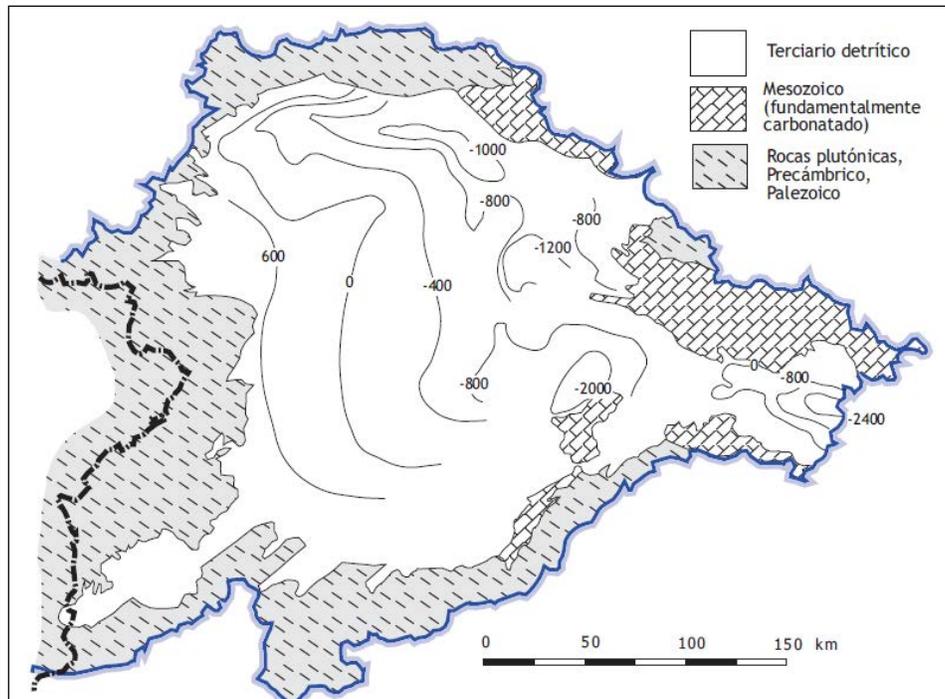


Figura 2. Línea de isobatas de la base del Terciario detrítico de la cuenca del Duero (4).

Los depósitos terciarios alcanzan grandes espesores en algunos puntos de la Cuenca como queda reflejado en el mapa de la figura 2, en el que se representa las isobatas del fondo del Terciario (4), es decir, la topografía de la base de estos sedimentos, que es a su vez el sustrato impermeable del gran acuífero detrítico. En la Región de los Arenales el espesor en general crece rápidamente desde los bordes hacia el centro, estimándose en más de 1000 m en las proximidades del eje del río Duero (4).

El registro sedimentario de la cuenca, según Alonso-Gavilán *et al.* (5), refleja cambios climáticos a lo largo de su historia, relacionados con el cambio de latitud de la península ibérica de los 30° N en el Cretácico a los 40° N en el Neógeno; con la creación de barreras montañosas alrededor, siendo más efectivas las correspondientes a los bordes norte, sur y este; y con la evolución del giro de la península ibérica de diestro a siniestro. Durante la primera etapa (Cretácico y ¿Paleógeno?) el clima fue subtropical con estación seca como lo indica la presencia de silicilidifacaciones en el borde oeste, evaporitas en el dominio meridional y sedimentación palustre de clima cálido. Durante el Paleógeno las condiciones fueron subtropicales con marcados periodos secos reflejados por la presencia de costras de

carbonato, sílice y yesos, junto a las indicaciones del registro fósil. En el Neógeno la vegetación muestra un clima preferentemente cálido con estaciones muy marcadas, en general, en toda la cuenca existiendo áreas con microclimas cálidos y húmedos.

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DEL ENTORNO DEL BALNEARIO VILLA DE OLMEDO

2.1. El modelo geológico y sedimentario

Las características de la gran Llanura Central y por ello la zona sudeste en el que se sitúa el Balneario Villa de Olmedo, está condicionada por su historia geológica más o menos reciente, que parte de que la Depresión fue un gran lago desde la época de principio del Terciario, hace unos 60 millones de años. Esta cuenca continental Cenozoica se define en el libro *Geología de España* (6) como una cuenca interplacas de evolución compleja que comenzó a definirse a finales del Cretáceo, distinguiéndose varios sectores con características tectosedimentarias propias: el sector norte, se comportó como una cuenca de antepais relacionada con la evolución alpina de la Cordillera Cantábrica, el sector oriental presenta igual relación con la Cordillera Ibérica, el sector occidental y la región limítrofe del sector sur se caracterizaron sobre todo durante el Paleógeno, por una tectónica de horst y grabens a favor de la falla SONNE y sus conjugadas, y el sector sur, margen norte del Sistema Central, se comportó durante el Oligoceno-Mioceno inferior como una cuenca de antepais. Desde entonces se fue rellenando la Cuenca de sedimentos detríticos procedentes de la erosión de las zonas principalmente montañosas que la bordean, cuyas cotas superan casi siempre los 1.000 m e incluso en algunos lugares sobrepasan los 2.000 m, siendo la altitud máxima el Pico Almanzor, en Gredos (Ávila), con 2.592 m. El subsuelo equivale a un complicado ensamble en tres dimensiones, en que formaciones detríticas de todas las granulometrías y texturas posibles, aparecen yuxtapuestas en una geometría aparentemente caótica (4). Esta disposición responde a los procesos de sedimentación que han ido rellenando la cuenca a lo largo de todo el Terciario y desde hace unos 2 millones de años por aporte de sedimentos por medio del río Duero y sus afluentes, depositando también sedimentos procedentes de la erosión de las cadenas montañosas que rodeaban la gran Cuenca del Duero y continúan actualmente así, con el aporte de aluviones y coluviones próximos a las zonas erosivas. Es decir, formada por orlas de abanicos aluviales dirigidos hacia el centro de la cuenca, desarrollándose sobre estos abanicos sistemas de fluviales de canales de tipo “braided”, anastomosados o meandriformes con llanuras de inundación marginales, instalándose en la zona central sistemas palustres y lacustres, con litologías que tienen como fuentes los bordes oeste y sur, fundamentalmente metasedimentos y granitoides

