

Estudio Hidrogeológico del Fondo de les Tarradelles (Macizo de Garraf, Barcelona)

POR

JOAQUIN MONTORIOL POUS

INTRODUCCION

Toda aquella zona del macizo de Garraf que se extiende al E. del Puig de la Morella, entre éste y el mar Mediterráneo, es extraordinariamente rica en fenómenos kársticos. Cuando en 1948 iniciamos el estudio hidrogeológico de esta región, y en vista de la gran cantidad de formaciones hipogeas, no sólo ya citadas anteriormente (1) (4) (5) (7), sino descubiertas en el curso de nuestras prospecciones, nos vimos obligados a dividirla en tres zonas (Plá del Campgrás, Plá de les Basses-Canal Negre y Fondo de les Tarradelles-Vall de Joan), a fin de poder realizar su estudio sistemáticamente.

Al terminar nuestras investigaciones en el Plá del Campgrás (13), y apenas comenzado el trabajo en la división Tarradelles-Vall de Joan, llegamos a la conclusión de que la zona en cuestión era aún excesivamente amplia, teniendo en cuenta la elevada densidad de formaciones espeleológicas, y las posibles interrelaciones entre

ellas: por ello en el presente trabajo abarcamos únicamente el Fondo de les Tarradelles, dejando la región de Vall de Joan para un ulterior estudio.

Muchos han sido nuestros colaboradores en el transcurso de las múltiples expediciones a esta zona inhóspita y desértica: a todos ellos nuestra más profunda gratitud por el trabajo realizado. En especial, debemos mencionar a los señores Francisco Javier Montoriol y Jaime Assens por la colaboración prestada en numerosas exploraciones; y a los señores Jorge Montesinos, Manuel Godall, Fernando Termes, Francisco Vicens, Francisco Rovira, Ramón de Semir, Arturo Brusotto y Enrique Suñer, todos ellos compañeros del Grupo de Exploraciones Subterráneas (G. E. S.) del C. M. Barcelonés, quienes participaron en algunas de las expediciones efectuadas. Asimismo debemos citar a Pedro Petit, natural de Begas, quien, con su conocimiento práctico de la región, facilitó en gran manera nuestras investigaciones.

GEOMORFOLOGIA DEL FONDO DE LES TARRADELLES

a) *Caracteres generales*

Hacia el NE. del Plá del Campgrás (520 m.), zona extraordinariamente rica en manifestaciones kársticas epígeas (dolinas, uwalas, campos de lapiaz, etc.) (13), y entre el macizo de la Morella (594 m.) y la porción más septentrional de la amplia superficie de erosión pontiense (9) conocida por Plá de les Basses (460 m.), se desarrolla uno de los característicos valles fluviales muertos, que surcan las porciones del macizo de Garraf constituido por grandes masas de calizas cretácicas: es el Fondo de les Tarradelles. Aún cuando los naturales del país nos han informado que, a causa de súbitas tempestades, grandes masas de agua, capaces de arrastrar bloques de centenares de quilogramos, discurren por el talweg del Fondo, nosotros no hemos visto jamás la menor muestra de circulación hídrica por el mismo, ni aún después de los mayores temporales.

Este valle muerto se desarrolla, durante algo más de 1,5 km., siguiendo sensiblemente la dirección SW.-NE., hasta el punto en donde confluye con el accidentado torrente de la Furiosa, que desciende de Coll Sostrell. Aquí, después de haber salvado un desnivel de 230 m., el talweg forma un ángulo de casi 90°, tomando la dirección WNW.-ESE. Este brusco cambio de orientación viene determinado por la prolongación de la falla de Coll Sostrell, falla que pone en contacto las dolomitas negroides de las Agulles con las calizas con *Matheronia* de la cumbre de la Morella (9). En este brusco recodo acaba el Fondo de les Tarradelles, iniciándose la mayormente espaciosa Vall de Joan.

El aspecto general del Fondo es el de un valle extraordinariamente abrupto, de flancos muy inclinados, que, en las porciones cercanas a la cabecera, pasan a subverticales, dándole casi un aspecto de cañón kárstico. Ello es consecuencia de la escasa evolución de los flancos, provocada por una casi total absorción hídrica que impide la erosión epigea normal.

Finalmente, debemos mencionar que en el conjunto del sistema Fondo de les Tarradelles-Vall de Joan, se manifiesta la presencia de ciclos encajados, destacando claramente dos niveles, uno a 300 m. y otro a 260 m., probablemente pliocénicos (9).

b) *Particularidades del talweg*

Aún cuando en algunos puntos del talweg es observable la roca firme, que presenta magníficos signos de erosión, la inmensa mayoría del mismo se halla ocupada por grandes cantidades de cascajo, grava y gravilla calizas, con una más reducida cantidad de cantos rodados. El espesor de estos materiales, según diversos sondeos que hemos efectuado, es extraordinariamente variable, oscilando entre grandes extensiones en donde apenas alcanza 0,2 m., y zonas en donde hemos hallado la roca a profundidades superiores a los 5 m., lo que revela la existencia de cubetas más o menos profundas excavadas en la roca caliza. Incluso, en algunas

zonas, son observables tramos relativamente largos en contrapendiente: aquí la grava se ha acumulado en grandes espesores, pasándose paulatinamente del punto terminal de la contrapendiente, en donde aflora la roca firme, a puntos en que nuestros sondeos no han podido alcanzar la misma.

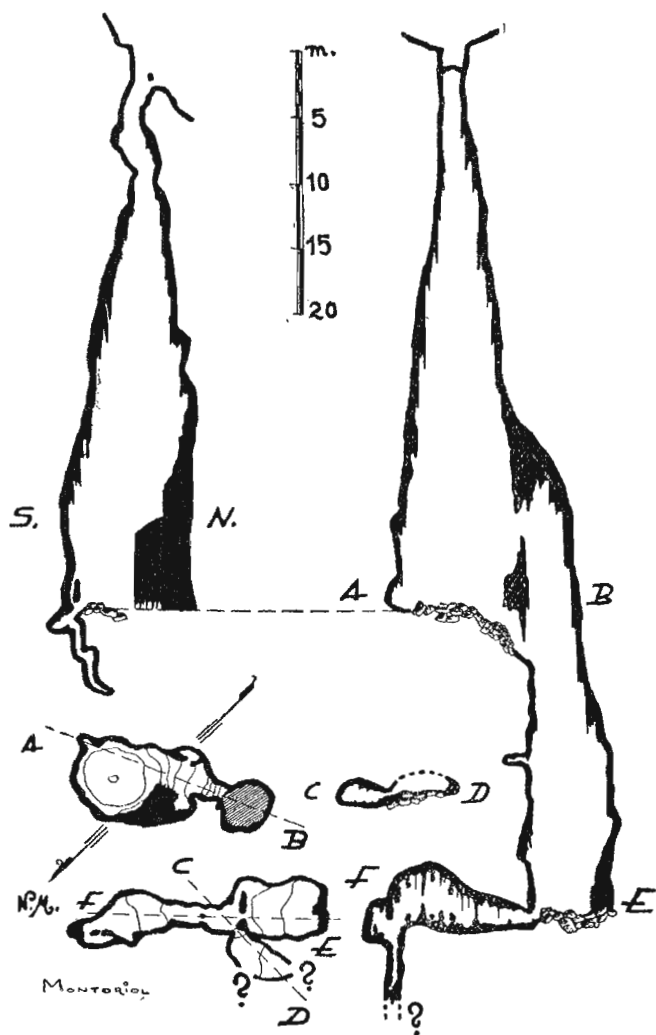
Pero la observación más curiosa, consiste en una especie de barreras asentadas sobre la roca compacta, presentando una estructura macroscópica zonal, y atravesando el talweg con un trazado ligeramente arqueado o festoneado. Su examen nos ha revelado que se hallan constituidos por asociaciones de microcristales aciculares. De todo ello, hemos deducido que su formación debió producirse por un mecanismo idéntico o semejante al que origina los gours, en las circulaciones intermitentes hipogeas (21). Es por demás curioso observar que, a pesar de haber recorrido multitud de kilómetros siguiendo los fondos del macizo de Garraf, únicamente hemos podido constatar la existencia de tan curiosas formaciones en el Fondo de les Tarradelles.

