

HIDROTERMALISMO EN LA SIERRA ESPADÁN, CON ESPECIAL REFERENCIA A LA SIMA POSOS (AZUÉBAR, CASTELLÓN)

Jesús Almela Agost (Espeleo Club Castelló)

INTRODUCCIÓN:

Hace cinco años, cuando publicamos el “*Estudio monográfico de la Sima Posos*” (Almela, 2011) nos llamó la atención la temperatura que presentaba el agua del río que circula por la cavidad, situándose ésta 2,5º C por encima de la media anual de la zona. Más tarde, leyendo el artículo sobre “*Consideraciones sobre karst y cuevas hipogénicas, con referencias al ámbito valenciano*” (Garay, 2013) donde se presentan las características y génesis de estas cuevas, se deja entreabierto que la Cova de Sant Josep (La Vall d'Uixó) presenta una anomalía geotérmica, es decir una temperatura por encima de lo esperable, que resulta ser unos 3º C por encima de la media anual del entorno.

A raíz de este detalle indicado por Policarp Garay, lo relacionamos con el caso de la Sima Posos, también ubicada en el sector meridional de la Sierra Espadán y relativamente cercana a la Cova de Sant Josep, aunque ubicada en otra unidad hidrológica. Un tiempo después contactamos con el autor de dicho artículo, quien nos recomendó el estudio que sigue a continuación, para determinar las causas de estas “anomalías geotérmicas” y detectar hidrotermalismo en Espadán.

Antes de todo es conveniente recordar unos conceptos básicos entorno a estas aguas más cálidas, muy presentes en otros territorios y que escasean en nuestra provincia. Las aguas subterráneas que descienden a través de rutas profundas o bien las que se encuentran próximas a rocas ígneas calientes, pueden reaparecer en manantiales termales de la superficie o en las cuevas. Por ello

surge el término hidrotermalismo, pues se considera que un manantial es termal cuando la temperatura del agua es de al menos varios grados más altos que la temperatura media anual de la superficie de la región. Schoeller sugirió 4º C como temperatura de corte (Schoeller, 1962). También se deben tener en cuenta las zonas de la corteza terrestre según su afección a la temperatura del agua (Fernández-Rubio, 1975). La zona de heterotermia, es la capa más externa y está afectada por los cambios de la temperatura exterior, tanto los de día-noche, como los de los periodos anuales como invierno-verano que en ocasiones presentan temperaturas muy extremas. Esta capa más externa, en las calizas está estimada entre 20 y 30 m, aunque puede ser superior, pues influye también el relieve o la abertura de la fracturas. Por debajo de ella encontramos la zona de homotermia, donde las temperaturas de las aguas subterráneas no varían y pueden estar condicionadas por el flujo calorífico endógeno. En ellas ya empieza a influir el gradiente geotérmico, alcanzando altas temperaturas a medida que avanzamos hacia el centro de la Tierra.



Fuente del Cañar (Almedjjar).

LÍMITES DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA EM- PLEADA:

A la hora de determinar hidrotermalismo en una región se debe, en primer lugar, marcar unos límites geográficos donde detectar los manantiales termales. La zona acotada corresponde a la Sierra Espadán, que constituye una unidad geológica y geomorfológica bastante homogénea respecto a las diferentes zonas montañosas de la provincia de Castellón. Está ubicada en el extremo sur de la provincia, presentando una dirección ibérica (noroeste-sureste), con un eje principal que partiendo de la Plana de Castellón, a escasos 8 kilómetros del mar, se adentra hacia el interior, alcanzando los altiplanos de Barracas ya en el linde con la provincia de Teruel.

Los límites establecidos son los siguientes: por el norte el río Mijares, desde Onda hasta Montanejos, y aquí hasta el collado Arenillas, pasando por la población de Montán hasta Benafer, y alcanzando el río Palancia antes de su paso por Viver. Por el sur el límite lo marca el río Palancia, hasta Algar del Palancia y siguiendo el límite entre las provincias de Castellón y Valencia. Por el este el linde sigue la "Plana", por las poblaciones de La Vall d'Uixó, La Vilavella, Betxí y Onda. Todo este territorio presenta una extensión de 682 km², con una longitud de 39 kilómetros de largo y una anchura de 17 kilómetros, con diferencias de altura que oscilan desde los 30 metros sobre el nivel del mar hasta 1.106 metros en el pico de la Rápita.

Los ríos Palancia y Mijares, son en mayor medida los que drenan superficialmente toda la superficie de la Sierra Espadán, existiendo entre ellos algunos de menor envergadura.

El río Mijares, por su margen derecha y en las proximidades de Montanejos, recibe al barranco de la Maimona y unos metros más abajo, al río Montán que recoge aguas desde el collado Arenillas, con aportaciones de los barrancos del Moscardor y del Pinar. Más abajo, cerca de

Cirat, recibe los barrancos de la Losa y de Cueva Honda. Ya próximo a la población de Espadilla, se le une otro importante dren, el río Chico o de Ayódar, que recoge aguas de Ayódar, Fuentes de Ayódar, Villamalur y Torralba del Pinar, teniendo el límite de su vertiente de aguas en el eje montañoso con las cumbres del Tajar, el Alto del Pinar y la Rápita. A esta cuenca pertenecen 23 fuentes, un 28% del total muestreado.

Fuera de la cuenca del Mijares, existe una importante zona que es drenada por el río Veo, recogiendo aguas de Alcudia de Veo, Sueras y Tales, para pasar posteriormente por Onda, donde pasa a denominarse Riu Soneilla. A éste se le une más abajo la rambla de Artana, que recoge aguas de Eslida y Aín. A ella pertenecen 23 fuentes, que representan un 28%. También entre el Mijares y el Palancia encontramos el Riu Belcaire que drena una pequeña zona de Alfondeguilla y La Vall d'Uixó, encontrándose en esta cuenca la conocida Cova de Sant Josep. A esta pequeña cuenca corresponden 4 manantiales, un 5% del total de la muestra.

Centrándonos ahora en el río Palancia, que recoge aguas de la vertiente sur, encontramos el barranco del Hurón que se le une por su izquierda a la altura de Viver y el del Cascajar. Más abajo se le junta la rambla de Peñarroya, que recoge aguas de Gaibiel, Matet, Pavías e Higuera, presentando diferentes afluentes como la rambla de Gaibiel.



