

LOS FENÓMENOS DE EXTRUSIÓN KÁRSTICA EN LA PROVINCIA DE ALBACETE*

por

Tomás RODRÍGUEZ ESTRELLA**

Federico J. GARCÍA MARIANA***

* Aprobado el 9 de abril de 2003.

** Área de Geodinámica Externa de la Universidad Politécnica de Cartagena.
Paseo Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena.
Telf. 968.325.763. E-mail: tomas.rodriguez@upct.es.

*** Confederación Hidrográfica del Segura. Plaza Fontes, 1. Murcia.
Telf. 968.211.865. E-mail: federico_garcia@chs.mma.es

RESUMEN

Se describen dos fenómenos kársticos singulares en la provincia de Albacete, que hemos denominado "extrusiones kársticas", porque se tratan de surgencias en "trop plein" violentas, pero sobre todo ascendentes. Tienen lugar en zonas de topografía llana (generalmente endorreicas), después de haber tenido lugar unas precipitaciones anormalmente elevadas, tales como las que sucedieron (lluvia y nieve) en Diciembre de 1970, a nivel peninsular, alcanzándose en Albacete la temperatura mínima absoluta histórica (-24 °C).

Palabras clave: "Extrusión kárstica", "trop plein", Albacete.

ABSTRACT

They are described two singular karstic phenomena in the province of Albacete, which we have called "karstic extrusions", because they deal with violent emergences in "top plein", but above all rising ones. They are located in flat topographic zones (usually endorreic ones), after having taken place high unusual precipitations, such those of which happened (rain and snow) in December 1970, in whole the peninsula, reaching in Albacete the absolute minimum historical temperature (-24 °C).

Keywords: "Karstic extrusion", "trop plein", Albacete.

0. INTRODUCCIÓN

Durante el año 1970 hubo precipitaciones excepcionales en toda España (nieve y lluvia) y, por tanto, en la provincia de Albacete también. Las consecuencias lógicas en las aguas subterráneas, en general, fueron el ascenso del nivel piezométrico en los pozos, el aumento de caudal de los manantiales y la transformación de muchas depresiones topográficas en zonas húmedas. En el caso de los acuíferos kársticos, estas respuestas se hicieron más espectaculares, ya que en ciertos sondeos se registraron ascensos de hasta 20 m y los caudales de las fuentes llegaron incluso a multiplicarse por 10; también hubo algunas de éstas, situadas en las laderas de las montañas, que no emergían desde hacía mucho tiempo y en esta ocasión lo hicieron, a manera de "trop plein" (salida de agua repentina, caudalosa, pero efímera).

Los fenómenos referidos, consecuencia del aumento de precipitaciones, son excepcionales, pero no singulares. Los que vamos a describir y analizar a continuación son sobre todo originales ya que, ligado a las generosas lluvias y nieves del 1970, en la primavera del año siguiente surgieron manantiales por primera vez o resurgieron otros (secos desde hacía mucho tiempo) en zonas llanas y de una manera explosiva. A estas *irrupciones violentas ascendentes del agua subterránea, de gran caudal y situadas en superficies topográficas planas*, a manera de un volcán (llegan, incluso, a expulsar trozos de roca al aire), es lo que hemos denominado "extrusiones kársticas". Respecto a los manantiales nuevos, vamos a considerar la extrusión de la Cañada del Canutillo en el término de Villarrobledo y en cuanto a las fuentes resurgidas, secas durante mucho tiempo, a la extrusión de la Cañada del Espino, en la meseta del Calar del Mundo, dentro del término municipal de Riópar.

1. DATOS CLIMATOLÓGICOS, EN RELACIÓN CON EL AÑO 1970

Según Capel Molina (1972), del 21 de Diciembre de 1970 al 3 de Enero de 1971 (unas dos semanas), un frente polar irrumpió sobre toda la Península Ibérica, provocando temperaturas muy bajas, superando en intensidad y duración a la precedente ola glacial de la primera decena de febrero de 1954. Al mismo tiempo que se producía esta corriente fría del Noreste, existía otra corriente, pero cálida subtropical, procedente del Suroeste, lo que provocó que se produjera un régimen de copiosas lluvias, además de las abundantes nieves (y heladas persistentes), así como que se

batieran marcas históricas de temperaturas mínimas absolutas en España (-24 °C en Albacete, el 3 de Enero de 1971).

En la figura nº 1 aparece un mapa climático, en donde se representa esta excepcional situación climática en nuestro país y, más concretamente, la que se corresponde con el 27 de Diciembre de 1970. Según Capel Molina (1972). "la borrasca de Azores, reactivada por el chorro frío del Noreste y arrasada por el del Oeste que tiene al Sur, salva rápidamente la distancia a la Península y penetra en ella; al aproximarse, se originan nevadas en las dos mesetas y en Galicia. Pero el chorro del Noreste originó nuevas "ciclogénesis", apareciendo una borrasca hacia el Cantábrico, registrándose otra vez importantes precipitaciones en La Mancha y en el resto de España. El desarrollo de estas "ciclogénesis" sucesivas fue lo que produjo una situación de alternancia de precipitaciones de lluvia y nieve, con la consiguiente formación de hielo en superficie. El frío intenso empezaría a generalizarse por debajo de los -10 °C."

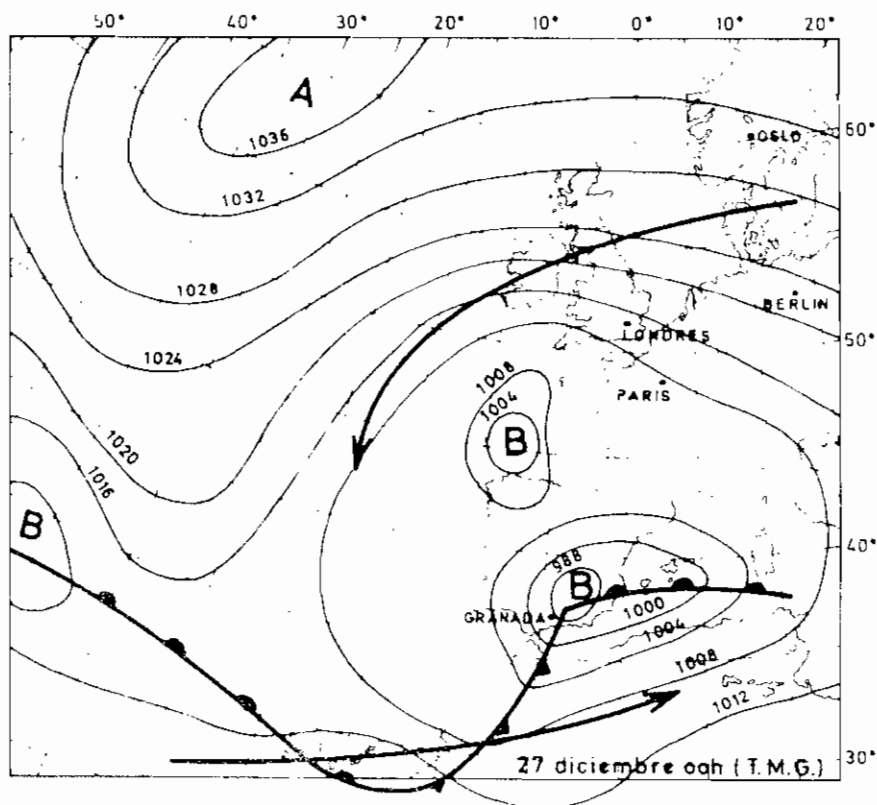


Figura nº 1. Clímax de la ola de frío ocurrida entre Diciembre de 1970 y Enero de 1971.

2. EXTRUSIÓN DE LA CAÑADA DEL CANUTILLO

Marco geográfico

La extrusión se localiza, dentro del término municipal de Villarrobledo, a 22 Km. al Sur de su casco urbano y a 2,5 Km. al oeste de la carretera que va de esta población a la de Sotuelamos. (Figura nº 2).

