

ESTUDIO 5

La agrupación de balnearios de Villavieja (Castellón). Origen de sus aguas. Condicionantes geológicos e hidrogeológicos

Title in English: *Health spas Association of Villavieja (Castellón). Origin of their waters. Geological and hydrogeological area*

José Antonio López Geta^{1,*}, Bruno J. Ballesteros Navarro¹, Antonio Ramírez Ortega²

¹Instituto Geológico y Minero de España (IGME). ²Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia *jalopezgeta@gmail.com

An. Real. Acad. Farm. Vol 82, Special Issue (2016) pp. 87-107.

RESUMEN

La Agrupación de Balnearios de Villavieja, enclavada dentro del núcleo urbano de esta localidad de la provincia de Castellón, se sitúa en el sector suroriental de la comarca de La Plana. En dicho sector, coincidente con la ruptura de pendiente entre la zona llana que conforma La Plana y la montañosa de la sierra del Espadán, se encuentra una serie de manantiales y pozos con aguas de temperatura elevada y muy superior a la de zonas aledañas, circunstancia que ha permitido el aprovechamiento de alguna de estas fuentes naturales como balnearios desde la época romana. Por sus facies y alta temperatura el agua del actual Balneario presenta unas características especiales, motivo por el cual está catalogada por la legislación vigente como agua minero-medicinal y termal. Por su litología, las formaciones geológicas en el entorno de las instalaciones presentan una permeabilidad significativa que permite la circulación y almacenamiento de las aguas subterráneas. Estas formaciones tienen especial interés por la composición de sus aguas y la alta temperatura que registran en algunas zonas. Las surgencias termales de La Vilavella están relacionadas con los acuíferos de areniscas ortocuarcíticas del tramo medio del Buntsandstein y de calizas y dolomías de la base del Muschelkalk, materiales que han sido afectados por intensos procesos tectónicos. En concreto, estas manifestaciones termales están especialmente asociadas a la presencia de dos grandes fracturas o conjunto

ABSTRACT

La Villavella Health Spas Association is situated in the province of Castellón, in the township limit of La Vilavella in the Southeastern area of the Castellón plain surrounded by the township of Nules. In the connection between the plain and the mountain areas, there are several springs and some water wells, with warmer waters than the others in their surroundings. Some of these natural fountains are exploited as health spas since Roman times. The actual spa has a special quality water because of its facies and high temperature classified, by the valid legislation, as a mineral-medical and thermal water. The land lithology in the spa surroundings has an important permeability which the underground waters flow and store, making a big hydrogeological formation known as *Sistema Sierra de Espadán-Plana de Castellón*, where a series of important aquifers are placed, like the *Sierra de Espadán* very interesting for their composition and high temperature waters in some places. The aquifer is made by sandstones belonged to the medium Buntsandstein section whose natural recharge is the rain infiltration or side flow from other formations. These waters will flow through different channels depending on the faults or fractures system, ones deeper than others, meaning that some circuits are longer and deeper than others. Along that run, the waters have a different physical-chemical composition due to the contact with different lithology materials and the temperature in the

de fracturas que hundan las formaciones del macizo mesozoico varios centenares de metros bajo la llanura de la Plana de Castellón. Dichas formaciones se alimentan de manera natural por infiltración directa del agua de lluvia, que recorren caminos diferentes según sea interceptada por sistemas de fallas y fracturas de menor o mayor profundidad. En este último caso, los circuitos son más largos con tiempos de residencia también más altos, por lo que las aguas adquieren progresivamente una mayor temperatura, debido al gradiente geotérmico, y diferente composición físico-química condicionada por la litología de los materiales sobre los que transitan. Finalmente, ascienden a la superficie de forma rápida en ciertos puntos, o sectores especialmente favorables, a través de fracturas de gran entidad que minimizan, en mayor o menor grado, los procesos de mezcla con aguas más superficiales, más frías y menos mineralizadas. Todas estas circunstancias confluyen en el entorno de la localidad de La Vilavella, y son la causa de las particulares características físico-químicas de las aguas aprovechadas por su Agrupación de Balnearios.

Palabras clave: acuíferos; aguas minero-medicinales; anomalías geotérmicas; Balneario; Villavieja; La Vilavella.

geothermal gradient. These reasons fix the physical-chemical characteristics of the waters on the well-drilling exploited by the La Vilavella Spa Association, different from the natural ones that rise in other area surroundings.

Keywords: aquifers; Health Spas; Villavieja; La Vilavella; mineral-medical water; thermal water.

1. ANTECEDENTES

La Agrupación de Balnearios de Villavieja, se sitúa en el término municipal de La Vilavella (La Vilavella) en la provincia de Castellón, en concreto en el sector suroriental de la denominada Plana de Castellón. Su término municipal está rodeado por el de la vecina localidad de Nules, y el acceso al mismo se puede hacer, entre otras opciones, a través de la CV-10 y de la CV-220 (Figura 1).

La orografía de la zona permite diferenciar claramente dos sectores: una amplia franja de terreno llano situada al este del municipio, cuya superficie desciende paulatinamente hacia el mar Mediterráneo, que forma parte del sector meridional del acuífero detrítico de la Plana de Castellón; y una zona abrupta de topografía elevada localizada al oeste que configura las estribaciones de la Sierra del Espadán. En este último sector afloran materiales de edad triásica según una disposición en forma de flecha que se adentra en la Plana. A mayor o menor profundidad, estas formaciones subyacen también bajo los sedimentos granulares y arcillosos de la llanura aluvial.



Figura 1. Núcleo central de la ciudad de La Vilavella. En el centro la Iglesia y en la misma plaza se sitúa la Agrupación de Balnearios (Foto: Bruno J. Ballesteros Navarro).

En el área de contacto entre la zona llana y la montañosa se encuentra una serie de manantiales y pozos (o sondeos) con aguas de temperatura elevada, superior a la de otros del entorno próximo. Las captaciones son de poca profundidad y su temperatura viene dada, según los casos y en mayor o menor medida, por la mezcla de aguas ascensionales calientes de origen profundo con otras frías de procedencia más superficial.

Tradicionalmente algunas de esas fuentes naturales se han aprovechado desde época romana. Es el caso de la Font Calda (Figura 2 y 3), con una temperatura de 28°C, en cuyas inmediaciones se construyó el primer balneario en 1843. Posteriormente, el número de estos fue creciendo, como recoge el Dr. José Abad (1), y así en el año 1914 eran diez los balnearios activos, siendo el conocido como Hotel Cervellón el único que se abastecía de manantial (Font Calda). En el resto, el agua procedía de pozos termales, como los denominados Nuestra Señora de la Estrella, Florencio de Montlleó, San Juan Bautista, Miramar, Rosa Roca de Grao, Santa Barbara, Galofre, San José y Canónigos. El nombre de este último, según la tradición, se debe a que uno de los primeros agüistas fue un canónigo de Valencia llamado Busqui. Estos balnearios fueron declarados de utilidad pública por Orden del Gobierno de la República de 5 de marzo de 1873.



