

# El sistema cárstico de Sant Martí de

## — 1) INTRODUCCION

El macizo calcáreo de Sant Martí de Llémna está situado en la parte más occidental de la comarca del Gironés y ocupa una extensión aproximada de 4 Km<sup>2</sup>. Tiene 704 m. de altitud absoluta sobre el nivel del mar y 438 m. sobre la población que le da el nombre.

Geográficamente queda individualizada al S. por el valle del río Llémna, por donde discurre la carretera de Girona a Sant Aniol de Finestres; por las vaguadas de Granollers de Rocacorba y de Casetes al W. y E. respectivamente, y por los primeros contrafuertes de los escarpados del macizo de Rocacorba al N. Esta separación geográfica está plenamente identificada con las diferencias litológicas y estructurales del sector. En efecto, la gran fractura de dirección SW-NE, visible desde las inmediaciones de Sant Gregori hasta las cercanías de Sant Aniol de Finestres, que pone en contacto las pizarras paleozoicas, con los niveles rojos (Fm. Pontils, Ferrer 1971) y las calcáreo-margosas del Eoceno basal (Fms.(\*) Girona y Banyoles, Pallí, 1972), con los niveles detríticos del Eoceno medio (Fm. Rocacorba, Pallí 1972), ayuda a resaltar por sus distintas litologías en sus dos

# Martí de Llémna

Luis PALLI BUXO (\*)

Enric MIRAMBELL ROQUETA (\*\*)

flancos, las características morfológicas. Las coladas que partiendo del Puig de la Banya de Boc y del Puig Moner discurren por las pequeñas torrenteras, situadas a Oriente y Occidente del macizo, terminan por delimitar más si cabe, con sus diversos materiales volcánicos, este sector.

El presente trabajo sirve, de una manera general, para la introducción geológica a una serie de estudios que el «Grup d'Investigació Subterrània» de Girona está llevando a cabo en esta comarca desde el punto de vista espeleológico.

- 1) Introducción
- 2) Factores influyentes en la carstificación de estos materiales
  - 2.1 Materiales
  - 2.2 Estratificación
  - 2.3 Caracteres estructurales
  - 2.4 Alimentación
- 3) Dinámica cárstica
- 4) Resumen y conclusiones
- 5) Bibliografía

*Vista general del Sistema Cárstico de Sant Martí de Llémna. (desde el "Salt de Sant Martí").*



\* Departament de Geologia. Colegio Universitario de Girona. Univ. Aut. Barc.

\*\* «Grup d'Investigació Subterrània» de Girona.

— 2) FACTORES INFLUYENTES EN LA CARSTIFICACION DE ESTE SISTEMA

El desarrollo del complejo cárstico de Sant Martí de Llémna depende de los factores que se exponen a continuación, los cuales ejercen distinta influencia y actúan de diversa manera tanto desde su inicio como en su desarrollo y evolución.

2.1. Materiales

Si bien el macizo de Sant Martí de Llémna consta sólo de tres unidades litológicas bien marcadas, hemos creído oportuno describir también las litologías que entornan el macizo, por la importancia hidrológica que presentan y por las posibles repercusiones que pudiesen afectar a la zona estudiada.

Describiéndolos de antiguos a modernos, los materiales son los siguientes:

En la base del complejo paleogénico están las pizarras paleozoicas, compactas unas veces, hojosas otras, de color gris verdoso, con pátina pardo rojiza, profundamente replegadas, aunque no afectadas por metamorfismo. La dirección general de las capas pizarrosas es hacia el ENE y su diaclasado presenta como componentes principales los sistemas UW-SE y ENE-WSW. Solamente son visibles en la parte E de la zona cartografiada.