ESPELEOGRAFIA, ESPELEOMORFOLOGIA Y ESPELEOGENESIS DE LAS CAVIDADES EXPLORADAS

I.—AVENC DE L' ARCADA (fig. 1)

a) *Espeleografía y espeleomorfología*

La sima de la Arcada abre su boca a 419 m. sobre el nivel del mar, y a 28 m. sobre el talweg del Fondo de les Tarradelles, siendo la primera cavidad que se halla descendiendo por el mismo, desde el Plá del Campgrás hacia la Vall de Joan. La boca, de magnitudes reducidas, presenta el interés de ser la única parte del abismo en la que se pone de manifiesto su primitiva morfología, que, en todas las restantes porciones, se halla totalmente enmascarada por la quimiolitogénesis. En efecto, tanto el magnífico arco de roca caliza que se observa en la parte superior, como el tramo ini-



(Fig. 1)

Cortes y planta de l' Avenc de l' Arcada

cial del pozo, de acusado desarrollo helicoidal, son claros testigos de la fuerza erosiva del agua, lo que pone de manifiesto una primitiva fase de sumidero en su evolución.

A partir de los -10 m. el pozo se desarrolla en vertical absoluta, descendiendo hasta -42 m. (todas las profundidades las referimos al labio superior de la boca). El proceso litogénico enmascará totalmente las huellas del proceso anterior, deformando además las secciones horizontales y dando orientaciones no verdaderas a los máximos desarrollos. A pesar de ello ha subsistido la primitiva morfología campaniforme de la sima, claro exponente de la acción erosiva del agua en conducción libre (2) (3). Este primer desarrollo campaniforme debió ser tanto más acusado por cuanto el desarrollo litogénico aparece incrementado con la profundidad, tendiendo, por lo tanto, a neutralizar la primera morfología.

La máxima orientación de la primera planta es según la dirección N 20 W (14 m.), presentando su piso ocupado por materiales clásticos de diversos tamaños que, en su parte final, forman una pronunciada pendiente hacia la boca del segundo pozo. Las paredes están recubiertas por gran cantidad de concreciones que culminan hacia el N., dando lugar a una grandiosa formación reconstructiva; en la parte inferior de la misma pudimos observar magníficos ejemplares de estalactitas excéntricas (22).

Hacia el S., y entre los materiales clásticos, descubrimos una gatera semiobstruída. Después de laborioso trabajo, desembocamos en un minúsculo pozo que desciende hasta -48 m.

En el extremo WSW. se abre la segunda sima que, en vertical absoluta y tras presentar una minúscula gruta en su porción media, se hunde hasta -66 m. La quimiolitogénesis presenta, a lo largo de sus paredes, las más variadas formas. La planta mide 5 m. por 4 m.

Desde aquí y por dos estrechas galerías, se penetra en una cavidad en donde el proceso reconstructivo ha alcanzado un desarrollo verdaderamente excepcional: del techo cuelgan innumerables estalactitas arboriformes, algunas de ellas soldadas con su

respectiva estalagmita; las paredes se hallan recubiertas por una espesa costra de anemolites; y el suelo, totalmente recubierto por concreción caliza, presenta gran abundancia de gours y micro-gours (21).

Apenas se penetra en la citada cavidad puede apreciarse una «cascada fósil» (23), proveniente de un minúsculo agujero que se abre en la pared. Observando difícilmente por el mismo, se aprecia una oquedad de reducidas dimensiones y piso muy accidentado.

Al extremo de la sala terminal se abre un nuevo pozo, inexplorable a los pocos metros debido a las concreciones obstruyentes. La profundidad total del abismo es de -70 m.

b) *Espeleogénesis*

Como ya hemos indicado en el apartado anterior, el origen de la sima es debido a la acción erosiva del agua en conducción libre. Este agua era suministrada por el talweg epigeo de les Tarradelles que, en la época de formación del abismo, se desarrollaba a una altitud superior a la actual, actuando la cavidad como sumidero.

Ahora bien, mientras que los dos primeros pozos deben exclusivamente su origen a la causa expuesta, las cavidades inferiores se presentan como el resultado de un mecanismo formativo de mayor complejidad. En efecto, la «cascada fósil» es prueba de aportes hídricos provenientes de la sala lateral; en consecuencia, la oquedad y pozo terminal fueron fraguados por un caudal producto de la mezcla del agua penetrada por la boca, con la afluente a través del agujero lateral. (El problema del origen de las aguas hipógeas que desembocan en el corredor terminal, será estudiado al tratar de la interdependencia de las diferentes cavidades del fondo).

El desplazamiento del talweg epigeo (12) (16) provocó el fin de los procesos erosivos: el notable caudal que debió absorber el abismo fué substituído por escasas infiltraciones a través de las

diaclasas, lo que dió lugar a un magnífico desarrollo de la quimio-litogénesis, entrando la sima en una fase senil y alcanzando su morfología actual (los escasos materiales clásticos observables se presentan como penetrados por la boca (18).

2.—AVENC DEL VALLEŞ (Fig. 2)

a) *Espeleografía y espeleomorfología*

La boca de este abismo, de 2,5 m. de diámetro, se abre a 405 m. sobre el nivel del mar y a escasa distancia de la sima de la Arcada, hallándose a 14 m. sobre el talweg del Fondo de les Tarradelles.

Atravesada la abertura, el pozo, de sección sensiblemente circular y de magnitudes parecidas a las de la boca, se hunde verticalmente hasta los -26,5 m. Sus paredes se presentan en parte desnudas y en parte tapizadas por costras estalagmíticas. El fondo se halla ocupado por una escasa capa de materiales clásticos penetrados por la boca (18).

Por diversos agujeros, situados a -4,5 m., -22 m. y -26,5 m., se puede penetrar en una cavidad adyacente de considerables magnitudes, cuya bóveda se eleva a 28 m. sobre el suelo. Su piso en fuerte rampa, se halla ocupado por un gran acúmulo de materiales clásticos, y sus paredes tapizadas totalmente por las concreciones, que, en su porción E., dan lugar a vistosas banderas (20). Estas formaciones litogénicas se presentan en plena fase de decalcificación.