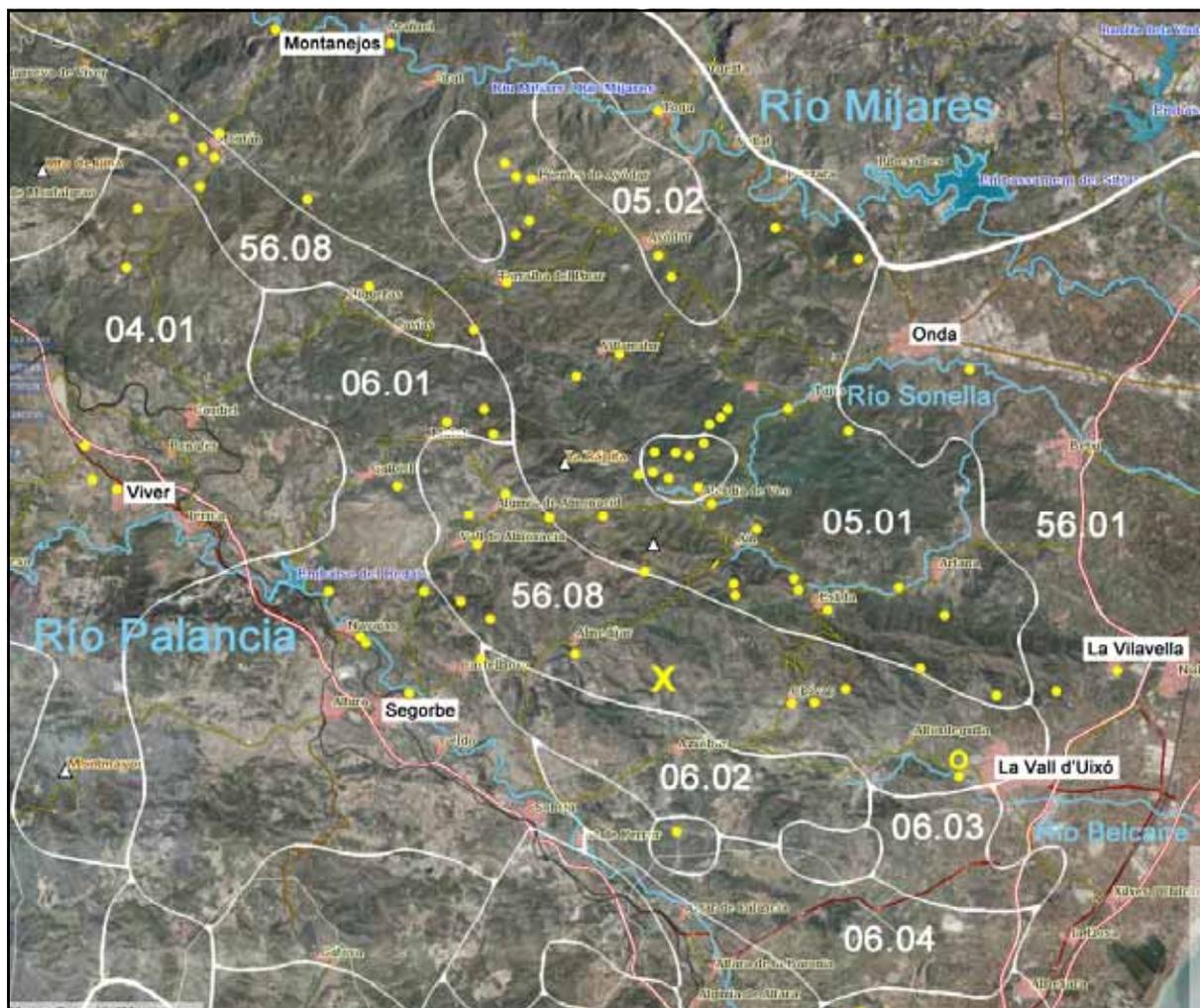
Fuente Donace (Algimia de Almonacid).

En las proximidades de Segorbe se le une el río Chico que viene de Vall de Almonacid y Algimia de Almonacid, recogiendo aguas de los picos de la Rápita y Espadán por su vertiente sur. Más abajo la rambla de Almedíjar y la de Azuébar representan las últimas aportaciones importantes de la Sierra Espadán al río Palancia, entrando ya éste en la provincia de Valencia. Las fuentes ubicadas en su cuenca son 30, y representan el 37% del total estudiado en este trabajo. De todos los ríos y ramblas nombrados son muy pocos los que llevan agua todo el año, básicamente el Mijares y la cuenca media del Palancia.

En lo referente al agua subterránea, el área de estudio se encuentra situada sobre la zona que corresponde al sistema del acuífero 56, denominado según el IGME, Sierra del Espadán-plana de Castellón-plana de Sagunto (López-Geta, 1988).

Con esta denominación se incluye un conjunto de subsistemas acuíferos ubicados en la mitad meridional de la provincia de Castellón, sector septentrional de la provincia de Valencia y extremo oriental de la de Cuenca. La red de drenaje de este sector, está constituida fundamentalmente por los ríos Turia, Mijares y Palancia, siendo este último el único de los grandes ríos que desarrolla su cuenca íntegramente en el interior del sistema. A lo largo de sus 85 kilómetros de trazado, presenta una estrecha relación con los acuíferos que atraviesa, drenándolos y alimentándolos alternativamente.

En el sector de la Sierra Espadán se ubican una serie de subsistemas como el del Palancia (56.06) y dentro de él el de Azuébar (06.03), La Vall d'Uixó (06.03), Segorbe-Soneja (06.01) y Salto del Caballo (06.04) entre otros. Por otro lado, el subsistema de



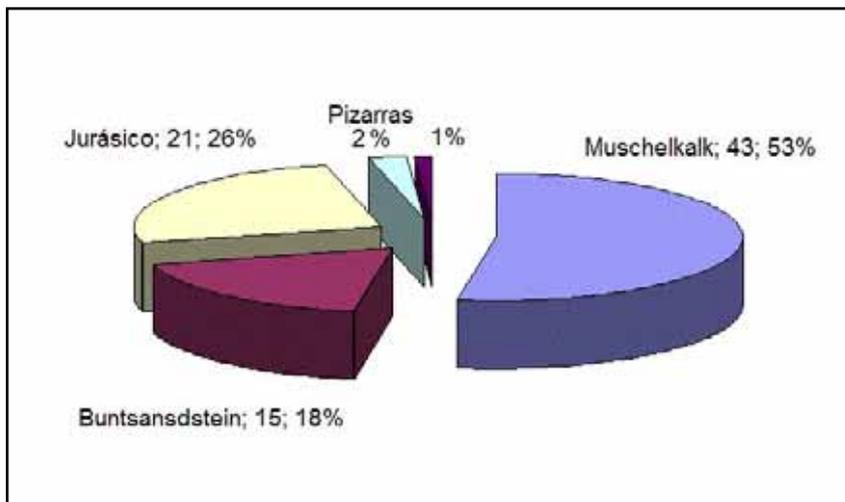
Ortofoto del visor cartográfico de la Generalitat Valenciana de la zona de la Sierra de Espadán, con la distribución de los subsistemas acuíferos, modificado de López-Geta, 1988. Los puntos amarillos corresponden a las fuentes muestreadas, la X a la sima Posos (Azuébar) y la O a la Cova de Sant Josep (La Vall d'Uixó).

