

## References

- Borradaile, G. J. (1982): *Atlas of deformational and metamorphic rock fabrics*. Springer-Verlag, 368-369.
- Breaks, F. W. and Bond, W. D. (1982): *Atlas of deformational and metamorphic rock fabrics*. Springer-Verlag, 366-367.
- Doblas, M.; Capote, R., and Casquet, C. (1983): *Stvd. Geol. Salman.*, 18, 27-38.
- Maddock, R. H. (1983): *Geology*, 11, 105-108.
- Passchier, C. W. (1984): *Jour. Struct. Geol.*, 6, 273-281.
- Sibson, R. H. (1975): *Geoph. Jour. Roy. Astron. Soc.*, 43, 775-794.
- Sibson, R. H. (1977): *Jour. Geol. Soc. Lond.*, 133, 191-213.
- Sibson, R. H. (1980): *Jour. Struct. Geol.*, 2, 165-171.
- Ubanell, A. G. (1982): *Estudio de la fracturación en un segmento del Sistema Central español*. Tesis Doct. Univ. Complutense Madrid.
- Wise, D. U.; Dunn, D. E.; Engelder, J. T.; Geiser, P. A.; Hatcher, R. D.; Odom, A. L., and Schamel, S. (1984): *Geology*, 12, 391-394.

Recibido el 22 de enero de 1987  
Aceptado el 17 de febrero de 1987

## Comentarios

*G. de Vicente.*—¿A qué dirección de zonas de cizalla o fallas están asociadas las pseudotaquilas BTH?

*Respuesta.*—Las pseudotaquilas de tipo BTH se encuentran localizadas de forma discontinua y al azar a lo largo de planos de cizallamiento C de granitos deformados SC; estos planos tienen orientación WNW-ESE y buzamiento al NNE, indicando un movimiento distensivo hacia el NNE.

*R. Vegas.*—El trabajo presentado por M. Doblas no corresponde en realidad a un trabajo sobre paleosismicidad, ya que no ofrece datos sobre la recurrencia de sismicidad en esta zona. No obstante,

supone una contribución al estudio de las pseudotaquilas en el Sistema Central.

*Respuesta.*—El concepto de la palabra *paleosismicidad* al que se refiere usted está en relación con procesos neotectónicos, en los cuales se estudian episodios sísmicos recientes, mediante criterios estructurales, geomorfológicos y estratigráficos. Sin embargo, en nuestro trabajo estudiamos procesos paleosísmicos durante épocas mucho más antiguas (tiempos posteriores al hercínico hasta tiempos alpinos) y los únicos indicadores posibles en estos casos son las pseudotaquilas presentes en rocas graníticas del basamento actualmente aflorante. De hecho, se utiliza este término en trabajos clásicos sobre pseudotaquilas y sismicidad (Sibson, 1975, página 791: «... where Pseudotachylite is associated ... it may be used as an indicator of paleoseismic activity...»), en relación con sismicidad paleozoica. El concepto de la palabra *paleosismicidad* no es únicamente aplicable a procesos neotectónicos, como parece usted indicar, sino a cualquier episodio sísmico antiguo (de allí el prefijo *Paleo*), tanto «paleotectónico» como «neotectónico».

## Características del funcionamiento y la estructura de los sistemas hidrogeológicos karstificados de los conglomerados de la Serra de l'Obac (Depresión terciaria del Ebro)

A. Freixes i Perich. Servei Geologic de Catalunya. Travessera de Gràcia, 56. 08006 Barcelona.

## ABSTRACT

*Methodological aspects (system approach) and results from an hydrological experimental study are summarized. The study area includes different systems located in the karstified conglomerates of Sant Llorenç del Munt — Serra de l'Obac (Ebro Basin).*

Freixes i Perich, A. (1987): Características del funcionamiento y la estructura de los sistemas hidrogeológicos karstificados de los conglomerados de la Serra de l'Obac (Depresión terciaria del Ebro). *Geogaceta*, 2, 49-51.