Figura 2. Fuente del manantial de la Font Calda, situada en el municipio (Foto: Juan Antonio López Geta).

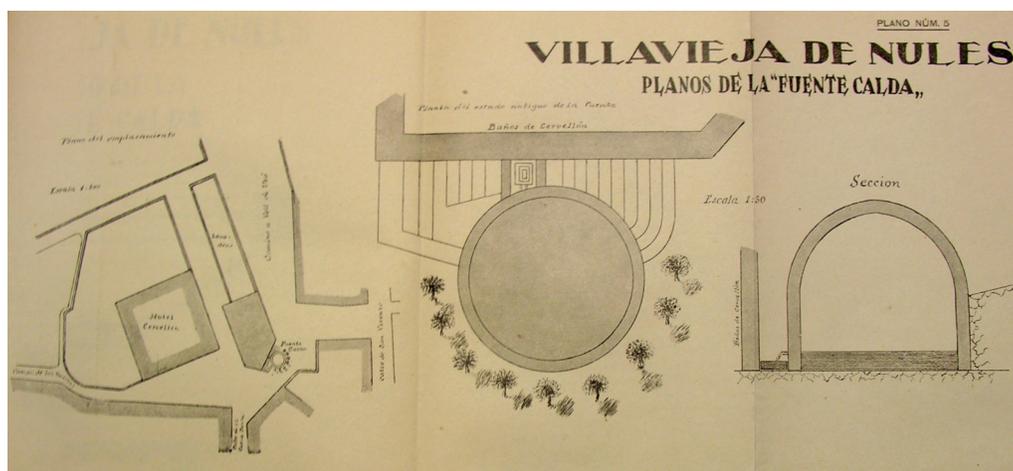


Figura 3. Croquis de la fuente construida en el manantial de Font Calda.

En 1939 los propietarios de algunas de las instalaciones balnearias, como Montlleó, Canónigo, El Cervellón, San José, Vivó y La Estrella formaron una sociedad que dio origen de la actual Agrupación de Balnearios de Villavieja, cuyas instalaciones se sitúan hoy en día en el edificio de Montlleó y sus oficinas en el edificio Canónigos, que ha dejado de ser utilizado para los baños.

El suministro de agua a la Agrupación balnearia se hace desde un pozo-sondeo localizado dentro del casco urbano de La Vilavella (ETRS89 X: 740.809, Y: 4.415.911 y Z: 19 m s.n.m.), con 12 m de profundidad y 1 m de diámetro, en cuyo fondo se encuentra un sondeo de pequeño diámetro (100 mm) con otros 20 m adicionales. La facies hidroquímica del agua es sulfatada cálcica y su temperatura del orden de 40° C.,

mientras que el caudal de explotación es de 1,5 L/s, con una profundidad del agua entorno a los 10 m (datos suministrados por la propiedad) (Figura 4).

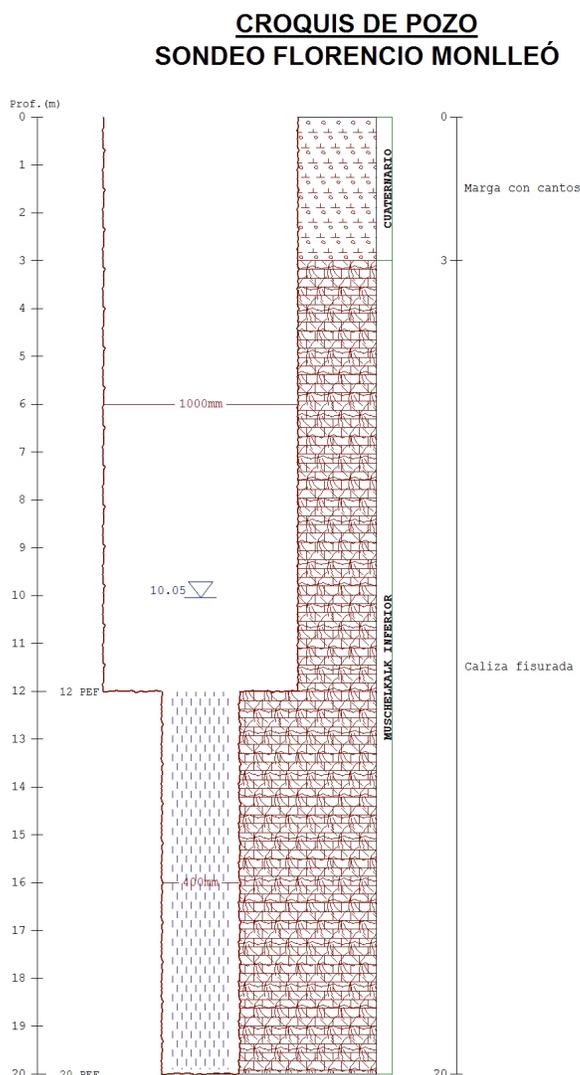


Figura 4. Croquis del pozo-sondeo que suministra agua a la Agrupación de Bañerios.

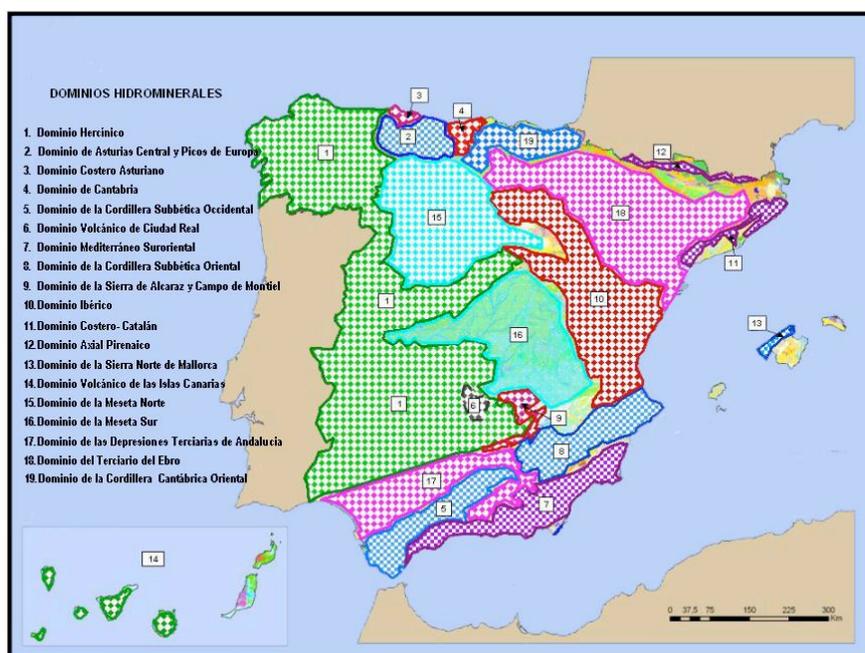
2. LAS AGUAS TERMALES DE LA VILAVELLA EN EL ÁMBITO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