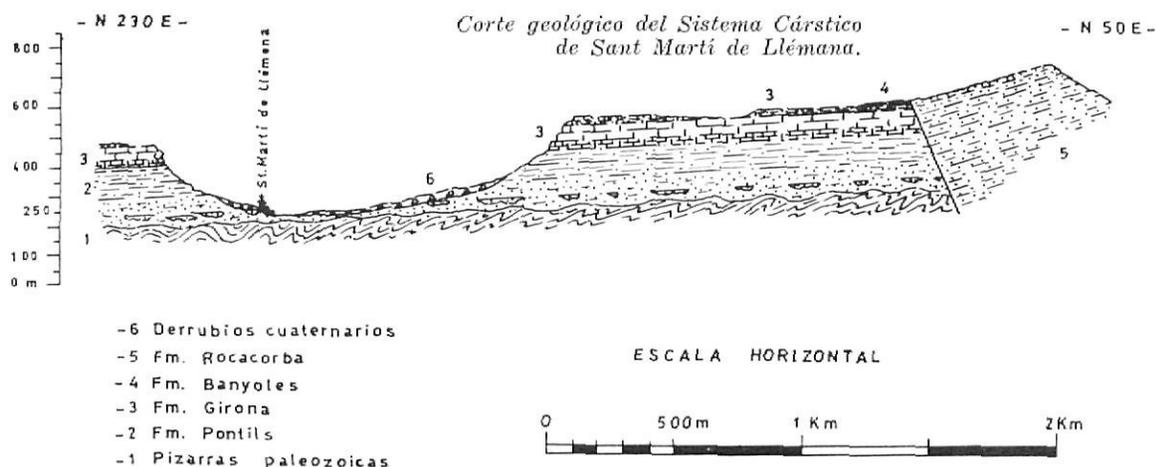
Discordantes con las anteriores se presentan unos canales de areniscas y conglomerados, intercalados en arcillas y margas rojo vinosas. Los cantos son en su mayoría de rocas ígneas y filonianas y, en menor proporción, quedan representadas las pizarras metamórficas. Todos ellos se presentan bastante alterados a excepción de las rocas filonianas ácidas. Hacia la parte superior, las areniscas van perdiendo paulatinamente el color rojo vinoso intenso, pasando a ser verdoso y adquiriendo el carácter arcósico. Corresponden estos materiales a la Fm. Pontils (Ferrer, 1971) y constituyen el nivel impermeable del Karst. Su potencia aproximada es de unos 240 m.

A las capas descritas se sobreponen unas calizas grises, compactas unas veces, margosas otras. Por su indudable importancia, tratándose del nivel carstificable, vamos a estudiarlas por separado y con más detalle:

a) 40 m de calizas beige-gris, margosas y cristalinas con intercalaciones de capas nodulosas y débiles pasadas de margas que no exceden los 20 cm de potencia. Hacia la parte superior aumentan progresivamente los oolitos, la cantidad y rodadura de los granos de carzo, la fauna representada por miliólidos, alveolinas, ostreas, crustáceos, numulites, etc., y la actividad **burrowing**. Estratificación mediana. Porcentaje en carbonato de calcio: 90'5 a 94'5 %. Su contacto con el definido tramo rojo inferior, casi totalmente impermeable, hace que el agua frene su descenso en profundidad y que se establezca un nivel piezométrico, con numerosas surgencias, de distribución irregular y condicionado por la tectónica.

b) 45 m de calizas gris claras, compactas, con tramos nodulosos en su parte inferior que nunca exceden los 2 m. Albergan distintos niveles de púas de equínidos, ostreas, numulites, miliólidos y pocas alveolinas. Estratificación masiva. Porcentaje en carbonato de calcio: de 92 a 93'5 % en los tramos inferiores y de 95 a 96'5 en los superiores.

c) 35 m de calizas margosas con gran profusión de **Numulites** cf. **verneuili**, constituyendo en conjunto una verdadera lumaca. Matriz algo arcillosa y cemento calcáreo. Estratificación mediana. El cemento que une a los fósiles es más fácilmente atacable por los efectos corrosivos que los propios fósiles. Estos quedan sueltos sin apenas haber sufrido los efectos disolutivos del agua, y forman acumulaciones importantes. La separación de los fósiles de la matriz y del cemento se realiza por procesos físico-químicos de disgregación y nunca por erosión mecánica.



Debido a que no se han encontrado conductos suficientemente largos, en los que se pueda estudiar de una forma metódica el papel de los numulites como clastos, por el momento se describirán las características más importantes observadas en dicho sistema:

1) La erosión, cuando el agua puede arrastrar a los numulites, es máxima en cualquier conducto, desarrollándose una galería singenética. Esta modalidad sólo tiene lugar como una fase aislada y con una actuación de tipo intermitente (Cova de Sant Martí).

