

# Consideraciones sobre la recarga en el Karst a través del estudio de las filtraciones en cuevas.

*Considerations about the recharge in the Karst through the study of the infiltrations in caves.*

E. Sanz Pérez.

Dpto. de Ingeniería y Morfología del Terreno. Esc. Téc. Sup. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

## ABSTRACT

*In the present paper we study the percolation in the karst as per the stalactites hydrographic analysis. We analyse some of the mechanisms related to infiltration, taking into account the observations obtained in several caves of Spain. It is basically an hydrodynamic research inside the unsaturated zone where the rain and evapotranspiration, and the geologic characteristics are related to stalactites hydrographs.*

**Key words:** *groundwater recharge, Karst.*

*Geogaceta, 17 (1995), 85-88  
ISSN:0213683X*

## Introducción

En este trabajo preliminar se pretende estudiar algunos aspectos de la recarga de las precipitaciones a través de las medidas sistemáticas del goteo de las estalactitas.

Esta línea de investigación, iniciada recientemente, cuenta ya con algunas experiencias interesantes. Así, en la gruta de Saucier (Francia), Destombes (1969-70) observó que el drenaje de las estalactitas reflejaban oscilaciones semidiurnas y variaciones de gran amplitud ligadas a chubascos. Jackus (1977), comprobó el efecto regulador del suelo en los hidrogramas de las estalactitas. Otras observaciones han sido realizadas por Bakalowicz y Jusserand (1986) en Nieaux (Francia), y por Atrike *et al.* (1985) en Yorkshire (Inglaterra), donde se utilizaron técnicas isotópicas. En Altamira, Villar *et al.*, (1983), hicieron diversos controles a fin de conocer las características fisicoquímicas de las aguas de filtración. Finalmente, el Instituto de Geografía Alpina de Grenoble (Francia), ha realizado un seguimiento de varios años en la gruta de Coufine (Vercors), y un avance de los resultados obtenidos han sido publicados por Delanno (1985).

Para la realización del estudio se ha contado con las mediciones que directamente se han efectuado en diversas cuevas de nuestro país. Interesaba que estas grutas estuvieran en zonas con cli-

ma y geología diferentes, a fin de disponer de situaciones de infiltración distintas. En algunas fue necesario que estuvieran vigiladas ya que se colocaron probetas en diferentes estalactitas representativas para la medición diaria del goteo.

Las cuevas seleccionadas han sido: Romperropas en Arenas de San Pedro (Ávila), cuevas baja y alta de la Galiana (Ucero, Soria) y Villaciervos (Soria). Aunque los detalles y descripción pormenorizada de cada una puede verse en Hernanz (1964), Hernanz y Navarro (1973) y Arenillas e Higes (1974), respectivamente, por lo general se trata de cuevas de cierta amplitud y próximas a la superficie, donde se puede considerar que el flujo es vertical. Las cuevas de Soria se encuentran en una zona de clima mediterráneo, moderadamente frío, siendo más templado en Arenas de San Pedro. En las de Soria el entorno exterior está ocupado por sabinas claros y terreno más o menos llano. En Arenas de San Pedro hay un denso encharcamiento cubriendo el suelo.

## Observaciones sobre los mecanismos de la infiltración

No se pretende ser exhaustivo en este trabajo preliminar, ya que los casos que estamos contemplando son escasos, pero sí se han hecho algunas observaciones concretas de los ejemplos considerados, que se refieren a los factores

que intervienen en el proceso de la infiltración. Para un mejor análisis hubiese sido necesario conocer la variación media del goteo de todas las estalactitas de una cueva, o su caudal total. Como ello no ha sido posible, se han elegido aquellas concreciones que parecían más representativas.

Los factores que intervienen en la infiltración los podemos agrupar en dos tipos generales, según estén controlados por las características geológicas del macizo rocoso o bien por las condiciones ambientales externas o internas de la cueva.

## Controles geológicos.

El espesor y permeabilidad del suelo tienen mucha importancia en la forma de producirse la infiltración. Es también importante la existencia o no de cubierta vegetal y la presencia de depresiones topográficas en donde se concentra la infiltración. Así, por ejemplo, se observa como las lluvias relativamente fuertes de Abril y Mayo de 1993 en Arenas de San Pedro (Figura 1, flecha A), se almacenaron en el suelo y apenas se notó en el goteo de las estalactitas

La fracturación es quizá el factor más importante pues las diaclasas constituyen vías preferenciales de comunicación con el exterior y hacen de dren principal del macizo rocoso, pues la disposición subvertical de éstas coinci-

