

# UTILIZACION DE FLUORESCENCIA EN EL SISTEMA KÁRSTICO DE SANT JOSEP (Vall d'Uixó, Castelló)

I. Morell Evangelista (1)

J. Obartí Segrera (1) (2)

P. Garay Martín (1) (2)

(1) Col·legi Universitari de Castelló.

(2) G.E.V. y P. (Diputació de València).

## GENERALIDADES

El sistema kárstico de Sant Josep se localiza en el borde meridional de la Serra de L'Espadà, en la provincia de Castellón, y está formado por dolomías y calizas dolomíticas del Triásico medio, en facies Muschelkalk.

El sistema de drena fundamentalmente por medio del manantial de Sant Josep (fig. 1) con un caudal medio del orden de 100 l/sg. y que, en las grandes crecidas, llega a alcanzar hasta 10 m<sup>3</sup>/sg.

En esta comunicación se expone la metodología empleada en el uso de la fluoresceína para determinar la conexión hidráulica existente entre este manantial y el denominado Avenc de La Guilla, situado a unos 3 Km. al noroeste del mismo.

## 1. Vertido del trazado

El Avenc de la Guilla (figura 2) se localiza en el Barranc o Riu Belaire de régimen intermitente. Con ocasión de las fuertes lluvias ocurridas entre los días 26 y 27 de septiembre de 1985 (superiores a 170 mm.) se aprovechó el caudal circulante por el barranco, mediante la construcción de una pequeña presa de derivación, para utilizar el agua de circulación superficial como vehículo transportador del colorante. A este fin, con el caudal del orden de 1.000 litros/min. se vertieron 150 gr. de fluoresceína (C<sub>20</sub> H<sub>10</sub> O<sub>4</sub> Na<sub>2</sub>) con la ayuda de un saco de plástico perforado. La operación de vertido se llevó a cabo en aproximadamente media hora (11 a 11'30 h. del día 28 de septiembre de 1985). (Figura 3).