Onda (56.05), con los acuíferos de Onda y Torrechiva-Sueras que abarcan la vertiente norte de la Sierra, en su límite con el río Mijares. Finalmente el subsistema Sierra Espadán (56.08), que abarca el eje de la Sierra Espadán y posee una zona más interior y otra más próxima al mar (López-Geta, 1988). Este último tramo inferior abarca las cavidades de la Sima Posos y la Cova de Sant Josep, que distan entre ellas 10,6 kilómetros. Centrándonos en este último subsistema, presenta una extensión de 20 kilómetros de longitud por unos 5 kilómetros de anchura, abarcando diferentes cuencas de drenaje superficial. De Matet a La Vall d'Uixó se configura un gran bloque dolomítico del Triásico Medio que se intercala con afloramientos Jurásicos, y por el norte con areniscas que marcan el límite. En el extremo oeste de este sector se sitúa la surgencia kárstica de Fuente Donace.

Algunos de los acuíferos representados en este sector, poseen unas características singulares bien diferenciadas del resto del territorio valenciano, denominadas dominio Triásico Espadán-Calderona, (Garay, 2008) donde destaca la presencia de algunas cavidades hídricamente activas, prácticamente ausentes en el resto del territorio. Este hecho viene determinado por la serie estratigráfica local, donde se intercala una serie de capas solubles o permeables (calizas y dolomías) con otras impermeables (margas y arcillas) que facilitan la circulación de agua subterránea. Concretamente son las calizas y dolomías del Triásico Medio las que presentan mayor interés geoespeleológico. Entre las diferentes litologías donde se asientan los acuíferos y sitúan los manantiales muestreados, destacan las siguientes:

- Triásico Medio: Calizas y dolomías del Buntsandstein.
- Triásico Inferior: Areniscas ortocuarcíticas del Muschelkalk.
- Jurásico: Calizas y dolomías del Lías-Dogger.

Un hecho curioso constatado durante los trabajos de campo en algunos manantiales, principalmente de la cuenca del Palancia, fue que el agua aflora de la toba calcárea depositada por encima de la roca donde se desarrolla el acuífero.



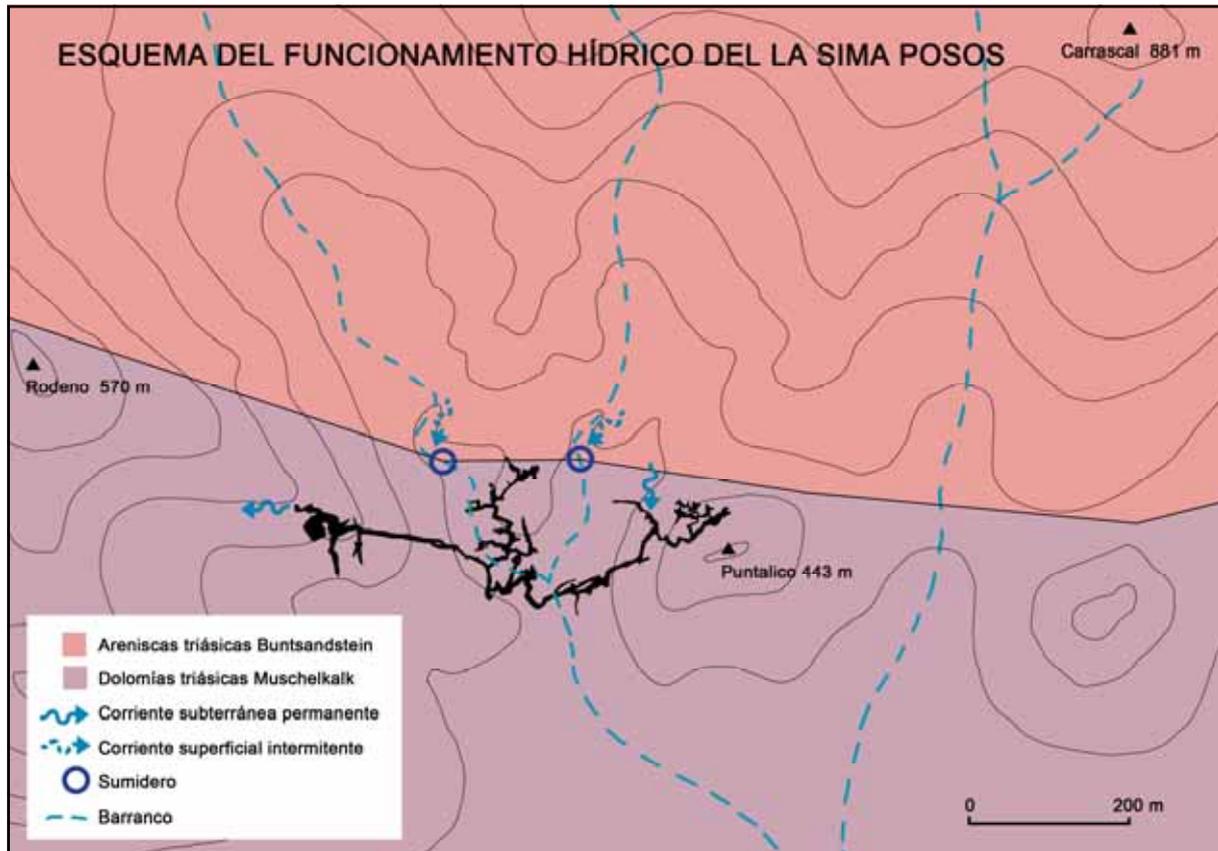
Distribución de los manantiales según la litología donde se instalan.