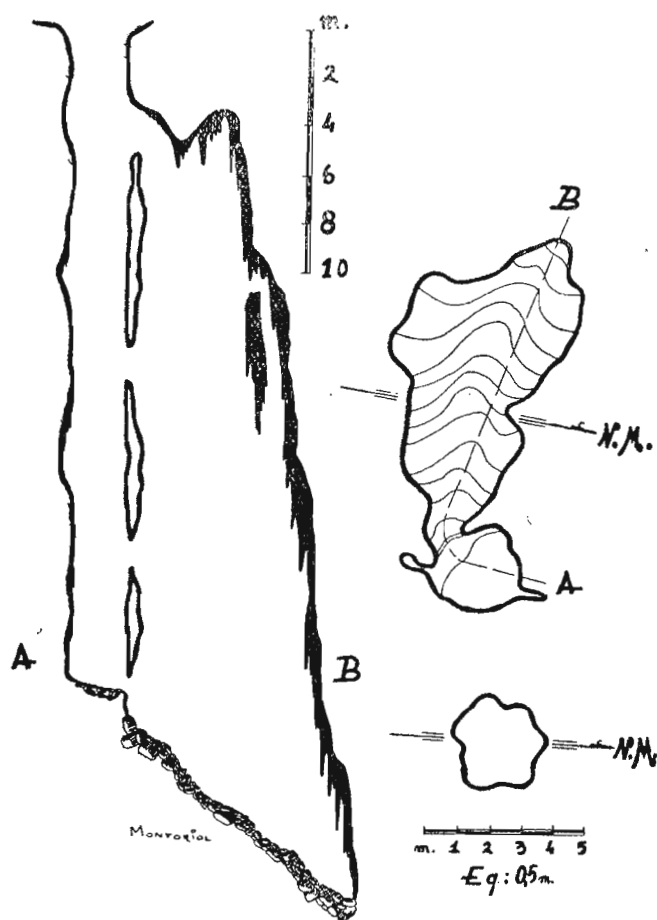
El extremo oriental de esta sala es el punto de mayor profundidad de la sima, hallándose a -36 m.

b) *Espeleogénesis*

La sima en cuestión se halla constituida por la intercomunicación de dos cavidades morfogénicamente diferentes: el pozo de

entrada y la cavidad lateral, de origen erosivo y quimioclástico (17) (18) respectivamente.

El desplazamiento del talweg del fondo, tan íntimamente liga-

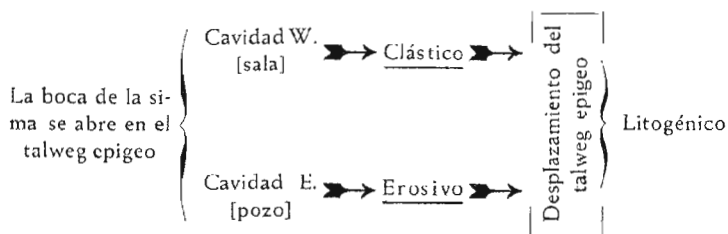


(Fig. 2)

Corte y planta del Avenc del Vallés

do a la evolución de todas las cavidades de la zona, hizo converger morfológicamente a las dos oquedades hacia una fase quimiolitogénica.

Así pues, la evolución de la sima del Vallés queda resumida en el siguiente esquema:



3.—AVENC DE LES TARRADELLES (figs. 3 y 4)

a) *Espeleografía y espeleomorfología*

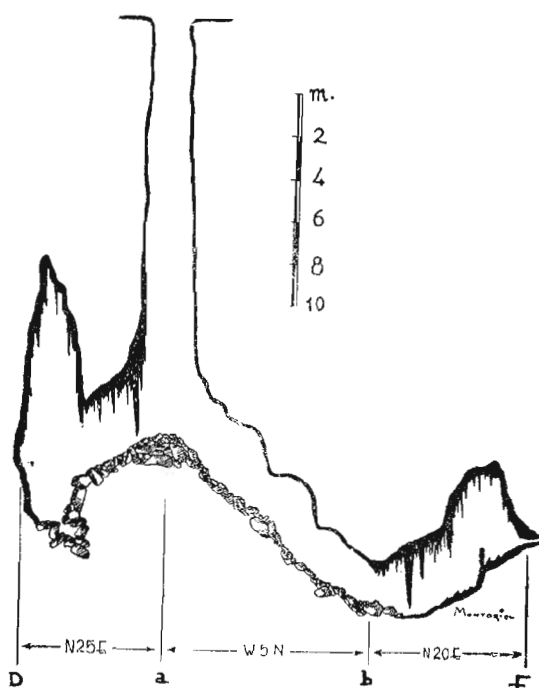
La entrada de esta sima, sensiblemente circular, con un diámetro de 2 m., se abre a 35 m. sobre el talweg del fondo y a 350 m. sobre el nivel del mar.

Sigue a la misma un pozo muy regular, por el que se desciende verticalmente hasta los -20 m. Aquí se inician dos galerías, asentadas respectivamente sobre diaclasas N 25 E y W 5 N.

La primera, que empieza con una pendiente de unos 25°, tiene 6 m. de longitud, terminando en una pequeña salita cuyo piso se halla a -25 m. De la bóveda, que se alza a 11 m. de altura, penden gran cantidad de formaciones estalactíticas, hallándose asimismo las paredes casi totalmente tapizadas por las concreciones. El suelo se presenta ocupado por materiales clásticos, que forman un gran cono de deyección, desparramándose por ambas galerías.

La continuación W 5 N, por la cual se prolonga con mayor amplitud el citado cono de deyección, se hunde, con una pendiente de 40°, hasta los -28 m., en donde se encuentra una sala (10,5 m. por 5,5 m.) que formando un ángulo de 73° con la galería, se halla orientada según la dirección N 20 E (casi idéntica a la de la galería que hemos descrito en primer lugar). Esta oquedad presenta un proceso quimiolitogénico particularmente desarrollado (es-

talactitas, banderas, estalagmitas, coladas, costras de revestimiento, micro-barrajes, etc.) Pero lo más interesante es que en el extremo N. de la sala existe un agujero impenetrable, del cual según indica la disposición de las coladas litogénicas y la forma de la expansión estereográfica de la cavidad (3), emergía una considerable aportación hídrica.



(Fig. 3)

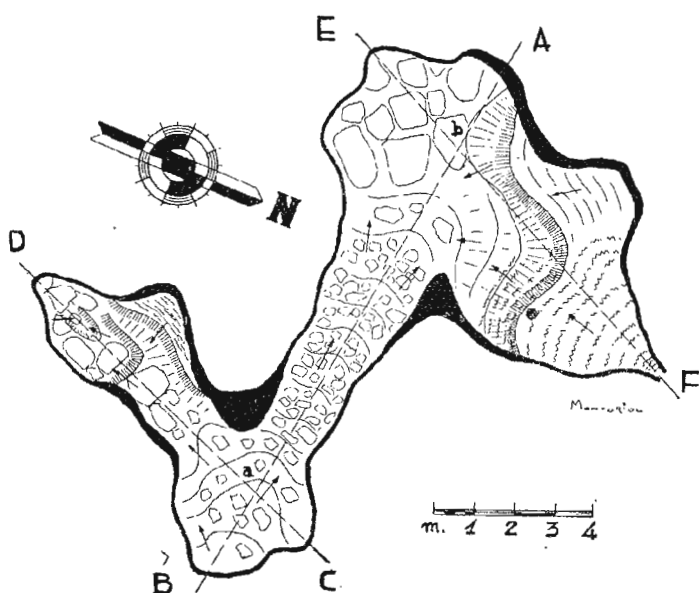
Corte del Avenc de les Terradelles

b) *Espeleogénesis*

Aunque las diferentes cavidades de la sima se muestran como de origen crosivo, debemos hacer notar que la cavidad W. no

guarda relación alguna con el resto del abismo, del que forma parte topográficamente debido a una intersección de galerías.

