

# La hidrología kárstica del Plà de les Basses y sus relaciones con la de otras zonas del macizo de Garraf (Barcelona)

FOR

JOAQUIN MONTORIOL POUS

## INTRODUCCION

Al E. del Plà del Campgràs (534 m.), zona que ya estudiamos durante la campaña espeleológica de 1948 (40), se extiende, con una altitud media de 405 m., una amplia superficie de erosión pontiense (30), cuya longitud (según la dirección E.-W.) alcanza los 2 km., y cuya anchura (según la dirección N.-S.) oscila alrededor de los 0,6 km. Exceptuando la porción occidental, que enlaza con el cerro de El Rascler (572 m.), toda la región se halla delimitada por cursos muertos profundamente encajados, que, en algunos puntos, toman el aspecto de verdaderos cañones kársticos. La totalidad de la zona objeto del presente estudio queda englobada en la unidad local B-01-01, del catálogo de Termes (55).

Toda la superficie de erosión constituye un aparato kárstico de absorción de primera magnitud, por lo que su estudio hidroló-

gico y geomorfológico se presenta como de elevado interés. A pesar de ello, y quizá por ser uno de los puntos del macizo de Garraf de más difícil acceso, habían sido muy escasas las exploraciones realizadas en el mismo: buena prueba de ello es el hecho de no haber citado Faura y Sans siquiera una sólo cavidad perteneciente a tal región (15) (16) (17). El propio Font y Sagué, que tan extensa y meritoria labor espeleológica realizó en el macizo de Garraf (20) (21) (22) (23), efectuó una sólo exploración en el Plà de les Basses; siendo asimismo digno de citarse que de las 32 simas exploradas por Amat y Carreras durante sus campañas de 1923 a 1928 (1) (2) (3), únicamente dos pertenecen a la zona objeto de nuestro estudio. Tampoco Porta (50), que llevó a cabo algunas investigaciones en la vecina Vall de Joan, se adentró en la mencionada región.

Es por todo ello que, apenas terminadas nuestras campañas espeleológicas en el campo de dolinas del Plà del Campgràs (40) y en el Fondo de les Tarradelles (46), iniciamos una serie de expediciones de prospección al Plà de les Basses, resultado de las cuales fué el descubrimiento del Avenc del Marianet y del Avenc de la Llosa, y la localización exacta de otras formaciones ya señaladas. Durante el año 1949 realizamos la exploración de todas las cavidades absorbentes, situadas en la superficie de erosión, ampliando luego las investigaciones a las posibles zonas colindantes de resurgencia (Canal Negre, Sot de l'Infern, Vall de Joan). Aunque describiremos algunas formaciones localizadas en las mencionadas zonas, se trata siempre de aparatos puramente locales y restringidos, o de circulaciones totalmente fosilizadas. Así, pues, las resurgencias actuales del complejo kárstico de absorción hay que buscarlas en puntos alejados: es por ello, y debido al largo camino que debe seguir la circulación hídrica, que ésta entra en relación con las aportaciones provenientes de zonas colindantes, tendiendo a comunes puntos de resurgencia. Por tal motivo trataremos de algunas cavidades y problemas que no pertenecen propiamente a la zona del Plà de les Basses.

Antes de terminar esta breve introducción, queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a todos aquellos colaboradores, espeleólogos del Grupo de Exploraciones Subterráneas (G. E. S.) del C. M. Barcelonés, señores Francisco Vicens, Fernando Termes, Jorge Carbonell, Enrique Boixadora, Oscar Andrés, Francisco Barceló y Jaime Assens, que nos han ayudado a llevar a buen término las diferentes exploraciones realizadas, y nos han acompañado durante las múltiples expediciones por aquellas inhóspitas y desérticas zonas del Plà de les Basses, cruzadas por caóticos campos de lapiaz. También debemos citar a los señores Francisco Javier Montoriol, que participó en varias expediciones a la Vall de Joan, y José María Torras Homet, autor de los levantamientos topográficos llevados a cabo en la rama lateral del Avenc de l'Escarrà, así como a todos los colaboradores que participaron en la exploración de la mencionada sima, señores Ernesto Lamarca, Jorge Riera, Francisco Cruz, Juan Ferrero, José León, Roberto Serra y Luis Muntán.

## 1.—GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA DEL PLA DE LES BASSES

### a) *Caracteres generales*

Como ya hemos indicado, el Plà de les Basses es una superficie de erosión pontiense (30), situada al E. del cerro de El Rascler (572 m.), y delimitada por profundos valles (Fondo de les Tarradelles, al NW.; Riera Seca-Vall de Joan-Sot de l'Infern, al NNE.; Fondo de la Canal Negre, al S.), en los que en la actualidad ha cesado toda circulación epigea. La superficie se halla ligeramente inclinada al S., pasándose suavemente de los 530 m. de altitud del Plà del Campgràs, hasta los 330 m. que presenta el Plà de les Basses en su terminación meridional, cerca del Avenc de les Nou Boques, en donde se inicia una abrupta pendiente, que se hunde hasta el talweg del Fondo de la Canal Negre, desarrollada en función

del nivel de base mediterráneo. Según Llopis Lladó, este nivel de 350-450 m. es el mismo que el del Pla d'Ardenya (30), situado al N. de la mesa de Begas y asimismo fuertemente karstificado.

Toda la superficie de erosión se halla constituída por calizas blanzucas del Aptiense inferior, con *Matheronia*, cuyo buzamiento general es al SW., aunque en algunos puntos es francamente W. El espesor de las citadas calizas es tal, que el Fondo de les Tarra-

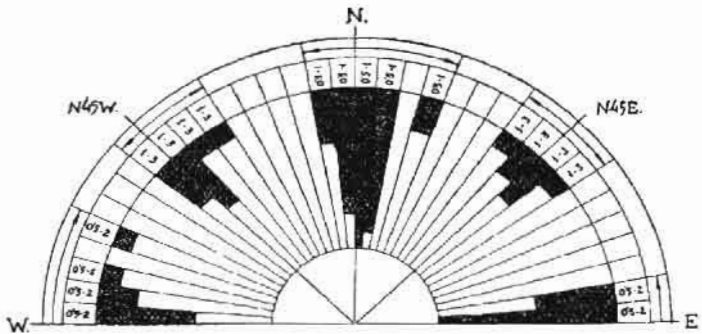


Fig. 1.—Diagrama de los sistemas de diaclasas de la región del Pla de les Basses

delles (46) no ha llegado a disecar todo el conjunto. Por el contrario, los talwegs de Vall de Joan y de la porción inferior del Fondo de la Canal Negre, se encajan en las calizas fuertemente doloimitizadas de la base del Cretácico (36).

Toda la masa caliza se halla atravesada por multitud de lito-  
clasas, cuyo desarrollo va desde minúsculas leptoclasas que no forman sistema, hasta grandes paraclasas de labios abiertos (29). En toda la porción central del Pla de les Basses, la presencia de un estrato xerofítico, desarrollado sobre un pequeño manto de arcillas de decalcificación, dificulta en gran manera, a pesar de su poco desarrollo, la observación de los sistemas de diaclasas: es por ello que hemos llevado a cabo nuestras investigaciones, preferentemente, en las zonas periféricas. En la figura 1 puede apreciarse el resultado de todas las determinaciones efectuadas.

### b) *Campos de lapiaz*

Al igual que en los «rasclers» que ya describimos al tratar del Plà del Campgràs (40), los diferentes campos de lapiaz localizados en el Plà de les Basses, presentan la particularidad de que en su génesis las diaclasas han sido relegadas a un papel secundario, habiéndose estructurado principalmente a favor de los planos de estratificación: el clásico lapiaz diaclasado casi falta en absoluto. Ello ha sido debido a que, en muchos puntos, la superficie de erosión forma un ángulo con el buzamiento que favorece el tal desarrollo. Precisamente este hecho determina, en gran manera, la localización de las formaciones de lenar.

Existen zonas en las que una menor abundancia de las soluciones de continuidad, ha condicionado la evolución en el sentido de un lapiaz ruiforme. En otras zonas; la inclinación de la superficie de erosión da lugar a una intersección favorable, tanto para los planos de estratificación como para las diaclasas, entrando en juego una notable densidad de soluciones de continuidad, y formándose los característicos campos de piedras, en los que se ha desarrollado una notable cantidad de arcillas de decalcificación, que rellena todos los intersticios.

### c) *Perforaciones cilíndricas*

Unas formas muy curiosas, que existen profusamente en todos los campos de lapiaz de la región en estudio, son las perforaciones cilíndricas. Son éstas pequeños pozos, de 0,05 m. a 0,3 m. de diámetro, y cuya profundidad varía desde escasos milímetros hasta 0,7 m., siendo los más abundantes los de 0,3 a 0,5 m., *abiertos en la roca maciza, sin que se hallen en la más mínima relación con las soluciones de continuidad.* Las observaciones efectuadas nos han permitido hallar ejemplos de tales formaciones en todas las fases de su evolución. De ellas se deduce que su génesis es exclusivamente físico-química, sin la menor intervención de la erosión mecánica.

Su formación comienza condicionada por cualquier pequeña

depresión existente en la superficie horizontal de la roca caliza, que se llena de agua durante las precipitaciones. El perímetro limitante de la pequeña cantidad de agua recogida, determinará, en principio, el diámetro de la futura perforación. Esta agua, en absoluto reposo, disolverá, con la ayuda del anhídrido carbónico que lleva en disolución, cierta cantidad de bicarbonato cálcico. Ahora bien, debido a la total falta de soluciones de continuidad, el agua no puede ser evacuada en profundidad. Si el vaciado se efectuara exclusivamente por evaporación, el bicarbonato disuelto precipitaría nuevamente en forma de carbonato cálcico; así pues, el único factor que puede impedir esta nueva precipitación, es un período más o menos largo de pluviosidad que logre llenar totalmente el pocillo, y provoque un desbordamiento con la consiguiente renovación hídrica, substituyendo el agua saturada por agua más o menos pura. En algunas de las perforaciones este es un hecho fácilmente comprobable, por cuanto el agua, al escurrirse por el borde de menor altura, ha fraguado un pequeño surco en la roca, a manera de emisario.

Como es natural, los pocillos tardarán, cada vez que comience un período de lluvias, un lapso de tiempo bastante largo en llenarse; tanto más largo cuanto mayor sea su profundidad. No obstante, el mayor tiempo que precisan los mayores se ve compensado, en parte, por la saturación hídrica de la atmósfera contenida en su interior, que hace sea mucho más lenta la evaporación: es por ello que mientras los pequeños se llenan y vacían en cada período de precipitaciones, los mayores pueden incluso presentar cierta cantidad de agua después de un largo tiempo de sequedad, lo cual hace que la zona a llenar cada vez sea mucho menor que su profundidad total. Ello no obstante, llega un momento en que se desequilibra el mecanismo, y sólo se vacían por evaporación: a partir de este momento cesa su progresión en profundidad. Este límite parece ser, en el Plà de les Basses, y posiblemente en todo el macizo de Garraf, de 0,7 m.

Al efectuar un primer examen, sorprende que el agua que se

escurre de las perforaciones no produzca el menor depósito en la superficie de la roca por la cual resbala. Sin embargo ello es natural, por cuanto el momento en que esto ocurre coincide siempre, ya que es condicionado por ella, con fuerte lluvia, que produce un total lavado de la roca en aquel momento.

Cabe mencionar asimismo que el hecho de que los pocillos no se llenen totalmente con rapidez, favorece el proceso. En efecto, el período que transcurre hasta nuevas precipitaciones permite que, antes de que empiece a escurrirse el agua fuera, ésta tenga tiempo de saturarse de bicarbonato.