La actual Agrupación de Bañerios de Villavieja dispone de unas aguas con unas características físico-químicas especiales por sus facies y alta temperatura. Estas aguas han sido catalogadas, según la legislación vigente, como aguas minero-medicinales y termales, que pueden ser aplicadas para ingestión en pequeñas cantidades, para inhalación y uso tópico.

La composición y temperatura de las aguas del Bañerío de La Vilavella responde a las características de las aguas del Dominio Hidromineral nº 10. Cordillera

Ibérica (2), ámbito geológico donde se sitúa. Este Dominio viene referenciado en el Catálogo de Dominios Hidrominerales españoles, donde se describe la gran variedad de aguas minerales existente en España. Diferencia hasta en 78 familias o facies hidroquímicas distintas (3) según su origen, composición físico-química y mineralógica, así como en función de su temperatura y la razón de su afloramiento en unas zonas geográficas determinadas.

El Dominio 10, Cordillera Ibérica (Mapa 1), abarca la amplia geografía de este ámbito geológico que se extiende desde La Rioja hasta la provincia de Castellón y, más al sur, hasta el contacto con las estribaciones orientales de las Cordilleras Béticas en Alicante. Su gran extensión es sinónimo de una gran variedad litoestratigráfica, que va desde las formaciones paleozoicas de su núcleo hasta los sedimentos neógenos que rellenan sus depresiones internas. La pluralidad de materiales característica de este Dominio –areniscas, yesos, sales y carbonatos de edad triásica y jurásica– contribuye a la gran variedad de facies hidroquímicas, entre las que se incluyen aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, cloruradas sódicas y sulfatadas cálcicas. Se observa también la presencia de ciertas anomalías térmicas, como el caso de la Agrupación de Balnearios de Villavieja, reflejo del gradiente geotérmico y de factores estructurales que potencian la temperatura por la circulación más profunda de estas aguas, con altos contenidos en sílice, flúor y arsénico.



Mapa 1. Dominios Hidrominerales definidos en la península y archipiélagos Balear y Canario (2 y 3).

Los datos disponibles ponen en evidencia la confluencia de tres modelos en el sector de La Vilavella: el geológico definido por la estratigrafía, tectónica y litología que caracterizan a este Dominio, el hidrogeológico-hidrodinámico soporte de los

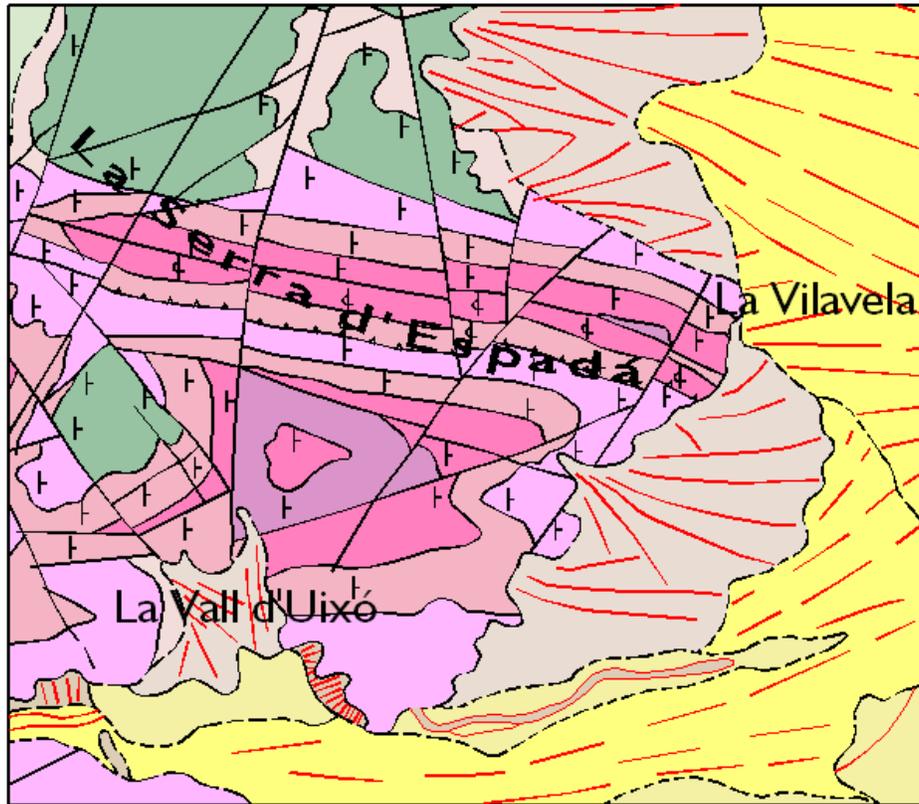
acuíferos existentes y, por último, el hidroquímico que tipifica la composición de sus aguas. La interrelación de estos tres modelos da como resultado la presencia de este tipo de aguas en lugares concretos y con unas propiedades físico-químicas determinadas.

3. MODELO GEOLÓGICO DEL SECTOR

Desde el punto de vista geológico, el municipio de La Vilavella se ubica en la confluencia de la llanura de la Plana de Castellón (Mapa 2) con la Sierra del Espadán, esta última perteneciente al extremo oriental de la Cordillera Ibérica (Figura 5), en la que la fuerte tectónica existente, representada por la abundante presencia de pliegues, fallas y fracturas en su mitad occidental, ha determinado la morfología de la zona.

Como se ha comentado, hacia el este se abre una llanura, que desciende progresivamente hacia el mar Mediterráneo, generada por la creación de una gran fosa tectónica rellena por sedimentos pliocuaternarios de carácter detrítico (PC) y espesor variable, que pueden superar en algunos sectores los 250 m. Estos depósitos ocupan la gran extensión que va desde La Vilavella hasta la costa, donde se encuentran sedimentos aluviales y conglomerados arcillosos así como algunos niveles de costras calcáreas del Pleistoceno y del Holoceno. Estos sedimentos, que presentan una gran heterometría y permeabilidad por porosidad, se sitúan mediante superficie erosiva sobre un basamento compuesto, según zonas, por formaciones detríticas de carácter arcilloso-arenoso (M) de edad terciaria, que en conjunto adquieren un comportamiento impermeable, o por las formaciones mesozoicas que afloran en la zona occidental (sierra de Espadán), de comportamiento hidrogeológico diverso.