**Key words:** *System approach, hydrogeology, experimental karst, conglomerates.*

## Metodología

En esta nota se sintetizan los aspectos metodológicos y los resultados más significativos de la investigación experimental realizada en los sistemas hidrogeológicos de los conglomerados carbonáticos y karstificados de Sant Llorenç del Munt-Serra de

l'Obac (depresión terciaria del Ebro). Desde una perspectiva general y teórica el trabajo ha tenido un enfoque sistémico, entendiéndose éste como el marco y los elementos de una investigación operacional que permite definir el sistema como unidad de investigación y cuantificar sus características dinámicas más importantes. La cuan-

tificación se ha realizado a partir del análisis de parámetros hidrogeológicos y, en consecuencia, la hidrogeología ha constituido la aproximación experimental y concreta del estudio realizado.

El trabajo experimental se ha desarrollado entre los años 1980 a 1984, controlándose diversos parámetros hi-

drogeológicos de las surgencias del torrent de la Saiola (Serra de l'Obac) (Freixes, 1986). La investigación de carácter interdisciplinar ha consistido en el análisis de las respuestas hidrodinámica, hidrogeotérmica e hidrogeoquímica de las distintas surgencias.

**Resultados**

a) *Hidrodinámica*

Los caudales máximos aportados por las surgencias permanentes son poco importantes: las Fonts de Rellinars, 120 l/s, y la de Carlets, 22 l/s; los aportados por las fuentes temporales son sensiblemente superiores: la Font Falsa, 60 l/s; la Pedregosa, 120 l/s; la Barbotera, 227 l/s, y la Saiola, 360 l/s (en la crecida de 1984 se estimó un caudal de 0,5 m<sup>3</sup>/s), y los Caus del Guitart 80 l/s. Los volúmenes de tránsito aportados por las distintas surgencias en el ciclo hidrológico y las crecidas en 1982 son los siguientes: Fonts de Rellinars y Carlets, 0,62 hm<sup>3</sup>; la Font Falsa, 0,01 hm<sup>3</sup>; la Pedregosa, 0,25 hm<sup>3</sup>; la Barbotera, 0,45 hm<sup>3</sup>; la Saiola, 0,7 hm<sup>3</sup>, y los Caus de Guitart, 0,17 hm<sup>3</sup>. Los hidrogramas son, en general, de débil amplitud y las decrecidas de gran duración. El tiempo de infiltración (Mangin, 1975) es muy importante, de 50 a 100 días, e incluso superior; este tipo de respuesta hidráulica indica una circulación predominantemente lenta respecto a la circulación rápida, que es de menor importancia. El volumen dinámico de 0,1 a 0,2 hm<sup>3</sup> indica que la zona saturada (inundada) es poco significativa, casi despreciable. En el «karst de Rellinars» los resultados experimentales permiten afirmar la existencia de una zona no saturada (o de infiltración de estructura muy compleja, que implicaría, muy probablemente, a estructuras kársticas pretéritas (cavidades del paleokarst). Esta estructura compleja respondería a una organización en subunidades o subsistemas. El tratamiento de los hidrogramas por el análisis de autocorrelación (análisis de series temporales) indica un comportamiento complejo que, consistiría en un doble funcionamiento: uno característico de aguas bajas y otro de aguas altas (fig. 1) (Mangin, 1984).

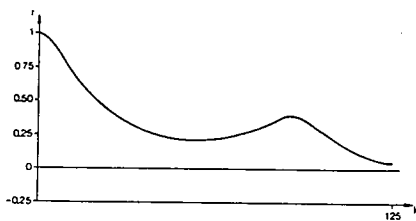


Fig. 1.—Correlograma del sistema kárstico de Rellinars (Fonts de Rellinars, 1980-1981a).

b) *Hidrogeotermia*

La variabilidad y las amplitudes absolutas de la temperatura de las distintas surgencias es propia de sistemas acuíferos con una karstificación de relativa importancia (Andrieux, 1972). Las amplitudes absolutas son particularmente significativas en la Barbotera, con 1,2°C, y en las Fonts de Rellinars y la Pedregosa, con 0,9°C.