Para medir la temperatura del agua se empleó un Thermojack, termómetro digital con sonda, que ofrece una precisión en sus lecturas de 0,1° C y con un rango de muestreo de -40°/+250° C. Para medir la conductividad se ha empleado el modelo EC-3, de HM digital. Este factor analizado de la conductividad, es la capacidad del agua para conducir la electricidad, está producida por los electrolitos que lleva disueltos el agua, y depende del medio por el que pase el agua y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales. En el ámbito de la Sierra Espadán, la conductividad es baja para el agua que aflora o atraviesa los materiales areniscos y suele ser más elevada para rocas carbonatadas (Morell, 1992).

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA KÁRSTICO DRENADO POR LA SIMA POSOS:

La Sima Posos, con sus características actuales, fue presentada en el año 2001, a raíz de unos trabajos de catalogación en el término municipal de Azuébar (Ramos, 2001). Desde aquel año la cavidad ha experimentado importantes descubrimientos, alcanzando una red activa que a fecha de hoy representa la cavidad subterránea, de origen natural, con mayor desarrollo de la provincia de Castellón y la segunda de la Comunidad Valenciana, con sus 3.320 metros explorados.

La cavidad está constituida por una red de drenaje instalada en un acuífero dolomítico, donde se combinan las escorrentías subterráneas y superficiales, siendo estas últimas de tipo estacional y respondiendo ante fuertes precipitaciones. Por su ubicación respecto al paisaje exterior y a las características de las galerías conocidas, el sistema kárstico de Posos aparenta corresponder a las cabezas o zona de absorción de la unidad de



Ubicación de la cavidad dentro de su enclave geológico, en una zona de contacto entre diferentes materiales.

drenaje. Esta hipótesis viene respaldada por su enclave geológico, al desarrollarse en el límite de las rocas insolubles, proporcionando éstas una alimentación proveniente de las corrientes superficiales que se introducen en el sistema. La cavidad se estructura sobre una galería con tendencia este-oeste, representando el curso activo principal que es alimentado por aguas subterráneas de un origen más profundo, con un caudal en estiaje de 0,45 l/s. Durante las crecidas, este caudal puede alcanzar incluso los 50 l/s. Anexas a esta galería principal, existen algunas galerías fósiles y en estado decadente, con salas de colapsos y chimeneas ascendentes que alcanzan un desnivel positivo de +35 metros sobre el nivel de la entrada.

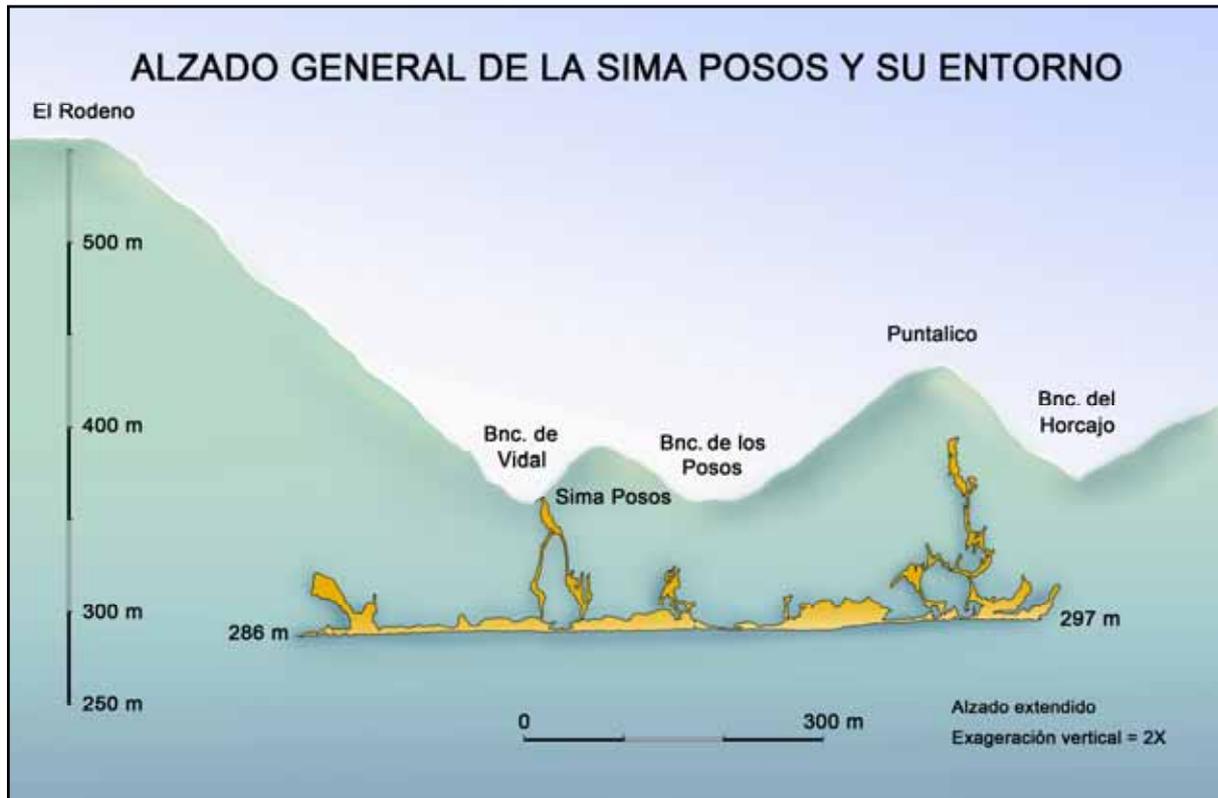
La boca se abre a 362 metros sobre el nivel del mar, encontrándose el inicio conocido del curso activo en la cota de 308 metros sobre el nivel del mar, donde encontramos el "sifón río arriba" y que tras 615 metros de recorrido, finaliza en el denominado "sifón río abajo", en la cota 297 metros.

Cuando las aguas de lluvias circulan por los barrancos de Vidal y de los Posos, se infiltran al llegar al nivel carbonatado, desapareciendo entre las gravas y cantos del lecho e

introduciéndose en el interior de la cavidad. La temperatura de estas aguas provenientes del exterior, es relativamente baja (en marzo de 2010 fue de 13,2° C), que contrasta bastante con los 18° C del agua del curso activo principal. Esta segunda temperatura se ha medido en los meses de marzo, junio y septiembre, presentando siempre un valor constante.