Al oeste de la mencionada depresión tectónica, y coincidente con la ruptura de pendiente donde se ubica la localidad de La Vilavella, aparece un área de topografía abrupta con cotas superiores a 300 m que alcanza su máxima expresión en el pico de Santa Bárbara (425 m s.n.m.). Todo este macizo montañoso está compuesto por formaciones de edad triásica en facies germánica cuya génesis comienza con el depósito de arenas y arcillas en un ambiente continental configurando la denominada facies Buntsandstein. Más tarde, se produce una transgresión marina que origina una sedimentación calcárea en un ambiente nerítico, si bien se aprecian etapas de depósitos lagunares manifestadas por materiales arcillo-margosos, que da lugar a los potentes tramos carbonatados de la facies Muschelkalk. Por último, se instala un régimen lagunar que propicia la sedimentación de margas, arcillas y yesos, con alguna intercalación calcárea de poco espesor, que conforman la facies Keuper.



Mapa 2. Cartografía geológica sintética de la zona. Se observan los afloramientos de las formaciones triásicas al oeste y los sedimentos pliocuaternarios al este, así como el intenso proceso de plegamiento y fracturación sufrido por las primeras (4).



Figura 5. Relieve montañoso de la Sierra Espadán. Al fondo la Plana de Castellón y el mar Mediterráneo (Foto: Juan Antonio López Geta).

Las características esenciales de esta secuencia deposicional (Figuras 6 , 7 y 8) son las siguientes:

El Buntsandstein presenta en su base un conjunto de carácter impermeable constituido por unos 150 m de arcillitas algo apizarradas con intercalaciones de areniscas (Tb₁). A esta formación le sigue otra intermedia, con permeabilidad moderada por porosidad y fracturación, compuesta por unos 200 m de areniscas ortocuarcíticas (Tb₂). Sobre ésta se sitúan otros 200 m de arcillitas y limolitas con ocasionales niveles areniscos que se comportan como un conjunto netamente impermeable (Tb₃). El tramo final de esta formación está representado por un nivel guía típico consistente en margas versicolores bandeadas de escaso espesor (10-15 m) denominada facies Röt.

El Muschelkalk aparece en la zona bajo sus tres tramos característicos que, de muro a techo, son: 100 a 150 m de dolomías y calizas (Tm₁), 50 m de arcillas y margas de facies keuperoide (Tm₂) y otros 150 m compuestos básicamente por calizas y calizas dolomíticas (Tm₃). Los dos tramos carbonatados presentan permeabilidad variable por fisuración y karstificación, mientras que el tramo intermedio es impermeable.

Por último, el Keuper (Tk) tiene también carácter impermeable y está formado por margas y arcillas con yesos, con una potencia reducida e inferior a los 100 m.



Figura 6. La formación del Muschelkalk en las proximidades de La Vilavella, donde se observa su intensa fracturación (Foto: Bruno J. Ballesteros Navarro).



Figura 7. El tramo terminal del Buntsandstein, con su característica facies Röt, dispuesto bajo las calizas y dolomías del Muschelkalk. (Foto: Bruno J. Ballesteros Navarro).

Después de su depósito estos sedimentos son plegados y fracturados de forma muy intensa, dando lugar a la aparición de un gran antiforme de dirección aproximada este-oeste (N-110°-E), con capas verticalizadas e incluso inversiones de la serie litoestratigráfica. Los esfuerzos compresivos que dan lugar a esta estructura, ortogonales a dicha dirección, llegan a generar fallas de tipo inverso en los flancos del anticlinal y paralelas a su eje. En una etapa más tardía los esfuerzos compresivos cesan y todo el edificio mesozoico es afectado por fracturas de directriz catalánide, normalmente perpendiculares a las direcciones axiales de los pliegues (N-15°-E, N-30°-E y N-S). Algunas de estas fallas son de gran magnitud y alcanzan al basamento paleozoico, especialmente las de componente N-30°-E y N-110°-E, y están en el origen de la presencia de los fenómenos termales de la zona.

En consecuencia, todos estos procesos geológicos son los responsables de que al oeste de La Vilavella se encuentre el conjunto de materiales correspondientes a las formaciones areniscosas del Buntsandstein, a las calcáreas del Muschelkalk y a las evaporíticas del Keuper con la estructura y disposición que se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Buzamiento verticalizado de las areniscas del Buntsandstein, sometidas a una intensa fracturación que favorece la infiltración del agua de lluvia (Foto Juan Antonio López Geta).

4. MODELO HIDROGEOLÓGICO. MARCO GENERAL

Las litologías de los terrenos situados en el entorno del Balneario permiten la configuración de dos conjuntos acuíferos: El Subsistema de la Sierra de Espadán y el Subsistema de la Plana de Castellón (5).

En realidad, bajo la denominación del primero se integra un nutrido número de acuíferos de extensión y morfología muy variable, cuya característica común es la de estar constituidos por las ortocuarzitas del tramo medio del Buntsandstein, formación que presenta una moderada permeabilidad por porosidad y fracturación. Localmente, también pueden formar parte de estos acuíferos los tramos carbonatados del Muschelkalk, especialmente el inferior. La secuencia litoestratigráfica y la tectónica de la zona hace que estos sistemas hidrogeológicos tengan pequeña extensión y escasos recursos.

Con estas premisas, el Subsistema de la Sierra de Espadán se extiende entre La Vilavella y Algimia de Almonacid con una longitud de 22 km y 5 km de ancho, y está constituido por los 200 m de areniscas del tramo medio del Buntsandstein, actuando las arcillas del tramo superior como nivel de separación de las calizas y dolomías del Muschelkalk, y las del tramo inferior como sustrato impermeable. La recarga del sistema se produce por infiltración de lluvia caída directamente sobre el mismo y por aportes laterales de otras formaciones. La dirección y sentido de los flujos de agua es, en general, hacia el este, con presencia de numerosos flujos locales orientados hacia

las surgencias naturales que drenan los distintos acuíferos. Estos manantiales suelen ser permanentes pero de reducido caudal, como los de la Font de la Murta, la Font de Oliver, la Font Blanca y Font Cabres, o intermitentes, como la de Font Freda que muestra su actividad solo cuando llueve. También en este entorno se han practicado algunos pozos y sondeos que captan las formaciones triásicas saturadas, dando caudales no muy cuantiosos con diferente temperatura y composición química del agua.