#### d) Dolinas

Contrariamente a lo que ocurre en el vecino Plà del Campgràs (40) en donde abundan tales formaciones, sólo hemos localizado dos dolinas en la amplia superficie del Plà de les Basses: una en su porción suroriental, no lejos del Avenc de les Nou Boques, parcialmente llena de agua gran parte del año, por lo que se la conoce con el nombre de La Bassa; y otra, cerca de la pequeña vaguada en cuyo flanco se abre el Avenc de la Sibinota, que presenta la particularidad de poseer el único árbol que existe en todo el Plà de les Basses, lo que justifica su denominación de Bassot de l'Arbre.

Siendo de interés para su comparación con las vecinas del Plà del Campgràs, incluimos en la siguiente tabla sus características morfométricas (52).

Dolina	Dm	A	dm	DM	p	h	pm	I	P	C
La Bassa	305 m.	A=Dm	278 m.	262 m.	850 m.	5 m.	15 m.	8,25.º	1,05	2,2
l' Arbre	125 m.	A=Dm	75 m.	100 m.	—	—	—	—	—	—

Dm = diámetro máximo. A = eje A. dm = diámetro menor. DM = diámetro medio. p = perímetro. h = profundidad relativa. pm = profundidad máxima. I = índice de concavidad. P = desarrollo perimétrico. C = índice de circularidad.

El valor de la inclinación media de las pendientes es, en la dolina de La Bassa, de,

$$i (Dm) \left\{ \begin{array}{l} N45E - 7.^{\circ} \\ S45W - 13.^{\circ} \end{array} \right. \quad i (dm) \left\{ \begin{array}{l} N45W - 10.^{\circ} \\ S45E - 3.^{\circ} \end{array} \right.$$

La dolina del Bassot de l'Arbre se halla parcialmente desmantelada por la erosión normal, por lo que es imposible el precisar muchas de sus características (p, h, pm, i, I, P, C). La de La Bassa

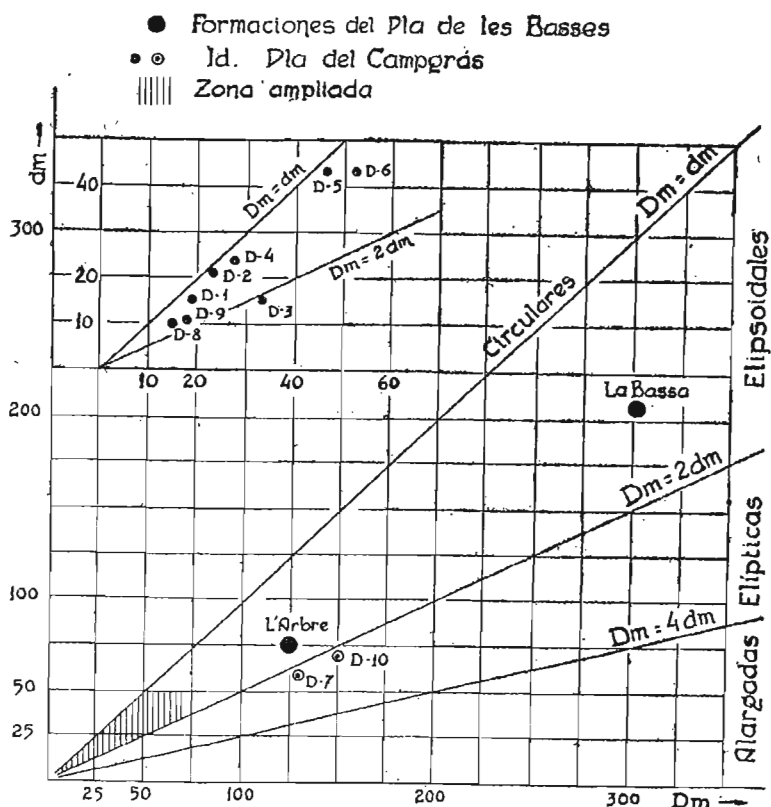


Fig. 2.—Diagrama comparativo de la posición morfométrica de las dolinas del Pla de les Basses y del Pla del Campgràs.



se halla asimismo a punto de ser capturada por la erosión ascendente de la cabecera del Fondo de la Canal Negre, de tal manera que su muralla S45E, se halla ya muy rebajada (de ahí precisamente la diferencia entre pm y h, y los diferentes valores de i (dm) en sus dos extremos).

El pequeño lago que se forma en el interior de la última dolina citada, ocupa otra pequeña dolina encajada en la mayor. Sus dimensiones son de 19,5 m. (según N45W) por 17 m. (según N45E), y 1 m. de profundidad, que forma, en todo su perímetro septentrional, un brusco escalón. El lago es observable de octubre a mayo, o sea durante un período de ocho meses seguidos. En el transcurso de este tiempo el nivel del agua puede variar visiblemente, y, algunos años, hemos observado la presencia accidental, durante unos pocos días, del lago en pleno verano y su breve desaparición en pleno invierno. Este irregular régimen induce a calificarlo como lago de dolina temporario engendrado por la saturación hídrica de las fisuras de la caliza. Sin embargo, el estudio de su fondo, que realizamos durante uno de los períodos de total sequedad, puso de manifiesto la existencia de una capa de terra rossa ocupando todas las fisuras. O sea que por su régimen irregular se comporta como un lago por saturación hídrica y por su constitución como un lago por impermeabilización del fondo (52). Es probable que las irregularidades no vengan determinadas por la constitución geológica, sino por el factor evaporación, que puede alcanzar elevados valores.

Como puede apreciarse por los valores dados anteriormente, ambas dolinas presentan una gran semejanza en cuanto a sus características planimétricas. Sus medidas absolutas colocan a las dos dentro del grupo de dolinas de tamaño grande ( $D_m > 100$ ), y sus proporciones relativas son prácticamente idénticas, siendo ambas de tipo elipsoidal ( $D_m: d_m = 1:1$ , m).

Antes de efectuar su comparación con las formaciones del Plà del Campgràs, conviene citar que cuando realizamos el estudio de estas últimas, lo hicimos bajo un punto de vista puramente mor-

fológico, sin tener en cuenta las particularidades morfométricas de las diferentes unidades y sí solamente sus máximas dimensiones según dos ejes perpendiculares. Es por ello que no poseemos el valor exacto de  $dm$  y sí sólo el de  $Dm$ , ya que la anchura fué tomada perpendicularmente al último diámetro citado y no al eje A. No obstante, teniendo en cuenta que la mayoría de las dolinas poseen un perímetro eminentemente circular o elíptico ( $Dm=A$ ), podemos considerar como verdaderos los valores registrados para  $dm$ .

En el gráfico de la figura 2, se han colocado en abcisas los valores de  $Dm$  y en ordenadas los de  $dm$ . Es curioso observar cómo mientras las dos grandes dolinas del Plà de les Basses caen en el mismo campo que el conjunto de pequeñas ( $Dm < 30$ ) y medianas ( $Dm=30$  a  $100$ ) formaciones del Plà del Campgràs (elipsoidales), las dos grandes dolinas de este último ( $D-7, D-10; Dm > 100$ ) caen dentro del campo de las elípticas ( $Dm: dm=1 : 2$  a  $1 : 4$ ). Probablemente ello no está relacionado con la génesis de las propias dolinas, sino con la acción posterior de la erosión normal que ha producido su deformación. Su situación viene en apoyo de ello.

El desarrollo tridimensional es semejante para todas (Plà de les Basses y del Plà del Campgràs son de idéntico tipo, siendo todas ellas dolinas normales de erosión superficial, algunas de tamaño poco corriente.

## II.—ESPELEOGRAFIA, ESPELEOMORFOLOGIA Y ESPELEOGENESIS DE LAS CAVIDADES EXPLORADAS

Las formaciones espeleológicas que abren sus bocas en la superficie de erosión son todas ellas cavidades absorbentes, o sea que constituyen únicamente una de las partes del aparato kárstico. Buscando posibles puntos de resurgencia, realizamos la exploración de algunas cavernas situadas en el Fondo de la Canal Negre y Vall de Joan, que resultó que únicamente formaban parte de pequeños sistemas independientes, desligados del aparato kárstico

de conjunto. Expondremos, no obstante, el estudio de tales oquedades, así como también el de algunas simas situadas fuera de la zona, pero cuyo conocimiento es conveniente para comprender la hidrología de la región, dividiendo la presente sección en tres apartados: cavidades absorbentes de la superficie de erosión, cavidades periféricas, y cavidades situadas fuera de la zona del Plà de les Basses.

#### A) CAVIDADES ABSORBENTES DE LA SUPERFICIE DE EROSION

##### 1) AVENC DE LES NOU BOQUES (-42 m.) (B-01. 01. 03) (55).

###### a) *Situación*

Las seis bocas de esta sima, que por estar multipartidas por gruesos bloques acunados, dan un total de nueve aberturas, se abren en el mismo borde suroriental del Plà de les Basses, en el punto en donde se inician los abruptos declives que se hunden hasta el encajado talweg de la Canal Negre. Su altura sobre el nivel del mar es de 325 m., hallándose emplazadas en un campo de la-piaz fuertemente inclinado hacia el SW.

###### b) *Espeleografía y espeleomorfología*

Se trata de una cavidad de topografía extraordinariamente sencilla, por cuanto se halla formada por un único pozo que alcanza los -42 m. de profundidad.

Morfológicamente cabe distinguir en el mismo tres porciones: 1.—Una zona superior, que llega únicamente hasta los -5 m., en que el pozo se halla subdividido en una porción de pequeñas chimeneas. 2.—Una zona intermedia, que se desarrolla hasta los -21 m., formada ya por un pozo único, de sección algo alargada según la dirección NE.-SW. 3.—La zona terminal, hasta los -42 m., constituida por un pozo casi perfectamente cilíndrico.

El fondo de la sima se halla ocupado por un estrato clástico,

mientras que las tres zonas descritas presentan clara morfología de erosión. A los -28 m., existen muestras de un pretérito y escaso aporte hídrico, que dió lugar a una colada quimiolitogénica que tapiza las paredes W. de la porción inferior de la sima, y que, hacia su parte terminal, se resuelve en formaciones estalactíticas.

### c) Espeleogénesis

Se trata de una característica sima de lapiaz, formada por la reunión de diversos aportes hídricos a través de las dispersas fisuras del lenar (57); tales aportes pueden provenir indistintamente

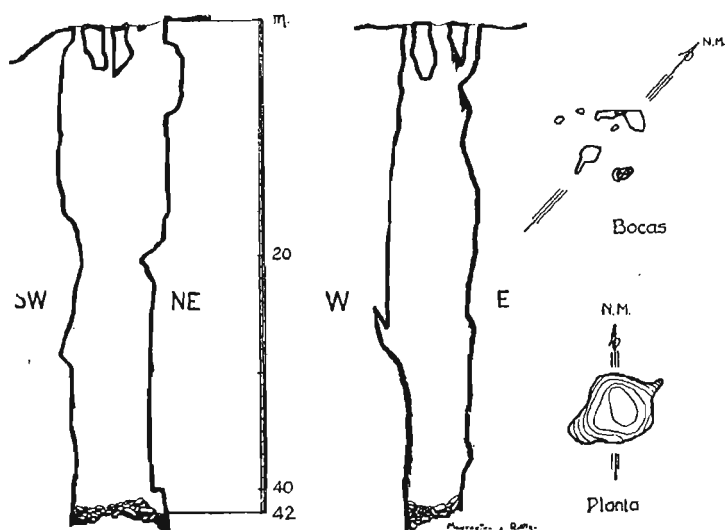


Fig. 3.— Plantas y secciones del Avenc de les Nou Boques.

de las aguas de lluvia o de las condensaciones internas (12) (44) (60) en las soluciones de continuidad. Se originan así una serie de pequeñas corrientes descendentes, que por progresiva intercomunicación de las microcavidades a que dan lugar, se reúnen en un caudal único, capaz ya de engendrar un característico pozo de

erosión. Cabe recordar aquí que la acción continuada de las más débiles corrientes cayendo en conducción libre (11), puede dar lugar a la formación de pozos de enormes magnitudes (12).