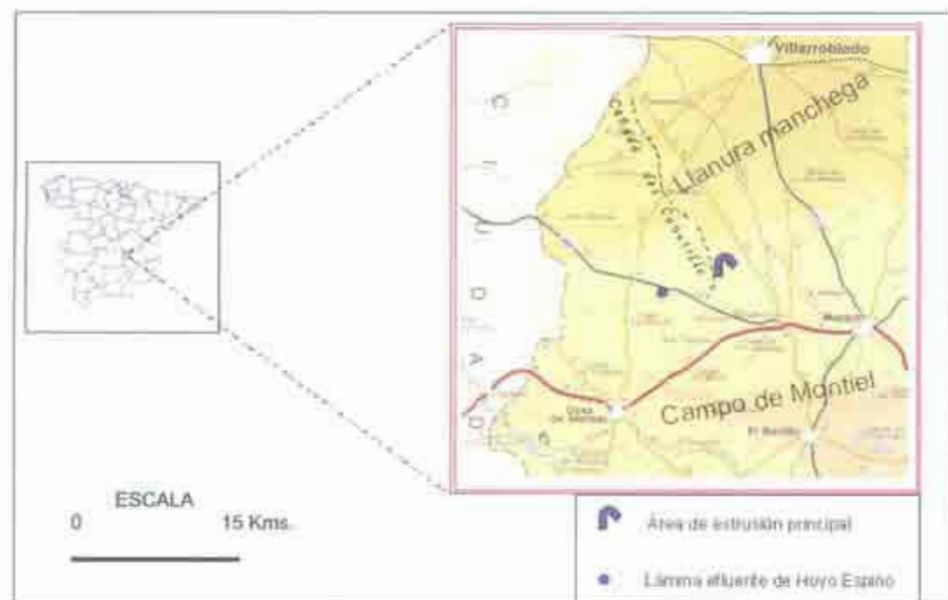


Figura nº 2. Situación geográfica de la extrusión kárstica de la Cañada del Canutillo.

Topográficamente, la zona presenta un relieve poco accidentado, debido a que nos situamos en el tránsito entre la Llanura Manchega, al Norte, y los suaves cerros del Campo de Montiel, al Sur. Se advierte ya una leve pendiente hacia el Norte del nueve por mil, estando comprendidas las cotas entre 800 y 900 m s.n.m. Debido a esa topografía llana resultan muy frecuentes las zonas endorreicas.

La red hidrográfica es escasa y rudimentaria, pues solo se limita a cañadas (precisamente en la Cañada del Canutillo es donde se localiza la extrusión), cuyos cauces desaparecen al llegar a la Llanura Manchega; sólo hay que destacar el Río Córcoles, afluente del Río Zancara, y éste último del Río Guadiana. Frecuentemente en las zonas endorreicas se instalan lagunas o bien zonas húmedas (Rodríguez Estrella et al. 1988).

Geomorfológicamente se ubica en el interior de una dolina y, más

concretamente, en una zona de forma elipsoidal (cuyos ejes tienen 68 m x 8.5 m) de dirección casi N-S, en la que no hay vegetación debido a que, desde que se produjo la extrusión, aflora la roca desnuda, al haberse llevado el agua la tierra de labor. Existe un desnivel, en el eje mayor, de 8 m, encontrándose el punto más alto a una cota de 838 m s.n.m. y el más bajo a 830 m s.n.m.

Geología

Los materiales aflorantes corresponden a dolomías y carniolas, grises y rojizas (formación "Carretas"), atribuidas al Lías inferior (Rodríguez Estrella, 1979). Los estratos están poco afectados por la tectónica (se incluyen dentro de la "Zona Tabular de la Meseta"), presentando una disposición subhorizontal: sin embargo, un estudio cartográfico de detalle (figura nº 3) ha puesto de manifiesto que existen suaves pliegues de dirección ibérica N 150-160 E, con buzamientos comprendidos entre 10 y 25 °.

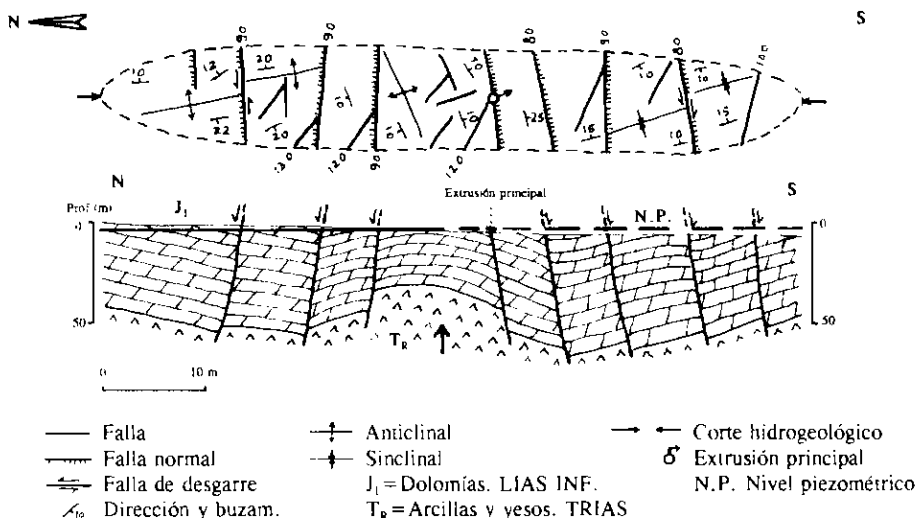


Figura nº 3. Cartografía geológica de detalle y corte hidrogeológico en la zona de extrusión kárstica de la Cañada del Canutillo.

Se han podido deducir con claridad un anticlinal, en el Norte del elipsoide, y un sinclinal, en el sur del mismo: en ambos casos los pliegues son afectados por "largas" (relativamente, pues cruzan transversalmente el afloramiento) fallas de desgarre sinextral, de dirección N 80-90 E, que

además actúan como normales. Otras fallas de menor envergadura tienen direcciones N 120-130 E y son relevadas por las de dirección N 80-90 E, lo que indican que estas últimas son posteriores. En efecto, puesto que los pliegues presentan una dirección de N 150-160 E (casi N-S), los esfuerzos máximos tienen una dirección de aproximadamente W-E y éstos generarían en una primera fase comprensiva, fallas de cizalla (entre ellas las de 120-130 E) y en una segunda fase distensiva, fallas de dirección casi W-E, que actuarían como normales; algunas de estas últimas fallas aprovecharon otras anteriores de desgarre de componente horizontal (con direcciones próximas a W-E) para realizar el nuevo desplazamiento vertical.

Entre el anticlinal del Norte y el sinclinal del Sur, y delimitada por dos fallas "largas" de dirección casi W-E, existe una zona "diferente" ocupada por un anticlinal de dirección anómala N 60-75 E; puesto que dicha zona (con directriz bética), está muy localizada y ocupa una extensión reducida, creemos que se trata de una estructura de origen diapírico, motivada por la acción halocinética (movimiento autónomo de la sal) del Triás infrayacente. Este fenómeno, impropio de un sector con tectónica sencilla, no es tan inusual como pueda parecer en un principio en el resto de la Zona Tabular de la Meseta, ya que se han registrado otros casos muy similares, como el de las Salinas de Pinilla motivadas por la originaria "Fuente de las Cabras" (hoy sustituida por un pozo), en donde ha llegado a subaflorar el Triás (Rodríguez Estrella, 2001, en prensa), constituido por arcillas y evaporitas (yeso y halita).

El Triás sería el causante de la implantación de este anticlinal "demasiado" evolucionado tectónicamente, pues además de haberse registrado en él los mayores buzamientos de la zona (25° en el flanco meridional), ha motivado gran abundancia de fracturas, que tendrán su relación con el emplazamiento de la extrusión, como se verá más adelante.