En efecto, el pozo y las galerías descendentes son producto de la acción erosiva del agua penetrada por la boca (relacionada, co-



(Fig. 4)

Planta del Avenc de les Terradelles

mo ocurre en todas las cavidades de la región, con el talweg epigeo de les Terradelles); mientras que la restante cavidad es el producto de la fuerza erosiva de una corriente hipogea que seguía la dirección $F \rightarrow E$: ambas cavidades fueron intercomunicadas al progresar la erosión a través de la galería B A.

Al igual que en las restantes cavidades de la zona, el desplazamiento del talweg del fondo fué la causa de que en todas las oquedades de la misma tuviera lugar un amplio proceso reconstructivo.

4.—COVA DEL CINGLE (CAU DE LA MONEDA) (fig. 5)

Se trata de una modesta cavidad, de 10 m. según la dirección de N-S y 9 m. según la E-W, situada a una altitud de 345 m. y a 41 m. sobre el talweg del Fondo de les Tarradelles. La bóveda alcanza una altura máxima de 3,5 m., estando tapizada por concreciones escasamente desarrolladas. En su extremo S. se halla una chimenea, de unos 5 m. de altura, por la que desciende una colada estalagmítica. El suelo se presenta ocupado por un acúmulo de materiales clásticos de origen externo que, en los bordes, obstruyen reducidas continuaciones en profundidad.

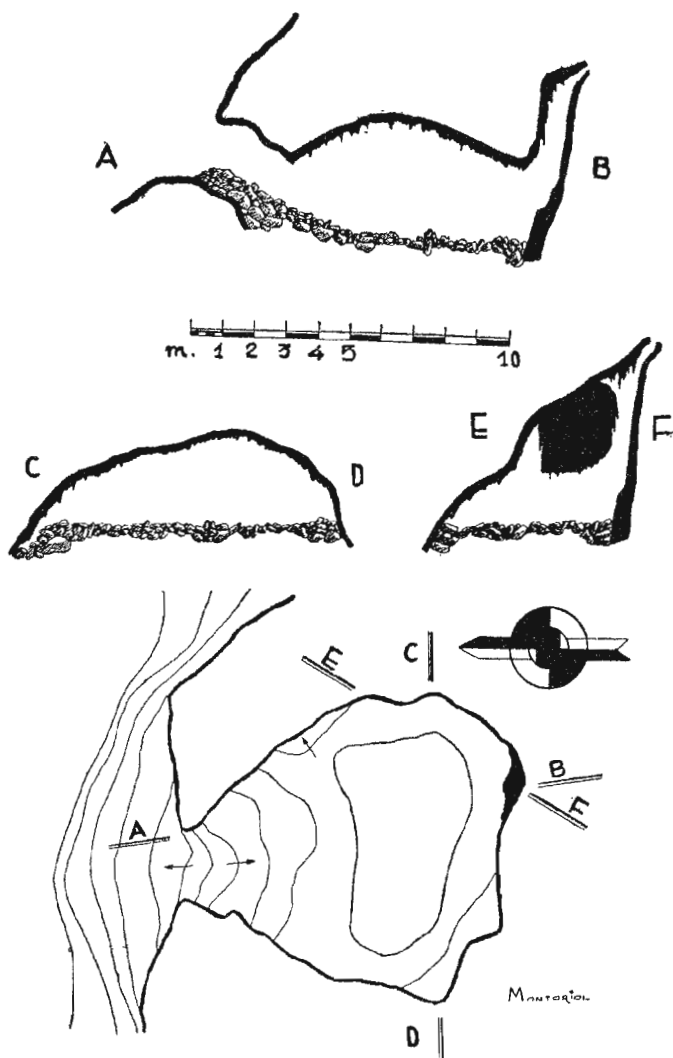
Esta pequeña cueva muestra una espeleogénesis bastante compleja: por una parte debió de estar en relación con el talweg epigeo de les Tarradelles, en una fase primitiva si tenemos en cuenta el desnivel que los separa actualmente, actuando como sumidero temporal; por otra parte, es evidente que había una aportación hídrica, proveniente de la zona karstificada superior, a través de la chimenea S.; todas estas aguas eran evacuadas por continuaciones hoy cegadas totalmente.

La substitución de la intensa actividad hídrica por lentas infiltraciones, dió origen al pequeño proceso litogénico.

5.—AVENC DEL CAYETANO

Esta interesante sima de 33 m. de profundidad, cuya boca se abre a 309 m. de altitud y a 28 m. sobre el talweg del Fondo de les Tarradelles, ha sido detenidamente estudiada por Llopis Lladó (7); remitimos, por lo tanto, al lector que se interese particularmente por ella, al trabajo del citado autor. Aquí incluiremos sólo los datos, tomados del mencionado trabajo, de interés para el desarrollo de nuestro tema sobre la hidrogeología del fondo.

En principio, «cuando el torrente de las Tarradelles estaba en pleno funcionamiento, su talweg se hallaba desplazado más al S. que el actual, abriéndose la sima en su fondo»; o sea que, al igual que todas las cavidades estudiadas hasta el presente, la sima del



(Fig. 5)

Planta y perfiles de la Cova del Cingle

Cayetano se halla relacionada con una primera fase de la evolución del talweg epigeo.

La sima consta de tres cavidades: el pozo de entrada; una gran cámara, extraordinariamente rica en concreciones, situada al W. del mismo; y dos reducidas cavidades entre las Formaciones lito-génicas (cuevas de reconstrucción), al W. de la anterior.

El citado autor considera en la evolución de la sima las siguientes fases:

«1) Fase erosiva. Filtración del agua a través de los planos de estratificación (su buzamiento varía entre los 60° y los 80°), período de máxima actividad mecánica, ayudada por la presión hidrostática. Formación del pozo de entrada y esbozo de la gran cavidad adyacente».

«2) Fase clástica. Disminución de las infiltraciones; acción química del anhídrido carbónico disuelto en el agua de infiltración, provocando la consiguiente decalcificación y ulterior hundimiento. Formación, por mecanismo quimioclástico, de la gran cavidad adyacente».

«3) Fase constructiva. Desecamiento completo de la cavidad. Sigue la decalcificación con hundimientos locales detenidos por el proceso constructivo, muy desarrollado en la gran cámara. Formación de las dos cuevas de origen químico, situadas en el extremo W».

«4) Diaclasación de las masas estalagmíticas, que se continúa en la actualidad».

6.—AVENC DAMIANS (fig. 6)

El Avenc Damians es una pequeña sima, cuya boca se abre a 51 m. sobre la del Cayetano. Consta de un pozo vertical que se hunde hasta los -7 m., al que sigue una reducida cavidad, cuyo suelo, formando una pendiente de 40°, se halla ocupado por materiales clásticos, y cuyo techo se encuentra tapizado por notable

cantidad de formaciones estalactíticas, algunas de ellas excéntricas. Su profundidad total es de -10 m.



(Fig. 6)

Corte del Avenc Damians

La sima en cuestión presenta las características de haber actuado como sumidero, aunque durante un período relativamente corto, dado su muy escaso desarrollo. Probablemente se halló en relación con una fase muy primitiva del talweg de las Tarradelles, del que se halla separado en la actualidad por un desnivel de 79 m. El desplazamiento del talweg puso fin a la primera fase erosiva (12) (16), desarrollándose el pequeño proceso quimiolitogénico que se observa en la cámara final.