Por su parte, el acuífero de la Plana de Castellón responde a un esquema totalmente diferente ya que se trata de un sistema multicapa de origen aluvial-coluvial que configura el relleno pliocuaternario de la fosa neógena. Su litología es de cuerpos tabulares y lenticulares métricos de arenas y gravas incluidos dentro de un conjunto de materiales limo-arcillosos, cuyo espesor varía entre 50 m y 250 m. Estos sedimentos descansan mediante superficie erosiva sobre materiales mesozoicos (permeables o impermeables, según las formaciones) o sobre sedimentos terciarios de muy baja permeabilidad. Su comportamiento hidrogeológico se asemeja al de un acuífero libre debido a la interdigitación de los distintos litosomas y a la conexión hidráulica entre sus tramos permeables (6). La recarga se debe a la infiltración de la lluvia y a las aportaciones subterráneas de acuíferos contiguos. En situación natural, es decir no afectada por los bombeos, el desplazamiento del flujo subterráneo es desde el interior hacia la costa. En cuanto a la composición de sus aguas, existe una gran variedad de facies hidroquímicas, si bien suelen ser sulfatadas cálcicas en las zonas interiores y cloruradas sódicas en la franja costera.

5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS

El sistema de funcionamiento hidrogeológico en el entorno de La Vilavella y del Balneario ha dado lugar a la aparición de una serie de surgencias naturales, o de aguas captadas a través de pozos y sondeos, de carácter hidrotermal. Estas manifestaciones, con sus particulares características de temperatura y composición a pesar de encontrarse muy próximas entre sí, revisten a la población de La Vilavella de un especial interés, por lo que merece ser considerada como una verdadera Estación Hidrotermal. Esta variedad tipológica se constata al comparar las características del agua de la Agrupación de Balnearios, de la de Termas Galofré, ambas con temperaturas superiores a los 40°C, y de la Font Calda, procedente del manantial del mismo nombre, cuya temperatura es del orden de 28°C. Su composición físico-química se expone en los cuadros 1, 2 y 3 (7).

Las aguas de la Agrupación de Balnearios de La Villavieja (Cuadro 1), declaradas de nuevo de utilidad pública en el año 1892 (20 de abril) (7) destacan por su elevada temperatura y alto contenido en sulfatos, siendo su facies sulfatada cálcica.

Es de resaltar la presencia de nitratos (21 mg/L) que confirmaría la existencia de procesos de mezcla con aguas de origen superficial. También se observa un contenido ligeramente elevado en cloruros y sodio que apunta al contacto de estas aguas con las evaporitas de la facies Keuper del Trías y/o keuperoides del Muschelkalk medio. El contenido en sílice es igualmente alto, como corresponde a su temperatura.

Cuadro 1. Agrupación de Balnearios de La Vilavella. Características físico-químicas del agua (4 abril 1989).

<i>Temperatura °C</i>	42,4	<i>Cond. Eléctrica (µS/cm)</i>	1.024
<i>pH</i>	7,8	<i>Residuo Seco 110°C (mg/L)</i>	1.049

<i>Aniones</i>	<i>(mg/L)</i>	<i>Cationes</i>	<i>(mg/L)</i>
<i>HCO₃</i>	168	<i>Ca⁺⁺</i>	170
<i>CO₃</i>	0,0	<i>Mg⁺⁺</i>	47
<i>Cl</i>	64	<i>K⁺</i>	14
<i>SO₄</i>	435	<i>Na⁺</i>	40
<i>NO₃</i>	21	<i>NH₄⁺</i>	0,0
<i>NO₂</i>	0,0	<i>SiO₂</i>	24,9
<i>PO₃⁴</i>	0,09	<i>Fe</i>	0,04
<i>F</i>	<0,5	<i>Mn</i>	0,034

Las aguas de la Font Calda (Cuadro 2) son de facies bicarbonatada cálcico-magnésica y destacan por su baja mineralización en general (R.S. 346 mg/L), con un contenido extremadamente bajo en sulfatos (6 mg/L). El contenido en sílice es también bastante moderado, coherente con su temperatura (28°C), y los nitratos están prácticamente ausentes. Las características reseñadas, que permiten la ingestión de estas aguas (7), orientan a una relación con la formación de areniscas ortocuarcíticas del Bunt, y a una procedencia menos profunda que las de las otras dos tipologías presentes en la zona.

Por su parte, las Termas Galofré (Cuadro 3) presentan facies sulfatada cálcica y alta temperatura, y la información disponible indica que la captación podría tener en su momento una profundidad de 36 m con un nivel estático situado a unos 20 m. (7).

Cuadro 2. Font Calda. Características físico-químicas del agua (2 marzo 1990).

Temperatura °C	28	Cond. Eléctrica (µS/cm)	562
pH	7,0	Residuo Seco 110°C (mg/L)	346

Aniones (mg/L)		Cationes (mg/L)	
<i>HCO₃</i>	245	<i>Ca⁺⁺</i>	58
<i>CO₃</i>	0	<i>Mg⁺⁺</i>	25
<i>Cl</i>	16	<i>K⁺</i>	1
<i>SO₄</i>	6	<i>Na⁺</i>	24
<i>NO₃</i>	0,03	<i>NH₄⁺</i>	0,0
<i>PO₄</i>	0,09	<i>SiO₂</i>	13,4

Cuadro 3. Termas Galofré. Características físico-químicas del agua (Septiembre 1980).