En el mapa de la figura 5, se observa que la mayor extensión de sedimentos próximos al Balneario pertenece al Mioceno medio y están formados por arcosas fangosas rojizas o gris verdosas. Estos estratos están cubiertos por margas gris verdosas del Mioceno superior. Al noreste del Balneario a unos cuatro kilómetros existe una plataforma, cuya cota alcanza los 860 m, donde en su parte alta se encuentran unas calizas y margas con la presencia de yesos. Los terrenos cuaternarios son muy variados en su distribución y en su composición, en la que coexisten aluviones de arenas y limos, formando terrazas en algunos lugares de los cauces de los ríos. Su composición suele ser de arenas de cuarzo o de cuarcitas, junto con limos y arcillas; también existen zonas de acumulación de arenas eólicas, formando dunas.

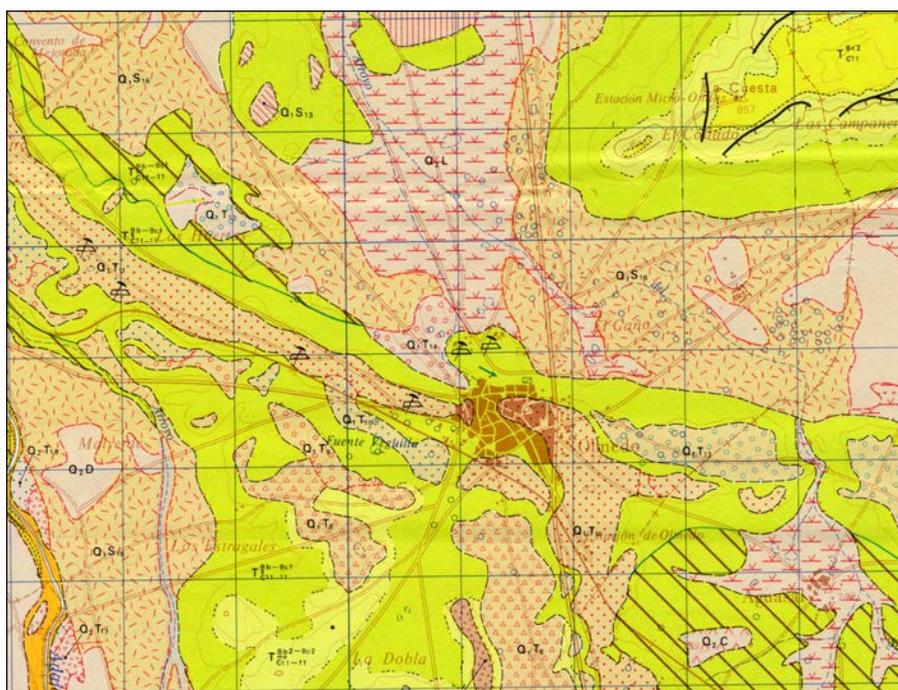


Figura 5. Geología del entorno del Balneario: Noreste, margas y calizas blanquecinas (Mioceno superior); en el entorno de Villa de Olmedo, margas gris verdosa con ostrácodos y terrazas del sistema Eresma-Adaja-Voltoya. Arcosas ocres y pardo-rojizas con gravas y cuarcitas (8).

2.2. Modelo hidrogeológico conceptual

El Balneario de la Villa de Olmedo se ubica en la Región de los Arenales (mapa de la figura 4), cuyas singularidades geológicas e hidrogeológicas son las que hacen que las aguas del Balnearios dispongan de unas tipologías especiales en cuando a la composición mineralógica de sus aguas. Esta Región hidrogeológica se sitúa al sur del río Duero, siendo sus límites, al Norte, el río Duero y la zona de Páramos, al Sur, el Sistema Central, al Oeste, los granitos de Tierras de Sayago y la Región del Tormes y al Este, el bloque granito-metamórfico de Santa María la Real de Nieva, y extendido por las provincias de Salamanca, Valladolid, Segovia y Ávila. Se desarrolla en las cuencas

medias y bajas de los ríos Cega, Eresma y Voltoya y en casi la totalidad de las cuencas de los ríos Adaja, Zapardiel, Trabancos, Guareña y Valparaíso (Figura 6).



Figura 6. El río Adaja a su paso por las proximidades del Balneario de Villa De Olmedo.