Todas las cavidades estudiadas abren sus bocas en las calizas infracretácicas, correspondientes al nivel de *Toucasias*.

ESPELEOMETEOROLOGIA

El no muy gran desarrollo y simplicidad de la mayoría de las cavidades estudiadas, hace que la meteorología de las mismas sea de escaso interés. Incluso, en propiedad, no puede hablarse de espeleometeorología, ya que, contrariamente a lo que ocurre en muchas de las grandes simas del macizo (14) (15), no existe en ellas ninguna manifestación dinámica (19): se trata únicamente de observaciones sobre el microclima de las mismas. Reproducimos, pues, el conjunto de datos registrados, que pueden servir para una ulterior definición climática de este conjunto de cavidades.

| NOMBRE | Profundidad | ILUMINACION | temperatura | HUMEDAD RELATIVA | AIRE | FECHA | LUGAR |
|--------------------------|-------------|--------------|-------------|------------------|---|----------------------|---------------------|
| Avenc de l' Arcada | — 41 m. | Obscuridad | 13,5° C | 99 % | C a l m a e n t o d a s l a s c a v i d a d e s | 12 h (10-10-48) | Fondo 1.º pozo |
| | — 66 m. | id. | 13,0° C | 99 % | | 12 8/14 h (10-10-48) | Fondo 2.º pozo |
| Avenc del Vallès | — 26 m. | Luz | 16,0° C | 80 % | | 11 h (13- 6-48) | Fondo del pozo |
| | — 35 m. | Obscuridad | 15,0° C | 92 % | | 11 1/2 h (13- 6-48) | id. sala lateral |
| Avenc de les Tarradelles | — 19 m. | Luz | 11,0° C | 94 % | | 10 h (21- 3-48) | Fondo del pozo |
| | — 24 m. | Luz-Penumbra | 11,0° C | 99 % | | 10 1/4 h (21- 3-48) | Extremo galería C-D |
| Cau de la Moneda | — 27 m. | Obscuridad | 12,0° C | 94 % | | 10 1/2 h (21- 3-48) | Punto b |
| | — 10 m. | Luz | 12,0° C | 84 % | | 12 h (12- 3-50) | Centro sala |
| Avenc Damians | — 21 m. | Luz | 12,5° C | 86 % | 15 h (12- 3-50) | Fondo de la sima | |
| Avenc del Cayetano | — 21 m. | Penumbra | 11,5° C | 90 % | 12 h (21- 3-48) | Fondo 1.º pozo | |
| | — 28 m. | Penumbra | 11,5° C | 99 % | 12 1/4 h (21- 3-48) | id. sala lateral | |
| | — 23 m. | Obscuridad | 12,5° C | 99 % | 13 h (21- 3-48) | Cueva reconstrucción | |

LA EVOLUCION HIPOGEA Y EPIGEA DEL FONDO DE LES TARRADELLES

1.—ESTUDIO ALTIMETRICO

Considerando que la investigación altimétrica podía aportar importantes elementos de juicio, para dilucidar la compleja evolución del fondo, efectuamos varios circuitos altimétricos cerrados, empleando un baroaltímetro aneroide compensado, haciendo estación no sólo en la boca de las formaciones espeleológicas, sino también en el punto de su proyección sobre la línea del talweg epigeo. Las diferencias de nivel boca-fondo de las formaciones hipogeas, fueron tomadas bien por sondeos directos (pozos), bien por cálculos topográficos (rampas). Los resumidos de todas estas observaciones altimétricas quedan resumidos en el siguiente cuadro:

| FORMACION | Cota absoluta de la boca | Profundidad | Cota absoluta del fondo | Cota absoluta de la proyección de la boca sobre el talweg | Desnivel Boca-Talweg |
|------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------|---|----------------------|
| Avenc d l' Arcada (1) | 419 m. | 70 m. | 349 m. | 391 m. | 28 m. (a) |
| Avenc del Vallès (2) | 405 m. | 36 m. | 369 m. | 391 m. | 14 m. (b) |
| Avenc de les Tarradelles (3) | 350 m. | 28 m. | 322 m. | 315 m. | 35 m. (c) |
| Cau de la Moneda (4) | 345 m. | 2 m. | 343 m. | 304 m. | 41 m. (d) |
| Avenc del Cayetano (5) | 309 m. | 33 m. | 276 m. | 281 m. | 28 m. (e) |
| Avenc Damians (6) | 360 m. | 10 m. | 350 m. | 281 m. | 79 m. (f) |

Los datos de la anterior tabla son los que han servido para el trazado del gráfico de la figura 7. De su observación, y recordando lo expuesto en el apartado dedicado a espeleografía, espeleomorfología y morfogénesis, vemos que el conjunto de cavidades presenta su evolución íntimamente ligada con la del talweg del fondo. En efecto, todas ellas presentan una fase de sumidero, fase que cesó debido al desplazamiento del citado talweg, que dejó sus bocas suspendidas a diversas alturas. Incluso el Avenc Da-

mians, en la actualidad separado del mismo por un desnivel de 79 m., podemos considerarlo relacionado con una fase muy precoz de su evolución; fase en consecuencia breve, como lo atestiguan las escasas magnitudes de la mencionada sima, que debió de actuar como sumidero durante un lapso de tiempo relativamente corto.

Así pues, podemos concluir que, en una fase preactual, el fondo se desarrollaba a un nivel de 30 m. -40 m. superior, abriéndose las bocas de las diferentes formaciones espeleológicas (Avenc de l'Arcada, Avenc del Vallès, Avenc de les Tarradelles, Cau de la Moneda y Avenc del Cayetano) en su mismo talweg (durante este período el Avenc Damians no funcionaba ya como sumidero, habiendo entrado en una fase senil).

2.—CONSIDERACIONES SOBRE EL TALWEG HIPOGEO

En el correspondiente apartado, pusimos de manifiesto la existencia, en anteriores fases evolutivas de las formaciones hipogeas, de aportaciones hídricas internas, o sea no provenientes de la absorción a través de sus bocas. En las simas de les Tarradelles y de la Arcada son ostensibles las muestras de un antiguo talweg hipogeo, jalonado por magníficas coladas litogénicas en ambas cavidades y por gours y microgours (circulación intermitente (21)) en la segunda.

Las observaciones geomorfológicas, tanto en lo referente a la disposición de las manifestaciones quimiolitogénicas, como al desarrollo estereográfico de las oquedades (3), sirven para fijar la dirección, en los puntos en donde el talweg es observable, de la circulación hídrica subterránea. De ello vemos que los caminos seguidos por las aguas epigeas e hipogeas difieren fundamentalmente, presentándose un claro fenómeno de retroversión (6) (10) (11), por cuanto el talweg del fondo sigue una dirección y sentido SW. ➡→ NE., y el talweg hipogeo una dirección y sentido

NNE. ➡→ SSW. (más adelante, y al referirnos a la estratificación y diaclasación trataremos este punto con mayor detalle).

3.—CAMINO SEGUIDO POR LAS AGUAS ABSORBIDAS

a) *Avenc del Vallès-Avenc de l' Arcada*

Ya hemos citado la existencia de una aportación hídrica lateral interna, en la primera de las simas que se encuentra descendiendo por el Fondo de les Tarradelles. Esta aportación se halla localizada a los -66 m. (cota absoluta, 353 m.), o sea 16 m. por debajo del fondo del Avenc del Vallès (-36 m., cota absoluta, 369 m.)