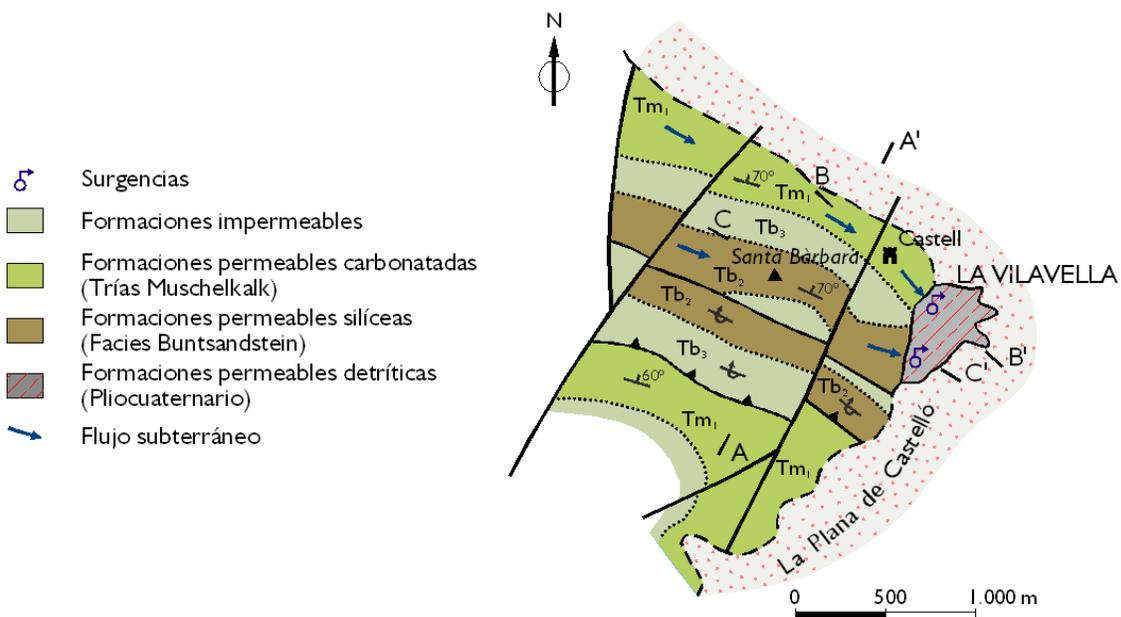
Temperatura °C	45	Cond. Eléctrica (µS/cm)	366
pH	7.3		

Aniones (mg/L)		Cationes (mg/L)	
<i>HCO₃</i>	204	<i>Ca⁺⁺</i>	336
<i>CO₃</i>	0,0	<i>Mg⁺⁺</i>	52
<i>Cl</i>		<i>Na⁺⁺</i>	56
<i>SO₄</i>	40	<i>K⁺</i>	14
<i>NO₃</i>		<i>NH₄⁺</i>	0,03
<i>NO₂</i>		<i>SiO₂</i>	34
<i>PO₄</i>		<i>Fe</i>	0,07

Como se puede constatar, en el entorno de La Vilavella existen tres tipologías de aguas perfectamente identificables, con diferencias importantes en su composición y temperatura, cuyo origen hay que buscarlo en las particularidades del modelo geológico, hidrogeológico e hidroquímico existente en la zona.

6. MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDRODINÁMICO E HIDROQUÍMICO

El modelo geológico del sector de La Vilavella pone en evidencia sus particulares condiciones geológico-estructurales, con la presencia de fallas y fracturas de gran profundidad. El modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico resultante comienza con la infiltración del agua de lluvia en el subsuelo a través de los afloramientos de las formaciones permeables que configuran los diferentes acuíferos de la sierra del Espadán: areniscas del Buntsandstein y calizas y dolomías del Muschelkalk. El agua transita por estas formaciones según un sentido general oeste-este, hasta alcanzar alguno de los dos grandes conjuntos de fracturas que definen su límite con el acuífero de la Plana de Castellón (Figura 8). Dichas fracturas provocan el sellado de los acuíferos mesozoicos en profundidad al entrar en contacto con los sedimentos terciarios impermeables subyacentes a los rellenos pliocuaternarios de la Plana, impidiendo la progresión del flujo subterráneo. Las zonas de debilidad ligadas a las fracturas facilitan al mismo tiempo el ascenso de aguas profundas y la aparición de diferentes manantiales. El esquema hidrogeológico imperante también permite que parte de estas aguas pasen a alimentar al acuífero detrítico de la Plana (Figuras 9 a 12), donde son captadas en las cercanías de La Vilavella. Dichas aguas se mezclan con las del acuífero detrítico perdiendo progresivamente su temperatura y modificando sus características físico-químicas.



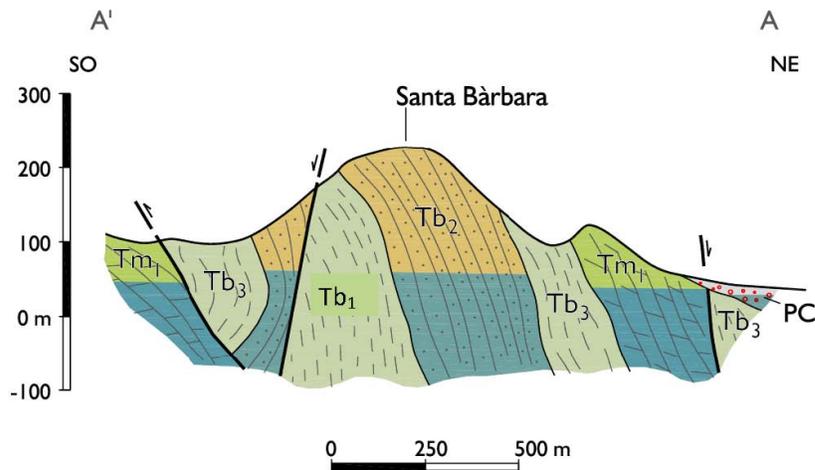


Figura 10. Corte trasversal a las líneas de flujo de los acuíferos de la Sierra Espadán. Se observa la desconexión entre las formaciones permeables del Muschelkalk y del Buntsandstein debido a presencia de la formación impermeable del tramo superior del Buntsandstein.

El tránsito del agua puede ser más o menos largo, y más o menos somero, condicionado por las características geológico-estructurales. En concreto, la existencia de fallas y fracturas de mayor o menor profundidad es el factor que determina la aparición de los distintos manantiales y surgencias con características diferentes (Figuras 9 y 10).

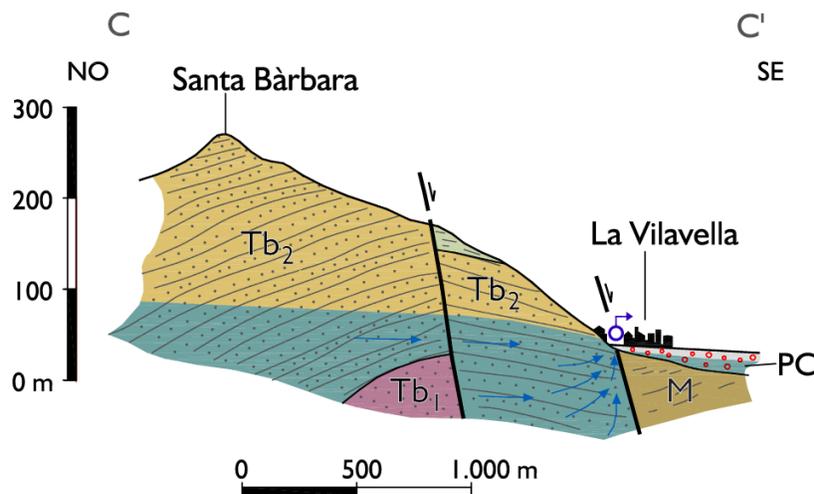


Figura 11. Corte paralelo a las líneas de flujo que muestra el mecanismo de las surgencias relacionadas con la formación acuífera del Buntsandstein.