El proceso descrito puede apreciarse en sus distintas fases, a través de las tres zonas en que hemos dividido el abismo. La porción primera (hasta -5 m.) no es más que los restos de chimeneas aisladas, que, cuando el campo de lapiaz se hallaba en su apogeo morfológico, debió presentar un desarrollo mayor, siendo luego algo arrasado por la erosión epigea. La porción segunda (de -5 m. a -21 m.) representa una zona intermedia, formada por un pozo único debido a la desaparición de las paredes que separaban las distintas chimeneas. En cuanto a la tercera zona (de -21 m. a -42 m.), se trata ya del característico pozo de erosión formado por un caudal único, habiendo actuado el aporte hídrico a través de una diaclasa N45E, como puede apreciarse observando la planta de la sima.

La formación de la colada litogénica de la pared W. es un fenómeno muy posterior a la génesis del abismo, debido a las lentas infiltraciones provenientes de aquella dirección. Los escasos materiales clásticos del fondo son en su mayoría de origen epigeo, aunque parte de ellos podría provenir del hundimiento de las primitivas paredes separadoras de la zona primera, o de lentos desprendimientos de las paredes (45) (47).

(2 AVENC DE LA LLOSA (-23 m.) (B-01. 01. 23).

a) *Situación*

Hacia la mitad de su desarrollo, y debido a la erosión ascendente de dos torrentes que vierten respectivamente hacia el NE., o sea en dirección al Sot de l'Infern, y hacia el S., tributando al Fondo de la Canal Negre, el Plà de les Basses sufre un notable estrangulamiento, no presentando una anchura superior a un centenar de metros: es precisamente en este punto, a 355 m. sobre el nivel del mar, en donde se abre la boca del Avenc de la Llosa.

### b) Espeleografía y espeleomorfología

Esta sima se halla constituida por dos pozos de 10 m. de profundidad cada uno, separados por una corta y fuerte rampa, formada por materiales clásticos inestables que dificultan notablemente la exploración. El conjunto alcanza la profundidad de -23 m.

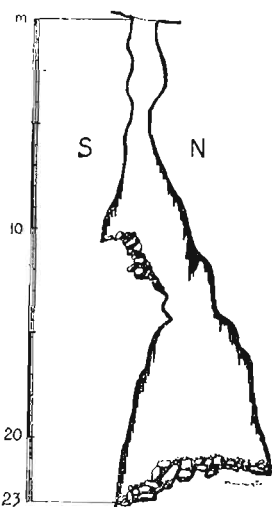


Fig. 4.—Sección del Avenc de la Llosa.

Los pozos, orientados según la dirección N.-S., son marcadamente campaniformes: así, el primer pozo a -5 m. presenta un diámetro máximo de 0,8 m., mientras que en su porción terminal a -10 m., el tal diámetro vale 3,5 m.; en cuanto al segundo pozo, a -14 m. presenta un diámetro máximo de 2,2 m., que ha pasado a 6,5 m. a los -21 m. de profundidad.

Todas las paredes del pequeño abismo se hallan cubiertas por un bien desarrollado proceso reconstructivo, que, en la porción terminal del segundo pozo, ha dado lugar a la formación de gran cantidad de estalactitas excéntricas (13) (33) (48) (51) (54). El fondo de la sima se halla ocupado por la consabida acumulación de materiales clásticos.

### c) Espeleogénesis

La característica morfología campaniforme de los dos pozos, pone de manifiesto que la causa generadora de la cavidad fué la acción del agua cayendo en conducción libre (11) y actuando a través de una diaclasa N.-S. Se trata por lo tanto de un antiguo sumidero.

La morfología de su boca, así como su situación en relación con el relieve del Plà de les Basses y el hecho de tratarse de un su-

midero muerto, permite clasificarlo como sima residual (28) (30), decapitada por la erosión epígea.

Al finalizar la fase de absorción activa y ser ésta substituída por lentas infiltraciones, se desarrolló el amplio proceso quimiolitogénico que tapiza sus paredes.

### 3) AVENC DEL MARIANET (-26 m.) (B-01. 01. 21).

#### a) Situación

Esta pequeña sima se abre a 200 m. al NW. del Avenc de la Llosa y a 365 m. sobre el nivel del mar, hallándose aproximadamente a unos 20 m. sobre una pequeña vaguada que ha entallado la superficie de erosión, y que discurre en dirección al Sot de l'Infern.

#### b) Espeleografía y espeleomorfología

Topográficamente, el abismo se halla formado por un único pozo vertical que alcanza la profundidad de -26 m., al que se penetra a través de una boca de reducidas dimensiones.

Morfológicamente cabe distinguir dos partes de significación diferente: 1.—Desde la boca hasta los -17 m., nos hallamos en presencia de un pozo campaniforme (diámetro máximo de la boca, 0,8 m.; diámetro máximo a los -17 m., 4 m.); 2.—Desde los -17 m. a los -26 m. hay una sala, de unos 4 m. de diámetro, en la que la litogénesis ha alcanzado un elevado desarrollo. Al SW. de la misma se inicia una pequeña galería cegada a los 1,5 m. por el proceso reconstructivo, a partir de la

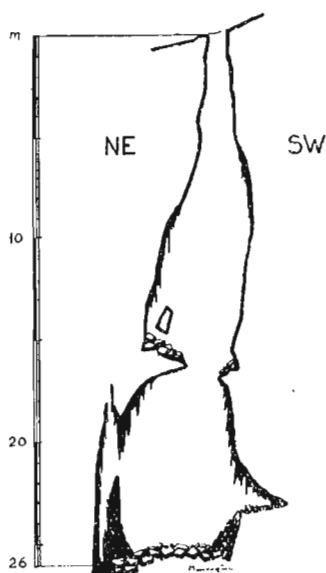


Fig. 5.—Sección del Avenc del Marianet.

cual se extiende una colada. En el ángulo opuesto a las formaciones litoquímicas alcanzan su máximo desarrollo (estalactitas, estalagmitas, anemolites, banderas y coladas) dando lugar a una cueva de reconstrucción (17) (27). Por la pequeña abertura de la misma, a unos 4 m. sobre el piso, pueden observarse restos de una chimenea ascendente casi cegada por la litogénesis obstruyente.

### c) *Espeleogénesis*

Se trata de una sima residual de características parecidas a las del Avenc de la Llosa. Existen, no obstante, diferencias de detalle, pues mientras que en aquélla se observaba únicamente la acción del agua en conducción libre en los dos pozos, aquí el tal mecanismo corresponde solamente a la porción superior (hasta -17 m.), ya que la zona terminal presenta una génesis algo más compleja.

Desde luego que se debe asimismo a la acción erosiva del agua, sin superposición de ningún otro mecanismo, pero el aporte no provenía únicamente de la bóveda, sino también de la galería que se inicia al SW. y de la chimenea NE. Las mayores magnitudes de la sala corresponden a la multiplicidad de aportes hídricos.

Al quedar la sima colgada y decapitada por la erosión epígea, cesó su activo funcionamiento, que se vió substituído por la conocida fase de infiltraciones y desarrollo de la quimiolitogénesis.

## 4) AVENC DE LA SIBINOTA (-114 m.) (B 01. 01. 04).

### a) *Situación*

La boca del Avenc de la Sibinota se abre a la izquierda hidrográfica del mismo talweg que hemos citado al tratar de la sima del Marianet, y poco después del punto en que aquél efectúa un giro de casi 90°, dirigiéndose directamente hacia el Sot de l'Infern, al que desemboca con un brusco salto vertical. Su altura sobre el talweg es de unos 15 m., hallándose a 350 m. sobre el nivel del mar.



b) *Espeleografía y espeleomorfología*

Su boca, de 1,7 m. (N.-S.) por 1,8 m. (E.-W.), da entrada a un pozo que, desde su labio inferior hasta la porción más elevada del piso de la sima, mide 109 m. en vertical. Todo el pozo presenta un extraordinario desarrollo de la morfología litogénica, que enmascara casi completamente todo proceso anterior. Sin embargo, el proceso reconstructivo no ha logrado borrar el desarrollo marcadamente fusiforme de sus secciones, como puede apreciarse en la siguiente tabla de dimensiones (las profundidades han sido contadas a partir del labio superior de la boca).

PROFUNDIDAD	SECCION N.—S.	SECCION E.—W.
— 3 m.	1,8 m.	1,8 m.
— 24 m.	6,5 m.	4,5 m.
— 45 m.	14,5 m.	11,0 m.
— 55 m.	15,0 m.	12,5 m.
— 73 m.	17,0 m.	11,0 m.
— 90 m.	12,0 m.	7,0 m.
— 110 m.	10,0 m.	4,5 m.

La planta, cuyas máximas dimensiones corresponden asimismo a la dirección N.-S., se halla ocupada por un considerable espesor de murcielaguina mezclada con algunas brechas, careciendo del acúmulo de materiales clásticos tan común en las simas del macizo de Garraf. Hacia el W. se abre una pequeña cueva en pendiente, cuyo piso se halla ocupado por bloques sueltos, por la que se desciende hasta el fondo del abismo, cuya profundidad de -114 m. lo coloca en el sexto lugar entre las grandes simas del macizo.

c) *Espeleogénesis*

Lo muy reducido de su boca, así como su marcado desarrollo fusiforme, ponen de manifiesto se trata de una cavidad inversa

(35), lo cual viene apoyado por la carencia de materiales clásticos en su fondo, cosa que contrasta fuertemente con lo que ocurre en las cavidades directas del macizo que han actuado largo tiempo como sumidero, cuya porción terminal se halla siempre ocupada

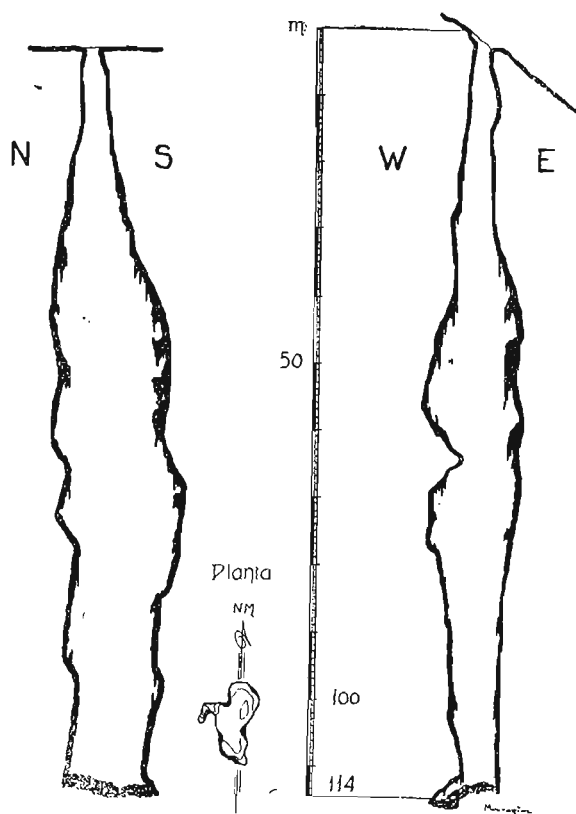


Fig. 6.—Plantas y secciones del Avenc de la Sibinota

por ingentes acumulaciones de productos arrastrados por el agua. Su origen hay que buscarlo, por lo tanto, en la acción erosiva y corrosiva del agua, a través de una diaclasa N.-S., habiéndose desarrollado la cavidad en sentido ascendente, o sea desde la profundidad hacia la superficie.