Hidrogeología

Encuadre hidrogeológico general

La zona de estudio está enclavada en la Unidad Hidrogeológica del Campo de Montiel (Acuífero 24) que según el ITGE (1989) tiene una superficie de 2700 km² y según Montero González (2.000) de sólo 2.575 km².

La roca permeable principal de la unidad está constituida por un conjunto dolomítico-calizo del jurásico inferior y medio (Montero

González, 2.000, solo considera inferior), que puede alcanzar una potencia de 300 m en la zona oriental, si bien el espesor medio es de unos 100 m. Se pueden distinguir tres tramos, que fueron bien datados por Rodríguez Estrella (1979) en la Sierra de Alcaraz y que de abajo a arriba son: carniolas, dolomías microcristalinas, rojizas y grises, del Lías inferior; arcillas verdes y dolomicritas amarillentas, del Lías inferior-medio-superior (dentro de este tramo, fundamentalmente margoso, suele haber una intercalación calizo-dolomítica de una decena de metros de espesor, que separa un nivel poco margoso superior de otro más margoso, inferior); y calizas blancas con oolitos, del Dogger; estos dos últimos tramos sólo están representados en el Este de la unidad hidrogeológica (el Dogger puede tener hasta 60 m) y debido a que el tramo intermedio margoso es muy poco potente (inferior a 50 m), por un lado, y por otro a que existen numerosas fallas normales, se puede considerar a grandes rasgos que los tres tramos constituyen una roca permeable única.

Además de estas rocas permeables principales, existen otras de menor entidad (afloramientos pequeños y discontinuos y escasa transmisividad) como: arenas y areniscas de la facies "Utrillas" correspondientes al Cretácico inferior y dolomías arcillosas y calizas blancas del Cretácico superior, ambas facies solo representadas en el borde septentrional; brechas y calizas del Mioceno; "raña" del Plioceno, formada por cantos de cuarcitas y arcillas rojas; y travertinos, gravas, arenas y arcillas, aluviales y eluviales, todos ellos pertenecientes al Cuaternario.

El impermeable de base es el Trías de arcillas con yeso.

Esta unidad limita (figura nº 4):

- Al Norte, con la Llanura Manchega, cuyo contacto es por falla normal, si bien existe una conexión hidráulica con ella.

- Al Sur, con el Trías de Terrinches-Alcaraz y más al Sureste, por el límite entre dos dominios estructurales: al Sur, escamas de la Sierra de Alcaraz y al Norte, la zona tabular del Campo de Montiel.

- Al Este, tradicionalmente se ha considerado el límite entre las cuencas del Júcar y Guadiana, incluso Montero González (2000) también lo acepta; sin embargo uno de nosotros (TRE) tuvo la oportunidad de comprobar mediante sondeos (cuando pertenecía al IGME, en los años setenta) que divisorias de aguas superficiales y subterráneas no coinciden, ya que aproximadamente por Villarrobledo existe un umbral hidrogeológico situado algo más hacia al Oeste de la divisoria de cuencas, de dirección casi Norte-Sur, que es el que debe constituir el límite de la unidad; este umbral Rodríguez Estrella (2001, en prensa) establece que continúa hacia el Sur y poco antes de llegar a El Ballesterero cruza la divisoria hidrológica.

Según el ITGE (1990) el límite coincide con el frente de cabalgamiento Munera-Lezusa que separa, al Este, una zona de pliegues y escamas de vergencia occidental y al Oeste la zona tabular de la Meseta.
 - Al Oeste, con el Trías de Manzanares-Terrinches.



Figura nº 4. Isopiezas de la unidad del Campo de Montiel. Verano 1987. (Montero, 2000 y completado por Rodríguez Estrella, en el Este).

De acuerdo con el mapa de isopiezas correspondiente al verano de 1987 (figura nº 4), confeccionado por Montero González (2000) y completado y modificado ligeramente en el borde oriental por Rodríguez Estrella, (2001, en prensa), se deduce que existe un flujo generalizado de Este a Oeste (hacia las "Lagunas" de Ruidera; se ponen comillas a las lagunas, porque en nuestra opinión sería incorrecto el término, ya que no se tratan de zonas de agua estancada, sino de zonas húmedas ligadas a curso fluvial), que viene delimitado, al Norte por un umbral hidrogeológico interno, de dirección NO-SE, cuyo eje pasaría por el Sur de Tomelloso-El Bonillo, al Norte del cual existiría un drenaje hacia la Llanura Manchega (este es el sector en que se encuentra nuestra zona de estudio); más al Sur, existe otro umbral secundario, de dirección NE-SO, condicionado por los afloramientos triásicos de Montiel-Viveros, cuyo drenaje principal al Sur del mismo sería el manantial de Villanueva de la Fuente. Otro umbral, de menor importancia pero que tiene su repercusión en las "Lagunas" de Ruidera, de dirección NO-SE, es el de Alhambra-Viveros. Estos umbrales "internos" darían lugar a acuíferos con dificultad de conexión hidráulica entre ellos.

Observando la evolución piezométrica del Norte de la Unidad Hidrogeológica del Campo de Montiel, que ha confeccionado Montero González (2000) con datos del IGME y de la Comisaría de Aguas del Guadiana (figura nº 5), se extraen las siguientes conclusiones piezométricas:

- Existen fuertes oscilaciones estacionales.
- Entre Enero de 1978 y el otoño de 1982 se observa un descenso piezométrico generalizado, de unos 4 m/a, que tiende a estabilizarse hacia el otoño del 1985; en la primavera del 1986 asciende bruscamente, para después descender en 1986 y 1987 (en este último año es cuando se registran los niveles más bajos, debido a los intensos bombeos efectuados en el acuífero). A partir del 1987, las oscilaciones se suavizan, aunque se observa un ligero descenso hasta octubre de 1995 (especialmente los años 1991 y 1992) que, como consecuencia de las copiosas lluvias caídas, el nivel asciende y alcanza las cotas más elevadas en los años 1996 y 1997, recuperándose en solo dos años todo el descenso que se había producido durante el final de los setenta y principios de los ochenta. Este comportamiento es típico de acuíferos kársticos, como es el que estamos tratando.

Las salidas naturales más importantes de la unidad las constituyen las "Lagunas" de Ruidera. Además de esta descarga, existen manantiales, como los de El Ossero, Villanueva de la Fuente, Ruipérez, Pinilla, Ojos de

Montiel. Fuente de la Toba y Borgotón (los dos primeros pueden llegar a superar los 200 l/s), que dan lugar a ríos y arroyos, como los de Pinilla-Guadiana Alto, Cañamares, Azuer, Segurilla, Jabalón, Córcoles y Sotuéllamos.

Según el ITGE (1989), las salidas totales de la unidad ascendían en ese año a 135 hm³/a, correspondiendo 75 hm³/a a drenaje a ríos, mediante manantiales y lagunas: 10 hm³/a a bombeos (según Llamas, 1993, a finales de los 70 y principios de los 80 se extrajo 25 ó 30 hm³/a) y 50 hm³/a a salidas subterráneas a la Llanura Manchega. Este valor de descarga total, puesto que existe un equilibrio en la unidad, tiene que coincidir con el de recursos, si bien Montero González (2000) los evalúa en 238 hm³/a: es posible que los dos valores sean ciertos, pues el primero correspondería a una época seca y de gran explotación mediante pozos, mientras que el segundo sería característico de una época lluviosa.

En 1988, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) declaró “*definitivamente* sobreexplotado” al acuífero del Campo de Montiel (ha sido el único considerado como tal en toda España durante más de 10 años, a pesar de que los bombeos solo suponen la cuarta parte de sus recursos). En la actualidad existe una Junta de Explotación del acuífero 24 (constituida por funcionarios del MOPT y políticos, pero no por regantes), que decide cada año el plan de bombeos, con lo cual existe un control del acuífero.