Su descripción física lo encontramos en Sánchez Román (4), Vera (6) e IGME (9). El primero de esos autores considera que con frecuencia se describe este Terciario continental como lentejones de detríticos gruesos en una matriz regional limosa arcillosa, pero en realidad no se trata de nada parecido a lentejones o capas pisciformes, aunque en un corte transversal pueda parecerlo. Si el material más grueso es un paleocanal, cortado transversalmente tiene efectivamente forma lenticular, aislada de otras similares por encima o por debajo, pero perpendicularmente al corte, en el sentido del canal, el detrítico grueso puede tener una continuidad de varios kilómetros y estar unido a otros paleocanales similares. Lógicamente, los detríticos gruesos funcionan como acuíferos y los finos (limos, arcillas, areniscas arcillosas, etc.), normalmente como acuitardos, es decir formaciones geológicas en el que el movimiento del agua a través de ella es muy lento (Figura 7). En general, desde el punto de vista hidrogeológico y del flujo subterráneo, se identifican varias zonas más o menos homogéneas, que se ha agrupado en un conjunto de acuíferos superficiales y profundos (10, 11), que responden a las siguientes peculiaridades:

-Acuíferos superficiales: Se trata de un acuífero libre de extensos depósitos de arenas cuaternarias o pliocuaternarias, cuyo espesor medio es de unos 5 m, aunque pueden superar los 20 m al sur de Cuellar y en el área de Coca-Arévalo.



Figura 7. Páramo de calizas situados al noreste del Balneario, que influye en la calidad de las aguas subterráneas someras

-Acuíferos superficiales: Se trata de un acuífero libre de extensos depósitos de arenas cuaternarias o pliocuaternarias, cuyo espesor medio es de unos 5 m, aunque pueden superar los 20 m al sur de Cuellar y en el área de Coca-Arévalo.

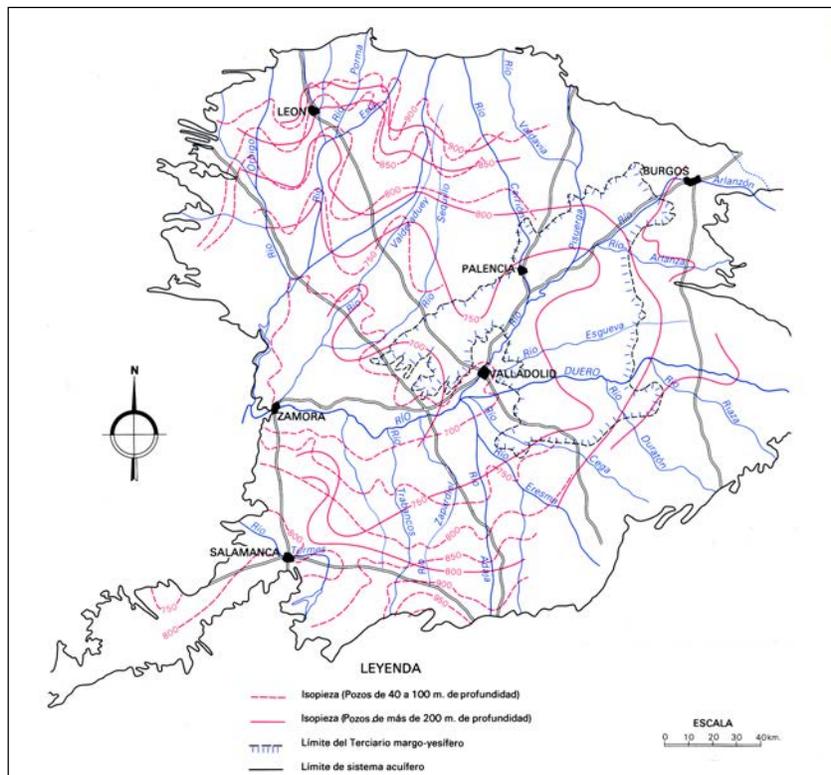


Figura 8. Niveles del agua subterránea para dos profundidades de pozos en los acuíferos del Cuenca del Duero (7).

-Acuíferos profundos: Constituidos por capas de materiales detríticos terciarios (arenas y gravas) incluidos en una matriz arcillosa-arenosa semipermeable. La mayoría de los acuíferos se comportan como semiconfinados, utilizando el inmenso almacenamiento de agua de los limos y otros materiales de baja permeabilidad, que se comportan como acuitardos, y que alimentan este acuífero.

La distribución de las diferentes litológicas en el acuífero profundo da lugar a una serie de niveles productivos con distintas cargas hidráulicas, que se han agrupado en función de la profundidad de los pozos: entre 40 m y 100 m y más de 200 m. El potencial hidráulico varía con la profundidad. En el mapa de la figura 8 se representan ambas piezometrias para toda la Cuenca que conociendo en cada situación la cota topográfica tendremos la profundidad del agua desde la superficie.

En el entorno del Balneario, las isopiezometrias se sitúan para los pozos de 40 m a 100 m, entre los 700 m s.n.m. y los 750 m s.n.m., mientras para los más profundos, se encuentra en algo menos de 750 m s.n.m. (mapa de la figura 9).