2) La acumulación de numulites en los conductos va asociada con la presencia de «vagues de érosion», que nos permiten conocer el sentido de la corriente. Ello corrobora la hipótesis dada por Renault, que considera a los clastos, como orientadores de las láminas de agua. (Cova de Sant Martí)

Los niveles calizos descritos anteriormente, suman un total aproximado de 130 m, y corresponden a la Fm. Girona (Pallí, 1972). Los análisis químicos realizados en diversos puntos obtienen, en líneas generales, una concentración de carbonato cálcico que oscila entre el 93 y el 97 %, excepto en los niveles inferiores — cerca del contacto con el tramo rojo — en que la concentración de carbonato cálcico baja a un 90 %.

Los datos obtenidos permiten afirmar que se tratan de calizas carstificables. El aumento de impurezas en algunos niveles, principalmente los inferiores, favorece la obstrucción de conductos, quedando fosilizados la mayor parte de estos en su estado embrionario. Ello paraliza la carstificación en diversos puntos, tales como las zonas en que las fracturas se encuentran poco abiertas, en conductos con pendiente contraria al sentido de la escorrentía subterránea, etc.

Sobre el paquete calcáreo se distinguen unas arcillas azules, ocres por alteración, con débiles intercalaciones margosas del mismo color (Fm. Banyoles, Pallí 1972). Presentan gran cantidad y variedad de fauna. La importancia de este piso radica en que ha preservado el subyacente calizo de la carstificación. Sólo cuando esta cobertura ha sido desmantelada, han ido prosperando los fenómenos de formación de lapiaz.

Corona la serie paleogénica un complejo de areniscas arcillosas grises alternando con niveles arcillosos y con tramos masivos (Fm. Rocacorba, Pallí 1972). Su matriz es arcillosa con abundante glauconita. Incluye numerosos **burrows**. Hacia la parte superior se repiten bastantes niveles conglomeráticos. Casi todos los contactos inferiores son de tipo erosional. Fuera de la zona estudiada — alrededores de Granollers de Rocacorba (avenc de Can Plana) — se han ob-

servado, en estas areniscas, fenómenos de carstificación.

Por su notable extensión dentro de la marca objeto de estudio debemos hacer mención, aunque no por su carácter influyente en el sistema cárstico, de los materiales que provienen de los volcanes Puig Moner y Banyà de Boc situados en la parte occidental y oriental respectivamente del mapa litológico que se acompaña. Si bien no son visibles sus cráteres, las coladas, constituidas por abundancia de lavas de color negro o rojo, cordadas algunas veces y acompañadas por productos de explosión de variado tamaño, alcanzan varios kilómetros de longitud llegando la primera de ellas a las puertas de Sant Martí de Llémána después de recorrer una distancia no inferior a 8.000 m.