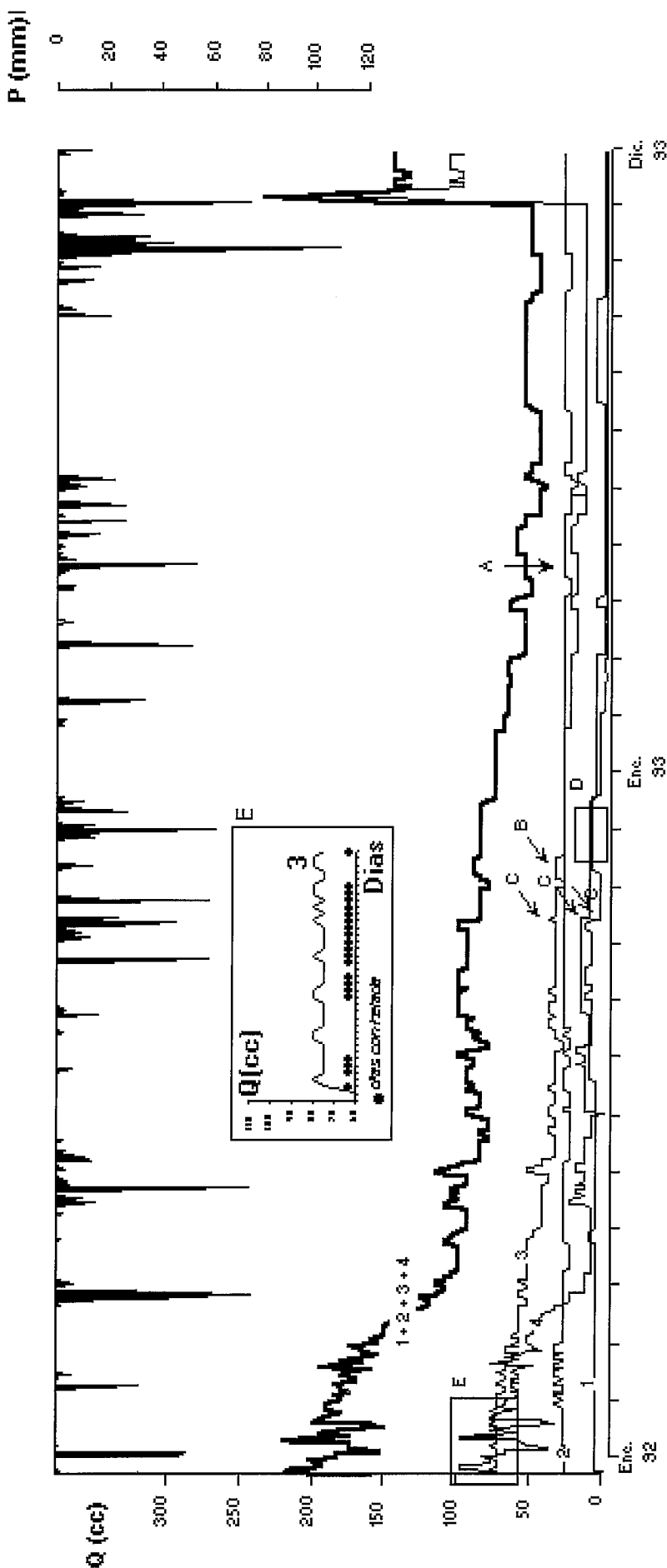


Fig. 1: Hidrogramas de cuatro estalactitas (1, 2, 3, 4) de la Cueva de Romperropas (Arenas de San Pedro, Avila). (P, precipitación en Arenas de San Pedro; Q, caudal en centímetros cúbicos).

Fig. 1: Hydrographs of the four stalactites in the Romperropas Cave (Arenas de San Pedro, Avila)(P, precipitation in Arenas de San Pedro; Q, flow in cubic centimetre).

de con el movimiento descendente del agua. Dejando aparte los procesos químicos que intervienen en la precipitación de los espeleotemas, las estalactitas, que suelen estar asociadas a fracturas, representan el resultado histórico de la infiltración y seguramente guardan una proporcionalidad entre su longitud y el caudal de goteo. Lógicamente, las fracturas grandes y abiertas tienen mayor caudal y más variable, pudiendo establecerse un modelo similar al del drenaje de los manantiales: un flujo de base lento, y otro más variable y rápido. Es de observar también que puede existir una capacidad máxima de evacuación en fractura y/o en la estalactita, que se refleja en la existencia de una meseta en los hidrogramas (Delannoy, 1985).

La propagación del agua infiltrada a través de la zona no saturada sufre un retardo que será mayor a medida que aumenta su espesor. En la Figura 2 se observa como las estalactitas de la Cueva baja de la Galiana tienen mayor caudal e inercia, con un retardo de respuesta ante las lluvias de 4 ó 5 días, mientras que la Cueva alta, situada unos 100 m. más arriba, y en el mismo plano vertical, se deja sentir 1 ó 2 días después y acusa más las sequías. Las estalactitas 1 y 2 de la cueva de Arenas de San Pedro, más profundas que la 3 y 4, tienen un caudal menos variable.