Como puede apreciarse por su situación topográfica, en la actualidad la sima se halla colgada, aunque no podemos afirmar si ha sido o no decapitada (26) (28) (30) por la erosión epígea, ya que no sabemos si se hallaba formada únicamente por el «huso» que presenta en la actualidad (que entró en relación con la superficie por progresión propia hacia arriba, o por arrasamiento del terreno suprayacente), o éste no es más que el resto de un conjunto de «husos» del que es el único superviviente.

Lo que sí es evidente, tanto por la comparación de sus desarrollos respectivos como por la madurez de las formaciones quimiolitogénicas de la sima, es que la génesis de la misma no guarda relación alguna con el talweg que se desarrolla pocos metros por debajo de la boca. Su origen hay pues que relacionarlo con algún fenómeno epigeo (probablemente, como es muy común en las cavidades inversas, con las infiltraciones provenientes de alguna dolina de gran desarrollo) completamente arrasado por la erosión normal.

## B) CAVIDADES PERIFERICAS

### 1) COVA FOSCA (B-01.01.26)

Esta caverna se halla emplazada en el margen derecho hidrográfico de la Riera Seca, a escasa elevación sobre el talweg de la misma y no lejos del punto en que el «fondo» se expansiona en la espaciosa Vall de Joan. La boca se abre en las calizas dolomitizadas que buzan al SW., las cuales se apoyan sobre una capa margosa responsable de la resurgencia de las aguas.

La cavidad se halla constituida por una única galería de 37 metros de longitud y de dirección N15E, que en los últimos 11 metros pasa a E. 25 N. La porción terminal posee una serie de divertículos que elevan su longitud a 44 m.

Como ya indicamos en nuestro trabajo sobre el Fondo de les Tarradelles (46), se trata de una antigua resurgencia muerta, cosa que pone de manifiesto la sola observación de su boca, que pre-

senta una morfología esquemática a tal ejemplo. Además de la morfología correspondiente a la fase de su activo funcionamiento, pueden apreciarse vestigios de manifestaciones quimiolitogénicas y clásticas, que representan sólo fases de muy secundaria impor

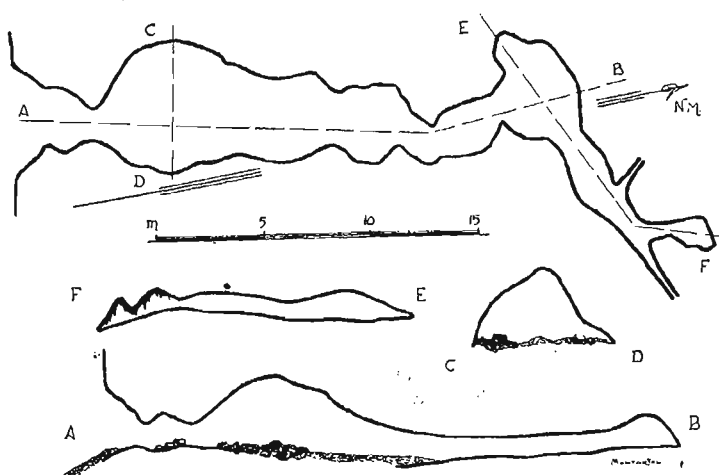


Fig. 7.—Planta y secciones de la Cova Fosca

tancia en la evolución de la cavidad, por lo que se hallan muy localizadas (proceso reestructivo embrionario en E; proceso clásico incipiente en la primera cámara).

## 2) COVES DEL SALT

Con este nombre hemos designado a una serie de oquedades de difícil acceso, situadas en los abruptos que rodean el áspero Sot de l'Infern. Todas las formaciones visitadas resultaron carecer de importancia alguna, mereciendo tan solo ser citada la Cova del Salt N.º 1 (B-01. 01. 89), formada por una cámara de 12 m. por 10 m. y 3 m. de altura, cuyo origen se revela como quimioclástico.

## 3) COVA BONICA (B-01. 01. 25)

Esta cavidad se abre en la parte más salvaje y profunda del Sot de l'Infern.

Apenas atravesada la boca, se penetra en la base de un pozo campaniforme enmascarado por la quimiolitogénesis. Se trata, por lo tanto, de una formación espeleológica engendrada por la acción erosiva del agua cayendo en conducción libre (11); a esta fase siguieron abundantes infiltraciones responsables del proceso reconstructivo.

4) COVA DEL MUSSOL (B-01. 01. 87).

La boca de esta pequeña cueva se abre en las calizas blancuzcas con *Matheronia*, y casi en el talweg de una «canal» afluyente del Fondo de la Canal Negro.

Se trata de una minúscula resurgencia muerta, bastante evolucionada a pesar de sus reducidas magnitudes, ya que presenta dos galerías superpuestas, separadas por la roca madre, de 6,25 m. y 5,5 m. de longitud, engendrada la inferior por una pequeña pér-

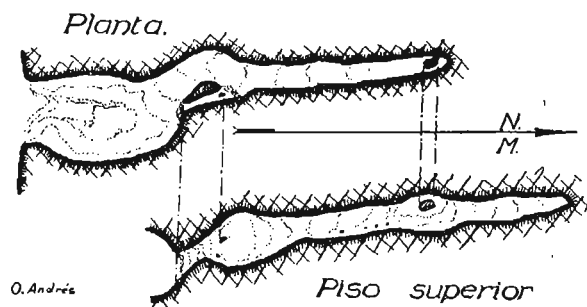


Fig. 8.—Plantas y secciones de la Cova del Mussol

rida de agua en profundidad (33) (34). Ambas galerías se hallan asentadas sobre una diaclasa N.-S.

5) COVA DEL SINGLE (B-01. 01. 02).

Cavidad embrionaria situada a poco más de 1 m. sobre el talweg del Fondo de la Canal Negro, a su izquierda hidrográfica y cerca del punto en donde la dirección del «fondo» pasa de ESE. a NE. Se trata del colector de las aguas infiltradas por una amplia

diaclasa que se desarrolla hasta alcanzar el borde superior del pequeño despeñadero.

### C) CAVIDADES SITUADAS FUERA DE LA REGION DEL PLA DE LES BASSES

Trataremos en este apartado de los tres únicos sumideros activos actualmente conocidos en el macizo de Garraf, y cuyas aguas absorbidas es probable que tengan común punto de resurgencia con las infiltradas en la zona del Pla de les Basses. Por otra parte, son la única prueba material de una actual circulación hipógea de tipo torrencial.

#### 1) AVENC DE L'ESCARRA (-165 m.) (B-01. O1. 83).

En nuestros trabajos publicados a raíz de la exploración de 1948 (38) (39), asignábamos a esta sima la profundidad de -140 m. También describimos que en la parte superior del pozo de 74 m. «se halla un rellano por el que puede alcanzarse una cueva, en la que se abre otra sima de profundidad desconocida». La exploración de esta derivación (Avenc del Rat Penat) ha conducido a -165 m., lográndose efectuar interesantes observaciones morfológicas e hidrológicas.

Prescindiremos de toda descripción sobre la situación de la sima, así como de la espeleografía y espeleomorfología de la línea central del abismo, que pueden hallarse en los referidos trabajos.

#### a) *Espeleografía y espeleomorfología (Avenc del Rat Penat).*

Antes de efectuar la descripción de las cavidades, debemos advertir que, debido a un fuerte temporal, el sumidero entró en actividad durante la exploración. Ello obligó a una rápida retirada perdiéndose gran parte del material, entre el que figuraba un saco conteniendo la mayoría de los levantamientos topográficos. Es por ello que tanto el plano que acompaña la descripción, como esta misma, son sólo aproximados, siendo únicamente exactas las



Fig. 1.—Lapiaz en forma «campo de piedras», en el enlace entre el Plà del Campgràs y el Plà da les Basses. Al fondo el Turo cel Rascler.

(Foto J. Montoriol)

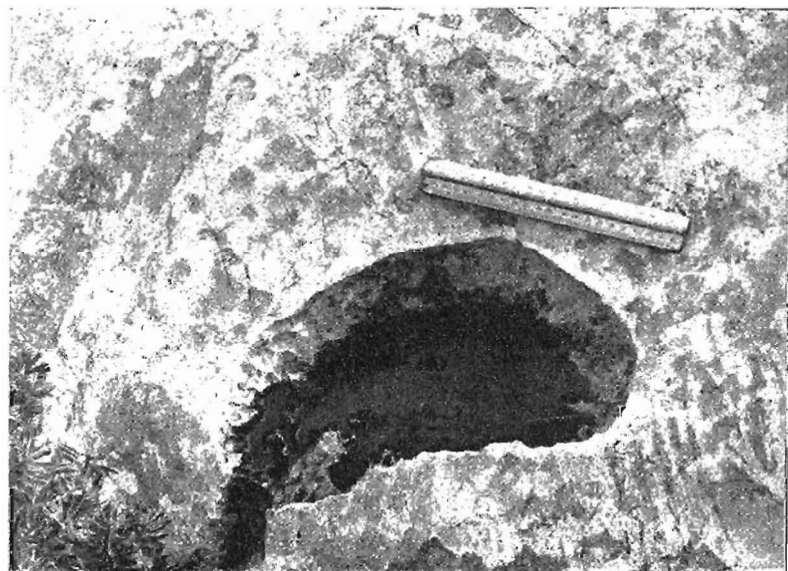


Fig. 2.—Perforación cilindroidea, llena de agua, en los comienzos de su génesis. Se aprecia claramente el surco emisorio

(Foto J. Montoriol)

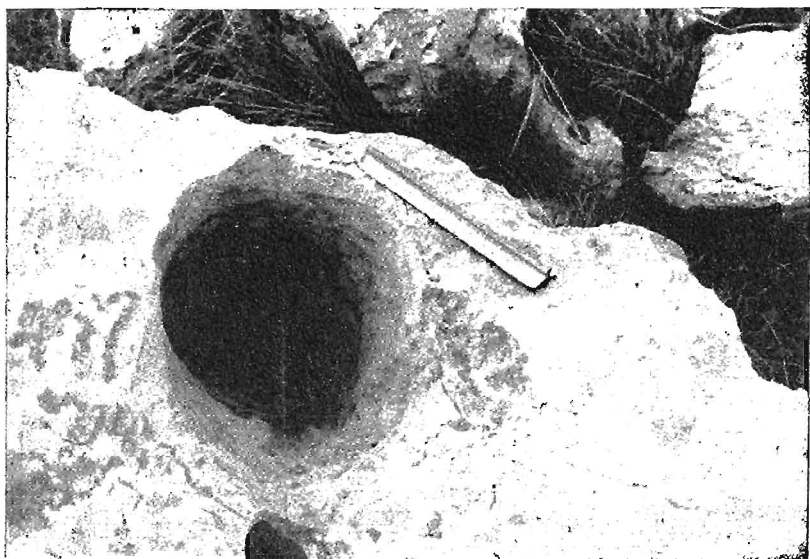


Fig. 1.—Perforación cilindroidea bien desarrollada.

(Foto J. Montoriol)



Fig. 2.—Dolina de La Bassa (Plà de les Basses). Dolina de grandes dimensiones (Dim=205 m.) e índice de concavidad bajo. En la parte central puede observarse el espacio ocupado por el lago, en periodo de sequedad. En el Fondo aparece el borde NE. de la formación.

(Foto J. Montoriol)



cotas de los diferentes puntos, que habían sido casualmente anotadas por uno de los expedicionarios. Por el contrario, desconocemos todas las orientaciones.