Dada la escasa distancia entre ambas simas (15 m. -20 m.), así como su disposición relativa y la distribución altimétrica de los referidos puntos, consideramos como muy probable que la aportación interna que tenía lugar en la salita -66 m. del Avenc de l' Arcada, provenía de la absorción hídrica realizada a través de la boca del Avenc del Vallès (actualmente los procesos clásticos han obstruido totalmente el paso). Luego, ambos caudales reunidos, las aguas desaparecerían por el pozo terminal, hoy día impenetrable a los 4 m.-5m., debido a un proceso litogénico obstruyente.

b) *Cau de la Moneda-Avenc de les Tarradelles*

El Cau de la Moneda abre su boca a una cota 5 m. inferior a la del Avenc de les Tarradelles (cotas absolutas respectivas, 345 metros y 350 m.), pero sus diferentes profundidades (-2 m. y -28 metros respectivamente), colocan el fondo del segundo a 21 m. por debajo del Cau de la Moneda (cotas absolutas, 322 m. y 343 metros).

Ello induce a pensar, por comparación con el caso Avenc del Vallès-Avenc de l' Arcada, que las aguas aflorantes en la sala terminal de la sima de les Tarradelles, provendrían de la absorción hídrica del Cau de la Moneda. Claro que aquí la interrelación no pasa de ser una mera suposición; pero si tomamos en considera-

ción la dirección general del talweg hipogeo (oscilando alrededor de la dirección y sentido NNE. \rightarrow SSW), veremos que ella se hace bastante probable.

c) *Consideraciones relativas a la diaclasación y la estratificación*

En los apartados anteriores, y al sentar las primeras conclusiones sobre las relaciones entre cavidades, y dirección general del talweg hipogeo, hemos tenido únicamente en cuenta las distribuciones espaciales (planimétricas y altimétricas) y las observaciones espeleomorfológicas efectuadas en los escasos puntos en donde el citado talweg es visible. Ello nos ha dado elementos de juicio, pero es evidente que nada definitivo general podemos sentar basándonos únicamente en tales datos. Es por ello que vamos a efectuar algunas consideraciones sobre las soluciones de continuidad de la masa rocosa, líneas maestras que, como es sabido, condicionan todo el proceso de la evolución kárstica.

La diaclasación, poco clara en las calizas del exterior, es fácilmente observable en el interior de las formaciones hipogeas. De nuestras observaciones, tanto internas como externas, podemos concluir la existencia de dos sistemas principales (N.-S. y E.-W.) Pero, contrariamente a lo que ocurre en el vecino Plà del Campgràs (13), en donde los sistemas presentan una claridad esquemática, aquí se observan fuertes declinaciones, que hacen que los individuos del sistema N.+S. ofrezcan orientaciones que difieren en más de 45°. No obstante, existe una gran predominancia de los N. 20 E., lo cual viene directamente en apoyo de la orientación general NNE.-SSW. que hemos asignado al talweg hipogeo.

En lo referente a la estratificación, debemos mencionar que las ingentes masas de calizas infracretácicas que forman esta zona del macizo de Garraf, tanto las pertenecientes al nivel dolomítico como al nivel de *Toucasias*, presentan un marcado buzamiento que oscila entre el SW. y el SSW. Aun cuando, como es sabido, la circulación kárstica no siempre sigue la orientación de la estratifica-

ción, el hecho de que el sentido del buzamiento coincida con el que, mediante otras consideraciones ya expuestas, hemos asignado al talweg hipogeo, sirve para poder afirmar definitivamente que el mismo es el NNE. ➡→SSW.

d) *Camino general seguido por las aguas absorbidas*

Hemos visto ya las posibles interrelaciones entre las diversas formaciones espeleológicas del Fondo de les Tarradelles, así como la dirección y sentido generales del talweg hipogeo: queda sin embargo por dilucidar el camino general de todas estas aguas, o, mejor dicho, el camino que siguieron estas aguas, ya que en la actualidad ha cesado totalmente la circulación hídrica activa, hallándose el antiguo curso fosilizado por los procesos quimiolitogénicos y clásticos. Como ya indicamos en nuestro estudio sobre el campo de dolinas del Plà del Campgràs (13), es éste un problema que es evidente no podremos intentar solucionar hasta que no hayamos realizado la exploración sistemática de todas las manifestaciones kársticas de las regiones colindantes. Esbozaremos, no obstante, algunas consideraciones generales.

Siendo el sentido general del talweg hipogeo el NNE. ➡→SSW., es evidente que la salida de estas aguas al exterior no fué la resurgencia de la Cova Fosca (cavidad de 44 m. de longitud que se abre ya en plena Vall de Joan), como una superficial observación pudiera hacer creer. La dirección general citada lleva la circulación hídrica por debajo del Plà del Campgràs; luego lo más probable es que las citadas aguas siguieran el camino que luego tomarían las absorbidas por el campo de dolinas del Plà y formaciones espeleológicas del mismo (13), o sea que, después de seguir un camino no determinable, confluían con las aguas venidas del polje de la mesa de Begas (9), y aparecían en la resurgencia de La Falconera, a unos 700 m. al ENE. de Penya Roja y a unos 500 m. al SW. de Punta la Plana (Garraf), después de un recorrido, en línea recta, de 5,5 kilómetros y un desnivel de 419 m. desde el Avenc de l' Arcada.

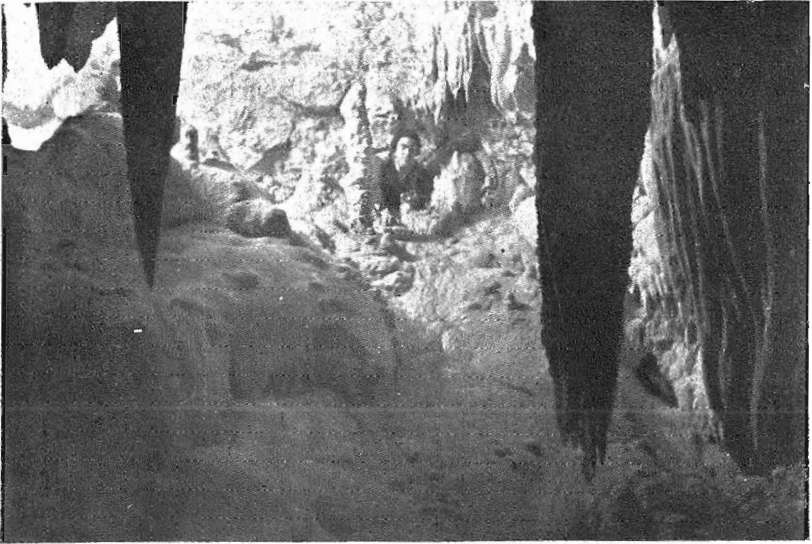


Fig. 1 — Avenc de les Tarradelles. Porción del talweg hipogeo (en el ángulo superior izquierdo puede apreciarse el punto de salida del agua)



Fig. 2. — Avenc de les Tarradelles. Final de la galería W 5 N, con la porción terminal del cono de deyección.