Hidrogeología local

En la primavera del año 1971, en una pequeña cañada del Campo de Montiel sucedía un extraño fenómeno, que transformaría la fisonomía del lugar: según relata un testigo presencial del evento: “...se oyó una ronca y continuada explosión, seguida de un gran borboteo de agua y barro rojizo en varios puntos a la vez, alcanzándose alturas de casi un metro...” al día siguiente uno de los autores de este trabajo (FGM) visitó el lugar y vio cómo habían nacido en su propia finca varios regueros que convergían en un riachuelo de al menos 50 l/s. Ese año la tierra de labor estaba sembrada de centeno y en dicha estación había alcanzado alturas próximas a un metro por lo que, al irrumpir el agua con velocidad, acamó primero al cereal y lo arrancó después. El lugar de la extrusión se convirtió en una zona húmeda (humedal de descarga, según García Mariana, 2001), que contrastaba con la esteparia de secano, estableciéndose en el nuevo ecosistema animales lacustres como anátidas, zancudas, etc.

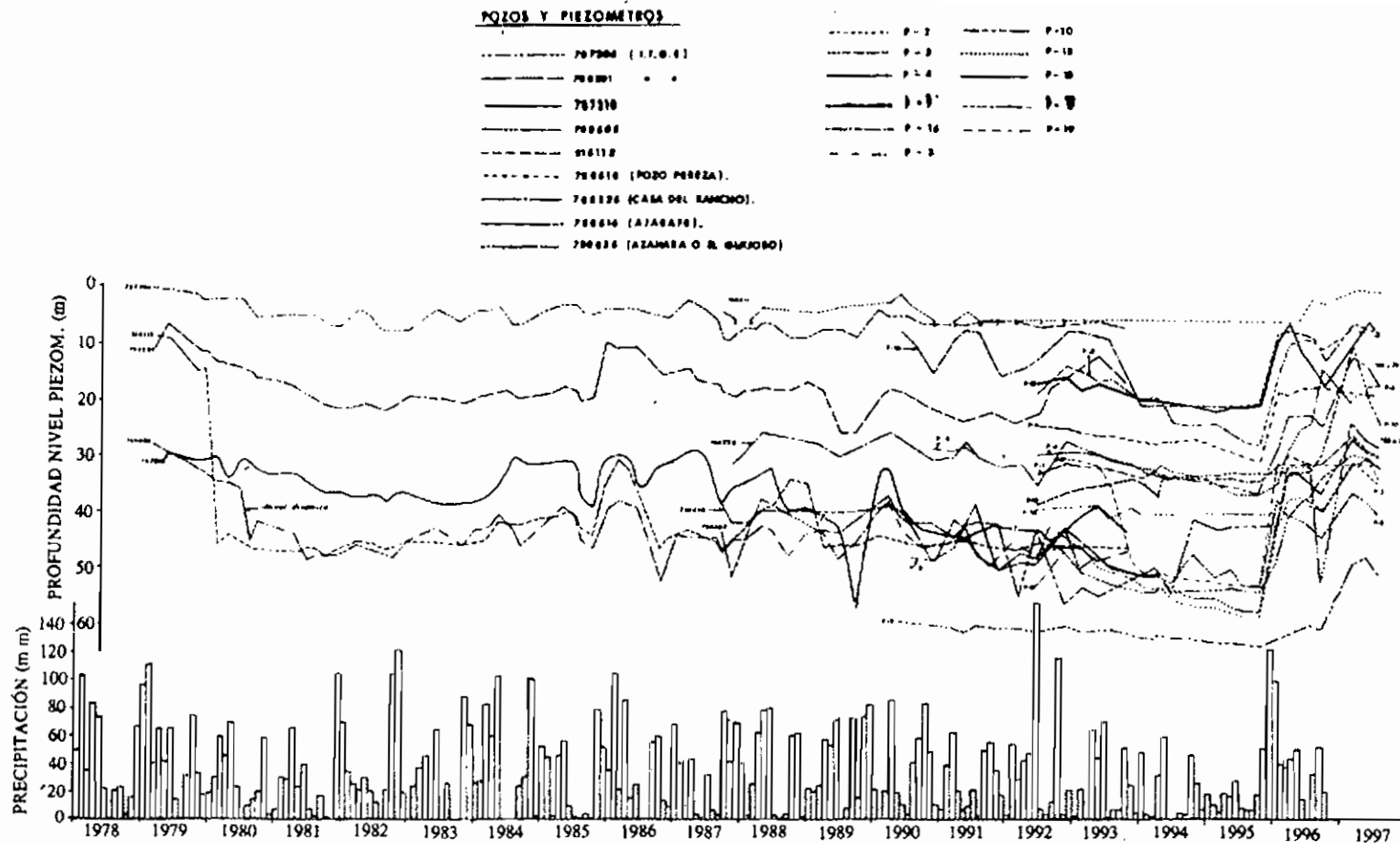


Figura 5. Evolución piezométrica en la zona norte de la unidad del Campo de Montiel. (Montero González, 2000).

Según el lugareño relator de los hechos, no se trataba de una sola surgencia vertical ascendente, sino de varias (a lo largo de toda la zona elipsoidal), localizándose seguramente las mismas en los puntos de intersección entre fracturas, ya que la surgencia más importante, situada en la parte central de la elipse y que se ha denominado "extrusión principal" (figura nº 2) está constatado que se localizaba en la intersección de una falla normal abierta de dirección N 80 E y otra de N 120 E. (Figura nº 6).



Figura nº 6. Cañada del Canutillo. Lugar exacto donde se localizó la "extrusión kárstica" principal en la primavera del 1971, que coincide con la intersección de fallas.

Está claro que estamos ante un acuífero kárstico, en el que el agua circula solo por conductos preferenciales formados a partir de fracturas, de manera que fuera de ellos no existe prácticamente agua. En el caso concreto que estamos analizando, la circulación subterránea se realiza a presión (circulación forzada), mediante sifonamientos, como si se tratara de un acuífero confinado (cautivo), a pesar de que la roca permeable aflora en superficie y no está representado ningún impermeable de techo. Este fenómeno ya fue puesto de manifiesto por Rodríguez Estrella (1986), al observar que durante la perforación del sondeo que abastece al pueblo de Polop (Alicante), emboquillado en calizas del Cretácico superior, el nivel piezométrico ascendió hasta 18 m, desde que apareció.

Ya se ha dicho que, debido a la acción halocinética del Trías, la representación de fallas en la elipse es mayor que en el resto de la zona, y ésto lo sabemos porque afloran sus trazas. Entonces surge una aparente contradicción: si las fracturas llegan hasta la superficie, el acuífero debería comportarse claramente como libre y no se producirían cargas hidrostáticas en el mismo. Recuérdese que en la descripción del evento, el labriego decía que existía un: "borboteo de agua y *barro rojizo*"; pues bien, el barro rojizo procedería de la "terra rossa" de descalcificación (que estaría ocupando la zona de aireación) y obturaría las partes elevadas de las fractura que comunican con el suelo. Al producirse las precipitaciones excepcionales del 1970 (especialmente nieve), en la zona de estudio no se pudieron producir, en un principio y de una manera relativamente rápida, las elevaciones del nivel piezométrico que le correspondían por la acción de los vasos comunicantes, ya que los "tapones" de arcillas se lo impedían: sin embargo se iban creando tensiones acumuladas, de tal manera que cuando vencieron la resistencia que ofrecían los materiales suprayacentes tubulares, el "descorche" fue violento y precipitado, originando el ruido de salida perentoria que describe el testigo ocular.

En la figura nº 7 aparece un esquema gráfico de la génesis del fenómeno, en donde se puede apreciar que los puntos más profundos de la zona saturada se ven sometidos cada vez a mayor presión, por el aumento del espesor de la columna de agua, de manera que cuando ese agua encuentra un conducto vertical, condicionado por una falla abierta (falla normal), asciende rápidamente, siendo la fuerza liberadora lo suficientemente grande como para poder destaponar los techos de las chimeneas ocupados por arcillas rojas.