La boca de la derivación se abre a los -15 m., pudiéndose alcanzar fácilmente gracias a un pequeño rellano. Después de una corta galería, se desemboca en las partes elevadas de un grandioso pozo cilindroideo de unos 17 m. de diámetro, con morfología erosiva y algunas manifestaciones litogénicas en su cúpula. Descendiendo por el mismo se llega, a los -50 m., a un rellano ocupado por gruesos materiales clásticos, a partir del cual pueden seguirse tres continuaciones: I) Insinuándose por un agujero que se ensancha rápidamente, se efectúa un descenso vertical de 50 m., llegándose a la gran sala intermedia de la línea central del abismo (39), a través de su fantástica cúpula. II) Atravesando materiales clásticos se desemboca en la cima de un pozo, por el que se desciende hasta -89 m. Esta cavidad se halla extraordinariamente multipartida por la quimiolitogénesis, comunicando por uno de sus extremos con la línea que describiremos a continuación, y presentando en el otro extremo un pozo que desciende hasta -101 m. III) Continuando el descenso verticalmente se alcanza un rellano a -84, a partir del cual puede pasarse a la base de la cavidad antes citada.

Desde el anterior punto, y por un pozo de menores magnitudes, se alcanza la cota -117 m. A partir de aquí cambia totalmente la morfología de la sima, penetrándose en una muy típica zona de meandros terminales, característica de los grandes sumideros tipo Verco (5) (6) y Bertarelli (6) (25). Después de tres resaltes, de 10 m., 2,5 m. y 2,5 m., y algunas rampas, se llega a una galería casi horizontal que se desarrolla alrededor de los -140 m. A los 20 m. ésta se bifurca, no habiéndose explorado la rama lateral; 10 m. después se abre un pozo en su centro, continuándose la galería rectilíneamente, no habiéndose seguido.

El pozo, que presenta una vertical de unos 7 m., desemboca sobre una lámina de agua situada a -148 m.: se trata de una gran marmita situada bajo la cascada que cae por el pocillo. Después

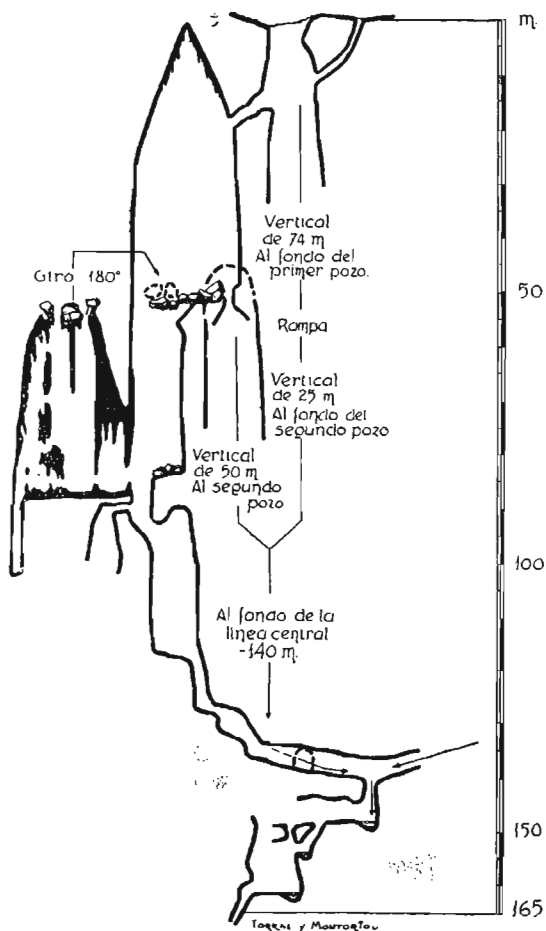


Fig. 9.—Croquis aproximado, rebatido sobre un plano, del desarrollo vertical de la derivación lateral del Avenc de l' Escarrà (Avenc del Rat Penat)

de 5 m. horizontales, sigue una fuerte rampa, alcanzándose otra gran marmita también llena (-154 m.), a la que sigue una nueva vertical y una tercera marmita asimismo ocupada por el agua (-161 m.). En el extremo de la oquedad se abre un agujero por el que se desciende hasta -165 m.: una estrechez, que es propósito ensanchar en una próxima expedición, detiene el descenso, pero las piedras lanzadas por ella continúan cayendo varios metros.

En toda la zona de meandros terminales, la única morfología observable es la de erosión. En diversos puntos de las últimas oquedades pueden recogerse muestras de arena calcárea.

#### b) *Espeleogénesis*

La causa generadora de esta derivación lateral del Avenc de l'Escarrà, es la misma que dió origen a la línea central; o sea el agua que discurría por el Fondo de l'Escarrà, actuando a través de diaclasas W 20 N y N 15 E.

Las exploraciones a fondo llevadas a cabo en las grandes simas del macizo de Garraf, han puesto de manifiesto que todas ellas poseían un abundante desarrollo de pozos verticales, paralelos al eje principal; o sea que la absorción no tenía lugar únicamente por un punto, sino a través de una más amplia zona, en la que las diaclasas presentaban especiales características para ello. El Avenc de l'Escarrà se suma a los casos hallados anteriormente, ya que su derivación lateral se engendró a través de puntos completamente independientes de los que dieron origen a las cavidades de su eje central.

La parte superior del primer pozo, nos referiremos ya siempre a la derivación lateral, constituye un ejemplo de cavidad inversa (35), cuya cúpula en continua progresión hacia arriba, no llegó a desembocar en la superficie. Las aguas infiltradas por la mencionada cúpula son las que dieron origen a las cavidades subyacentes (parte de ellas iban a la línea central a través de la cúpula de la sala intermedia), por lo menos hasta la profundidad de -140 m., ya que los meandros que se desarrollan desde la base del pozo -117 m.

hasta la galería -140 m., fueron el último trabajo realizado por las aguas de la cavidad inversa.

Toda la zona comprendida entre el inicio de la cúpula y los -130 m. se halla en la actualidad muerta, no presentando el menor indicio de circulación hídrica y si por el contrario zonas con amplia morfología clástica y litogénica.

La galería -140 m. es de origen más complejo, pues su génesis es debida a las aguas provenientes de tres direcciones diferentes: los meandros terminales de la cavidad inversa, y los dos conductos no explorados. Todas estas aguas eran evacuadas por el pozo que en ella se abre, y conducidas en profundidad por la última serie de meandros (de -140 m. a -165 m.).

Esta última serie se halla aún viva en la actualidad, como lo prueba el agua que llena las marmitas, que no debe su origen a las infiltraciones, sino a las corrientes provenientes de las dos galerías no exploradas.

### c) *Funcionamiento hidrológico actual*

A causa de haber entrado el sumidero en actividad hallándose dos equipos en su interior, pudo hacerse una observación interesante: que mientras grandes cantidades de agua se precipitaban por el pozo de 74 m., siguiendo turbulentemente la línea central del abismo, hacia el último pozo de morfología turbillonar (39), toda la línea lateral comprendida entre su inicio y los -130 m. no presentaba la menor actividad.

El hecho de que los meandros terminales funcionen actualmente, y el que no se conozca ningún otro sumidero cercano ni ninguna zona de absorción, hace sospechar que las aguas penetradas por el pozo de 74 m. son las mismas que circulan por ellos. La suposición casi puede darse por cierta teniendo en cuenta la situación topográfica de los lugares: en efecto, el fondo de la línea central del Avenc de l'Escarrá y la galería de los conductos colectores de la línea lateral se hallan a muy escasos metros de distancia horizontal y casi a la misma cota (alrededor de los -140 m.) La

exploración de las galerías citadas es probable resuelva totalmente el problema.

Debido a la estrechez impenetrable localizada a los -165 m., es probable que la zona de meandros que se desarrolla de -140 m. a 165 m. quede temporalmente bajo presión durante las grandes crecidas. Viene en apoyo de ello el hecho de que se encuentre arena calcárea en repliegues que normalmente no puede alcanzar el agua.

## 2) AVENC DE LA FERLA (-209 m.) B-01. 01. 60)

Se trata de la sima de mayor profundidad explorada, hasta el presente, en la región catalana, ocupando el tercer lugar entre los abismos conocidos en España, pues la superan únicamente la Sima de la Piedra de San Martín (Navarra) y la Cueva del Agua (Granada) (56).

Como resultado de las investigaciones realizadas durante la expedición de 1949, publicamos un trabajo monográfico sobre la misma (41): sin embargo, algunas nuevas observaciones llevadas a cabo por nuestros colaboradores Assens y Serra durante un nuevo descenso efectuado en 1952, hace que creamos oportuno describir aquí, aún en forma muy resumida, algunas de las características del sumidero.

### a) *Situación*

La boca se abre a 370 m. sobre el nivel del mar, y en el talweg de un torrente que baja de los contrafuertes ESE. del Puig de la Mola (532 m.) El terreno se halla constituido por calizas coralinas infrecréticas, con intercalaciones margosas, pertenecientes al nivel de *Orbitolinas*. Su buzamiento es de 35° W, y se hallan cruzadas por diaclasas N20E, W10N (sistema principal) y N45E, N40W (sistema en aspa) (41).

### b) *Espeleomorfología*

Prescindiendo de la espeleografía de la cavidad, que puede

apreciarse claramente en la fig. 9, expondremos sus características geomorfológicas.

El primer pozo (Om. a -108 m.) presenta una característica morfología de erosión, no sólo sobre la roca madre sino sobre antiguas concreciones, debiendo su origen a la acción del agua a través de una diaclasa W10N. Su sección N20E presenta una anchura constante, mientras que la que sigue la dirección de la diaclasa se va ensanchando paulatinamente según los siguientes valores,

0 m. . . . .	6 m.
—70 m. . . . .	10 m.
—80 m. . . . .	14 m.
—97 m. . . . .	17 m.

o sea que presenta un acusado desarrollo campaniforme. El fondo se halla ocupado por brechas de tamaño mediano.

Las dos galerías intermedias (-108 m. a -124 m.) acusan magníficos signos de erosión en el piso, paredes y techo, el cual presenta abundancia de marmitas invertidas. La galería superior ofrece un avanzadísimo estado de decalcificación, mientras que la inferior no acusa el menor signo de dicho proceso.

El conjunto de cavidades intermedias (3 pozos paralelos) (-124 metros a -189 m.) se muestra como la porción más compleja de la sima, que podemos dividir en dos zonas: I) Zona N20E. Formada por dos cavidades inversas conjugadas entre sí. La más septentrional conserva su morfología característica, pero la otra posee superpuesta una morfología de cavidad directa, debida a la acción del agua que se precipita por las galerías. En ambas se aprecia casi exclusivamente la morfología de erosión. II) Zona S45W. Formada por un pozo que presenta exclusivamente formas quimiolíticas de una exuberancia extraordinaria, hasta el punto de haber sido multipartido en una cámara superior y otra inferior, intercomunicadas por tres pozos.