Por otro lado, las oquedades situadas por encima del nivel freático hacen de drenes naturales del macizo rocoso, o el efecto contrario, si el agua queda retenida en gours y lagos colgados.

#### Los factores meteorológicos externos

Las grandes oscilaciones de los hidrogramas de las estalactitas son debidas a la combinación de los diferentes factores meteorológicos externos, como la precipitación, temperatura, evapotranspiración, etc. En este sentido, hemos podido realizar las siguientes observaciones, que corresponden en su mayor parte a la Cueva de Arenas de San Pedro, donde se dispusieron de dos años de medidas (1992, 1993).

En la cueva de Romperropas, y tal como se puede apreciar en la Figura 1, el hidrograma resultante de la suma de los goteos de las cuatro estalactitas estudiadas, manifiesta un descenso general debido a una pertinaz sequía que se prolongó durante todo 1992 y la mayor parte de 1993. Se partían de valores al-

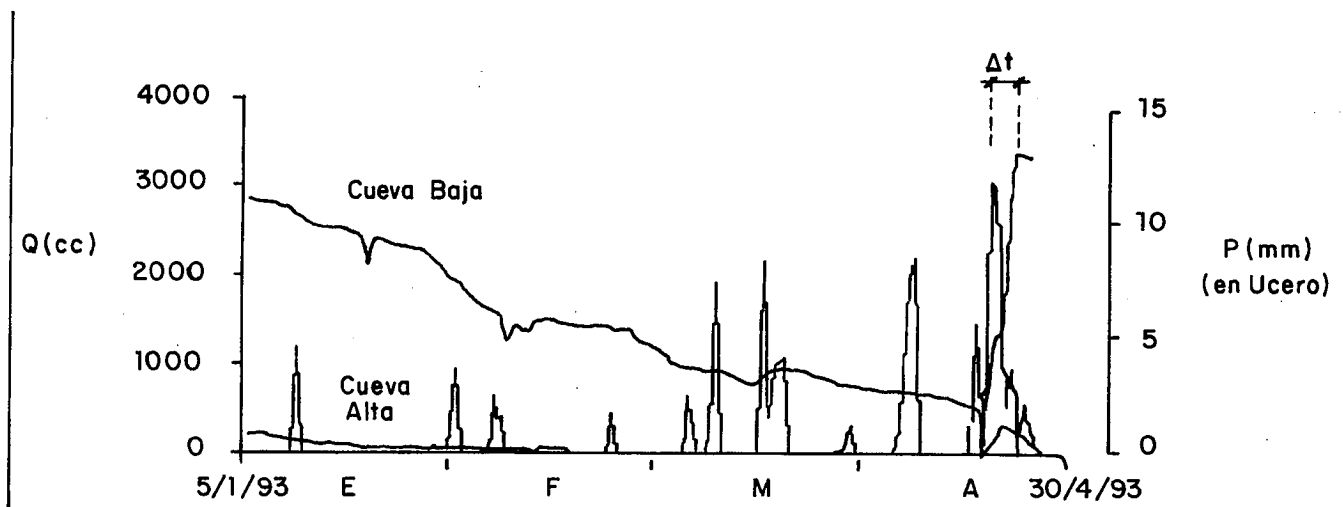


Fig. 2: Retardo de la infiltración en las Cuevas alta y baja de la Galiana (Ucero, Soria).

Fig. 2: Infiltration delay in the Galiana Caves (Ucero, Soria).

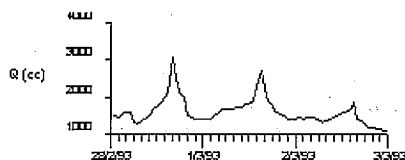


Fig. 3: Oscilaciones diarias en la infiltración debido a la fusión de la nieve en la Cueva de Villaciervos (Soria).

Fig. 3: Daily oscillations of the haw infiltration in the Villaciervos Cave (Soria).

tos en Diciembre de 1991 ya que hubo precipitaciones intensas durante los meses de Octubre y Noviembre de 1991, en los que se sumaron 397,1 mm. Este hidrograma ofrece oscilaciones más suaves y respuestas más lentas ante las lluvias, reflejando una relación más constante y uniforme con las precipitaciones importantes y la evaporación. Por el contrario, si se consideran las estalactitas por separado, se puede apreciar que hay mucha diferencia entre ellas. Así, los hidrogramas 1 y 2 son prácticamente insensibles a las precipitaciones, con valores medios de 70 cc. y 200 cc. semanales, respectivamente. Los 3 y 4 muestran mayor variación, este último con un vaciado más rápido.