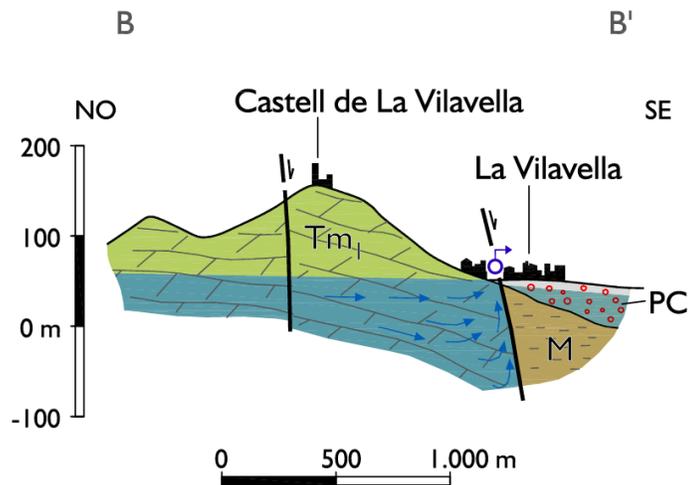


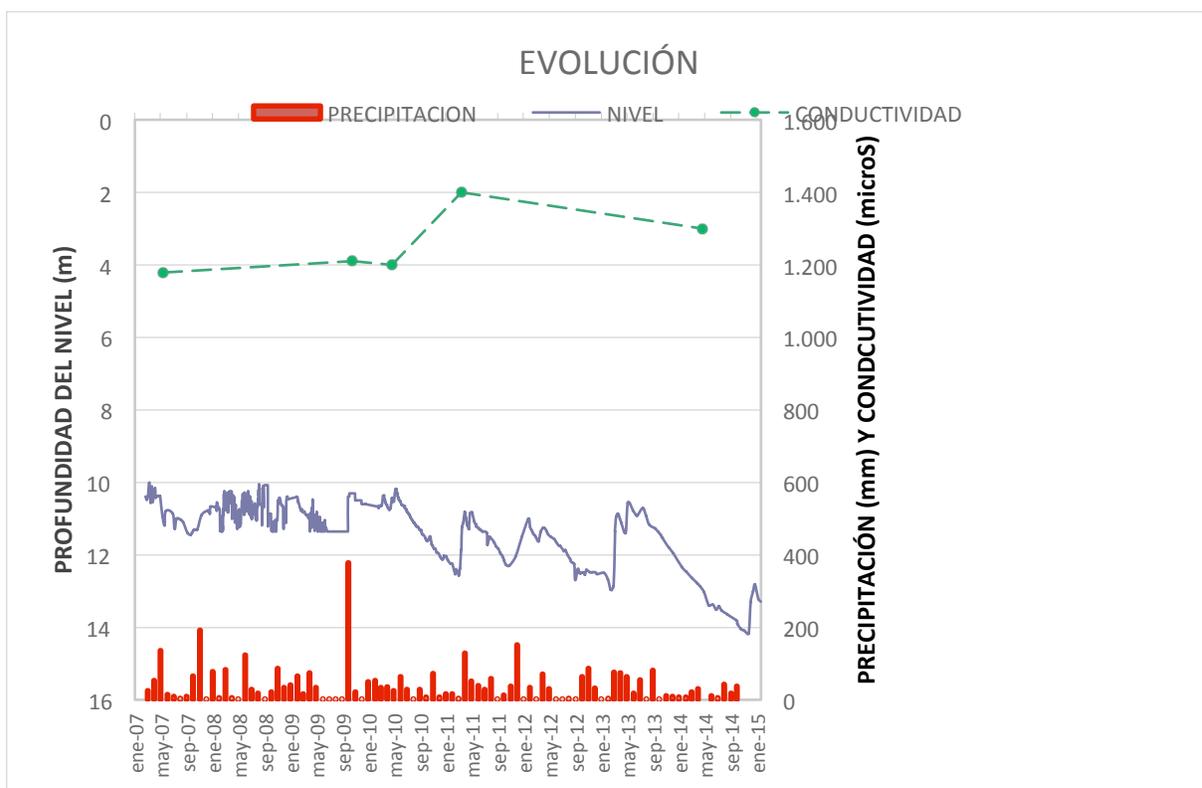
Figura 12. Corte paralelo a las líneas de flujo que muestra el mecanismo de las surgencias relacionadas con la formación acuífera del Muschelkalk.

Según el recorrido seguido por sus líneas de flujo el agua subterránea entra en contacto con diferentes litologías por lo que adquiere distinta composición físico-química (Figura 11 y 12). Por su parte, su caudal y temperatura dependerá de la profundidad finalmente alcanzada, ligada al gradiente geotérmico ($3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), y de las dimensiones de las fracturas (Gráfico 1). Eso explica las diferentes características de las aguas captadas por la Agrupación de Balnearios (facies sulfatada cálcica con elevada temperatura y salinidad), las de la Font Calda (facies bicarbonatada cálcico-magnésica con baja mineralización y temperatura) y la de Termas Galofré (facies sulfatadas cálcicas con elevada temperatura).

En la Agrupación de Balnearios el agua presenta una circulación profunda, posiblemente facilitada por la falla inversa que afecta al núcleo del anticlinal y por alguna otra no visible en superficie pero de muy probable existencia (8). A esto contribuiría también la gran fractura N- 130° -E que separa a estas formaciones del acuífero de La Plana y hunde varios centenares de metros todo el edificio mesozoico al este de la misma afectando a su zócalo. La permeabilidad de las calizas y dolomías del Muschelkalk permitirían el tránsito del agua hacia las manifestaciones termales.

La mayor profundidad de estas aguas viene avalada además por la presencia de SiO_2 en cantidades significativas (lo que supone mayor profundidad y/o mayor gradiente geotérmico). En origen esta temperatura es sin duda mayor, y podría alcanzar, según algunos estudios basados en su contenido en sílice, los 85°C (8), lo que supone que podrían proceder de profundidades superiores a los 1.000 m (incluso 1.800 m según (8)). Dado que las formaciones paleozoicas tienen escasa permeabilidad, esto implica que el agua tiene que alcanzar necesariamente dichas profundidades a través de las areniscas del Bunt. El hecho quedaría explicado por el análisis del dispositivo tecto-sedimentario de la zona, que responde a una estructura

muy verticalizada con buzamientos medios cercanos a los 75°. Esta circunstancia implica que la base de esta formación podría alcanzar profundidades cercanas a los 1.900 m. En consecuencia, los flujos en su trayectoria ascensional alcanzarían el tramo inferior del Muschelkalk (Tm_1) y llegarían a contactar con los sedimentos evaporíticos de su tramo medio (Tm_2) enriqueciéndose en sulfatos, lo que explicaría su elevado contenido en dicho compuesto.