La zona terminal (-189 m. a 209 m.) se halla formada por un pozo, con fuertes signos erosivos, y un conjunto de oquedades en

las que se ha acumulado un ingente cantidad de cantos rodados, arrastrados hasta el fondo de la sima por las masas de agua que en ella se precipitan.

c) *Espeleogénesis*

Del estudio morfológico de la sima se deduce que en la misma se han sucedido dos períodos de erosión separados por una amplia fase reconstructiva. La génesis general del abismo (la totalidad de sus pozos y la galería superior) se debe el primer período erosivo; luego el sumidero entró en una fase muerta, tendiendo a su fosilización por quimiolitogénesis; siguió un nuevo período erosivo, rejuveneciéndose y borrándose la mayor parte de la morfología litoquímica y fraguándose la galería inferior. La cavidad S45W no acusó esta nueva fase, por cuanto las formas reconstructivas habían fosilizado definitivamente todo aporte hídrico a través de la bóveda.

d) *Observaciones nuevas*

I.—En nuestra monografía sobre el Avance de la Feria (41), habíamos considerado a la primera fase erosiva como inmediatamente post-pontiense y a la segunda como francamente cuaternaria. Actualmente nos vemos obligados a modificar tal punto de vista, como resultado de nuestras investigaciones en otros puntos del macizo y en especial en el Fondo de les Tarradelles (46). En efecto, mientras que por una parte, su situación en relación con la geomorfología epigea, y su morfología interna, indican que el citado primer período erosivo no data de la primera fase de karstificación del macizo (28) (30), por otra parte, el hecho de que le sucediera un nuevo período erosivo, indica que no se produjo durante la fase de karstificación francamente cuaternaria. Luego, el citado primer período erosivo se corresponde con la fase de karstificación en que se originaron las cavidades del Fondo de les Tarradelles, y, en general, todas las grandes formaciones espeleológicas del macizo de Garraf, habiéndose desarrollado bien en las

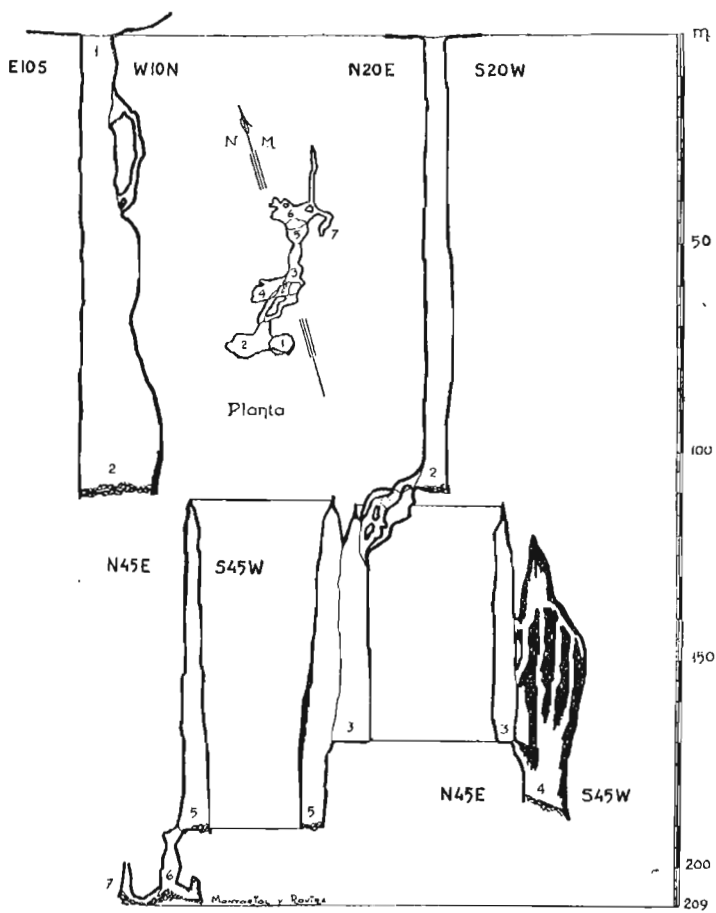


Fig. 10.—Planta y secciones del Avenc de la Ferla



postrimerías del Plioceno, bien en los albores del Pleistoceno (ver apartado correspondiente a la edad de las formaciones espeleológicas).

II.— Tanto la descripción del abismo, como el plano que la acompaña, se refieren a la topografía interna hallada en 1949 (41). Actualmente la porción central de la sima ha sufrido importantes cambios, según se comprobó durante el descenso efectuado en 1952. Efectivamente, durante el período de tiempo transcurrido entre ambas exploraciones ha tenido lugar un importante proceso clástico (47) en el conjunto S45W: los materiales descendieron por la chimenea que lo enlaza con el conjunto N20E, cayendo sobre el rellano que existía a -168 m. Este, que era completamente horizontal (comprobado por nosotros) y constituido por roca firme (fué el punto en que vivaqueamos formando parte del equipo de punta, durante la expedición de 1949), ha quedado sepultado bajo una inestable rampa de materiales clásticos de más de 50° de inclinación (comprobado por Assens y Serra, durante la expedición de 1952); mientras que los bloques que no han podido aguantarse en la rampa han caído por el tercero y cuarto pozo, quedando acuñados entre sus paredes. Este proceso clástico cierra pues, en la actualidad, la historia evolutiva del Avenc de la Ferla, aunque es probable que las aguas que absorbe el sumidero cuando entra en actividad, vayan arrastrando lentamente los bloques hacia el fondo, ya que se hallan bajo la vertical de la gran cascada de 45 m. que se forma en tales ocasiones.

### 3) AVENC DE LA RIERA (-70 m.) (B-01. 01. 56).

La boca de esta sima se abre en el mismo talweg de la Riera de Begas, que es la más importante de cuantas se desarrollan en el macizo de Garraf: es por ello que se trata, sin duda, del sumidero que entra más frecuentemente en actividad.

Actualmente la abertura resulta impracticable debido a la acumulación de materiales arrastrados por las aguas: intentamos una desobstrucción, pero tuvimos que abandonar la empresa debido

a la presencia de unos enormes bloques imposibles de mover.

Según comunicación verbal del bioespeleólogo profesor Español, Conservador del Museo de Zoología de Barcelona, que efectuó la exploración de la sima cuando ésta era aún penetrable, la misma constaba de un único pozo (al que el catálogo de Termes (55) atribuye -70 m.), cuyo fondo se hallaba ocupado por indeterminado espesor de barro fluido.

### III.—ESPELEOMETEOROLOGIA

#### a) *Mediciones térmicas e higrométricas*

En la tabla que incluimos a continuación se exponen todos los datos registrados en las cavidades del Plà de les Basses (zona de absorción superior), sin otra finalidad que contribuir a la estadística para la definición del microclima de las simas de la mencionada region.

En las cavidades de los valles limitantes, y debido a sus exiguas dimensiones, no se realizó ninguna medición, con la sola excepción de la Cova Fosca, en cuya cámara final se registraron los siguientes datos:  $t.^{\circ}=16^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Hr}=93$  por 100 (12-3-1950).

No reportamos ningún valor correspondiente a las formaciones espeleológicas que hemos descrito no pertenecientes a la zona de estudio, ya que serían datos aislados sin ningún valor, y además han sido ya publicados anteriormente (39) (41). (De la rama lateral del Avenc de l'Escarrà no poseemos ninguna medición, pues se perdieron por la causa ya citada).

#### b) *Aerocirculación*

Aparte la barocirculación, que se manifiesta con mayores o menores valores, según sea la relación volumen/superficie boca (44), en todos los abismos del Plà de les Basses (con extraordinaria intensidad, y debido precisamente al valor de  $V/Sp$ , en el Avenc de la Sibinota), no se observa otro tipo de circulación del aire (7) (8)

C A V I D A D	PROFUN- DIDAD	ILUMINACION	AIRE	HORA Y FECHA	TEMPE- RATURA	HUMEDAD RELATIVA	S I T U A C I O N
Avenc de la Liosa	-9 m.	Luz	CALMA EN TODAS LAS CAVIDADES	14 <sup>b</sup> (26-1-49)	15°C	94 %	Fondo del primer pozo
	-22 m.	Oscuridad		14 <sup>1/2</sup> h id.	14°C	97 %	Fondo de la sima
Avenc de I Marianet	-15 m.	Luz		11 h id.	14°C	96 %	Rellano
	-25 m.	Oscuridad		11 <sup>1/4</sup> id.	14°C	96 %	Fondo de la sima
Avenc de les Nou Boques	-18 m.	Luz		15 <sup>1/2</sup> (1-11-51)	14°C	93 %	Rellano
	-41 m.	Penumbra		15 <sup>3/4</sup> id.	14,5°C	95 %	Fondo de la sima
Avenc de la Siboneta	0 m.	—		10 <sup>h</sup> (3-4-49)	18°C	65 %	Exterior (sombra)
	0 m.	—		id.	19°C	—	id. (sol)
	-109 m.	Oscuridad		13 <sup>b</sup> (3-4-49)	15°C	99 %	Fondo de la sima (centro de la planta)
	-109 m.	id.		id.	14,5°C	—	id. (grieta en la pared roca-caliza)
	-109 m.	id.	id.	14,5°C	—	id. (grieta en la pared concreciones)	
-110 m.	id.	id.	13 <sup>1/2</sup> h (3-4-49)	15,5°C	—	id. (arcilla+marciéla gulas a 3 cm. de profundidad)	

(56) (58); aunque es probable que, en lo más frío del invierno, algunas presenten termocirculación en saco de aire (42).

c) *Estratificación térmica y altimetría*

La mayoría de las grandes simas del macizo de Garraf presentan una activa termocirculación (44), correspondiendo la entrada de las mismas a la boca caliente del sistema (41) (42) (tal es el caso del descrito Avenc de la Ferla): es por ello que no son aptas para la realización de investigaciones sobre estratificación térmica (18) (32) (44) o altimetría subterránea (9) (10) (19) (49).

Mediante una serie de observaciones previas, llevadas a cabo durante la temporada más calurosa, con fuertes diferencias térmicas exterior-interior, llegamos a la conclusión de que el Avenc de la Sibinota no presentaba el menor indicio de funcionar en tubo de viento, por la cual cosa, así como por su considerable profundidad (-114 m.), fué escogido para realizar el trabajo anteriormente citado. Precisamente el día en que íbamos a llevar a cabo las mediciones se presentaba óptimo para ello, ya que la presión atmosférica se hallaba estabilizada desde hacía más de 96 h, existiendo por lo tanto un perfecto equilibrio interior-exterior sin la menos muestra de respiración (44).

Desgraciadamente no se pudo efectuar el trabajo previsto, ya que el mal funcionamiento de la instalación nos obligó a emplear todos nuestros esfuerzos en poder salir de la sima, no realizándose las mediciones de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica que, cada 15 m., pensábamos efectuar sobre la gran vertical.

Es por ello que no podemos aportar otras mediciones que las efectuadas en los puntos extremos, que permiten efectuar una sólo comparación entre profundidad real y calculada.

Exterior:	Interior:
$t.^{\circ} = 18^{\circ}\text{C}$	$t.^{\circ} = 15^{\circ}\text{C}$
Hr = 65 por 100	Hr = 99 por 100
Pa = 743,75 mm.	Pa = 751,50 mm.
<p>L (latitud boca sima) = <math>41^{\circ} 17' 30''</math>            Profundidad topográfica: 350 m. — 241 m. = 109 m.</p>	

Con los datos de la tabla puede fácilmente efectuarse la comparación de los diferentes métodos (Saint Robert, Laplace, Radau, Noir, etc.) (44). Es posible que se realice un nuevo descenso al Avenc de la Sibinota, a fin de concluir la investigación anterior (ya que la sola comparación referida a dos únicos puntos presenta escaso valor) y levantar la curva térmica en función de la profundidad.

#### IV.—EDAD DE LAS FORMACIONES ESPELEOLOGICAS DEL PLA DE LES BASSES Y COMPARACION CON LA DE OTRAS SIMAS QUE HEMOS ESTUDIADO EN EL MACIZO DE GARRAF

##### a) *Edad de las cavidades del Pla de les Basses*

Teniendo en cuenta la clasificación de Llopis Lladó, que sistematiza los aparatos kársticos en relación con el relieve prekárstico, el macizo de Garraf presenta un típico Karst de relieves policíclicos (31). Hace ya algunos años que el citado autor puso de manifiesto la existencia de dos ciclos kársticos en el macizo (28): una karstificación antigua, inmediatamente post pontiense, desarrollada sobre la primitiva superficie de erosión y una karstificación más moderna, seguramente cuaternaria (30). En un trabajo más reciente (31), expone que «en mis últimas investigaciones so-

bre este macizo distinguía por lo menos dos ciclos kársticos, separados por una fase de erosión epígea; pero es casi seguro que las fases de karstificación han sido tres, posiblemente más».