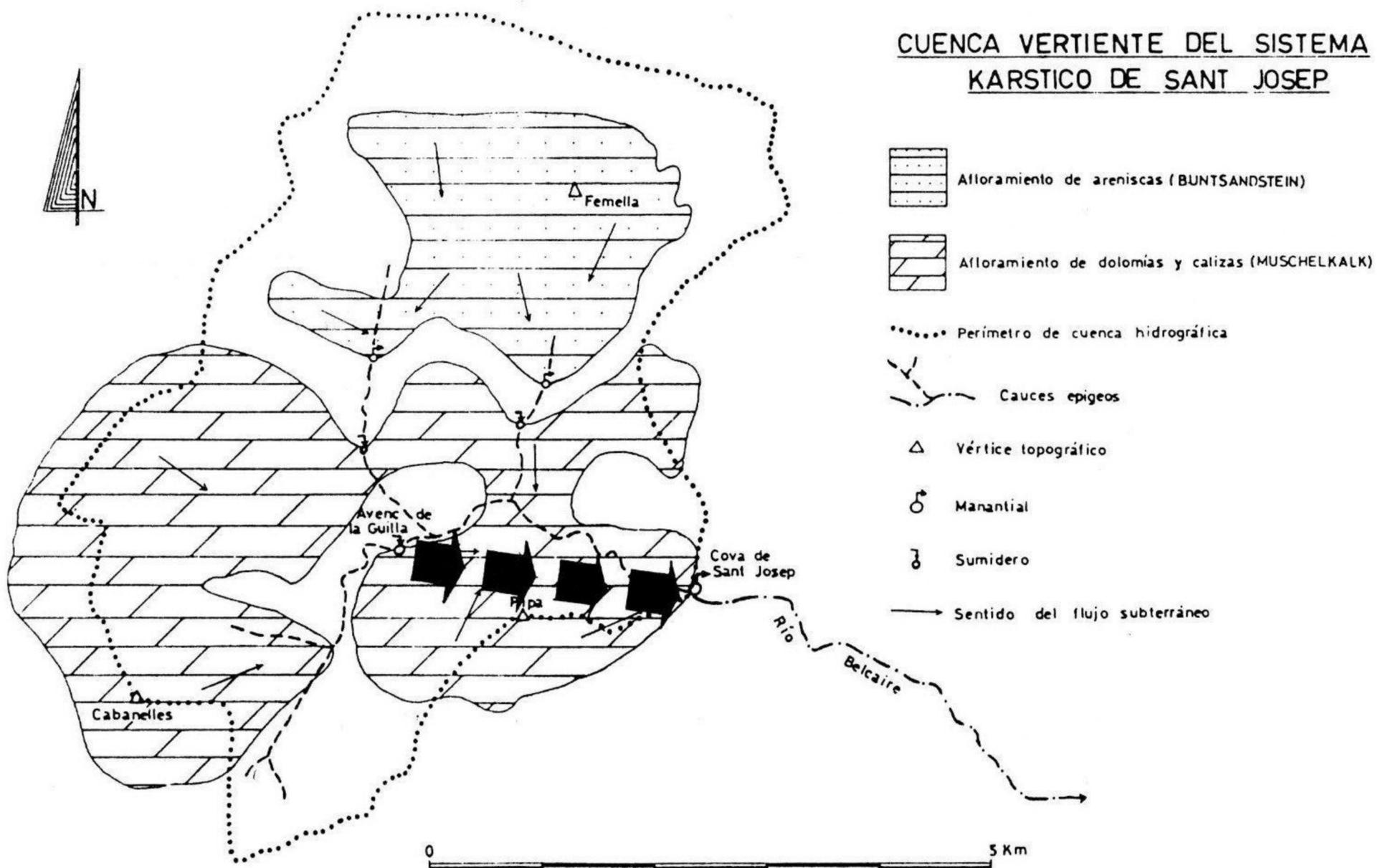
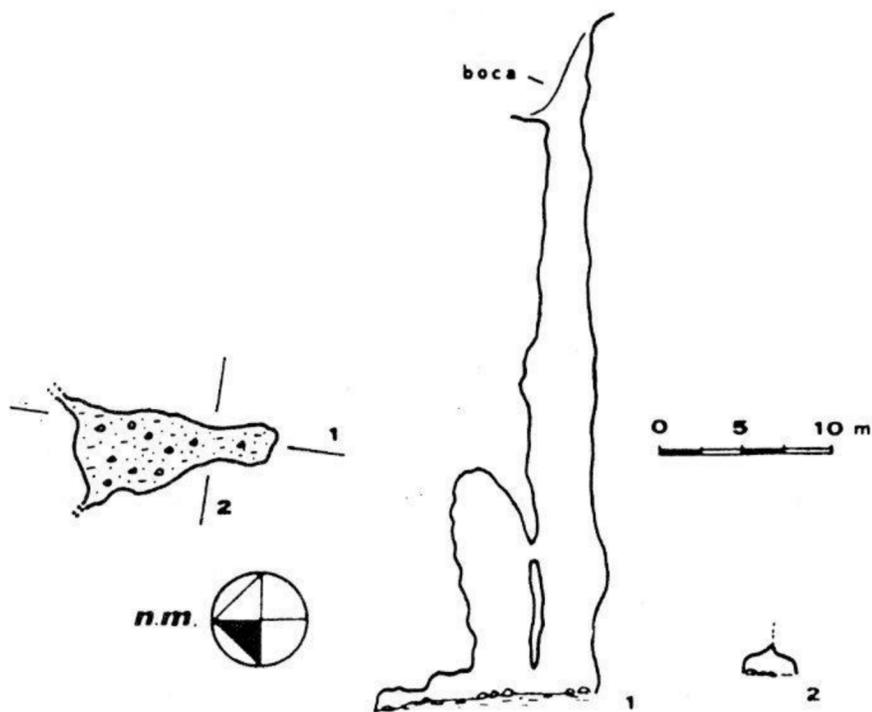