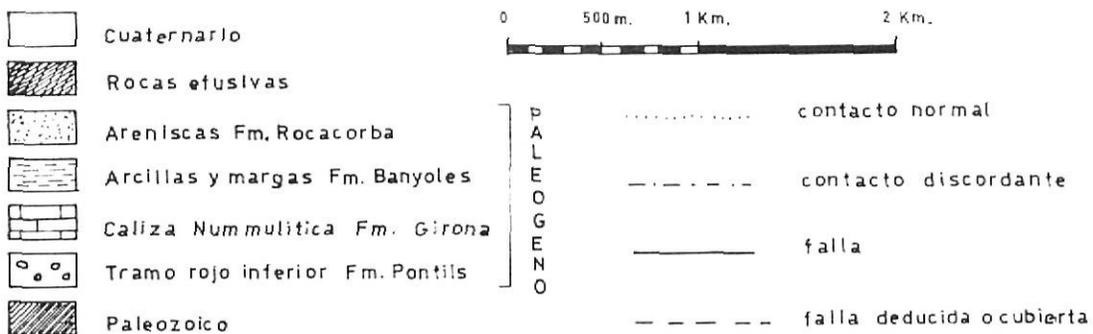
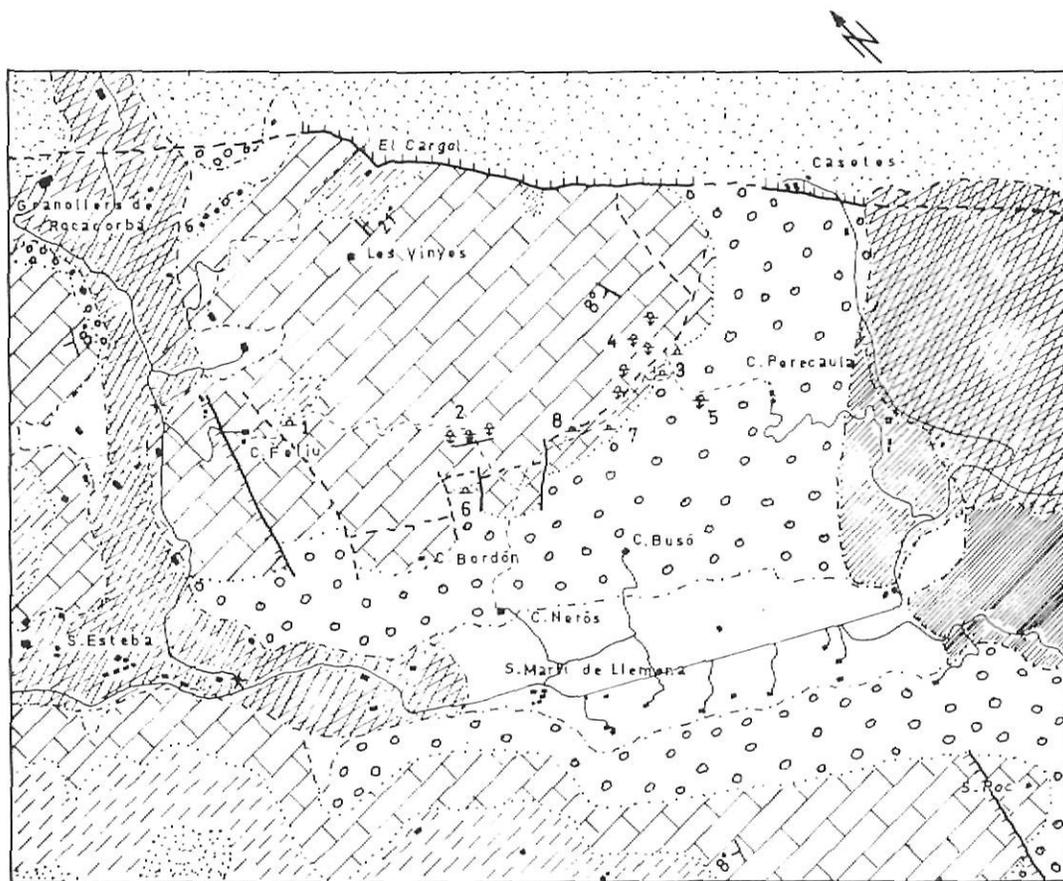
## 2.2 Estratificación

El tipo de estratificación es otro de los factores importantes que intervienen en la carstificación. Las calizas del sistema de Sant Martí de Llémána poseen un desarrollo en gruesos estratos lo que hace que en condiciones normales de presión y temperatura se comporten como material competente, es decir, que se fracturen al superar el límite de rotura sin sufrir ninguna deformación plástica apreciable. La probabilidad de que se desarrollen en ellas conductos de tipo horizontal es prácticamente nula excepto en el contacto con el tramo rojo inferior que, por ser el plano de discontinuidad más importante, es donde alcanzan mayor desarrollo. De este modo la conducción horizontal y la intercomunicación entre las diaclasas se verá reducida a unas zonas concretas.

## 2.3 Caracteres estructurales

### a) Tectónica general:

Tectónicamente la zona se halla enclavada en la llamada «Serralada Transversal Catalana». Su estructura es de tipo homoclinal, cortada por fallas normales de dirección NW-SE que la aislan en dovelas. Los buzamientos en las calizas son bastante constantes, del orden de 8° a 10° al N 240° E, salvo en las proximidades de la gran fractura de Granollers de Rocacorba en que las direcciones van en sentido contrario, debido al arrastre efectuado por el movimiento de la falla. Esta tiene gran importancia hidrológica, ya que en ella se acumulan aportes hídricos del sistema cárstico y del macizo areniscoso de Rocacorba, que, como hemos apuntado anteriormente, también presenta carstificación.



- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| (1) Cova del Feliu            | (5) Avenc de Can Perecaula |
| (2) Avencs del Pas dels Llops | (6) Sorgencia fossil       |
| (3) Coves de Rocafesa         | (7) Cova de Roc Mirador    |
| (4) Avencs de Rocafesa        | (8) Cova de Sant Martí     |

Mapa litológico del macizo de Sant Martí de Llémena.

b) Simas gravitacionales:

A escala local son interesantes las simas que, formadas por procesos gravitacionales, se sitúan en la periferia del macizo, cerca de los cantiles.