En las surgencias de Rellinars, Carlets, Pedregosa y Barbotera se puede constatar que los valores máximos de caudal durante las crecidas se corresponden con los valores mínimos de temperatura, es decir, existe una correlación elevada y negativa entre dichos parámetros. Este tipo de respuesta térmica es característica de sistemas hidrológicos de zona saturada o inundada prácticamente inexistente. En la Saiola y los Caus de Guitart la evolución de la temperatura durante los episodios de crecida es más compleja y es probable que estas surgencias estén relacionadas con zonas saturadas o inundadas, quizás de carácter temporal, de relativa importancia. Los Caus del Guitart presentan temperaturas superiores a 4°C a las de su isoterma, constituyendo una surgencia de tipo hipotermal (Schoeller, 1962) en relación con una anomalía de tipo geotérmico.

c) *Hidrogeoquímica*

Desde el punto de vista hidrogeoquímico se ha realizado a lo largo del control experimental el análisis de iones fundamentales: bicarbonato, sulfato, cloruro, calcio, magnesio, sodio y potasio. Las respuestas hidrogeoquímicas de las distintas surgencias indican, análogamente a lo observado en las respuestas hidrodinámicas, una circulación (infiltración) predominantemente lenta: las aguas son, en general, sobresaturadas. Las aguas de infiltración rápida son poco significativas

y, obviamente, caracterizan el funcionamiento en caudales elevados durante las crecidas: son aguas próximas al equilibrio químico o bien ligeramente infrasaturadas. Además, los caudales más elevados se corresponden con las aguas menos mineralizadas, respuesta característica también de sistemas de zona saturada poco importante (Bakalowicz, 1979).

**Conclusiones y perspectivas**

El análisis multivariable de componentes principales realizado para el conjunto de surgencias y con los datos de las crecidas de 1982 (Q, T, pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> de 106 muestras o unidades estadísticas) ha permitido establecer la hipótesis de que los Caus de Guitart forman parte de un sistema independiente; las fonts de Rellinars, Carlets, Falsa, Pedregosa y Barbotera como integrantes de una misma unidad o sistema Rellinars y la surgencia temporal de la Saiola como un dispositivo desligado hidráulicamente de la unidad de Rellinars o en todo caso como un subsistema de ésta (fig. 2). Los sistemas hidrológicos estudiados se caracterizan por un drenaje escasamente desarrollado y, en consecuencia, por una estructura fisural o de karstificación incipiente. A nivel de algunas surgencias y localmente la karstificación puede ser más importante. En la clasificación de Mangin (1975) se sitúan en el dominio de los sistemas complejos, de funcionamiento muy inercial, organización compleja y drenaje poco evolucionado. Y en la sistematización de los acuíferos kársticos propuesta por Schuster y White (1971): «diffuse and conduit flow systems», los sistemas estudiados se sitúan próximos a los «diffuse flow systems».

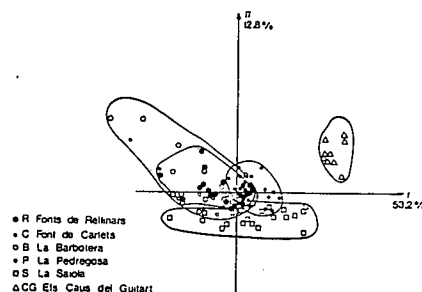


Fig. 2.—Análisis de componentes principales (ACP) espacial del conjunto de surgencias (106 unidades estadísticas).

En el momento actual continúan las investigaciones en la zona de emergencias, centradas, principalmente, en el estudio hidrobiológico de los distintos sistemas hidrológicos con el objetivo de precisar el conocimiento de su funcionamiento y estructura.

#### Referencias

- Andrieux, C. (1972): *Ann. Spéléol.*, 27, 525-541.
- Bekalowicz, M. (1979): *Contribution de la géochimie des eaux a la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification*. Univ. Paul Sebatier, Toulouse.
- Freixes, A. (1986): *El carst conglomeràtic experimental de Rellinars: un enfocament sistèmic i hidrogeològic en la recerca del medi càrstic*. Tesis Lic. Univ. de Barcelona.
- Mangin, A. (1975): *Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques*. Thèse doct, in *Ann. Spéléol.*, 29 (3), 283-332; 29 (4), 496-601; 30 (1), 21-124.
- Mangin, A. (1984): *Journal of Hydrology*, 67, 25-34.
- Schoeller, H. (1962): *Les eaux souterraines*. Masson, París, 642 pp.
- Schuster, E. T. y White, W. B. (1971): *J. Hydrol.*, 14, 93-128.