FIGURA 1

## AVENC DE LA GUILLA - Fondegulla

J. Segura - J. Lloret - M. Domínguez 1976



Vertido de trazador en la sima

### 2. Sistema de detección

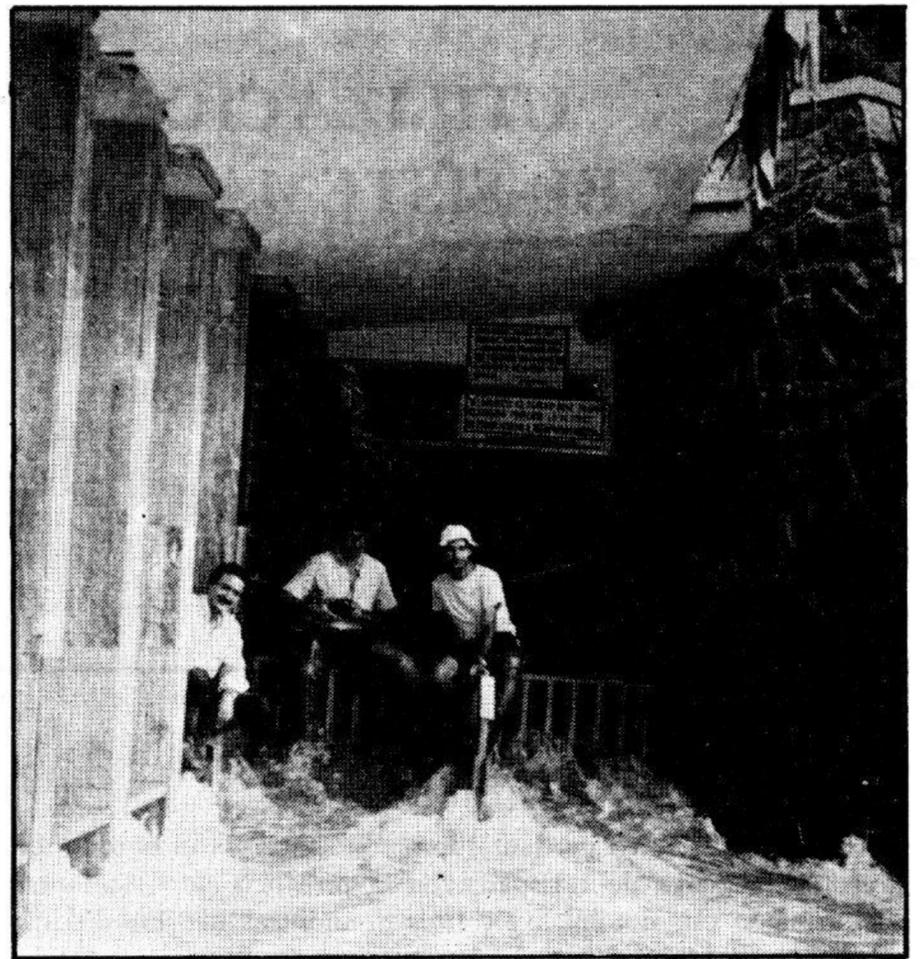
Dado el gran caudal que proporcionaba el manantial de Sant Josep, superior a  $3 \text{ m}^3/\text{sg.}$ , (figura 4) y ante la imposibilidad de efectuar la detección de la fluoresceína a simple vista, se procedió a la instalación de fluocaptos o fluocaptadores (DUNN, 1957) consistentes en bolsas de tela permeable conteniendo unos 100 gr. de carbón activo, sumergidos en la salida del manantial de Sant Josep.

El tiempo de permanencia de los fluocaptos en el agua fue el siguiente:

- Fluocaptor núm. 1: hasta las 10 h. del día 30 de septiembre.
- Fluocaptor núm. 2: hasta las 10 h. del día 1 de octubre.
- Fluocaptor núm. 3: hasta las 10 h. del día 3 de octubre.