La extensión de esta unidad de drenaje donde se desarrolla la cavidad, presenta en la actualidad cierta problemática, al no tener determinada claramente la zona de descarga del acuífero. Ello viene condicionado por la escasez de surgencias en este sector de la Sierra Espadán, junto con la cota donde se instala el sistema kárstico, dado que se presenta muy baja con respecto a las fuentes y manantiales más próximos.

Respecto a los principales puntos de abastecimiento de la población de Azuébar, son provenientes de agua de bombeo en pozos. A 1,9 kilómetros al oeste de la sima, tenemos noticias de la existencia de una importante surgencia temporal, que se activa tras intensas precipitaciones y puede mantener la rambla de Azuébar durante varios meses en actividad. Se le conoce como Aguas de Bo-



Alzado de la Sima Posos proyectado con las montañas exteriores, con un corte este-oeste.

guera, y mana del lecho del barranco del mismo nombre, al lado del camino que une Azuébar con Almedijar, en la cota de 405 metros. Otras fuentes ubicadas en esta unidad, son la Fuente del Sas y la de Mosquera, que actualmente se encuentran secas. Próxima a la del Sas existen unos pozos, que hasta hace unos años abastecían la embotelladora de Aguas de Azuébar. La fuente Román, cuya agua procede de un pozo ubicado a 800 metros al oeste de la cavidad, podría tener una relación más estrecha con las aguas de la sima. A 3,5 kilómetros al noroeste, se encuentra la Fuente del Cañar (Almedijar), que mana a 19º C, poniendo de manifiesto su origen profundo. Aunque su génesis no queda muy clara, la surgencia mana de areniscas de limitada capacidad acuifera, pero muy cercanas al extenso afloramiento dolomítico con el que se contactan mecánicamente (Morell, 1992) y donde se ubica la Sima Posos.

MUESTREO DE LOS MANANTIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS:

Los trabajos de campo empezaron en febrero del presente año, visitando y reconociendo algunas fuentes. Posteriormente, entre los meses de mayo y agosto, retomamos las visitas a los manantiales para obtener las diferentes mediciones. A lo largo de este periodo se han visitado 105 fuentes, de las cuales 24

las hemos descartado por proceder de grifos con tuberías de bombeo, que falsean la temperatura del agua o bien por estar secas en ese periodo, debido a las escasas precipitaciones registradas en los últimos meses. Al finalizar estos muestreos de temperaturas hemos seleccionado 81 fuentes repartidas por todo el territorio, localizadas entre las cotas 30 y 950 metros sobre el nivel del mar. Junto con la temperatura, en algunos de los manantiales hemos obtenido también la conductividad, expresada en microSiemens/cm³.

Como base para el proyecto partimos del libro "*Manantiales de la provincia de Castellón*" (Morell, 1992), donde entre los años 1989 y 1991 se recogió abundante información de numerosos manantiales de toda la provincia, ascendiendo a 86 fuentes las situadas en el ámbito de la Sierra Espadán.

Durante los meses de mayo y agosto los manantiales se presentaban en estiaje, por lo que los caudales no eran muy abundantes. Entre las fuentes con mayor caudal podemos destacar la fuente de Castro (Sueras), la fuente de los 50 caños (Segorbe) o la fuente de los Baños (Montanejos), con caudales superiores a 100 l/s. Por otra parte, también se han muestreado en manantiales más escasos y de poca importancia en cuanto al caudal.

Los manantiales instalados en rocas carbonatadas, representan un 79% del total y en algunos casos los puntos de descarga se corresponden con alguna cavidad subterránea, como es el caso de la Cova de Sant Josep (caudal medio de 189,6 l/s, en estiaje 19 l/s) (Garay,2008), la Cueva del Toro (caudal en estiaje 3,5 l/s), Fuente Donace (caudal en estiaje 5,6 l/s), Font de la Caritat, Cova de les Mans o Fuente de la Calzada entre otras.

Nos ha servido de guía el trabajo realizado por Fernández-Rubio (Fernández-Rubio, 1975) en la provincia de Granada. En este estudio se parte de la correlación existente entre la temperatura de las aguas y altitud del punto de surgencia, que es lógico que exista para las aguas subterráneas normales. En las zonas de menor cota se presenta un gradiente térmico en el que aumenta la temperatura al disminuir la altitud, lo que influye sobre la termometría de las aguas infiltradas y la del suelo. Por el contrario, en las aguas termales este efecto externo deberá superponerse el aumento de la temperatura endógena, con la profundidad del subsuelo.

Como información básica de partida en el entorno del muestreo, contábamos con la existencia de las únicas dos fuentes termales

bien conocidas en el ámbito provincial, como son la Font Calda (La Vilavella) y la Fuente de los Baños (Montanejos), que han proporcionado a ambas poblaciones un turismo de balneario en torno a este fenómeno. En el caso de la Font Calda, constituye el manantial más notable, encontrando la génesis del termalismo en una circulación profunda del agua y rápido ascenso provocado por una falla que pone en contacto las dolomías con las margas y arcillas triásicas (Morell, 1992). Esa agua, extraída de unos pozos próximos al manantial, presenta una temperatura de 45° C, mientras que la de la fuente se encuentra a 30,2° C. Estas últimas son el resultado de aguas de mezcla, de unas termales y profundas con otras más frías y de circulación superficial.

Para obtener la media de las temperaturas anuales a diferentes alturas, hemos recopilado la información disponible de las estaciones meteorológicas de las poblaciones existentes. Estas las hemos ubicado en relación con su cota y el resultado ha sido la relación de 0,48° C por cada 100 metros que ascendemos. Ésta se muestra en la gráfica como una línea continua azul, mientras que las líneas discontinuas indican el límite de aguas normales a aguas termales, por la derecha y a frías por la izquierda.