En nuestras investigaciones llevadas a cabo en la zona que se extiende al E. del Puig de la Morella (594 m.), entre éste y el mar Mediterráneo, pusimos ya de manifiesto la existencia de formaciones pertenecientes al ciclo de karstificación francamente cuaternario—dolinas, uwalas y simas del Plà del Campgràs (40)—, y de formaciones pertenecientes a un ciclo que consideramos intermedio entre el citado y el inmediatamente post-pontiense, y que datamos como perteneciente a las postrimerías del Plioceno o albores del Pleistoceno simas y talweg hipógeo fósil del Fondo de les Tarradelles.

Veamos la posición que corresponde a las simas del Plà de les Basses.

I) El Avenc de la Llosa y el Avenc del Marianet no ofrecen ninguna duda en cuanto a su posición, ya que su típico carácter de sima residual (28), hace colocarlas en el ciclo post-pontiense.

II) El caso del Avenc de la Sibinota es algo más complejo, ya que su carácter de cavidad inversa (35), no pudiéndose precisar si el sistema de husos subsiste totalmente o no, hace dudosas las relaciones de la sima con los efectos de la erosión epígea. No obstante, ya indicamos que es probable que la formación estuviera relacionada con alguna gran dolina o sistema de dolinas hoy totalmente arrasadas por la erosión normal, que ha dejado colgada a la sima. Es por ello que la colocamos en el mismo ciclo que las citadas anteriormente.

III) Es evidente que el Avenc de les Nou Boques no pertenece al ciclo post-pontiense. Como ya citamos se trata de una sima de lapiaz, y aunque es muy verosímil que en la época de su génesis la formación lenar estuviera algo más desarrollada que en la actualidad, lo más probable es que se extendiera a un nivel poco superior al actual. En efecto, la zona de tales simas formada por varios conductos suele ser escasamente desarrollada en sentido

vertical; luego su subsistencia indica que actualmente nos hallamos en presencia del mismo lapiaz a que debe su origen. Siendo cuaternarios todos los fenómenos kársticos epigeos del Plà de les Basses, y aunque el referido campo de lenar se halle bastante degradado en comparación con las vigorosas formaciones similares del Plà del Campgràs, colocamos el Avenc de les Nou Boques en el ciclo francamente cuaternario.

b) *Comparación con otras simas del macizo*

De todo cuanto hemos dicho, puede apreciarse que mientras las porciones extremas de la superficie de erosión pontiense (Plà del Campgràs, borde S. del Plà de les Basses) presentan formaciones hipogeas pertenecientes al ciclo de karstificación cuaternario, la porción central de la misma (Plà de les Basses) no posee más que simas correspondientes al ciclo post-pontiense. Por otra parte, y como ya expusimos en nuestro trabajo sobre la tal zona, los abismos que se abren en el Fondo de les Tarradelles (46) pertenecen al ciclo de albores del Cuaternario fines del Plioceno: o sea que en un área notablemente reducida, tenemos típicos representantes de los tres ciclos de karstificación citados.

Si observamos la situación topográfica de todas las simas descritas en el presente trabajo, y en los ya citados sobre el Plà del Campgràs (40) y el Fondo de les Tarradelles (46), veremos que los individuos pertenecientes a los diferentes ciclos, ocupan características posiciones respecto a la morfología externa. I) Las formaciones típicas pertenecientes al ciclo inmediatamente post-pontiense, son las tantas veces citadas simas residuales, descritas por primera vez por Llopis Lladó (28), que se encuentran colgadas, decapitadas por la erosión epigea, hallándose a menudo en las cumbres de la gipfelflur pontiense. II) Las simas correspondientes al ciclo de postrimerías del Plioceno albores del Pleistoceno, es corriente se hallen situadas en los «fondos», pero colgadas sobre el actual talweg de los mismos, a veces con fuertes desniveles. III.) Las cavidades que pertenecen al ciclo francamente cuaterna-

rio, abren por lo regular sus bocas en el fondo de bien conservadas dolinas o uwalas, en las fisuras de los actuales campos de lapiaz, que pueden ocupar posiciones varias respecto a la morfología del lugar, en el mismo talweg de las rieras que funcionan actualmente.

Basándonos en lo anteriormente expuesto, y en el estudio de la madurez espeleomorfológica y evolución de las mismas, hemos realizado una comparación entre las simas radicadas en Plà de les Basses—Plà del Campgrà—Fondo de les Tarradelles y las restantes formaciones que hemos explorado en el macizo de Garraf. De tal comparación ha resultado que todas ellas se situaban en alguno de los tres ciclos considerados, por lo que, a nuestra manera de ver, estos representan todas las fases de la historia de la karstificación del macizo durante el Plioceno y el Cuaternario.

A manera de ejemplo incluimos una tabla de las cavidades que hemos explorado al S. de las rieras de Begas y Olesa (zona B-01. 01 del catálogo de Termes (55), ya que la relación de todas las simas exploradas por nosotros en el macizo alargaría inutilmente la lista.

Como puede observarse en la misma, y con la única excepción del Avenc de la Sibinota (-114 m.), todas las grandes simas datan del segundo ciclo: algunas quedaron colgadas y muertas posteriormente, tal como ocurre con el Avenc del Bruc (-125 metros) (37) (39); otras fueron rejuvenecidas funcionando en la actualidad, como ocurre con el Avenc de la Ferla (-209 m.) (41) y el Avenc de l'Escarrà (-165 m.) Por otra parte, el único gran abismo que hemos explorado fuera de la zona B-01. 01 (55), el Avenc dels Esquirols (-202 m.) (42) (zona B-01. 03), puede colocarse asimismo en el segundo ciclo kárstico.

Ello es natural por cuanto las cavidades pertenecientes al último ciclo no han alcanzado aún su máximo desarrollo (simas del campo de dolinas del Plà del Campgràs), mientras que, por el contrario, las pertenecientes al ciclo inmediatamente post-pontense se hallan decapitadas por la erosión epigea (simas del Plà de les Basses y de la Serra de les Agulles): luego las únicas que aparecen



NOMBRE DE LA SIMA	NUMERO	PROFUNDIDAD	1.º	2.º	3.º
Avenc de la Troneda	B-01.01.46	-43 m.		—	
Avenc del Clos	B-01.01.42	-28 m.	—		
Avenc de Sant Roc	B-01.01.50	-36 m.		—	
Avenc del Bruc	B-01.01.31	-125 m.		—	
Avenc de les Farradelles	B-01.01.16	-28 m.		—	
Avenc del Cayetano	B-01.01.19	-33 m.		—	
Avenc de l' Escarrà	B-01.01.83	-165 m.		—	— (*)
Avenc del Vallés	B-01.01.18	-36 m.		—	
Avenc de Puigmoltó	B-01.01.52	-26 m.	—		
Avenc del Tabac	B-01.01.49	-4 m.		—	
Avenc II de l' Arcada	B-01.01.17	-70 m.		—	
Avenc de la Papellona	B-01.01.09	-12 m.			—
Avenc del Carol	B-01.01.10	-28 m.			—
Avenc del Campgrás	B-01.01.08	-19 m.			—
Avenc de la Fragata	B-01.01.07	-30 m.			—
Avenc Gustems	B-01.01.22	-8 m.			—
Avenc del Marianet	B-01.01.21	-26 m.	—		
Avenc de la Llosa	B-01.01.23	-23 m.	—		
Avenc de la Sibinota	B-02.01.04	-114 m.	—		
Avenc de la Ferla	B-01.01.60	-209 m.		—	— (*)
Avenc de l' Infern	B-01.01.28	-20 m.	(**)		
Avenc Damians	B-01.01.24	-11 m.		—	
Avenc de les Nou Bogues	B-01.01.03	-42 m.			—
Avenc del Vertex	B-01.01.89	-4 m.			—

1.º = Ciclo de karstificación inmediatamente pos-pontiense.

2.º = » » » postrimeías Plioceno albores Pleistoceno.

3.º = » » » francamente cuaternario.

(Los trazos indican correspondencia).

(\*) — Sima rejuvenecida, cuyo activo funcionamiento abarca dos ciclos.

(\*\*) — Es posible que esta sima sea el representante de un proceso de karstificación anterior a los descritos (43).

completas, y en fase de madurez, son las correspondientes al segundo ciclo.

a) *Cantidad de aguas absorbidas*

Para el cálculo de la cantidad de aguas absorbidas anualmente por la zona del Plà de les Basses, y por las razones ya indicadas en nuestro trabajo sobre el Plà del Campgràs (40), nos basaremos únicamente en las observaciones pluviométricas realizadas en Begas, durante el período 1928-1933 (14), aunque es evidente que resultan insuficientes.

1929	.....	520,3 mm.
1930	.....	639,4 mm.
1931	.....	—
1933	.....	1224,4 mm.

Lo que representa una media anual de 792,3 mm. Considerando que la zona abarca aproximadamente 1.100.000 metros cuadrados, vemos que la cantidad de agua recibida anualmente es de 871.530.000 litros. Considerando que la región presenta una notable horizontalidad y fuerte fisuración, podemos suponer que se absorbe un 15 por 100 de las aguas recibidas, con lo que éstas alcanzan un valor de 130.730.000 litros.

Para cuanto vamos a tratar, es interesante recordar que en nuestro trabajo sobre la zona del Plà del Campgràs (40), calculamos en 30.571.000 litros la cantidad de agua absorbida por la misma. También será interesante considerar, aunque en forma sólo aproximada y tomando un porcentaje de absorción del 10 por 100, el valor de las aguas infiltradas en las regiones colindantes de Plà del Carol, Creu d'Aragalls, Plà de Senyal, etc., que se eleva a unos 1.340.500.000 litros.

b) *Camino seguido por las aguas absorbidas*

Teniendo en preparación un trabajo sobre las resurgencias submarinas de las Costas de Garraf, con el que cerraremos nuestros

estudios sobre la zona del macizo comprendida entre el polje de Begas y el mar Mediterráneo, no haremos aquí más que exponer someramente algunas ideas que serán desarrolladas ampliamente en el trabajo mencionado.

#### 1) Circulación actual.

Como ya indicamos, todas las resurgencias situadas en los «fondos» y valles que rodean el Plà de les Basses se hallan muertas; por lo tanto las aguas absorbidas en la zona de la superficie de erosión, no aparecen en ninguna de las formaciones espeleológicas radicadas en sus límites. Estas aguas deben seguir el mismo camino que asignamos a las del Plà del Campgràs (40), o sea que, a favor del buzamiento, se dirigen al SW., alcanzando, en conjunto, más de 161 millones de litros.

Pero esta dirección lleva la circulación hídrica por debajo de las zonas colindantes de Plà del Carol, Plà de Senyal, etc., cuyas aguas se orientan igualmente al SW., siguiendo todas el mismo camino, con lo cual el volumen hídrico que se dirige en dirección al mar sobrepasa los 1.500 millones de litros. Sin embargo, esta considerable cantidad de agua representa sólo una pequeña fracción de la circulación hipógea que se dirige hacia el Mediterráneo, pues aparece enormemente incrementada por las aguas absorbidas por el polje de Begas y aún por las pequeñas muestras de circulación hipógea de tipo torrencial, que hemos descrito al tratar de las simas de l'Escarrà, de la Ferla y de la Riera.

En las abruptas Costas de Garraf, a unos 700 m. al ENE. de Peña Roja y a unos 500 m. al SW. de Punta la Plana, se abre, bajo el «turó» de su mismo nombre, una importante resurgencia: La Falconera. Se trata de una cavidad de unos 60 m. de longitud (se halla además en relación con unos 300 m. de galerías artificiales), que termina en un gran sifón, cuyos intentos de forzamiento con escafandra autónoma han fracasado hasta el presente. El agua del mar invade las galerías, de manera que, salvo en las épocas de grandes avenidas de la resurgencia, las aguas son notablemente salobres.