• La respuesta ante chubascos aislados es diferente para las distintas estalactitas e incluso para cada una de ellas. Así, por ejemplo, la estalactita 4 de Romperropas tarda 6 u 8 días en reaccionar ante lluvias intensas en invierno, a veces no reacciona en primavera y, en otras ocasiones, lo hace el mismo día durante el verano. La estalactita 3 tie-

ne retardos de 1 a 7 días a lo largo de todo el año. La 1 y 2 son invariables, aunque la última sufre un agotamiento lento y progresivo a partir de Octubre de 1992.

• Es significativo comprobar como en casi todas las estalactitas, la infiltración puede producirse en pleno estiaje, con evaporaciones altas y reservas en el suelo teóricamente muy disminuidas. (Figura 1).

• Parte de los descensos del caudal de goteo observados en Arenas de San Pedro, como ocurrió en Abril y Mayo de 1993, son debidos a la sustracción del agua almacenada en el suelo por parte de la evapotranspiración. En días sin lluvia, se observan algunos picos suaves que coinciden con días nublados en los que disminuye la evapotranspiración (Figura 1, flecha B). Sin embargo, las oscilaciones periódicas diurnas debidas a la evapotranspiración no han sido detectadas en la cueva, donde se instaló durante cierto tiempo un pluviógrafo bajo la estalactita 4, que realmente actuó como "infiltrógrafo". Queda de manifiesto la extrema regularidad en el drenaje representado por un hidrograma totalmente horizontal (Figura 1, recuadro D).

• La nieve produce una infiltración muy eficaz, observándose oscilaciones periódicas diarias debidas a la mayor fusión durante el día, que durante la noche, tal como muestra el hidrograma de la Cueva de Villaciervos en la Figura 3.

• Las heladas, aparte de retener la fusión de la nieve, puede retrasar también la percolación del agua, congelando las capas más superficiales del sue-

lo. Este efecto ha originado pequeñas caídas nocturnas en el drenaje de las estalactitas de Arenas de San Pedro durante Enero de 1992, dando lugar a un hidrograma en dientes de sierra (Figura 1, recuadro E).

• Sin duda pueden influir otros factores, como la presión atmosférica, que aquí no hemos estudiado, aunque hay oscilaciones de pequeña magnitud que no parecen estar relacionadas con los factores meteorológicos mencionados, presentando incluso algunas respuestas aparentemente contradictorias, como pequeñas caídas en el hidrograma en algunos días con precipitaciones de poca importancia (Figura 1, flechas C).

También las condiciones ambientales internas de las cuevas (que aquí no se contemplan), influyen de un modo más secundario en el hidrograma, con pequeños rezumes y goteos de las bóvedas. Parte de esta agua se evaporará antes de caer al suelo si no se llega al nivel de saturación en la cueva.

## Conclusiones

De este trabajo quisiéramos destacar que el estudio del drenaje de las estalactitas puede servir para mostrar la diversidad de su funcionamiento y la distinta gama de factores que intervienen en la recarga.

De los hidrogramas de la cueva de Romperropas (Avila) parece deducirse la existencia de tres tipos de flujos que se manifiestan a lo largo de todo el año hidrológico: un flujo de base muy constante y lento especialmente importante en estiaje, otro que constituye el volu-

men mayor en las crecidas de gran amplitud, y por último, un flujo rápido que se manifiesta a distintas profundidades y que queda reflejado también en los pequeños picos que sobresalen de la tendencia general de los hidrogramas.

#### Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento al personal del Parque Natural del Cañón del Río Lobos (Soria) y a su director don José Manuel Meneses por habernos apoyado en el control de las mediciones de las Cuevas de la Galiana. Así mismo queremos agradecer por

el mismo motivo a los vigilantes de la Cueva de Romperropas (Avila). Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto de la DGICYT - número PS90-0012

#### Referencias

- Arenillas, M. e Higes, V. (1974). *Celtiberia* N° 48, pp. 181-192.
- Atkison, T. C., Hess, J.W.; Harmon, R. S. (1985). *Ann. Societ. Géol. Belgique*. T. 108. p. 225.
- Bakalowicz, M. y Jusserand, C. (1986). *Bull. Cent. d'Hydrog. Univ. Neuchâtel*, 7, 365-283.

- Delannoy, J. J. (1985). *Karstologia* n° 7, 81-84
- Destombes, J. L. (1970). Inédito.
- Hernanz, A. (1964) *Cent. Est. Hidrog.* 6 págs. 1 plano. Inédito.
- Hernanz, A. y Navarro, J. M. (1973) *Celtiberia*. n°. 19, 87-92.
- Jakucks, L. (1977). *Morphogenetics of karst regions*. Variants of karst evolution. Bristol. Adam Hilger. 284 págs.
- Villar, E.; Fernández, P.L., Quindós, L.S.; Solana, J. R. y Soto, J. (1983). *Monografía N° 9 del Centr. Inv. Mus. Altamira*. 45-66.