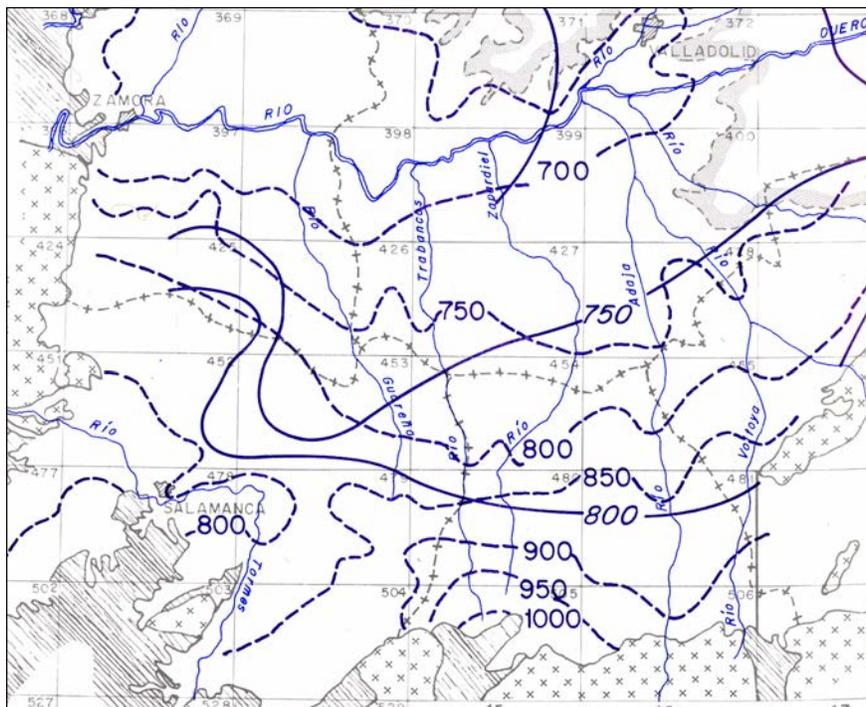


Figura 9. Detalle de los niveles de agua en el entorno del Balnearios. (11)

Hay una serie de puntos de agua en el entorno del Balnearios con más de 37 m de profundidad (Figura 10), cuyas características se recogen en la tabla 1, extraídas de la Base de Datos del IGME (www.igme.es).

Tabla 1. Profundidad del agua en algunos puntos del entorno próximo del Balneario (12)

Octante	Punto	Fecha	Profundidad pozo (m)	Profundidad agua (m)
2	0022	1978-05-06		37,30
2	0042	1985-05-23	201	38,34



Figura 10. Sondeo de aguas subterráneas, situados en el acuífero de la Región de los Arenales.

3. INFLUENCIA DEL MODELO HIDRODINÁMICO Y DE LOS MATERIALES ACUÍFEROS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL BALNEARIO

El porqué de los componentes mineralógicos en las aguas del Balneario, hay que buscarlas en las características del modelo geológico e hidrogeológico del acuífero, y del funcionamiento hidrodinámico del mismo. Este modelo, por sus características, puede asimilarse al propuesto por Toht para grandes cuencas sedimentarias como es este caso (Figura 11). A partir de las líneas de flujo y sus direcciones, se explica el porqué de la variedad de la composición química de las aguas en un acuífero. Así, se pueden encontrar flujos con largos recorridos que alcanzan grandes profundidades y flujos más superficiales con recorridos más cortos y menos profundos a través de los sedimentos. En función de ese recorrido y de las litologías de los materiales por donde las aguas han circulado, estas adquirirán una composición química distinta; y dependiendo de la profundidad alcanzada por esas aguas y del gradiente geotérmico (tres grados cada 100 metros de profundidad,

cuando responde al gradiente geotérmico natural o mayor cuando se producen ciertas anomalías, generalmente tectónicas) adquirirán una determinada temperatura.

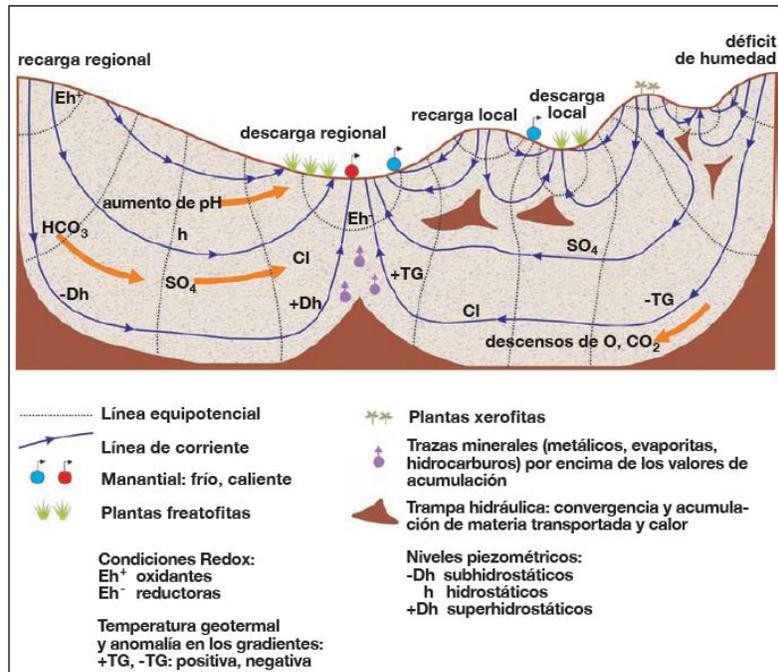


Figura 11. Modelo de Toth de funcionamiento hidrogeoquímico de una gran cuenca sedimentaria (13).