FUENTE	POBLACIÓN	ALTURA	TEMPER.	CONDUCT.	LITOLOGIA
Font de la Basseta	Aín	485	17,6° C	420 µS	Muschelkalk
Font de la Caritat	Aín	535	16,1° C	390 µS	Muschelkalk
Cova de les Mans	Aín	535	15,9° C	470 µS	Muschelkalk
Cueva del Toro	Alcudia de Veo	445	15,2° C	559 µS	Muschelkalk
Font de Sant Pere	Alcudia de Veo	466	17,0° C	716 µS	Muschelkalk
Fuente de la Solana	Alcudia de Veo	740	15,9° C		Muschelkalk
Fuente Corral	Alcudia de Veo	737	16,1° C		Muschelkalk
Fuente del Jiquer	Alcudia de Veo	632	16,1° C		Muschelkalk
Font de la Penya	Alfondeguilla	485	16,0° C		Buntsandstein
Fuente Donace	Algimia de Almonacid	454	17,5° C	714 µS	Muschelkalk
Fuente de la Parra	Algimia de Almonacid	752	12,2° C		Buntsandstein
Fuente de la Calzada	Algimia de Almonacid	583	16,1° C		Muschelkalk
Fuente del barranco de Francisco	Algimia de Almonacid	484	16,4° C		Muschelkalk
Fuente Formiche	Algimia de Almonacid	489	17,5° C	1.116 µS	Jurásico

FUENTE	POBLACIÓN	ALTURA	TEMPER.	CONDUCT.	LITOLOGIA
Fuente del Cañar	Almedíjar	384	19,0° C	282 µS	Buntsandstein
Fuente Seguer	Arañuel	395	18,0° C		Muschelkalk
Font Galería 800	Artana	307	19,4° C	324 µS	Buntsandstein
Font de Santa Cristina	Artana	272	17,6° C		Muschelkalk
Fuente Larga	Ayódar	359	17,3° C		Jurásico
Fuente de los barrancos Royos	Ayódar	407	11,2° C		Muschelkalk
SIMA POSOS	Azuébar	298	18,0° C	437 µS	Muschelkalk
Font de Quart	Benavites	54	18,1° C	989 µS	Cuaternario
Fuente del Abrevador	Chóvar	397	14,8° C		Buntsandstein
Fuente Fresca	Chóvar	524	12,6° C	92 µS	Buntsandstein
Manantial de Tirtis	Chóvar	475	13,8° C		Buntsandstein
Fuente Cuenca	Caudiel	913	13,5° C		Muschelkalk
Fuente de la Mina	Castellnovo	365	18,4° C	641 µS	Jurásico
Fuente del Marjalet	Castellnovo	442	18,9° C	421 µS	Jurásico
Manant. de los Gallos	Castellnovo	358	15,7° C	709 µS	Jurásico
Fuente de la Huerpita	Castellnovo	427	15,5° C	408 µS	Jurásico
Font Matilde	Eslida	377	17,3° C		Buntsandstein
Font de Fosques	Eslida	375	19,3° C	187 µS	Buntsandstein
Font de Sant Josep	Eslida	365	16,2° C		Buntsandstein
Font el Castellet	Fanzara	290	15,8° C		Jurásico
Fte. del Camino la Vall	Gaibiel	519	11,4° C		Jurásico
Fuente del Cañar	Ftes. de Ayódar	495	16,5° C	316 µS	Muschelkalk
Fuente de la Masa	Ftes. de Ayódar	563	15,9° C		Muschelkalk
Fuente del Suro	Ftes. de Ayódar	554	16,5° C	597 µS	Muschelkalk
Fte. de los Chorricos	Ftes. de Ayódar	510	16,7° C		Muschelkalk
Fuente Maricalva	Higueras	721	15,7° C	387 µS	Muschelkalk
Fuente del Carro	Matet	768	13,5° C		Muschelkalk
Fuente Que nace	Matet	583	17,8° C	686 µS	Muschelkalk
Fuente de los Burros	Matet	654	12,3° C		Muschelkalk
Fuente de la Losa	Montán	529	21,0° C	668 µS	Muschelkalk
Fuente Modroñal	Montán	610	16,7° C		Buntsandstein
Fuente Mas del Moro	Montán	720	14,5° C		Buntsandstein
Fuente de la Tejería	Montán	605	16,3° C	1.166 µS	Muschelkalk
Fuente de la Felicia	Montán	690	20,2° C		Muschelkalk
Fuente Amarilla	Montán	657	14,1° C	1.154 µS	Jurásico
Fuente Bajo Castillo	Montán	540	16,6° C	121 µS	Muschelkalk

FUENTE	POBLACIÓN	ALTURA	TEMPER.	CONDUCT.	LITOLOGIA
Fuente del Nacimiento	Montán	650	16,0° C	480 µS	Muschelkalk
Fuente de los Baños	Montanejos	458	24,0° C	995 µS	Jurásico
Fuente de los Baños	Navajas	368	19,1° C	486 µS	Jurásico
Fuente del Hierro	Navajas	345	16,8° C	881 µS	Jurásico
Fuente de Nuestra Señora de la Luz	Navajas	345	16,9° C	799 µS	Jurásico
Fte. de Mosen Miguel	Navajas	340	19,2° C	420 µS	Jurásico
Font dels Frares	Onda	153	17,5° C	697 µS	Jurásico
Font del Salvador	Onda	295	19,4° C	788 µS	Jurásico
Fuente de Artea	Pavías	768	15,6° C	365 µS	Muschelkalk
Font de Castro	Sueras	409	18,1° C	570 µS	Muschelkalk
Font de l'Avellaner	Sueras	496	13,1° C		Muschelkalk
Font de la Teula	Sueras	598	12,8° C		Muschelkalk
Font del Tío Agustín	Sueras	541	13,5° C		Muschelkalk
Font del Cantal	Sueras	685	14,1° C		Pizarra (Paleozoico)
Font de la Bocamina	Sueras	352	17,6° C		Buntsandstein
Font dels Ullals	Sueras	384	15,3° C		Buntsandstein
Fte. de los 50 caños	Segorbe	314	17,8° C	507 µS	Jurásico
Fuente del Jallar	Soneja	230	14,4° C	596 µS	Jurásico
Font del Montí	Tales	365	17,4° C		Muschelkalk
Font de la Perera	Tales	250	14,4° C		Muschelkalk
Fuente Caliente	Toga	280	19,6° C		Muschelkalk
Fuente Baja	Torralba del P.	715	14,1° C	993 µS	Muschelkalk
Fuente del Rio	Torralba del P.	583	17,2° C	712 µS	Muschelkalk
Fuente Larga	Vall d'Almonacid	433	15,7° C	592 µS	Jurásico
Fuente de Allá	Villamalur	624	13,5° C	350 µS	Muschelkalk
Fuente del Churrillo	Villamalur	610	17,7° C	459 µS	Pizarra (Paleozoico)
Ojos del Prao	Viver	647	15,6° C	549 µS	Jurásico
Fuente de San Miguel	Viver	656	16,0° C	544 µS	Jurásico
Fuente de Mn. Vilar	Viver	587	16,5° C	644 µS	Jurásico
Cova de Sant Josep	La Vall d'Uixó	142	19,0° C		Muschelkalk
Font de l'Anogueret	La Vall d'Uixó	380	18,8° C		Muschelkalk
Font Cervera	La Vall d'Uixó	226	13,9° C		Buntsandstein
Font Calda	La Vilavella	33	30,2° C	793 µS	Muschelkalk