Recibido el 10 de febrero de 1987  
Aceptado el 17 de febrero de 1987

## Generaciones de cabalgamientos y pliegues recumbentes en los Mantos Alpujárrides entre Ronda y Almería. Cordilleras Béticas

J. C. Balanyá. Dpto. de Geodinámica. Instituto And. Geología Mediterránea, CSIC-Universidad, 18071 Granada.

J. Campos. Dpto. de Geodinámica. Instituto And. Geología Mediterránea, CSIC-Universidad, 18071 Granada.

V. García-Dueñas. Dpto. de Geodinámica. Instituto And. Geología Mediterránea, CSIC-Universidad, 18071 Granada.

M. Orozco. Dpto. de Geología. Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla.

J. F. Simancas. Dpto. de Geodinámica. Instituto And. Geología Mediterránea, CSIC-Universidad, 18071 Granada.

#### ABSTRACT

*Synmetamorphic thrust nappes, related to the Los Reales Crustal Thrust within the Alpujarride Nappes, moved in an ENE or NE direction. A subsequent movement took place in a northerly direction and large fold nappes were formed. Finally N and NW brittle thrusting occurred, consistent with the Gibraltar Crustal Thrust and the N-S convergence of Iberia and Africa.*

Balanyá, J. C.; Campos, J.; García-Dueñas, V.; Orozco, M., y Simancas, J. F. (1987): Generaciones de cabalgamientos y pliegues recumbentes en los Mantos Alpujárrides entre Ronda y Almería. Cordilleras Béticas. *Geogaceta*, 2, 51-53.

**Key words:** *Thrust nappes, fold nappes, shear zone, Alpine belts, Betic Cordilleras.*

Los Mantos Alpujárrides constituyen la mayor parte del Dominio de Alborán (García-Dueñas y Balanyá, 1986) y suponen un importante apilamiento alpino de elementos tectónicos corticales. Se conocen los principales mantos y grandes unidades (Aldaya *et al.*, 1981; Navarro-Vilá y Tubía, 1983) y se han establecido varias etapas de corrimiento con sus direcciones de traslación predominantes (Campos *et al.*, 1984, 1986; Tubía y Cuevas, 1986; Cuevas *et al.*, 1986).

Sin embargo, es necesario valorar la influencia de las sucesivas generaciones de cabalgamientos y pliegues recumbentes en la evolución geométrica de la pila alpujárride. Con este propósito hemos acotado tres áreas, representativas de una franja de 30 km

de anchura extendida desde Ronda hasta Almería. Varios mantos, situados a distintos niveles de la pila, se encuentran en cada área, estando al W los superiores; también la organización estructural varía de un caso a otro.

#### Area de Estepona-Marbella

Al sur de Ronda, Navarro-Vilá y Tubía (1983) han diferenciado tres mantos: M. de Ojén, M. de Guadaiza y M. de Los Reales (en orden ascendente) (fig. 1).

Un cabalgamiento dúctil a escala cortical separa el M. de Los Reales (a techo) de los otros dos. En la zona de cizalla (espesor ~0,5 km) se genera

foliación milonítica (Fm) y lineación de estiramiento (Le), entre otras estructuras. La dirección media de Le es N 60-70 E y el sentido de cabalgamiento es ENE (Tubía y Cuevas, 1986). Un gran sinclinal recumbente se sitúa en el bloque de muro del cabalgamiento. El M. de Guadaiza, que no existe al E de Sierra Bermeja, es una repetición del flanco inverso del sinclinal, cuyos dos flancos constituyen el M. de Ojén.

El M. de Los Reales se compone de varios elementos estructurales: 1) lámina basal de peridotitas (Un. de Bermeja); 2) sucesión de gneises y metapelitas (Un. de Jubrique), y 3) Zona de Imbricaciones de Benarrabá-Casares. Entre las Un. de Bermeja y Jubrique existe una zona de cizalla