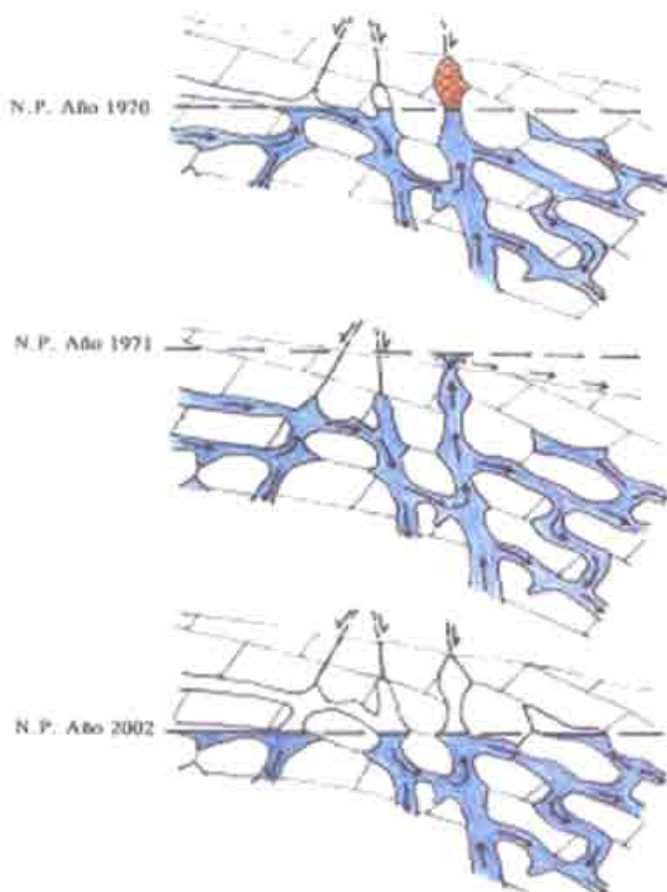


Figura nº 7. Génesis de la extrusión kárstica de la Cañada del Camutillo.

La carga liberada fue exactamente de 8 m, ya que en la fuente Hoyo del Espino, que está situada a 6,5 Km. al SW (figura nº 2) y en la misma curva isopotencial (figura nº 4), el 5-11-71 el agua libre de la zona húmeda que ocupaba en aquella época el interior de una dolina (como consecuencia del ascenso del nivel piezométrico) tenía una cota topográfica de 838 m (humedal de tránsito, según García Mariana, 2001). Por tanto, si el punto más bajo de la elipse tiene una cota de 830 m s.n.m. y antes de la extrusión no salía agua es porque ésta se encontraba comprimida exactamente 8 m, que coincide con el desnivel que existe entre el punto más elevado de la extrusión y el más bajo, y en todo ese área emergía el agua subterránea.

Un aspecto real de la extrusión en Junio de 1971, puede verse en la figura nº 8.



Figura nº 8. Aspecto real de la extrusión kárstica de la Cañada del Canutillo, en Junio de 1971, en la que aparece, en primera línea, uno de los autores como adolescente.

Este fenómeno duró aproximadamente un año y, contrariamente a como fue su nacimiento: súbito, ruidoso y sucio, su extinción fue: lenta, silenciosa y transparente.

En la figura nº 9 pueden verse las lluvias registradas en la estación pluviométrica de 4-B Munera. Destacan, entre todas, las caídas en Abril del 1971 (115,9 mm) y sobre todo en Mayo del 1971 (166 mm).

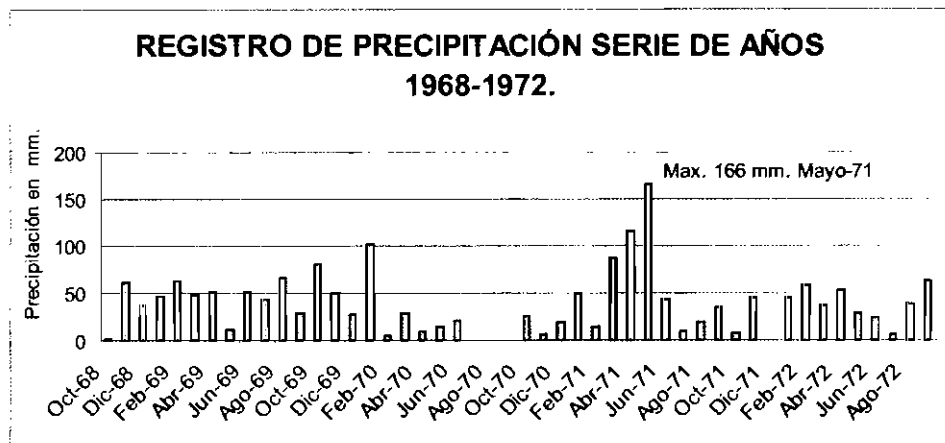


Figura nº 9. Lluvias registradas en la estación pluviométrica de 4-B Munera.

3. EXTRUSIÓN DE LA CAÑADA DEL ESPINO

Marco geográfico

En la Sierra del Segura, a caballo entre las Cuencas del Segura y Guadalquivir y las provincias de Albacete y Jaén, se encuentra el macizo del Calar del Mundo, que constituye uno de los acuíferos kársticos más importantes de España, ya que presenta un gran desarrollo de cavidades subterráneas (Cueva de los Chorros) y manantiales torrenciales tipo "trop plein", entre los que figuran Los Chorros y la Cañada del Espino, este último motivo del presente estudio, que se localiza en la cañada del mismo nombre.

Geomorfológicamente El Calar del Mundo tiene una forma de meseta, siendo la cota más baja de la base de 1.000 m s.n.m., en Mesones, y 1.694 m s.n.m., en el vértice geodésico del Argel. En su interior existen más de 1.000 dolinas, que ponen de manifiesto el endorreísmo tan desarrollado que presenta en su superficie (figura nº 10); sin embargo, este macizo da lugar a ríos importantes como Mundo, Tús y Frío.

Geología

Geológicamente pertenece a la Zona Prebética y más concretamente al dominio paleogeográfico del Prebético Interno. Existe un predominio

de materiales cretácicos y la serie estratigráfica más completa del Cretácico superior del Calar del Mundo es la de Raspilla (Rodríguez Estrella y Granados, 1975). De muro a techo, y sobre la facies “Utrillas”, aparecen:

Tramo 1. 201 m de dolomías claras detríticas, del Cenomaniense inferior-medio.

Tramo 2. 60 m de dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas amarillentas, del Cenomaniense superior.

Tramo 3. 141 m de dolomías grises oscuras, del Turoniense.

Tramo 4. 114 m de dolomías arcillosas amarillentas, dolomías grises (a veces con sílex), arcillas dolomíticas amarillentas y dolomías amarillas y rojas, del Senoniense inferior.

Tramo 5. 123 m de calizas masivas blancas, algo dolomitizadas, con “cailloux noirs”, del Senoniense inferior.

Esta serie se completa con la del Pocico (Rodríguez Estrella, 1979), en la que aflora (exclusivamente en este lugar) de muro a techo, y sobre el tramo 5, lo siguiente:

Tramo 6. 60 m de dolomías arcillosas amarillentas, del Senoniense inferior.

Tramo 7. 155 m de areniscas y calcarenitas, del Senoniense superior.

El Calar del Mundo constituye un macroplicue de 23 Km. de largo por una media de 5 a 6 Km. de ancho y su estructura, en general, es la de un sinclinal (*sinclinorio del Calar del Mundo*) cuyo eje principal es de dirección N 50 E. Presenta un cierre perisinclinal hacia el NE, y hacia el SO se amortigua por dos digitaciones. Existen numerosos pliegues de dirección NE-SO dentro de esta gran estructura, entre los que destacan: anticlinal del Arroyo de Tús, sinclinal del Puntal de Raspilla-Puntal de la Encomienda, sinclinal de los Vivoreros-Tornajo de Cotillas-Calar del Mundo, anticlinal del Espino y sinclinal del Cerro de las Cruces-Hoya Mala. En cuanto a fallas, son todas de distensión y destacan, tanto por su traza alargada en horizontal como por su envergadura en vertical, las de dirección NE-SO, algunas con longitudes de hasta 10 Km., como la *falla anticlinal de la fuente de la Cañada del Espino*, o de 8 Km., como la del *Norte de la Laguna*.