### 3. Método de extracción

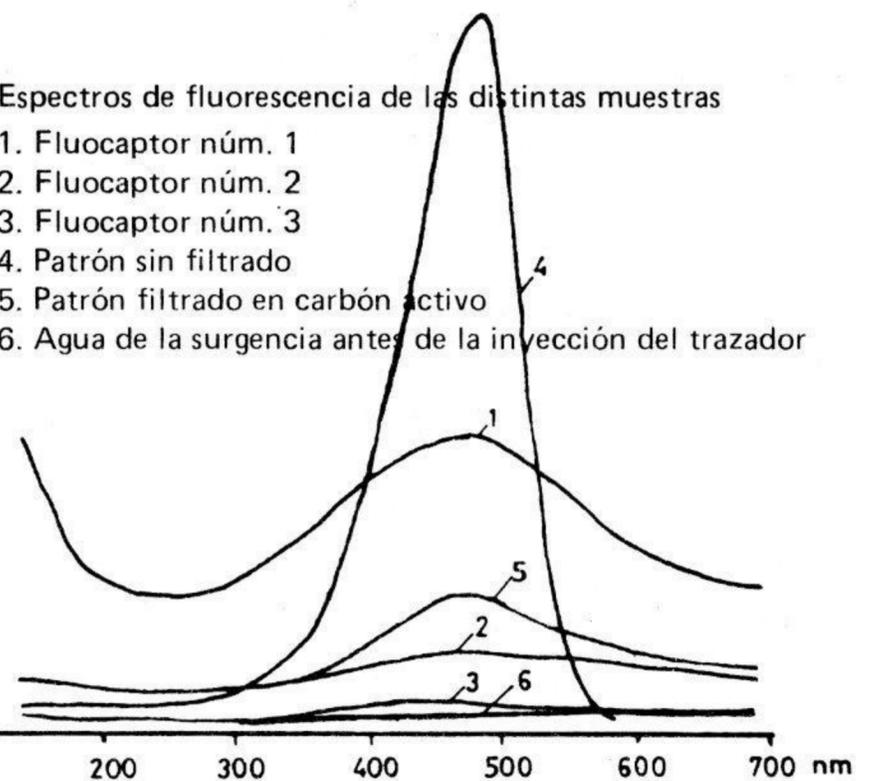
A cada muestra de carbón activo se le añadieron 100 ml. de disolución etanólica de KOH, obtenida disolviendo dos lentejas de reactivo en 100 ml. de etanol absoluto, y se sometió a agitación magnética durante quince minutos. Posteriormente, se filtró la muestra mediante placa porosa del núm. 3 llevando el filtrado a un matraz aforado de 100 ml. enrasando finalmente con etanol.



Aspecto de la crecida del manantial

### Espectros de fluorescencia de las distintas muestras

1. Fluocaptor núm. 1
2. Fluocaptor núm. 2
3. Fluocaptor núm. 3
4. Patrón sin filtrado
5. Patrón filtrado en carbón activo
6. Agua de la surgencia antes de la inyección del trazador



### 4. Método Analítico

La identificación de la fluoresceína se ha llevado a cabo en un espectrofluorímetro PERKIN-ELMER 3.000. (\*)

Dado que sólo se precisaba el análisis cualitativo se preparó un patrón de fluoresceína en disolución etanólica de KOH y se obtuvo el correspondiente espectro de emisión a la excitación óptima de 483 nm., previamente determinada, utilizando una rendija de excitación de 10 y rendija de emisión de 2,5, obteniéndose un máximo de fluorescencia para una longitud de onda de 520 nm. El mismo patrón se sometió a filtrado, previo tratamiento con carbón activo, observándose una fuerte disminución de la intensidad de fluorescencia, debido, probablemente, a fijación de la fluoresceína por el carbón.

En la figura 5, se pueden observar los espectros de emisión correspondientes a los patrones, a un ensayo en blanco, a las tres muestras de los fluocaptos y finalmente, a una muestra de agua del manantial tomada antes del vertido del colorante.

En las muestras núm. 1 y 2 se aprecia claramente el pico a 520 nm. debido a la presencia de fluoresceína, mientras que la muestra núm. 3 prácticamente no presenta fluorescencia, comparada con el ensayo en blanco realizado.