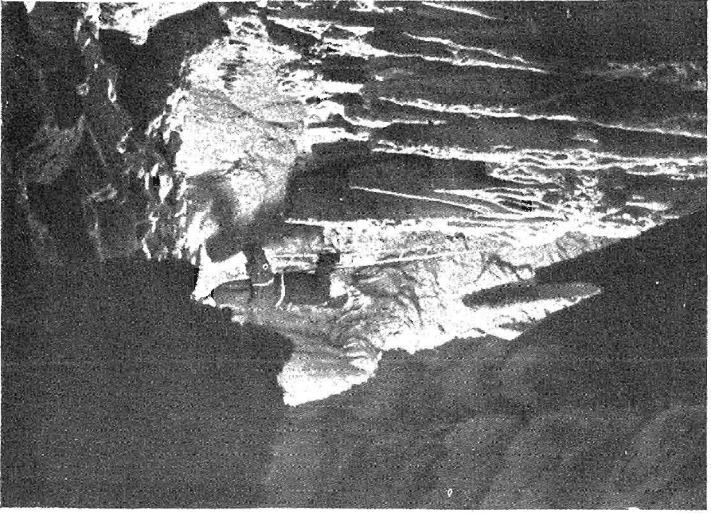


Fig. 3.—Avenc de les Terradelles. Fondo del pozo, en el que puede observarse el gran desarrollo del proceso litogénico sobre paredes y techo. El piso se halla ocupado por materiales clásticos.

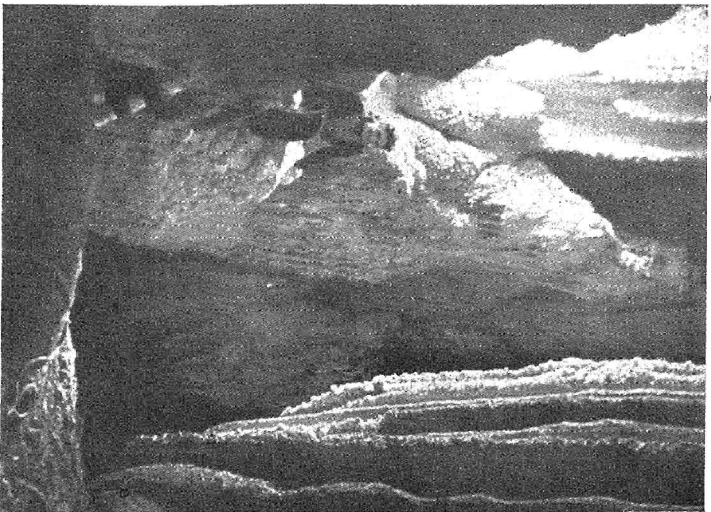


Fig. 4.—Avenc de l'Arcada. Gran desarrollo de la morfología de reconstrucción en el fondo del primer pozo, y boca de la segunda sima.

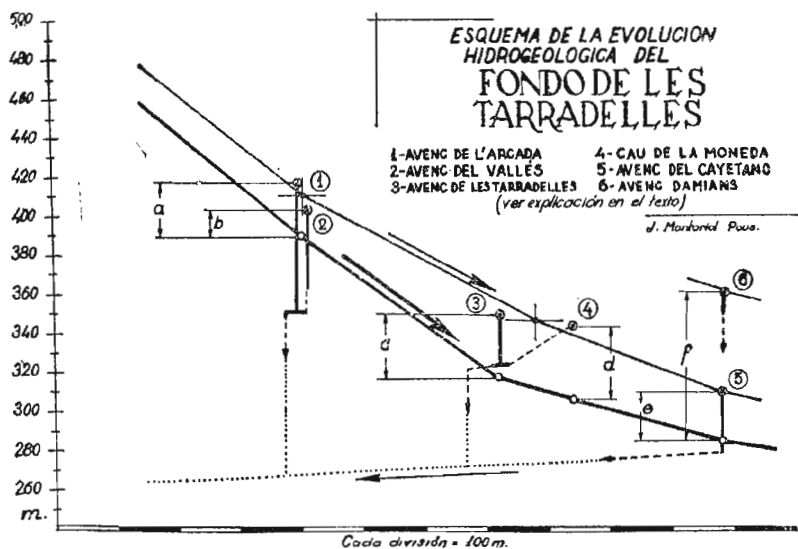
Asimismo, al igual que ya mencionamos en el citado trabajo sobre el campo de dolinas del Pla del Campgràs (13), debemos hacer notar que sospechamos que la mencionada resurgencia no es la única existente en las Costas de Garraf, ya que, según nos han informado naturales de la región, parece ser que existen diversos puntos cercanos a la costa, de los que puede extraerse agua dulce del mar; lo que, caso de ser verdad, indicaría la existencia de resurgencias submarinas de bastante potencia. Hasta el presente no nos ha sido posible efectuar las previstas investigaciones marinas que ya indicamos (13), pero creemos que muy en breve dispondremos de la lancha motora y de los aparatos necesarios para la investigación.

4.—EDAD DE LAS FORMACIONES ESPELEOLOGICAS

Según Llopis Lladó (9), se han sucedido en el macizo de Garraf por lo menos dos ciclos de karstificación: al Karst antiguo, que sería inmediatamente post-pontense, pertenecerían las que el citado autor denomina simas residuales, cuyos restos se encuentran a menudo en las cumbres de la gipfelflur pontense; seguiría luego una fase de circulación epigea con excavación de los fondos; y, finalmente, sobre estos valles, muertos ya, se habría desarrollado una karstificación reciente, probablemente cuaternaria.

La simple situación topográfica de las cavidades estudiadas, localizadas en un fondo y debiendo su origen al talweg del mismo, implica en sí el hecho de que sean posteriores al primer ciclo kárstico. Ahora bien, si las comparamos con las cavidades hipogeas cuaternarias (13) del próximo Pla del Campgràs, veremos que difieren fundamentalmente en cuanto a su madurez morfológica. La diferencia es tal que se hace totalmente imposible asimilarlas a una formación isocrónica. Además, el hecho de que mientras las cavidades del Fondo de les Tarradelles, según indican sus respectivas diferencias altimétricas más o menos importantes respecto al talweg y su estudio espeleomorfológico, hubieran quedado muertas

hace ya un apreciable lapso de tiempo, mientras, por el contrario, las del Plà del Campgràs, aunque en forma muy pobre, presentan aún absorción hídrica (13), viene también en apoyo de este punto de vista. Es por ello que situamos a las formaciones espeleológicas del Fondo de les Tarradelles en una fase intermedia, entre el



(Fig. 7)

ciclo inmediatamente post-pontiene y el francamente cuaternario, correspondiendo su origen, por lo tanto, bien a las postrimerías del Plioceno, bien a los albores del Pleistoceno.

5.—CONCLUSIONES

- I) En una fase preactual el Fondo de les Tarradelles se desarrollaba a un nivel 30 m.-40 m. superior, abriéndose las bocas de las diferentes formaciones espeleológicas en su mismo talweg, y funcionando como sumideros.
- II) La absorción hídrica fraguó un talweg bipogeo de dirección y sen-

tido NNE \rightarrow SW, o sea diametralmente opuesto al camino seguido por las aguas epigeas (retroversión).

III) Esta dirección llevaba la circulación hídrica por debajo del Plà del Campgràs, luego, a partir de este punto, podemos considerarla coincidente con la procedente de las formaciones kársticas de tal lugar o sea que, después de seguir un camino indeterminable, conflúan con las aguas venidas del polje de la mesa de Begas, y reaparecían probablemente en la resurgencia de La Falconera o alguna otra resurgencia submarina de las Costas de Garraf.