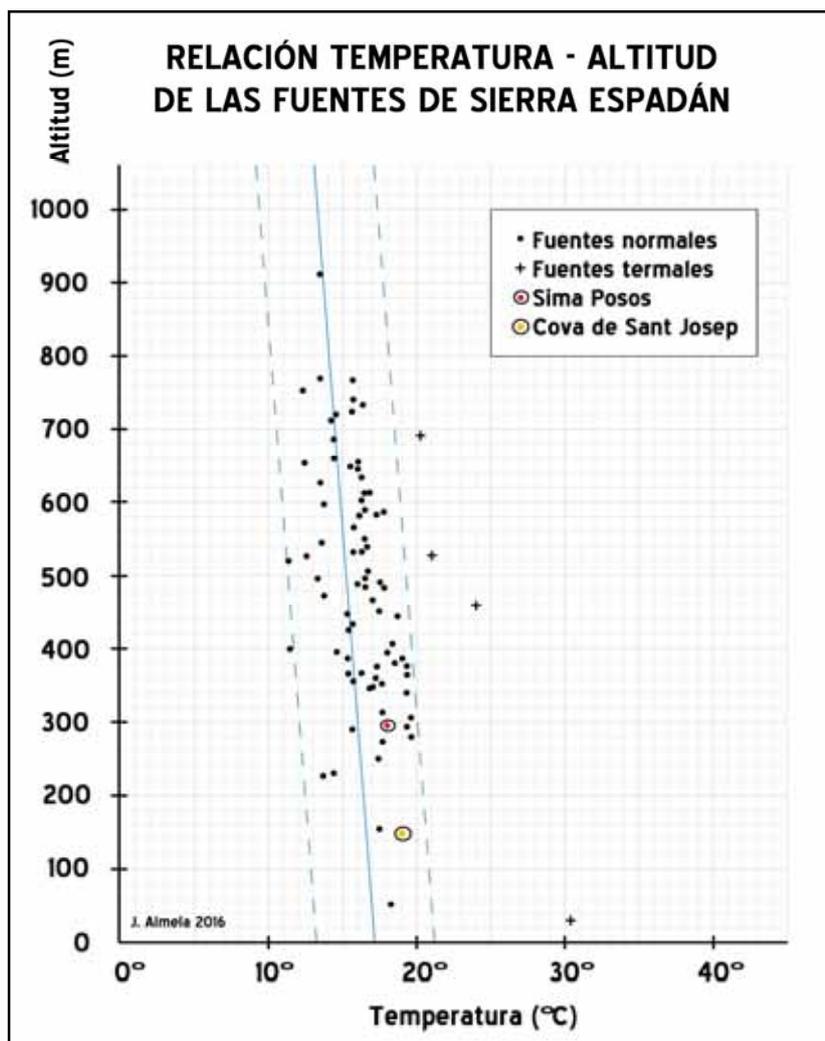
RESULTADOS OBTENIDOS:

La correlación entre la altitud y la temperatura del agua de las fuentes es bastante lógica, como se puede apreciar en la gráfica, advirtiéndose un desplazamiento ligero de las temperaturas hacia cálidas. Este hecho viene influenciado por la estación cálida en la que hemos muestreado los manantiales, que puede afectar principalmente a las fuentes de la zona de heterotermia, y corresponde con un periodo donde se presentan temperaturas más elevadas. Por otro lado esta tendencia estará relacionada en otros casos con aportes de aguas de origen más profundo y con un carácter termal.

Si tomamos los parámetros de Schoeller para clasificar los manantiales termales de este territorio, es decir 4º C por encima de la media anual, tendríamos cuatro fuentes termales: la Font Calda (La Vilavella) con más de 13 grados de diferencia, Fuente de los Baños (Montanejos) con más de 8º C, Fuente de la Losa y Fuente Felicia (Montán) con más de 5 grados de diferencia. Aparte de estos cuatro manantiales, también existen algunas fuentes que presentarían una anomalía geotérmica situada entre 2,5º y 4º C por encima de la media anual. Además de las dos cavidades ya citadas, existen las siguientes fuentes que ordenadas de menor a mayor altura son: Galería 800 (Artana), Fuente Caliente (Toga), Fuente de los Baños (Navajas), Font de Fosques (Eslida), Fuente del Cañar (Almedíjar) y Fuente de Castro (Sueras). Algunas de estas fuentes poseen un importante caudal o son bien conocidas y apreciadas por las personas del entorno. También dos topónimos nos indican su anómala temperatura, como "Caliente" y "Baños". Todas ellas afloran en diferentes litologías, por lo que no hay ningún patrón aparente que relacione anomalía geotérmica con litología. No obstante, cabe mencionar que algunas de ellas, junto con la Font Calda, afloran en el contacto entre las areniscas

del Buntsandstein y las calizas o dolomías del Muschelkalk, como la Cova de Sant Josep, Sima Posos, Galería 800, Cañar o Fosques, y que pueden estar relacionadas con un pequeño aporte de agua termal que provoque este ligero aumento de la temperatura, como ya se apuntaba para Font Calda (Morell, 1992).

Por otro lado encontramos fuentes asociadas al Jurásico, como las fuentes de los Baños de Montanejos y Navajas. Otra implicación importante entorno a las aguas termales, supone la presencia de pequeños afloramientos de ofitas, rocas ígneas asociadas a la facies margo-arcillosa del Keuper y que se repiten en el Jurásico (López-Geta, 1988). Se encuentran entre Higuera y Caudiel, entre Arañuel y Montanejos y entre Fuentes de Ayódar y Montán. Estos poseen un origen subvolcánico y se encuentra en relación con la franja ígnea del Palancia, que presenta dirección noroeste-sureste. Este hecho puede ayudarnos a entender un poco más el hidrotermalismo en esta región.



Las fuentes más frías estarían entorno a 11º C que suponen alrededor de 4º C por debajo de la media anual, por lo que se ubican en el límite de fuentes frías si aplicamos el mismo parámetro que a las termales. Éstas son la fuente de los Barrancos Royos (Ayódar) y la del Camino la Vall (Gaibiel).