Este modelo particularizado para la Región de los Arenales se representa en la figura 12. En él se observa que el flujo subterráneo regional profundo se produce de S a N, hacia el centro de la Cuenca del río Duero como eje de drenaje principal; mientras que los flujos locales, más superficiales, tienen lugar desde las zonas de interfluvio hacia los cauces del río Eresma y Adaja. Así, la recarga en el borde Sur procedentes de las escorrentías superficiales del Sistema Central y de los aportes subterráneos laterales (acuíferos mesozoicos), y las salidas naturales próximas al río Duero, principal línea de drenaje, que conjuntamente con las líneas de flujo superficiales, que se recargan de las lluvias que caen directamente sobre el acuífero, constituyen el sistema de flujos subterráneos.

Debido a esas aportaciones hídricas y a la circulación de las aguas, se producen aguas con una composición química diversa. La existencia de depósitos evaporíticos margo-yesíferos intercalados entre los materiales detríticos que rellenan la cubeta Terciaria originan aguas cloruradas y sulfatadas con altos contenidos en sales, favorecido por el sistema de flujo tridimensional, por la potencia del acuífero detrítico, por el recorrido de los flujos de agua a través de los materiales acuíferos, por mayor tiempo de tránsito por la formación provocando una mayor disolución de las sales. Por otra parte, existen flujos locales con tiempos de permanencia y recorridos menores, donde la infiltración del agua de lluvia se produce de manera directa. Tal es el caso de los acuíferos definidos por las formaciones pliocuaternarias (rañas,

aluviales y terrazas) relacionados hidráulicamente con los acuíferos profundos subyacentes y sobre los páramos calcáreos que funcionan como acuíferos libres.

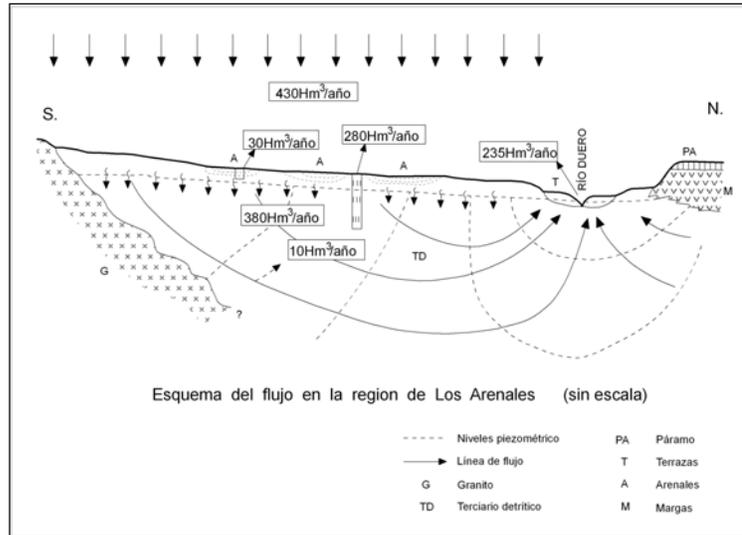


Figura 12. Esquema de flujo en la región de los Arenales, siguiendo el modelo de Toth (11).

El resultado son tres zonas con facies químicas muy diferentes (mapa de la figura 13), una al norte, en una franja que se extiende desde el oeste, con aguas cloruradas sódicas; en el centro aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas, y al este con aguas sulfatas; en el sur las aguas dominantes son las bicarbonatas cálcico-magnésicas y entre ambas, una zona con aguas muy complejas, resultante de la mezcla de aguas procedentes de flujos profundos y de más superficiales.

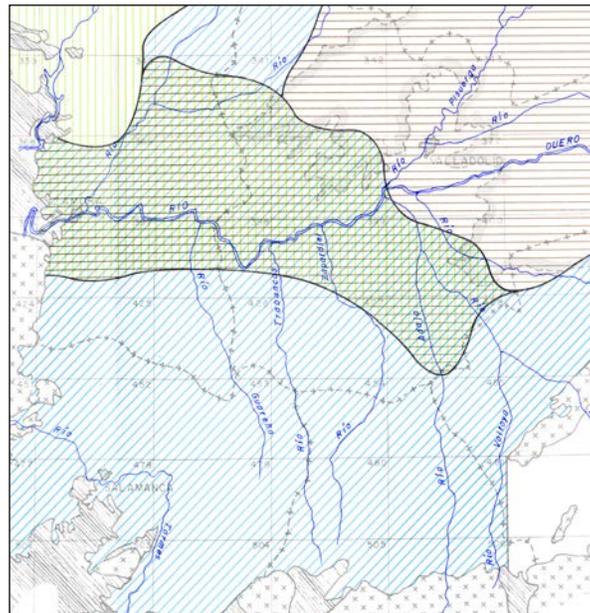


Figura 13. Tipos de aguas subterráneas en el terciario detrítico: azul, con rayas inclinadas aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas; violeta con rayas horizontales, aguas sulfatadas; líneas verdes

verticales aguas cloruradas sódicas y verde con rayas horizontales, verticales e inclinadas aguas complejas (11).

La calidad de las aguas captadas depende en gran parte de la profundidad de los sondeos y por tanto, de la profundidad a la que se realizan las extracciones, es decir, si cortan líneas de flujo profundo con aguas con altos contenidos en sales o por el contrario si cortan flujos locales con aguas de mejor calidad. En la figura 14, se representa el esquema hidrogeológico del entorno próximo al Balneario, en el que figuran las líneas de flujo más superficiales con aguas menos mineralizadas, y las profundas con un mayor recorrido, datadas con ^{14}C , en todo el acuífero, con una antigüedad superior a los 1000 años (14), muy salinizadas y facies sulfatadas, con una temperatura superior a los 21°C , debido al gradiente geotérmico.