IV) En la actualidad ha cesado toda manifestación activa en el tramo Fondo de les Tarradelles-Plà del Campgràs, ballándose el sistema fosilizado por la litogénesis y los procesos clásticos.

V) El tramo Plà del Campgràs-La Falconera, puede haber sido o no rejuvenecido por la circulación actual proveniente del campo de dolinas superior, según que la misma haya aprovechado los antiguos conductos o haya fraguado otros nuevos.

VI) Las formaciones espeleológicas del Fondo de les Tarradelles pertenecen a un ciclo intermedio, entre el inmediatamente post-pontense y el francamente cuaternario, correspondiendo su origen, bien a las postrimerías del Plioceno, bien a los albores del Pleistoceno.

RÉSUMÉ

Le «Fondo» des Terradelles (massif de Garraf, Barcelone), est une vallée morte, placée entre le massif de La Morella (594 m.) et le Pla de Les Basses (460 m.) Elle se développe du SW. au NE. au long de 1,5 km., avec un dénivèlement de 230 m. jusqu' à sa confluence avec le Torrent de La Furiosa, où commence la vallée de Joan. Les terrains correspondent aux calcaires infracrétacés, niveau de *Toucasia*.

L' étude géospéléologique réalisée dans six cavités et les recherches effectués sur la fissuration et sur la géomorphologie de la vallée, permettent de déduire quelques étapes dans l' évolution kars-tique:

1. Phase de circulation épigée dans un thalweg placé à 30 40

m. au-dessus de l' actuel. Les avens étudiés étaient alors des avens absorbants.

2. Formation d' un thalweg hipogé dirigé de NNE. á SSW., c' est à dire de sens opposé au sens de l' écoulement épigé. Les eaux absorbées confluaient souterrainement avec celles absorbées par le poljé de Begues, pour surgir par la source de La Falconera ou par d' autres résurgences sous-marines.

3. Actuellement les avens étudiés n' ont aucune activité hydrologique; tout le système souterrain est fossilisé par la lithogénèse.

5. Les cavités de la vallée des Terradelles, font partie d' un cycle karstique intermédiaire entre le cycle post-pontien et le cycle franchement quaternaire et doit donc être placé vers la fin du pliocène ou le commencement du pléistocène.

SUMMARY

The «Fondo» des Terradelles (Garraf massif, Barcelona) is a dead valley situated between the La Morella massif (594 m.) and the Pla de Les Basses (460 m.) It bears SW-NE for 1 y medio kilómetros, through which it drops 23 m. in altitude until it joins the Torrent de La Furiosa at the beginning of the Joan valley. The formation corresponds to the infra-cretaceous limestone of the *Toucasia* level.

Geo-speleological examination of six caves, and careful study of the fissuration and geo-morphology of the valley enable us to deduce that the following stages took place in the course of its karstic evolution:

1) A phase of epigene circulation in a thalweg some 36-40 metres above the present level, when the avens examined were absorbant.

2) Formation of a hypogene thalweg running NNE-SSW, i. e. in the opposite direction to the epigene thalweg it replaced. The waters absorbed united subterraneously with those absorbed by

the Begues polgé, reappearing in the Falconera spring, or in other submarine resurgences.

3) At present there is no hydrological activity in any of the avens examined; the entire subterranean system has been fossilized by lithogenesis.

4) The cavities in the Terradelles valley form part of an intermediary karstic cycle, between the post-pontian and the truly quaternary cycles, and must therefore be placed towards the end of the pliocene or the beginning of the pleistocene.

BIBLIOGRAFIA

1. *Amal Carreras (R.)* «Sota el massis de Garraf». Bol. C. E. C., números 363-364, Barcelona 1925.
2. *Cbevalier (P.)* «Problèmes et hypothèses d'hydrologie souterraine». Pub. Cercle d'études géographiques de la Société de Géographie ques de Lyon, número 2 Lyon 1944.
3. *Cbevalier (P.)* «Distinctions morphologiques entre deux types d'érosion souterraine». Revue de Géographie Alpine, T. XXXII, número 3. 1944.
4. *Faura y Sans (M.)* «Recull espeleològic de Catalunya». Sota Terra. Pub. C. M. B. Barcelona 1909.
5. *Faura y Sans (M.)* «Espeleología. Coves i avenchs de Catalunya». Geografía General de Catalunya. Berceona 1909.
6. *Janet (A.)* «Mémoire de la Société de Spéléologie, número 17». 1898.
7. *Llopis Lladó (N.)* «Avenç del Caietà». Sota Terra II. Pub. C. M. B. Barcelona 1935.
8. *Llopis Lladó (N.)* «Morfología y hidrología subterránea de la parte oriental del macizo cárstico de Garraf». Estudios Geográficos, núm. 4. Madrid 1941.
9. *Llopis Lladó (N.)* «Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los catalánides». Pub. Con. Sup. de In. Cient. Barcelona 1947.
10. *Martel (E. A.)* «La France ignorée». 2.^a ed., T. I. págs. 80 y 87. París 1933.
11. *Maucci (W.)* «Grotta Vittorina di Aurisina». Alpi Giulie, rev. de la Soc. Alp. delle Giulie, núm. de 1950. Trieste 1950.
12. *Montoriol Pous (J.)* «Estudio geoespeleológico de dos simas en el macizo de Garraf». Speleon, año I, núm. 1. Oviedo.
13. *Montoriol Pous (J.)* «El campo de dolinas del Plà del Campgràs». Speleon, año I, núm. 2. Oviedo 1950.

14. *Montoriol Pous (J.)* «Resultado de las observaciones espeleometeorológicas realizadas durante la exploración de la sima de los Esquirols». *Speleon*, año I, números 3-4. Oviedo 1950.

15. *Montoriol Pous (J.)* «Estudio geoespeleológico de la sima de la Ferla». *Pirineos*, año VI, números 15-16. Zaragoza 1950.

16. *Montoriol Pous (J.)* «Estudio geoespeleológico del Forat de les Gralles». *Speleon*, año II, números 2-3. Oviedo 1950.

17. *Montoriol Pous (J.)* «Clave para la clasificación de los procesos clásticos hipogeos». *Speleon*, año II, núm. 4. Oviedo 1950.

18. *Montoriol Pous (J.)* «Los procesos clásticos hipógeos». *Rassegna Speleologica Italiana*. Como (en publicación).

19. *Montoriol Pous (J.)* «Meteorología hipogea». *Urania*, rev. de la Soc. Astr. de Esp. y Am. y de la Un. Nac. de Astr. y Cien. Af. Barcelona (en publicación).

20. *Pittard (J. J.)* «Les tufs, les concrétions calcaires et leur influence sur la végétation». *Bol. de la Soc. Su. de Sp.*, núm. 25 ag. Genève 1941.

21. *Pittard (J. J.)* y *Amoudruz (G.)* «Les gours». *Bol. de la Soc. Su. de Sp.* número 25 jul. Genève 1943.

22. *Sutter (R.)* y *Pittard (J. J.)* «Les stalactites excentriques». *Bol. de la Soc. Su. de Sp.*, núm. 25 oct. Genève 1944.

23. *Thomas Casajuana (J. M.)* y *Montoriol Pous (J.)* «La cueva del Agua». *Speleon*, año II, núm. 1. Oviedo 1951.