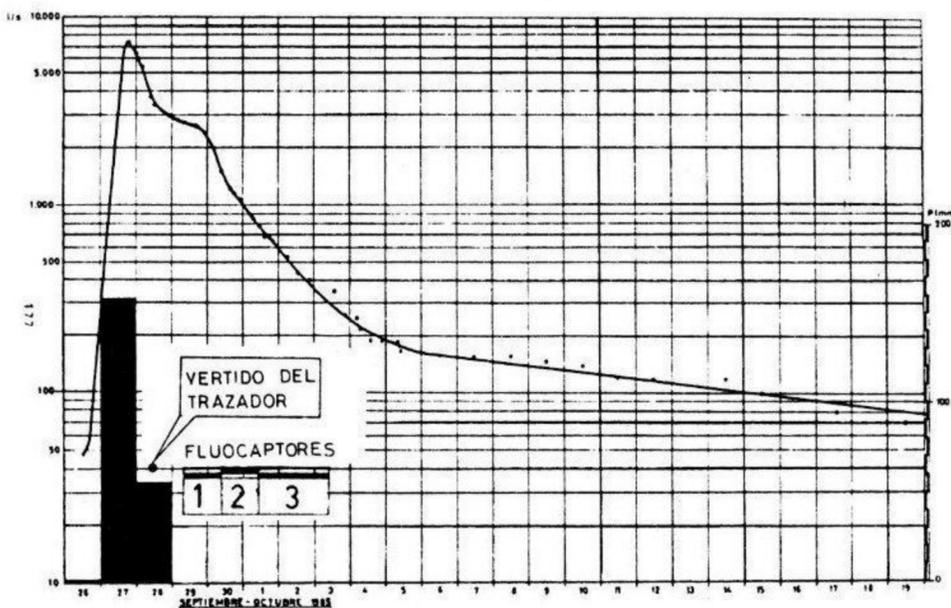
En consecuencia, se aprecia progresiva disminución de la fluorescencia de las muestras 1 a 3, indicando que el tiempo de llegada de la fluoresceína es inferior a 49 horas y, probablemente, del orden de 30-40 horas, ya que en la muestra núm. 3 también se aprecia su presencia, a pesar de la gran solubilidad de la fluoresceína.

### 5. Funcionamiento del Sistema Kárstico.

Con estos resultados la velocidad aparente de tránsito se puede acotar en un valor próximo a los 80 m/hora, teniendo en cuenta la distancia mínima existente entre el Avenc y la surgencia, que es de 2.800 m. El gradiente hidráulico entre los dos puntos, supuesta la existencia de zona saturada entre ambos, sería por lo tanto del 15 por mil.

En un estudio previo sobre la caracterización del sistema kárstico de Sant Josep (OBARTI et al., 1986) basado en el análisis e interpretación de la curva de recesión correspondiente al hidrograma de la crecida mencionada (figura 6), se puso de manifiesto que, si bien, es preciso el análisis de un mayor número de recesiones para la obtención de comportamiento del sistema en diferentes situaciones, puede afirmarse que se trata de un sistema de reducidas dimensiones con organización del drenaje muy acusada, en el que la ausencia de reservas reguladoras es una característica. En este sentido, es posible evaluar la superficie ocupada por la zona saturada a falta de puntos localizados que accedan a la misma, indirectamente a partir de la expresión:

$$A = \frac{C Q_0}{e \alpha P_e}$$



Hidrograma de la crecida

en la que  $C$  es una constante dependiente de las unidades empleadas,  $Q_0$  el caudal al inicio del agotamiento,  $\alpha$  el coeficiente de agotamiento,  $P_e$  la porosidad eficaz y  $e$  el espesor medio de la zona saturada. Dado que nos referimos a un medio kárstico, en las proximidades de la surgencia, la porosidad eficaz incluye todo vacío kárstico, que se aproximará a la unidad en las inmediaciones del dren. Así, no parece descabellado, por analogía con otros sistemas kársticos, con similares parámetros característicos a nivel de la recesión, tomar un valor del 10 % como límite inferior. A su vez los datos existentes permiten estimar un espesor saturado dinámico medio del orden de la decena de metros, con lo que la superficie ocupada por la zona saturada estará comprendida entre 250.000 y 500.000 m<sup>2</sup>, es decir, muy reducida. Además, las observaciones espeleológicas permiten asegurar que ésta se extiende a lo largo del desarrollo de la cuenca, con lo que esta superficie debe ceñirse a una franja de no más de un centenar de metros a ambos lados del dren. Así definido este sistema anexo concuerda a la per-

fección con los hechos observados: práctica ausencia de inercia en el sistema, caudales habituales inferiores a 50 l/sg., respuesta inmediata, etc.