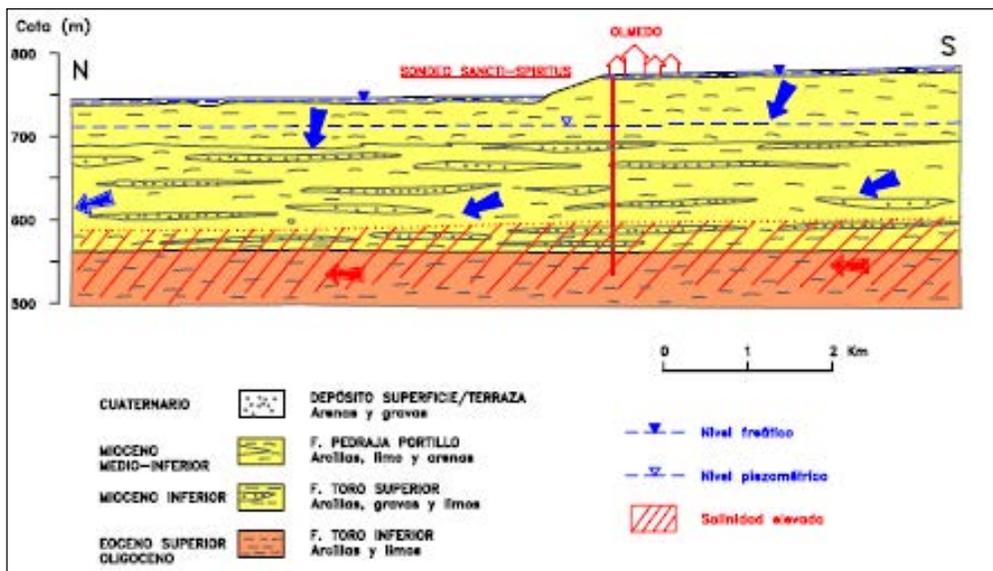


Figura 14. Esquema de detalle del ámbito del Balneario, donde se ven las direcciones de flujo en cada acuífero y la alta salinidad del agua en profundidad (15).

En el mapa de la figura 15, se refleja la mineralización de las aguas subterráneas en el terciario detrítico al sur del río Duero, mediante las líneas de isoconductividad de estas aguas, y cuya repartición coinciden con la distribución de facies, recogida en el mapa de la figura 5. Las isolíneas se han realizado a partir de los resultados analíticos de 259 puntos de agua correspondientes a pozos profundos que explotan el acuífero terciario, tomando una muestra en cada uno de ellos (16). Según dichos autores se identifican una serie de zonas con comportamiento muy diferente: una zona de máximos en torno al río Duero y en la margen derecha del río Cega (valores superiores a los $2000 \mu\text{Scm}^{-1}$) y una zona de mineralización intermedia (700 a $2000 \mu\text{Scm}^{-1}$) que abarca fundamentalmente la comarca de Olmedo, aumentando la tendencia mineralizadora hacia el NE, en lugar de ser paralela al río Duero principal drenaje de la Cuenca.

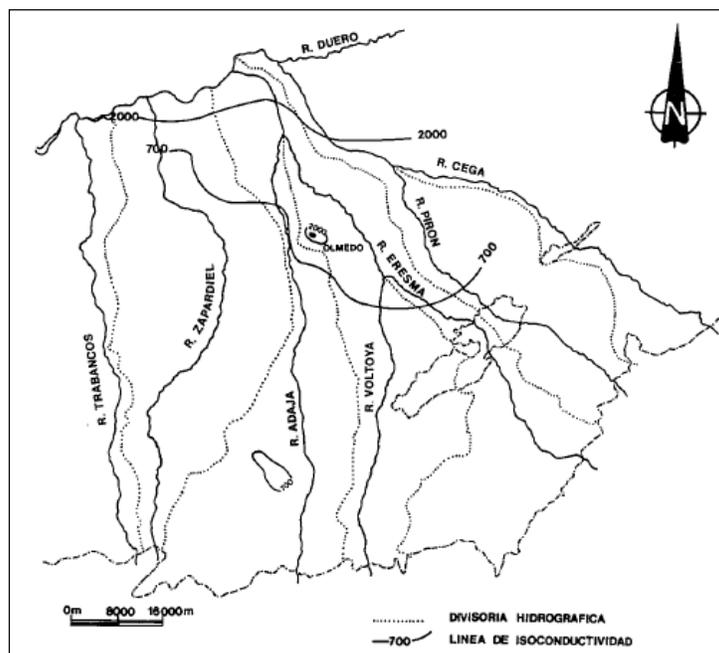


Figura 15. Líneas de isoconductividad eléctrica en μScm^{-1} al sur del río Duero (16).