Gráfica 1. Distribución de la lluvia para el periodo 2007-2015, profundidad del nivel del agua en el pozo-sondeo y datos representativos de su conductividad eléctrica.

Por otra parte, la presencia de NO_3 (21 mg/L) apunta a la mezcla de estas aguas con otras más frías y superficiales procedentes de la infiltración de la precipitación sobre los afloramientos del Muschelkalk existentes al oeste de La Vilavella, e incluso aportes del acuífero pliocuaternario de la Plana, que disminuirían su temperatura y modificarían su composición (8) hacia facies más sulfatadas.

En el otro extremo está el modelo hidrogeoquímico que representa la Font Calda. Esta surgencia responde a una circulación más somera y, por tanto, sometida a un menor gradiente geotérmico. El hecho queda justificado por el menor contenido en sílice y la menor temperatura de sus aguas, aunque sin obviar la posible incidencia de aguas más frías procedentes de la infiltración directa del agua de lluvia. Su baja mineralización confirmaría también su relación con el acuífero formado por las areniscas ortocuarcíticas del Buntsandstein.

7. CONCLUSIONES

Las manifestaciones termales de La Vilavella tienen su origen y están relacionadas con los acuíferos de la sierra del Espadán constituidos por los materiales permeables de edad triásica pertenecientes a las facies Buntsandstein y, en menor medida, Muschelkalk, que dan lugar a la formación de estructuras acuíferas con mayor o menor relación entre ellas. Estos acuíferos presentan reducida extensión y recursos debido a la escasa superficie de sus afloramientos, y su drenaje tiene lugar bien mediante surgencias y manantiales, o bien por transferencias no visibles hacia el acuífero detrítico de la Plana. Estas últimas se verifican a lo largo de dos grandes fracturas o conjunto de fracturas de gran salto y componente normal que hundan las formaciones mesozoicas varios centenares de metros bajo los sedimentos detríticos de la Plana. Las zonas de debilidad creadas por estos elementos estructurales, así como por fallas de tipo inverso coincidentes con los principales ejes de plegamiento, son aprovechadas por los flujos de agua profundos, que circulan a través de las formaciones permeables (Buntsandstein y Muschelkalk), para su ascenso a la superficie. Estas aguas adquieren una elevada temperatura a causa del gradiente geotérmico y disponen, al mismo tiempo, de un gran potencial hidráulico al tener su área de alimentación a cotas muy elevadas. El esquema descrito genera flujos ascensionales rápidos que están en el origen de las manifestaciones termales de La Vilavella.

En cuanto a la composición de las aguas, sus diferencias obedecen a tres factores básicos: el tipo de formación o acuífero con el que están relacionadas, la profundidad alcanzada por sus líneas de flujo y la existencia de procesos de mezcla con otras aguas de origen más superficial. Las que sólo transitan por las areniscas del Buntsandstein tienden a presentar una mineralización débil, mientras que las que lo hacen por los carbonatos del Muschelkalk presentan residuos secos más altos, consecuencia de la presencia de evaporitas en su tramo medio y también a su techo. En cuanto al segundo factor, la profundidad de procedencia del agua condiciona no sólo la temperatura sino también la posibilidad de atravesar y lixiviar las formaciones evaporíticas, con un apreciable incremento en sales minerales, especialmente en sulfatos y cloruros. Por último, la mezcla con aguas de procedencia más superficial es la responsable de la modificación en su composición hacia una menor mineralización, y también hacia una menor temperatura, tal es el caso de las aguas de la Agrupación de Balnearios.

8. CONSIDERACIONES FINALES

Muchos pueden ser los aspectos que ofrecen las aguas de la Agrupación de Balnearios de La Vilavella y que llamen la atención. De todos ellos pueden destacarse

dos, de carácter muy diferente pero coincidente en cuanto a que contribuyen a hacer del lugar un sitio de salud y de gran belleza paisajística, así como de gran interés geológico e hidrogeológico.

El primero de esos aspectos aporta, desde el punto de vista del bienestar social, la posibilidad de utilizar y disfrutar de aguas que por su composición físico-química tiene una incidencia muy positiva sobre la salud humana. Sus especiales características las hacen especialmente atractivas y valoradas para su utilización como fuente de bienestar, motivo por el cual son muchas las personas que acuden al lugar para remediar sus dolencias y mejorar su estado físico en general.

En segundo lugar, supone un atractivo científico de máximo interés al concurrir en su entorno un conjunto de formaciones geológicas con litologías muy diversas, acompañadas de unos procesos tectónicos especialmente relevantes y visibles, en los que puede identificarse fácilmente la presencia de diversos tipos de fallas y fracturas, así como de pliegues y estructuras de deformación muy intensas. El sorprendente ambiente geológico termina por configurar, además de un paisaje de gran belleza natural, un escenario hidrogeológico con manifestaciones termales de especial relevancia científica y cultural.

9. REFERENCIAS

1. Abad Monzó J. Topografía médica de Villavieja de Nules (Castellón). Valencia: Imprenta Valencianista, 1920.
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. En: II Foro Ibérico sobre aguas envasadas y balnearios. Oporto, 2006. 11 pp.
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: López-Geta JA, Loredó J, Fernández Ruiz L, Pernía JM, Eds. Investigación y gestión del subsuelo. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas N^o.27. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2008; pp. 309-35.
4. IGME. Mapa Geológico de España. INFOGEO.
5. Instituto Geológico y Minero de España. Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). 1970.

6. López Gutiérrez J, García Menéndez O, Ballesteros Navarro BJ. El origen de mercurio presente en el acuífero costero de la plana de Castellón este de España. *Boletín Geológico y Minero de España* 2010; 121, 3: 279-98.
7. Las aguas minerales en la Comunidad Valenciana. Valencia: Consejería d'Industri, Comerç i Turisme. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 1993.
8. Estudio geotérmico de las áreas de surgencia termal de La Vilavella de Nules (Castellón) y San Antón (Orihuela-Alicante). Tomo IV. Estudio Geoquímico. Memoria y anexos. Madrid: Ministerio de Industria y Energía, Comisaría de Energía y Recursos Minerales, Instituto Geológico y Minero de España, 1982.