Su génesis hay que buscarla en las tensiones que se producen por cambios en la

disposición del equilibrio con que se encuentran los esfuerzos en un macizo. Estos cambios se han originado al descender el nivel de base local, dado por el río Llémena, y dejar un vacío en la masa calcárea. Predominantemente en las proximidades de los cantiles, los esfuerzos tensionales se polarizan perpendicularmente a estos, lo



Fot. 1. — *Diaclasa de tensión, (zona superior de Rocafesa, O-O-R).*

que nos da la dirección del eje principal máximo de deformación. Paralelamente al cantil se sitúa el eje principal medio de deformación, y verticalmente el eje principal mínimo de deformación.

Estas simas se inician a partir de diaclasas tensionales (fot. 1), de dirección aproximadamente paralela al cantil, lo que ya nos determina un condicionamiento inicial de importancia en la inclinación y geometría de dichas fracturas, no cumpliéndose las predicciones teóricas de una forma matemática. Su inclinación es de unos 84° al S, para la zona del «Pas dels Llops». La pared deslizada presenta una rotación del orden de los 10°, siendo su eje paralelo a la dirección de la falla, y quedando los estratos en posición casi horizontal. Esta rotación es un dato importante para explicar la génesis de dichas fallas, que puede realizarse:

- 1) Considerando un deslizamiento sobre el tramo rojo, y dando lugar a unas simas muy anchas en profundidad y estrechas hacia la superficie. Los ejemplos estudiados en la zona del «Pas dels Llops», con los resultados de:

Avenc A5. Profundidad 42 m. Anchura sin grandes variaciones en su desarrollo vertical.

Avenc de Sant Martí. Profundidad 70 m. Anchura en la parte inferior de 3 m, cuando debería alcanzar los 10 m.

- 2) Admitiendo que las fracturas afectan al tramo rojo, y delatan la no preponderancia de este proceso, en la zona estudiada y que el plano de falla se vaya curvando progresivamente en profundidad. De esta forma se da una solución al problema de la existencia de rotación.

Además, la formación de las simas se ve facilitada por los siguientes factores:

- 1) Posición elevada del cantil respecto del río Llémana, lo que facilita la acción de las fallas.
- 2) Presencia de estratos masivos.
- 3) Orientación de las fracturas con respecto a una dirección de buzamiento favorable a la creación de tensiones mayores.
- 4) Existencia de diaclasas tensionales, aprovechadas como punto de mínima resistencia para la instalación de dichas fallas.

#### 2.4 Alimentación:

La zona carstificable según se ha visto anteriormente tiene una extensión aproximada de 4 Km<sup>2</sup>. Con una pluviometría media anual de unos 850 mm, nos da un total de 3'4 Hm<sup>3</sup> de agua al año, que alimentan dicho sistema cársico de una forma autóctona. Esta cantidad se reparte en los siguientes términos:

- 1) Escorrentía superficial: la circulación exterior por el tramo calcáreo es totalmente nula durante casi todo el año. Incluso cuando se producen precipitaciones de carácter torrencial es casi inexistente. Ello es debido principalmente a una diaclasación abundante, una cobertera vegetal importante que frena la velocidad del agua eliminando el papel erosivo de ésta y aumentando el corrosivo debido al aporte de anhídrido carbónico y a una pendiente bastante suave de la zona de absorción.

- 2) La evapotranspiración e infiltración es imposible por el momento de poderlas calcular directa e indirectamente por no disponer de datos para poderlo realizar.

No obstante, la existencia de abundante vegetación hace prever valores altos para la evapotranspiración.

No podemos dejar de mencionar la alimentación de tipo alóctona que proviene del macizo de Rocacorba y que incide de diversa manera según su procedencia:

1) Exterior: agua de escorrentía que al llegar a los materiales calcáreos se infiltra para discurrir por el sistema cárstico. Este aporte probablemente tuvo su importancia en épocas anteriores.

2) Interior: aguas subterráneas del macizo de Rocacorba que se acumulan en la falla y salen a la superficie en los lugares topográficamente favorables, (zona de Casetas, Granollers de Rocacorba, etc.), junto con aguas del sistema cárstico.