Hay una clara diferencia en ambos lados del río Adaja (16). En su margen izquierda, la mineralización es pequeña siendo inferior a los $700 \mu\text{Scm}^{-1}$, solo en las inmediaciones del río Duero estas aguas alcanzan valores superiores a $2000 \mu\text{Scm}^{-1}$, incluso superiores a $6000 \mu\text{Scm}^{-1}$. Esa menor mineralización coincide con la extensa planicie. La margen derecha del río Adaja, la mineralización es más compleja, en general se observa tres zonas, una de pequeña mineralización próxima al área de recarga general, una segunda de valores intermedios inducidos por la compleja red de flujos, la topografía y las extensas zonas de descarga en las que afloran sistemas de flujo profundos individualizados o mezclados, ocasionando una gran diversidad de tipos de agua, y una tercera zona de valores máximos que corresponde a las descarga regional del acuífero, que se sitúa en el entorno del río Duero (mapa de la figura 16). En el sector nororiental, la elevada mineralización se corresponde con la influencia de los flujos procedentes de los Páramos, donde la composición margo-yesifera de las rocas coronadas por las calizas pontienses, implica una intensa elevación de la mineralización, dando lugar a altas conductividades eléctricas, como ocurre en la Comarca de Olmedo, donde se sitúa el Balneario, en él adquieren valores de más de $6000 \mu\text{Scm}^{-1}$ como es el caso del propio Balneario, que capta aguas profundas de alta salinidad como puede verse en la figura 14. En el Balneario ese valor es, según el Vademécum II de Aguas Minerales Españolas (17), de $9780 \mu\text{Scm}^{-1}$ y de $7864 \mu\text{Scm}^{-1}$ según IGME (15). En la tabla 2, se recogen algunos valores de pozos situados en el entorno de la Villa de Olmedo, y en la dirección hacia los Páramos al noreste.

Para ello se dispone del sondeo denominado Santi Spiritus, ubicado en la hoja topográfica 1:50.000. Olmedo (428) Cuadrante 2, con las coordenadas U.T.M: X: 359.435,7 Y: 4.572.300, Huso: 30N y Cota: 772 m, distante del balneario 80 m, con una profundidad de 234 m y diámetro de perforación de 500 mm. Se sitúa en la Cuenca Hidrográfica del Duero en la Subcuenca del Adaja-Cega, en el Dominio Hidromineral nº 7. Meseta Norte, en la Región de Los Arenales, en un acuífero formado principalmente por gravas y arenas, con un nivel piezométrico de 59,77 m (13/10/2003), con un caudal específico de 0,65 L/s/m, con una transmisividad de 40 m²/día y un coeficiente almacenamiento de 10⁻⁴. Fue declarado como termal y minero-medicinal, para uso terapéutico, por orden de 9 de junio de 2005 y publicado en el BOE, nº 51 de 1 de enero de 2006, con un caudal de 15 L/s.

Dispone de un perímetro de protección aprobado con fecha 23 de junio de 2009 por resolución del Jefe del Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo en Valladolid de la Junta de Castilla y León. Cuyos vértices del perímetro con sus coordenadas se recogen en la tabla 3, así como en el mapa de la figura 17, donde se puede observar la posición del perímetro de protección de la captación que suministra agua al Balneario.

Tabla 3. Coordenadas de los vértices del perímetro de protección de la captación de las aguas del Balneario (15).

Vértices	Nº Huso	X	Y
1	30	357.000	4.572.000
2	30	359.940	4.574.020
3	30	361.260	4.572.400
4	30	360.900	4.571.300
5	30	357.000	4.569.719

Unidad	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	0-11	Limo ocre				
	11-14	Arena silíceo ocre				
Unidad de Pedraja Portillo	27-30	Arena silíceo arcilloso verde				
	30-71	Limo ocre con alguna capa arenosa				
	71-81	Arcilla limo-arenosa ocre				
	81-89	Grava y arena silíceo				
Formación Toro Superior	89-99	Limo ocre				
	99-104	Arena silíceo y grava ocre				
	104-110	Arcilla y Limo ocre				Cementación y bentonita
	110-112	Arena y grava arcilloso ocre				
	112-118	Limo ocre				
	118-132	Arena Silíceo y grava	219 mm			
	132-136	Arcilla ocre		4 mm		
	136-141	Grava areno-arcilloso				
	141-144	Arcilla ocre				
	144-148	Grava silíceo ocre				
	148-163	Arcilla ocre			155-160	
	163-165	Grava silíceo ocre				
	165-169	Arcilla ocre				Grava silíceo 3-5 mm
	169-173	Grava silíceo ocre				
	173-175	Arcilla y limo ocre				
	175-190	Grava y bloques silíceos y arcilla ocre			183-189	
	190-201	Grava arcilloso y arcilla ocre			192-201	
Formación Toro Inferior	201-234	Arcilla ocre			213-216	

Características geológicas y constructivas de la captación Santo Spiritus: (1) Profundidad captación en metros; (2) Descripción columna litológica; (3) Diámetro entubación en milímetros y material; (4) Grosor entubación en milímetros; (5) Colocación tubería puentecillo y (6) Material situado entre tubería y formación geológica.