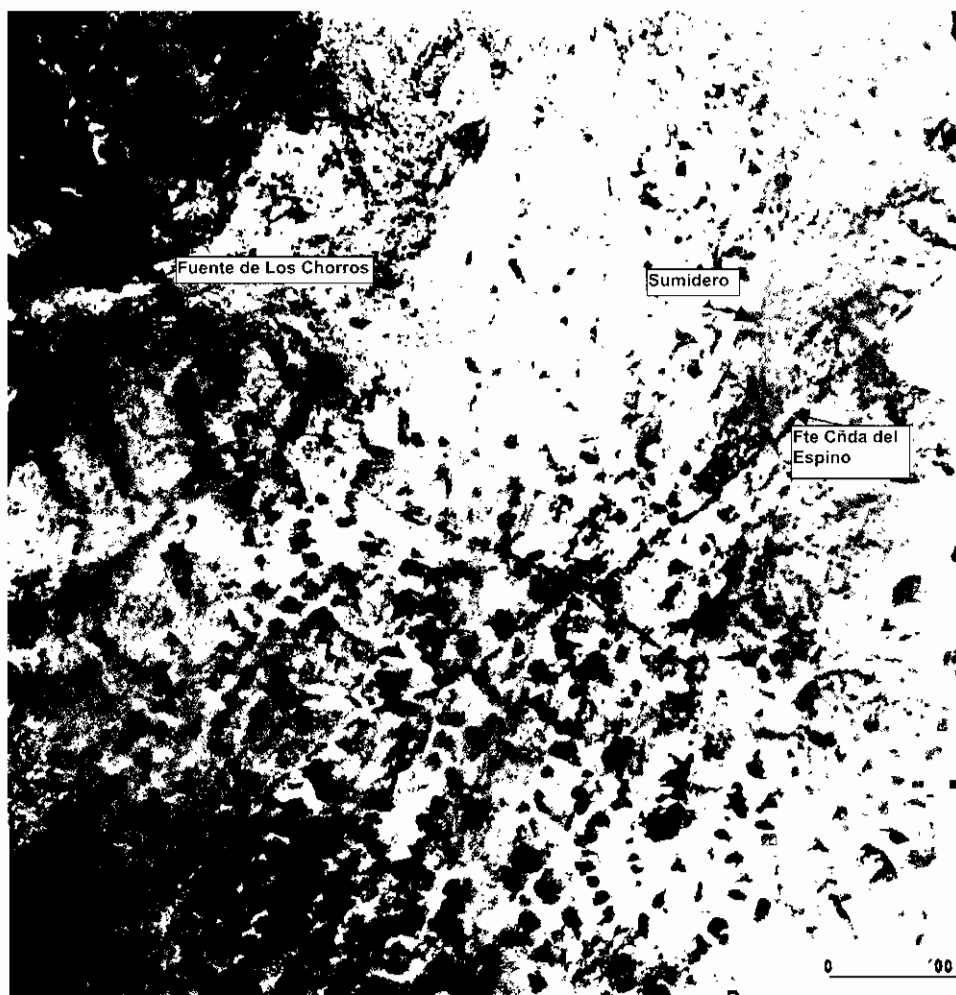


Figura nº 10. Foto aérea del exokart (dolinas, uvalas y poljés) del Calar del Mundo, entre las fuentes de Los Chorros y la de la Cañada del Espino; obsérvese la falla normal que condiciona la existencia de esta última surgencia.

Hidrogeología

Encuadre hidrogeológico general

Como ya hemos dicho, la fuente de la Cañada del Espino pertenece al acuífero del Calar del Mundo. Según los tramos descritos en el apartado de Geología, constituyen rocas permeables principales las carbonatadas (dolomías y calizas) de los tramos 1, 3, 5 y con menor importancia las

del 7; y se consideran rocas semipermeables las de los tramos 2, 4 y 6 (alternancia de dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas), si bien pueden actuar como verdaderos impermeables y condicionar la salida de algunos manantiales importantes, entre los que destaca Los Chorros; aunque el factor más decisivo que imprimirá a estas rocas el papel de permeable o impermeable va a ser el grado de fracturación.

Como impermeable principal se considera la facies "Utrillas" (arcillas y arenas) del Cretácico inferior, que constituye el impermeable de base del acuífero del Calar del Mundo. En cuanto a impermeables laterales solo hay que mencionar al Trías arcilloso-yesífero, dado su carácter diapírico, que es además el impermeable de base regional. No existe, prácticamente, impermeable de techo, a excepción de la "raña" pliocena, de arcillas rojas y conglomerados de cuarcitas.

Los límites del acuífero (o sistema acuífero), que fueron definidos por Rodríguez Estrella (1976), son los siguientes:

- Al NO, la facies "Utrillas" pero, sobre todo, diversos afloramientos triásicos diapíricos, entre los que figuran los de Siles, Villaverde, Río Mundo, Riópar y Mesones.

- Al E, SE y O, los afloramientos y subafloramientos de la facies "Utrillas".

El acuífero así definido tiene 145 km².

Puesto que los tramos permeables están separados por otros semipermeable, van a existir, por tanto, niveles piezométricos muy diferentes. Además, dentro de una misma roca permeable (por ejemplo, las calizas del Senoniense inferior), también se darán diferencias notables de unos puntos a otros, debido a los pliegues disarmonicos que existen en dichos materiales y que se produjeron tras la pulsación tectónica del final del Turoniense, lo que ocasionó la acordancia del Senoniense inferior; algunos de estos pliegues (anticlinales) van a constituir verdaderos umbrales hidrogeológicos.

En la figura nº 11, pueden verse las subdivisiones, en sectores y en subacuíferos, del acuífero del Calar del Mundo (Rodríguez Estrella y Ballesta, 1999; y Rodríguez Estrella, 1999). Lo primero que se advierte, es la existencia de dos sectores, prácticamente independizados hidrogeológicamente y con características hidrodinámicas muy diferentes: el sector occidental, en el que las fallas normales de gran salto y las de desgarre han puesto en conexión hidráulica las rocas de los tres tramos permeables haciendo que se comporten en realidad como un acuífero monocapa (si se exceptúa el pequeño subsistema superpuesto de Los Calarejos, que está ligado al tramo 5 del Senoniense inferior); y el sector oriental, en el que el

acuífero es multicapa, pero que en ocasiones pueden darse hasta las siguientes combinaciones de independencia: dolomías del Cenomaniense inferior-medio, dolomías y calizas del Turoniense-Senoniense inferior, y calizas del Senoniense inferior; la independencia hidrogeológica en dicho sector es temporal y relativa, ya que en las épocas de grandes precipitaciones (lluvia y nieve), se producen conexiones hidráulicas por pasillos tectónicos a manera de cascadas subterráneas (similares a las que existen en el curso hipogeo de la cueva de Los Chorros). La separación entre ambos sectores coincide con los ejes de dos anticlinales en ensilladura: uno, el anticlinal-falla de Arroyo de la Puerta-Aserradero del Río Tus de dirección NNE-SSO, solo hasta aproximadamente 1 Km. al Norte del vértice geodésico del Calar del Mundo, y otro, el anticlinal de dirección NO-SE que parte de este último punto y se dirige hacia el Arroyo de Marina.

Dentro del sector occidental se han distinguido subacuíferos (o subsistemas) del Cretácico superior unificado (Rayuela y Calar del Mundo) y subacuíferos del Senoniense inferior (Calarejos). En el sector oriental se han podido diferenciar subacuíferos pertenecientes al Cenomaniense inferior-medio (Piazuelos, Los Españoles y Peguera); al Turoniense-Senoniense inferior (Puntal de Moropeche, La Celadilla y Arroyo del Molino-S. Agustín); y al Senoniense inferior (Collado Verde, Raspilla y Chorros-El Espino).