### — 3) DINAMICA CARSTICA

La penetración del agua en profundidad inicia procesos de tipo disolutivo que amplían y modelan las fallas originando una evolución morfológica en las simas existentes. Asimismo favorece el desarrollo de varios procesos tales como:

1) La aceleración del retroceso de caída de cantiles por derrumbamiento de la pa-

red exterior de las simas existentes, provocando la aparición de conos de derrubios. Estos cubren la mayor parte del tramo rojo y, al mismo tiempo, las surgencias y, probablemente, algunas cavidades que nos son por este motivo desconocidas. Esto condiciona que el agua no surja directamente al exterior, sino que lo haga por los contactos entre el tramo rojo o las pizarras paleozoicas y el Cuaternario. 2) La rotura de los conductos por acción de fallas periféricas (Cova de Sant Martí), con lo que la circulación del agua queda frenada y evoluciona más tarde condicionada por dichas fallas.

Estos dos procesos descritos realizan una acción de «barrera», frenando la velocidad del agua y provocando la deposición de sedimentos en los conductos. Además, regulan la salida del agua en el Karst, aunque por salir a un nivel demasiado bajo no puede ser aprovechada con todo rendimiento.

### — 4) RESUMEN Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta todas y cada una de las características citadas, así como las variaciones y combinaciones de los factores que han determinado la instalación del sistema cárstico, clasificamos a la zona estudiada como un **Karst de falla**, suspendido parcialmente por encima del río Llémana y con tendencia a una suspen-

Fot. 2. - Lapiaz: estrias de disolución, ("Pas dels Llops").



Fot. 3. - Lapiaz: perforaciones cilindroides alveolares, ("Clot de Raig").



sión total, y en el que los procesos gravitacionales destacan de una manera sobresaliente.

El lapiaz se genera a favor de las diaclasas y presenta un notable desarrollo. Existen estrías de disolución (fot. 2), sin orientación preferencial, y **perforaciones cilindroideas** (Ullastres, 1970), tanto alveolares (fot. 3) como fistulares, situadas principalmente en, o cerca de los talweg de las torrenteras por ser zonas de mayor alimentación.

Las formas de absorción, las cavidades de desarrollo vertical, a favor de las diaclasas, las formas de conducción horizontal, en el contacto con el tramo rojo basal, que dan surgencias pe-

riféricas, la circulación vertical descendente, etcétera, son características típicas, de una estructura tabular de tipo **cuesta**, perfectamente visible en esta región estudiada.

La morfología que presenta el macizo de Sant Martí de Llémana ha sido heredada en parte de las variaciones climáticas del Cuaternario, aunque la evolución morfogenética continúa en forma muy activa en la actualidad (carstificación actual). Las condiciones morfoclimáticas que rigen ahora, desempeñan un decisivo papel en la evolución del lapiaz, meteorización de los escarpes, subsistencia de la red de drenaje, deslizamientos de terrenos, etc. Así, desde el punto de vista climático actual, pertenece al tipo **Pluvial Mediterráneo**, de alimentación mixta.

## — 5) BIBLIOGRAFIA

1. — FAURA i SANS (1911). — «La Espeleología de Catalunya». Cueva de hundimiento de Rocafesa.
2. — FERRER, J. (1971). — «El Paleoceno y el Eoceno del borde suroriental de la depresión del Ebro (Catalunya)». **Mem. Suisses de Paleontologie**. Vol. 90, 70 págs., 50 figs., 7 lám. 6 cuad. 1 mapa.
3. — LLOPIS LLADO, N. (1970). — «Fundamentos de Hidrogeología Cárstica». Editorial Blume - Madrid. 269 págs.
4. — MIRAMBELL, E. - BOSCH, J. - ESTIU, R. (inédito). — «Estudio espeleológico del Sistema Cárstico de Sant Martí de Llémana» (Girona). (inédito).
5. — PALLI, LI. (1972). — «Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes». Publicaciones de geología de la Universidad Autónoma de Barcelona. 338 págs., 82 figs., 38 cuad., 2 map. - Gerona.
6. — RENAULT, Ph. (1964). — «Remarques sur la signification des expériences en géodynamique Karstique». Publ. International Journal of Speleology. Volume I.
7. — RENAULT, Ph. (1970). — «La Formation des Cavernes». Col. Que sais-je?, 126 págs.
8. — ULLASTRE, J. (1970). — «Consideraciones morfométricas y morfogénicas sobre las perforaciones cilindróideas en el lapiaz». Publ. Speleon, Tomo 17 - Barcelona - «Centre Excursionista de Catalunya». Pág. 7-22.