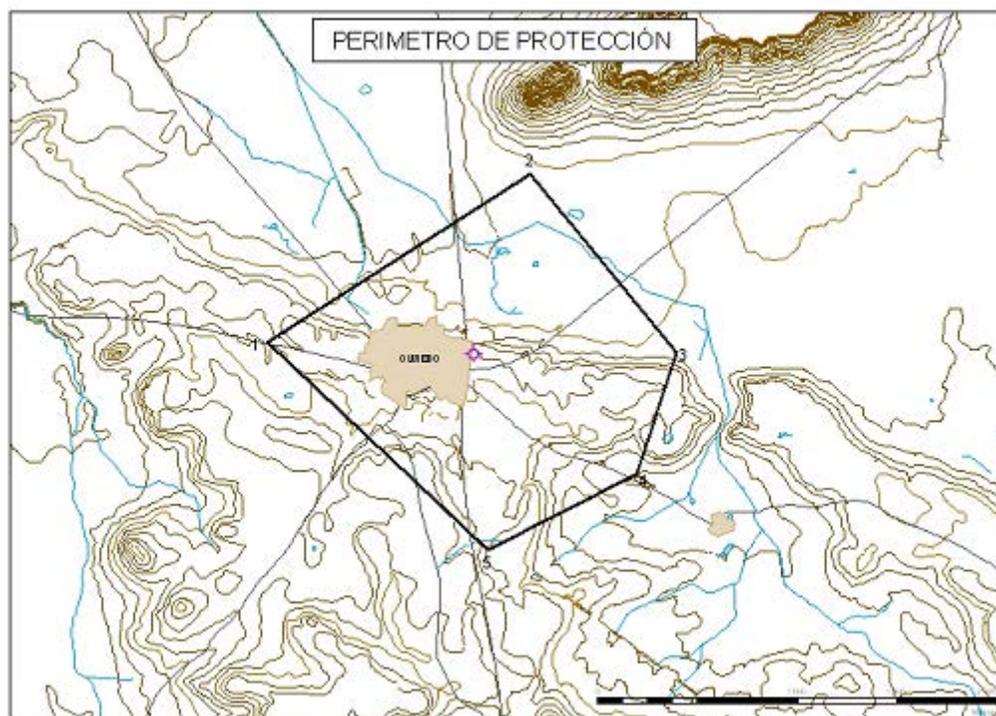


Figura 17. Situación del perímetro de protección de la captación Santo Spiritus que suministra agua al Balneario Villa de Olmedo (Valladolid) (15).

5. REFERENCIAS

1. IGME. Aspectos genéticos de las aguas minerales y termales españolas: relación entre sus características físico-químicas y la geología del entorno. Centro documentación IGME. 2007; pp 177
2. López-Geta JA, Corral Lledó MM, Abolafia de Llanos M, Sánchez Guzmán J, Sanz López Márquez B. Mapa de las características físico-químicas de las aguas minerales y termales de España. II Foro Ibérico sobre aguas envasadas y balnearios. Oporto. Portugal. 2006; pp 11.
3. Corral MM, López-Geta JA, Ontiveros Beltranena C, Sánchez Guzmán J, Ocaña Robles L.. Las aguas minerales en España: caracterización de los dominios hidrominerales y sus singularidades. En: Investigación y gestión del subsuelo. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas Nº.27. Edres: López-Geta J.A., Loredó J., Fernández Ruiz L y Pernía J.M. Instituto Geológico y Minero de España. 2008; pp 309-335.
4. Sánchez San Román. FJ. Los grandes acuíferos de la Cuenca del Duero. Congreso homenaje al Duero /Duero y sus ríos: memoria, cultura y porvenir. (Web Universidad de Salamanca. Departamento de Geología). 2006.
5. Alonso-Gavilán G, Armenteo I, Carballeira A, Corrochando A, Huerta P, Rodríguez JM. Cuenca del Duero. Geología de España (Edr. J.A.Vera). Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España. 2004; pp 884.
6. Vera, JA. Geología de España. Sociedad Geológica e Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 2004; pp 884.

7. ITGE Las aguas subterráneas en España. Estudio de Síntesis. Tomo I (Memoria) y II (Cartografía). Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 1989.
8. IGME Mapa geológico de España. Serie MAGMA. Hoja 1:50.000. Nº. 428(16-17). Olmedo1982.
9. IGME Investigación Hidrogeológica de la Cuenca del Duero. La explotación de los recursos hidráulicos en las zonas comprendidas entre los ríos Voltoya y Trabancos. Colección Informe. 1982; pp 47.
10. López-Geta JA, Del Barrio V, Vega L. Explotación de las aguas subterráneas en el Douro/ Duero: los retos de la cuenca. Congreso homenaje al Douro/Duero y sus ríos: memoria, cultura y porvenir. (Web: Universidad de Salamanca. Departamento de Geología). 2006.
11. IGME Investigación Hidrogeológica de la cuenca del Duero. Sistemas nº 8 y 12. Colección Informe. 1980; pp 75.
12. www. Igme.es (Base de datos Agua)
13. López-Geta JA, Martos Rosillo S Guía didáctica de los acuíferos del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. Volumen I. Las aguas subterráneas. Instituto Geológico y Minero de España y Diputación de Sevilla. 2011; pp 91.
14. Plata Bedman A, Pérez Zabaleta E, Moreno Sánchez J. (MMM). Evaluación de la recarga moderna de la Unidad Hidrogeológica Los Arenales usando técnicas isotópicas. Revista Ingeniería Civil.103: 131-145.
15. IGME-JUNTA DE CASTILLA LEÓN-SIEMCALSA Castilla y León. Las aguas minerales y termales. Panorámica actual y Perspectivas de futuro. Eds.: María del Mar Corral, Juan Antonio López-Geta, Carlos Ontiveros y Ricardo Rico. Instituto Geológico y Minero de España, Junta de Castilla y León y SIEMCALSA. 2010; pp 239.
16. Vega García de MT, Rey Benayas JM, Vicente Lapuente R, Sastre Merlín A, González Bernáldez F.. Hidrogeoquímica regional de un transecto arcóxico de la Cuenca del Duero. Geogaceta, 6, 1989.
17. Maraver Eyzaguirre F, Armijo Castro F. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas. Editorial Complutense. 2009; pp 343.