No es posible describir aquí todos y cada uno de los subacuíferos definidos; sin embargo, dada su importancia relativa, y que en él se ubica la fuente de la Cañada del Espino, se analizará solo el de Los Chorros-El Espino.

Hidrogeología local

El subacuífero Los Chorros-El Espino es el subsistema más conocido del Calar del Mundo, en el sentido de que está relacionado con la Cueva de los Chorros y sus famosos "reventones".

Los límites vienen definidos por los siguientes accidentes tectónicos: al Sureste, por el umbral del anticlinal-falla del Arroyo de Tús (en el que aflora el tramo 4 impermeable a semipermeable del Senoniense inferior); al Oeste, por los dos anticlinales, de Arroyo de la Puerta y Calar del Mundo (en los que aflora y subaflora el mismo tramo 4 del Senoniense inferior), que delimitan los sectores occidental y oriental; al Norte y Sur, por afloramientos del tramo 4 y al Noreste por la terminación oriental de la falla del Espino, que hace aparecer tectónicamente el tramo 4. Según esta definición el subsistema tiene una superficie de 25 km².

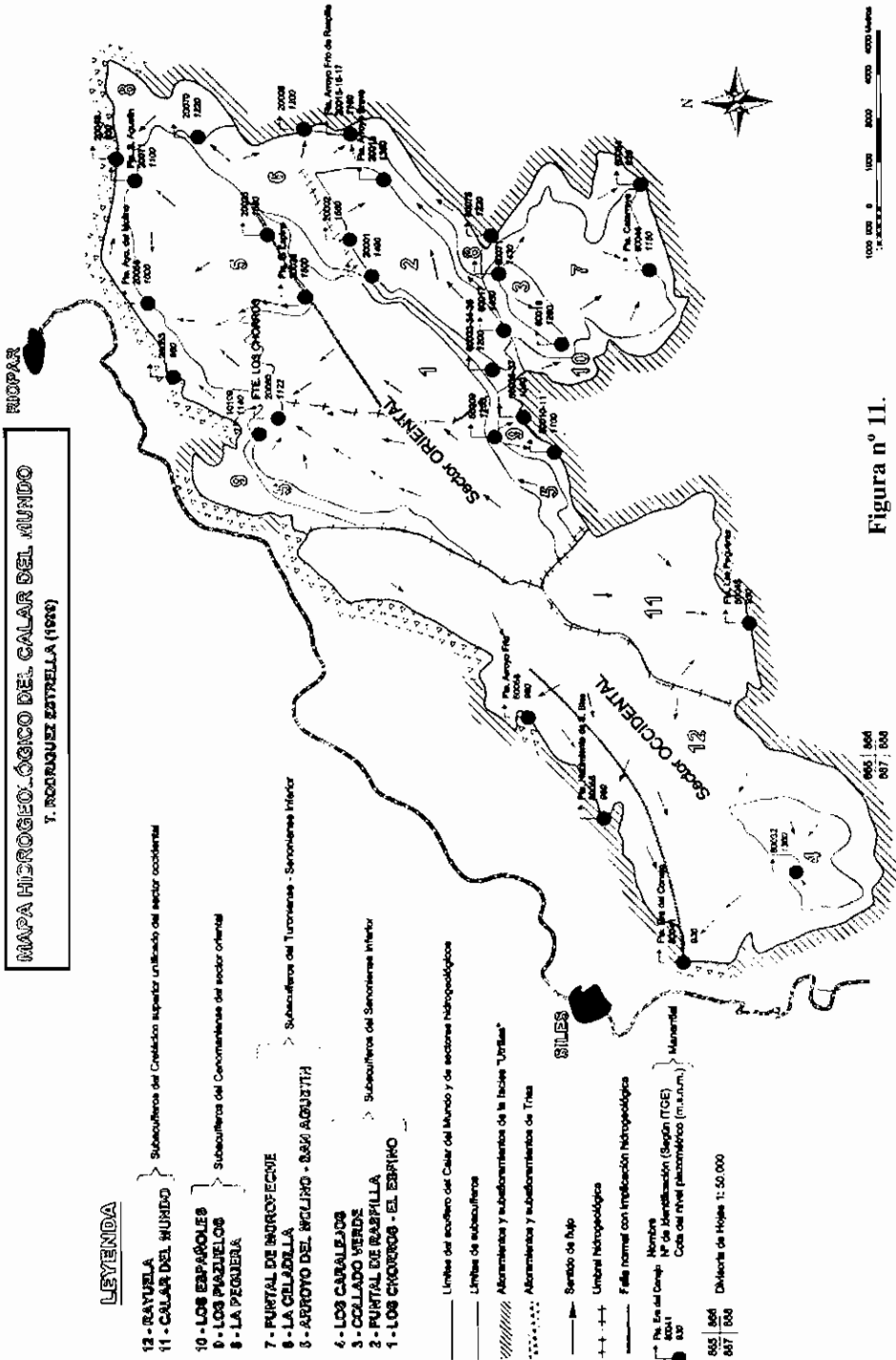


Figura nº II.

La estructura del subacuífero es la de un único sinclinal en la parte Oeste, que hacia el Este pasa, por virgación (ramificación), a tres pequeños sinclinales: Cañada de los Mojones (que en realidad se trata de un sinclinal-fosa). Hoya Mata y Vivorerros. Separando estos dos últimos sinclinales está la falla-anticlinal de la fuente de la Cañada del Espino, que se amortigua hacia el SO y que ha provocado el afloramiento del tramo 4 del Senoniense inferior: el papel impermeable de este tramo en dicho lugar no ofrece dudas, pues condiciona la salida del manantial de la Cañada del Espino, como veremos.

En conjunto, este sinclinorio tiene una vergencia general hacia el Norte (próximo al vértice del Calar del Mundo el muro del tramo 5 calizo del Senoniense inferior está a una cota topográfica de casi 1.600 m s.n.m., mientras que en la zona de Los Chorros apenas supera los 1.100 m s.n.m.); esta característica tectónica condiciona a la Hidrogeología y sobre todo al flujo subterráneo, que va a tener un sentido generalizado hacia el Norte, concretamente hacia la exsurgencia de Los Chorros (866/20060) de cota 1.122 m s.n.m., y la surgencia en "trop plein" de la Pedorrilla (866/10109), que emerge a una cota de 1.140 m s.n.m. sólo cuando han tenido lugar unas lluvias muy intensas.

Respecto a la fuente de la Cañada del Espino hay que decir que emerge, en la zona de meseta del Calar, a una cota de 1.580 m s.n.m. y que, como se ha dicho, se trata de una surgencia en "trop plein", por lo que el agua sale solo en contadas ocasiones. En el lugar de la antigua surgencia existe un pozo de unos 15 m de profundidad por 1,5 m de diámetro en donde está instalada una bomba manual (de ahí que se le denomine también a esta fuente la del "pozo de la bomba"), que sirve para extraer agua a los pastores y senderistas, ya que ésta se encuentra generalmente a menos de 5 m de profundidad. Sin embargo, después de unas semanas de lluvias copiosas "revienta el pozo" e inunda el polje del Espino, desapareciendo finalmente el agua en el sumidero que existe a 600 m al Norte. La presión hidrostática es tal, que el agua asciende a más de metro y medio de la superficie, que es la altura de la puerta del pozo, y rebosa por encima de ésta. En su ascenso arrastra piedras de las paredes y las deposita en las proximidades de la boca (figura nº 12).

El hecho de que hayamos considerado como extrusión kárstica a esta fuente y no a la de la Cueva de los Chorros (que es más espectacular todavía, pues llegan a salir de golpe hasta 50.000 l/s) es porque el vertido se produce en la vertical de una montaña (y no en la horizontal) y la circulación desde la boca es descendente y no ascendente.