Respecto a la conductividad, existen manantiales con la conductividad baja, por debajo de 350 µS asociadas a materiales areniscos, como la fuente del Cañar (Almedíjar), Font de Fosques (Eslida), fuente Fresca (Chóvar) o Galería 800 (Artana), pero también asociadas al Muschelkalk, como la fuente Bajo Castillo, fuente de Allá, Maricalva, Font de la Caritat o la propia Sima Posos. Para estas últimas, la baja conductividad podría estar explicada por su proximidad e influencia de las areniscas.

CONCLUSIONES:

En todo el territorio del Espadán advertimos una serie de manantiales que poseen la temperatura más elevada de lo que cabría esperar, y entre ellas cabe mencionar dos fuentes que destacan por su elevada temperatura. Este fenómeno es propio de manantiales de origen profundo, de la zona de homotermia y que será el resultado de una mezcla puntual de aguas calientes con otras normales. Esta mezcla de aguas de origen profundo con aguas meteóricas, está contemplada dentro de las cuevas de origen hipogénico (Garay, 2013), aunque la cavidad no se desarrolle estrictamente en un



Estalagmitas de aragonito en la “galquería blanca”.

acuífero confinado, por lo que estaríamos ante cavidades mixtas. Esta pequeña elevación de la temperatura puede ser un indicador de la presencia de morfologías hipogénicas.

Respecto a las morfologías hipogénicas en la Sima Posos, no las hemos advertido, pero la existencia de galerías ascendentes con cúpulas, pozos de disolución y que parecen no comunicar con el exterior, nos hacen pensar en las cúpulas ascendentes (feeders), formadas por un flujo ascendente, como podría ser el “*pou nevat*”. Estos ramales ascendentes se quedan a unos 30 metros de la superficie, pero en el exterior de la cavidad no hay dolinas ni puntos de absorción muy claros que puedan indicar que este ramal ascendente de las galerías superiores del “*riu del fang*” esté formado por una erosión directa, es decir pozos de percolación formados por la entrada de agua meteórica. También en este sector superior, ubicado entre las cotas -17 y +35 metros, se advierten morfologías que recuerdan a cúpulas en paredes, pozos en culo de saco y galerías ciegas. Respecto a los espeleotemas característicos de cavidades hipogénicas, encontramos agujas de aragonito en la base del “*pou nevat*” y moonmilk en las paredes de la “*galquería blanca*”. Ahora con otra visión, queda pendiente analizar más sistemáticamente estas interesantes formas que en su día no dimos tanta importancia.

En la bibliografía espeleológica castellanense, el único atisbo de cueva con alguna morfología o indicio hipogénico, es el citado para la Cova de Sant Josep (Garay, 2013), en cambio, algunos autores afirman que las cuevas con una génesis hipogénicas alcanzan entre un 10 o 15% del total de cuevas mundiales (Palmer, 2013) y en algunas zonas, incluso pueden suponer un porcentaje mayor. Realmente, este tipo de cavidades fueron descritas hace escasas décadas, introduciéndose en España por primera vez en las Baleares (Gràcia et al., 2009) y posteriormente en Murcia (Ros et al., 2013), donde existen muy buenos ejemplos de estas cavidades.

Para la provincia de Castellón, de modo preliminar, citaremos algunos casos que hemos observado y que podrían obedecer a esta génesis. En el ámbito del Espadán encontramos algunas morfologías y cúpulas en las zonas naturales de la Mina Virgen del Amparo, en Artana. Ésta se ubica por encima de la Galería 800, cuyo manantial ha sido incluido en este estudio. También nos hace pensar la Sima del Castell de La Vilavella, con sus



Curso activo principal de la Sima Posos en crecida.

llamativas cúpulas y muy próxima al manantial termal de la Font Calda. Finalmente y fuera del ámbito de la sierra, pero también en nuestra provincia, cabe destacar la conocida Cova de les Maravelles de Castellón de la Plana, que se presenta como una red laberíntica (*maze cave*) y con numerosas formas que podrían indicar que una génesis inicial, anterior a la abertura de la entrada principal, tendría que ver con estos procesos hipogénicos. La Cova de l'Ocre y la sima del Mas de Gual-2 en Lucena del Cid, motivo de estudio en la actualidad, con formas que podríamos clasificar también en este grupo, además de poseer abundante mineral de óxidos de hierro, asociado también a estos procesos endógenos.

BIBLIOGRAFÍA:

- Almela Agost, Jesús (2012): "Estudio monográfico de la sima Posos (Azuébar)", Berig, número 12, páginas 16 – 41. Espeleo Club Castelló. Castellón de la Plana.
- Fernández-Rubio, R (1975): "Identificación de hidrotermalismo y aplicación a la zona meridional de la provincia de Granada". *Tecniterrae*, número 7, páginas 38 – 50.
- Garay Martín, Policarp (2007): "Coves i avencs del domini triàsic Espadà-Calderona". *Revista Camp de l'Espadar*, quadern 10, pág. 22 - 36. Fundació Serra Espadà.
- Garay Martín, Policarp (2013): "Consideraciones sobre karst y cuevas hipogénicas, con referencias al ámbito valenciano". *Boletín SEDEK*, número 9, páginas 16 – 29. Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.
- Gràcia, J., Fornós, J.J., Gamundí, P., Clamor, B., Pocoví, J. (2009): "Morfologies de corrosió a la part sumergida de la Cova del Pas de Vallgornera, sector Antic, sector de Gregal I sector de les grans sales (Llucmajor, Mallorca)". *Endins* nº 33. (pp.73-98) Federació Balear d'Espeleologia.
- López-Geta, J.A. et al. (1988): "Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana: uso, calidad y perspectivas de utilización". Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 298 páginas. Madrid.
- Morell Evangelista, Ignacio (1992): "Manantiales de la provincia de Castellón". *Col·lecció Universitaria*. 307 páginas. Diputació Provincial de Castellón.
- Palmer, A.N. (2013): "Geología de cuevas". Unión Internacional de Espeleología, 502 páginas.
- Ramos Barceló, Juan (2001): "Catálogo espeleológico de Azuébar", Berig, número 5, páginas 6 - 23. Espeleo Club Castelló. Castellón de la Plana.
- Ros, A. Llamusi, J.L., Sánchez. J. - Coordinadores- (2013): "Cuevas hipogénicas en la Región de Murcia - España. Volumen-I". Centro de Estudios de la Naturaleza y el Mar. 44 páginas.
- Schoeller, H., (1962): «Les eaux souterraines». Mason and Cie, 642 pág. Paris.