Estos valores, son bastante reducidos en relación con la información existente en drenes kársticos, en los que las velocidades de circulación pueden superar los 400 m/hora y las pérdidas de carga en las proximidades de los mismos pueden alcanzar el 600 por mil. Parece, por tanto, previsible que la velocidad aparente de tránsito supere en principio los 100 m/hora y exista la posibilidad de que la zona saturada no se extienda hasta las inmediaciones de la pérdida, e incluso que ésta no acceda de forma inmediata al dren principal. La velocidad medida en la galería principal durante la crecida llegó a superar 1'5 m/sg. en el momento álgido de la crecida. Conforme nos desplazamos de la surgencia y del dren principal, la velocidad disminuye considerablemente y puede que llegue al orden de  $10^{-3}$  m/sg. en fisuras lejanas al dren.

En lo relativo a la velocidad de propagación de la crecida no se dispone de datos procedentes de piezómetros que permitan abordar el tema con precisión. Es fundamental en este sentido, evaluar si la circulación se produce en carga o en superficie libre y si el flujo se comporta como viscoso o no; todo ello se traduce en velocidades de programación muy diferentes. BURGER (1959) y PALOC (1965) ya señalaban que la onda de crecida se propagaba más rápida que el fluido mismo en acuíferos kársticos. Este último, cita relaciones de 20 a 25 entre ambas velocidades y apunta que es el caso general en todos los manantiales vaclusianos.

Más recientemente MANGIN (1975) trabaja con modelos simples deducidos de las expresiones de Boussinesq y Euler deduce relaciones que varían de  $10^5$  a  $10^2$ , según sea o no viscoso el flujo en circulación en carga, y del orden de 1 a 20 ó 26, e incluso superior, en circulación en superficie libre según la naturaleza del flujo.

En el caso que nos ocupa, desde el comienzo de la precipitación hasta la punta de la crecida median unas 18 horas que pueden considerarse como límite superior del tiempo de concentración. El tiempo de respuesta de la impulsión debe ser algo inferior dado que en éste último hay que descontar el tiempo de infiltración hasta llegar a la zona saturada. Es previsible, por tanto, que la velocidad de propagación de la onda sea superior al doble de la velocidad de tránsito. Así, el tiempo de desfase entre transferencia y tránsito puede estar comprendido entre 10 y 20 horas. Estas velocidades (del orden de 3 y 6 cm/sg.) medias son, no obstante, bastante reducidas y parecen indicar circulaciones en superficie libre en fluido no viscoso. Localmente, y en zonas próximas a la surgencia se han comprobado velocidades próximas a 2 m/sg. Asimismo, la presencia de gran cantidad de arcilla en suspensión nos revela la aparición de ondas de choque al pasar la circulación de régimen subcrítico a supercrítico.

### BIBLIOGRAFIA

- BURGER, A. (1959) Hydrogéologie du bassin de l'Areuse (Jura suisse). Monographies hydrogéologiques. AIN Neuchatel, 304 pp.
- DUNN, J. R. (1957) Nouveau procédé de détection de la fluoresceína. Bull. Spelunca I, 26. París.
- MANGIN, A. (1957) Contribution a l'étude hydrodynamique des aquiferes karstiques. Thèse de l'Université de Dijon. 710 pp.
- OBARTI, F. J.; GARAY, P. y MORELL, I. (1986) Definición y caracterización del sistema kárstico del manantial de Sant Josep (Vall d'Uxó, Castellón, España). Jorn. sobre el Karst en Euskadi. T. I: 171-185. San Sebastián.
- PALOC, H. (1965) Les recherches hydrogéologiques et les captages et aménagements hydrauliques en milieu calcaires. Cronique d'Hydrogéologie, 7: 87-109.