En Diciembre de 1971 (concretamente el día 20), tenemos conoci-



Figura nº 12. Aspecto de la extrusión kárstica de la fuente de la Cañada del Espino, sin agua, el 10-7-1997. Obsérvese el reguero de piedras que ha depositado desde su boca, procedentes del interior del pozo.

miento por datos del IGME, que llegaron a salir por la boca del pozo un caudal de aproximadamente 500 l/s. desgraciadamente no tenemos registrado este evento en fotografía; sin embargo, en la figura nº 13, puede verse la fuente, el 1-12-1996, con 150 l/s.

Tal como ya se ha dicho con anterioridad, la fuente sale por la acción de la falla de la fuente de la Cañada del Espino, que pone en contacto lateral las calizas del tramo 5 con las dolomías arcillosas y arcillas

dolomíticas del tramo 4, ambos pertenecientes al Senoniense inferior, de manera que el producirse una sobrepresión hidrostática por el incremento de la alimentación, el agua se libera al encontrar este conducto vertical, ligado a la falla. En este caso no se trata de tapones de arcillas ni de “descorches” rápidos (pues estamos ante una fuente “abierta constantemente”); se trata de un mecanismo más complejo, en donde actúan sifones inversos que se “ceban” y ponen en movimiento, además del agua que llega, a otra almacenada por debajo de los lagos en sifones directos (Rodríguez Estrella, et al. 2002).

Esta falla desvía parte del agua que se dirige hacia la Cueva de los Chorros y tras emerger por la fuente de la Cañada del Espino, pasa a alimentar, a través del sumidero, a otro subacuífero, concretamente el del Arroyo de los Molinos-San Agustín; es decir, que el agua que salga por la Cañada del Espino deja de hacerlo por Los Chorros (figura nº 14).



Figura nº 13. Aspecto real de la extrusión kárstica de la fuente de la Cañada del Espino, el 1-12-1996 (Caudal 150 l/s).

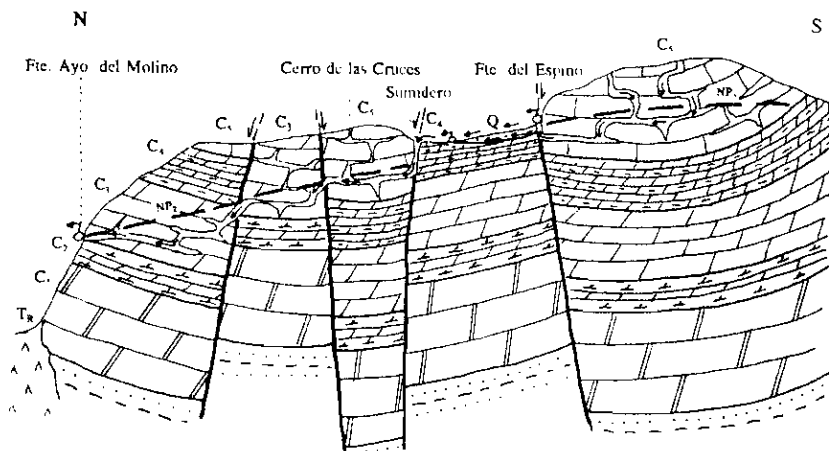


Figura nº 14. Esquema hidrogeológico de la fuente de la Cañada del Espino.

Un fenómeno de extrusión similar al descrito para la fuente de la Cañada del Espino, sucede en la fuente de la Media Fanega (866/20025), igualmente en "trop plein", que emerge a 1.580 m s.n.m. por la acción de la misma falla y que cuando sale lo hace con tanta fuerza que se asemeja a un volcán cuyo agua de erupción eleva las piedras sueltas que estuvieran en la boca de salida.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con todo lo dicho, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1.ª) Los fenómenos que hemos denominado de extrusión kárstica, solo los hemos identificado en la provincia de Albacete en zonas topográficamente llanas, con rasgos geomorfológicos endorreicos.

2.ª) La característica diferencial que hace que estos eventos los consideremos singulares, es la irrupción violenta del agua subterránea con carácter artesiano, de forma ascendente.

3.ª) Para que se produzcan estas extrusiones kársticas, es necesario que existan precipitaciones excepcionales, como las de final del año 1970 y primera mitad de 1971, de nieve y lluvia, siempre bajo unas condiciones hidrogeológicas naturales.

4.ª) Mientras se mantenga la situación piezométrica actual del acuífero Campo de Montiel, es poco probable que se vuelva a repetir este fenómeno.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto internacional GTE 448 de la UNESCO: *Correlación mundial de ecosistemas kársticos*.

BIBLIOGRAFÍA

- Capel Molina, J.J. (1972). Evolución y desarrollo de la ola de frío del 21 de diciembre de 1970 al 3 de enero de 1971, sobre la Península Ibérica. *Rev. Cuadernos Geográficos*, nº 2. Univ. Granada. pp. 69-83.
- García Mariana, F. (2001). Reconocimiento hidrogeológico de humedales en la Cuenca del Segura. (Síntesis). *VII Simp. de Hidrog.* IGME pp. 215-230.
- ITGE (1989). Las aguas subterráneas en España. Estudio de Síntesis. 2 T.
- Llamas, R. (1993). Explotación de aguas subterráneas y conservación de ecosistemas. *Jorn. sobre las Aguas Subt.* pp. 1-20. Madrid.
- Montero González, E. (2000). Contribución al estudio de la geometría y los límites del acuífero del Campo de Montiel. *Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel"*. Serie I. Estudios nº 119. 177 p.
- Rodríguez Estrella, T. (1976). El sistema hidrogeológico del Calar del Mundo. *Simp. Nac. Hidrog.* Valencia. A.G.E. *Grupo de Trab. de Hidrog.* pp. 317-338.
- Rodríguez Estrella, T. (1979). Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética. Tesis doctoral. Univ. de Granada (leída en 1978). *IGME. Colec. Mem.* t. 97. 566 pp. Madrid.
- Rodríguez Estrella, T. (1999). Nuevas aportaciones sobre el funcionamiento hidrogeológico del acuífero kárstico multicapa del Calar del Mundo (provincias de Albacete y Jaén). *Contrib. del est. cient. de las cav. kárst. al conocim. geol.* pp. 507-522. Nerja.
- Rodríguez Estrella, T. (2001. en prensa). Los humedales de la provincia de Albacete y las aguas subterráneas. Ponencia impartida en Albacete en las "II Jornadas sobre Medio Natural Albacetense". *Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel"*.
- Rodríguez Estrella, T. y Granados, L. (1975). El Cretácico superior de las hojas de Alcaraz, Liétor y Yeste, Zona Prebética. Primer Coloq. de Estrat. y Paleog. del Cret. de España. Bellaterra-Tremp 1973. *Emp. Nac. ADARO de Inv. Min. S.A.* Serie 7. nº 1. pp. 129-140. Madrid.
- Rodríguez Estrella, T. y Gómez de las Heras, J. (1986). Principales características de los acuíferos kársticos de la provincia de Alicante. *Karst de Euskadi*. 205-220. S. Sebastián.

- Rodríguez Estrella, T.; López Bermúdez, F.; Romero Díaz, A. y Navarro Hervás, F. (1988). Factores físicos e hidrogeológicos condicionantes del endorreísmo del sector central de la provincia de Albacete. *International Symposium on Hydrology of Wetlands in Semiarid an Arid Regions*. Sevilla. pp. 147-150.
- Rodríguez Estrella, T. y Ballesta Sánchez, F.(1999). Estudio geohidroespeleológico del Calar del Mundo (prov. Alb. y Jaén). *Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel"*. 175 p.
- Rodríguez Estrella, T.; Ballesta, F.; Melero, J. y Martínez, J.A. (2002). Contribución de las medidas de conductividad pH, en las aguas de la Cueva los Chorros del Río Mundo, a la génesis del enigmático "Reventón" (Albacete). *Karst and Environment*. Nerja. pp. 192-209.