Su régimen es muy irregular, pues si bien en sus máximas crecidas las arcillas arrastradas por el agua se aprecian en el mar hasta una zona bastante alejada de la costa, presenta, por el contrario, períodos de total inactividad que se prolongan, a veces, durante varios meses: en tales casos llegan a registrarse corrientes de difusión provocadas por las diferencias de salinidad.

Es evidente, por lo tanto, que La Falconera no es el único punto en que reaparecen las aguas absorbidas de que hemos tratado, cosa que se ve corroborada por la existencia de diversas resurgencias submarinas. No insistiremos más aquí sobre el funciona-

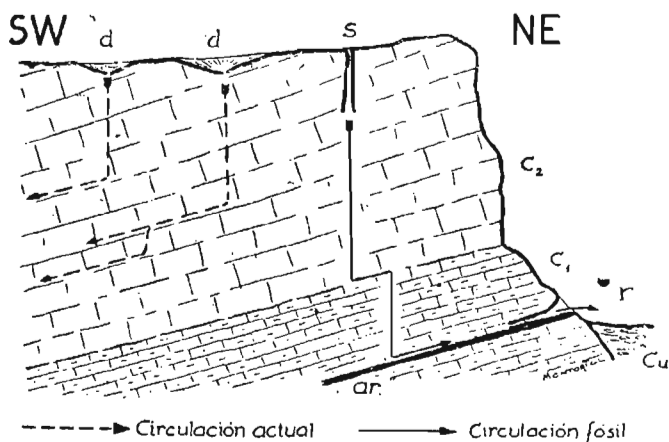


Fig. 11.—Esquema de la circulación actual y fósil, en el borde NE. del Pla de les Basses (d-dolina, s-sumidero, r-resurgencia. C<sub>2</sub>-calizas aptienses con *Matheronia*, C<sub>1</sub>-calizas dolomitizadas. Cu-cuatenarios. Ar-Capa arcillosa).

miento de este aparato y los problemas que implica, dejando su exposición para el trabajo que ya hemos mencionado sobre las resurgencias de las Costas de Garraf.

## II) Circulación fósil.

Según hemos expuesto, la dirección de la circulación hipógea actual viene condicionada, en sus grandes líneas, por el sentido

del buzamiento; por otra parte, en nuestro estudio sobre el Fondo de les Tarradelles (46), pusimos de manifiesto que la circulación en aquella zona, correspondiente al ciclo de karstificación intermedio, seguía asimismo idéntico sentido. La inexistencia de resurgencias muertas que guarden proporción con la amplia zona de absorción superior, en los límites orientales del Plà de les Basses, pone de manifiesto que el sentido que seguían las aguas durante el ciclo post-pontiense era asimismo el SW.

Nos hemos referido al sentido de escurrimiento en líneas generales, pero es evidente que existían sistemas aislados en los que el agua circulaba en direcciones diferentes: a estos diversos sistemas pertenecen las resurgencias localizadas en los valles que delimitan el Plà por sus porciones orientales.

El más importante fué, sin duda, aquel cuyas aguas resurgían en la Cova Fosca. Su zona de absorción se localizaba en los bordes E. de las regiones superiores, y la circulación hipógea, de tipo torrencial, seguía un sentido diametralmente opuesto al del buzamiento, caso ya comprobado en otros importantes sistemas hidrogeológicos (24) (59) (61).

Caso semejante, aunque de mucha menor importancia, era el de la Cova Bonica, que representa los restos del tramo de conducción vertical (pozo campaniforme) del aparato. Mucho más restringidos aún son los sistemas de la Cova del Mussol y de la Cova del Single: la zona de absorción de la primera venía representada por los campos de lapiaz que se desarrollan en el borde oriental de la superficie de erosión, y la segunda no es más que el colector de las aguas infiltradas por una amplia diaclasa que se desarrolla, según su misma dirección, hasta alcanzar el borde superior.

## VI.—CONCLUSIONES

1.—En toda la zona del macizo de Garraf comprendida entre el macizo de La Morella y el mar Mediterráneo, la circulación hipogea actual, que sobrepasa los 1.500 millones de litros anuales, sigue el sentido SW., o sea el mismo que el buzamiento de las calizas.

2.—Estas aguas confluyen con las provenientes del polje de Begas, que representan un volumen muy superior, reapareciendo todas ellas en las múltiples resurgencias existentes en las Costas de Garraf.

3.—En las zonas periféricas del Plà de les Basses existen algunos aparatos kársticos localizados, que indican que la circulación hipogea fósil siguió, en algunos puntos, un sentido diametralmente opuesto al de la circulación hidrica actual.

4.—Teniendo en cuenta nuestras investigaciones—principalmente en las zonas de Plà del Campgràs, Fondo de les Tarradelles y Plà de les Basses—, así como los estudios de otros autores sobre el macizo, se han sucedido, a nuestro modo de ver, tres ciclos en la karstificación plioceno cuaternaria del mismo: el primero sería inmediatamente post-pontiense, el segundo correspondería a las postrimerías del Plioceno, albores del Pleistoceno, y el tercero sería francamente cuaternario. Parece ser que existió un ciclo anterior a todos los citados, cuyo único testigo actual, que conocíamos, es el Avenc de l'Infern, situado cerca del vértice de La Morella.

5.—Las simas existentes en la porción central de la superficie de erosión pertenecen al ciclo de karstificación post-pontiense, mientras que las formaciones situadas hacia el borde de la misma, que domina la Canal Negre, pertenecen al ciclo francamente cuaternario.

6.—La espeleogénesis de las formaciones del complejo de absorción, presenta las siguientes particularidades: a) El Avenc de la Llosa y el Avenc del Marianet son típicas cavidades directas, campaniformes, erosionadas en conducción libre. El Avenc de les Nou Boques se presenta como una sima de lapiaz; y, c) El Avenc de la Sibinota ofrece un muy característico desarrollo fusiforme, que pone de manifiesto su condición de cavidad inversa.

7.—El Avenc de la Riera, el Avenc de la Ferla y el Avenc de l'Escarrà son los únicos sumideros activos del macizo de Garraf, presentando el último de ellos una característica zona de meandros terminales, y constituyendo todos ellos una muestra de la circulación hipogea actual, de tipo torrencial.

## RÉSUMÉ

On essaie d'étudier la circulation souterraine dans les calcaires aptiens du massif de La Morella. Les pendages sont en général vers le SW. et les eaux souterraines suivent le même sens. Le volume d'eau circulant est supérieur aux 1.500 millions de litres par an.

En profondeur ces eaux sont augmentées par d'autres courants souterrains, et surtout par les eaux absorbées dans le poljé de Begues. Les surgences presque toutes sous-marines, se font au long de la côte de Garraf.

La circulation ancienne à eu lieu à certaines époques vers la NW.

On est d'accord avec Llopis sur les cycles de karstification de cette région développé en trois étapes depuis le début du pliocène jusqu'au quaternaire. On y trouve encore un cycle plus ancien près du sommet de La Morella.

On systématise les avens de cette région suivant les idées de Maucci, en cavités directes, inverses et avens de lapiaz. Les avens absorbants actuels sont peu nombreux. On n'en connaît que trois dans tout le massif et encore ont-ils un régime torrentiel.

## SUMMARY

A study of the subterranean circulatory system in the aptian limestone of the La Morella massif. The dips are generally towards the SW. and the subterranean waters follow the same direction. The volume of circulating water amounts to over 1.500 millions litres per year.

These waters are increased in depth by other subterranean currents, particularly water absorbed in the Begues polje. The points of emergence, which are almost all submarine, are situated along the Garraf coast.

In former times, the circulation, during certain periods, was towards the NW.

It is agreed, with Llopis, that the karstification cycles in this region developed in three stages during the period from the beginning of the pliocene to the quaternary. A still older cycle can be discerned near the summit of La Morella.

The avens of this region can be classified according to the theories of Maucci in direct, and inverse cavities, and lapiaz avens. There are few absorbing avens today, three only being known in the entire massif, and these, furthermore, torrential in type.



## BIBLIOGRAFIA

- (1) *Amat i Carreras (R.)*. «Sota el Massís de Garraf. Campanya de 1923». But. C. E. C., núm. 351, 29 pp., 7 figs., 4 láms. Barcelona 1924.
- (2) *Amat i Carreras (R.)*. «Sota el Massís de Garraf. Campanya de 1924». But. C. E. C., núms. 363, 364, 35 pp., 9 figs., 8 láms. Barcelona 1925.
- (3) *Amat i Carreras (R.)*. «Sota el Massís de Garraf. Campanya de 1925 1928». Ed. Hel. Barcelona 1939.
- (4) *Anelli (F.)*. «Osservazioni di meteorología ipógea nelle grotte di Castel Lueghi presso Postumia». Le Grotte d'Italia, se. 2.<sup>a</sup>, vol. V, 32 pp., 2 figuras, 6 tab. Trieste 1944.
- (5) *Boegan (E.)*. «L'Abisso di Verco presso Canale d'Isonzo». Le Grotte d'Italia, anno II, núm. 4, pp. 153-159, 1 fig., 1 pl., 5 fots. Trieste 1928.
- (6) *Boegan (E.)*. «Le piú profonde cavitá sotterranees del mondo» Le grotte d'Italia, anno II, núm. 4, pp. 161, 103, 10 figs., 2 fots. Trieste 1928.
- (7) *Crestani (G.)*. «Ricerche e studi di meteorología ipogea nelle Grotte di Postumia. Nota Preliminare sulla circolazione dell'aria». Atti 1.<sup>o</sup> Congresso Spelcol. Naz. 133 pp. Trieste 1953.
- (8) *Crestani (G.)* e *Anelli (F.)*. «Ricerche di meteorología ipogea nelle Grotte di Postumia». Pubbl. 143 dell'Uff. Idr. Magistrato alle Acque di Venezia, mem. III Ist. Ital. Speleol. Serie Geol. Geof., 162 pp., 10 teb. Venezia 1939.
- (9) *Cheba (G.)*. «Brevi note di altimetría aneroidica degli abissi naturali». Le Grotte d'Italia, ann VI, núm. 3, 9 pp., 5 tab., 1 ñg. Trieste 1932.
- (10) *Cheba (G.)*. «Ancora sull'altimetría aneroidica degli abissi naturali». Le Grotte d'Italia, anno VII núm. 1, 1 pp. Trieste 1933.
- (11) *Chevalier (P.)*. «Distinctions morphologiques entre deux types d'erosion

- souterraine». *Revue de Geographie alpine*, T. XXXII, fasc. 3, pp., 475-486, 4 figs., 4 pl. Lyon 1944.
- (12) *Chevalier (P.)*. «Le reseau souterrain de la Dent de Crolles», *Annales de Spéléologie*, T. I, fasc. 1, pp. 15-29, 4 figs. París 1946.
- (13) *Dujardin-Weber (E.)*. «Sur quelques anomalies quant a la formation des concrecions calcaires excentriques». *Actes du premier Congrès National, de Spéléologie*. Nimes 1939.
- (14) *Fabré (J.)*. «Régim de plujes a Catalunya durant el període 1912-1933». *Servei Meteorològic de Catalunya*. Barcelona 1934.
- (15) *Faura i Sans (M.)*. «Recull espeleològic de Catalunya». *Sota Terra I Ed.* C. M., pp. 1-26. Barcelona 1909.
- (16) *Faura i Sans (M.)*. «Espeleología. Coves i avenchs de Catalunya». *Geografía general de Catalunya*, pp. 249-278, 4 figs., 6 fots. Barcelona 1909.
- (17) *Faura i Sans (M.)*. «La espeleología de Cataluña». *Bol. de la R. S. E. de Hist. Nat.*, T. VI, mem. 6.<sup>a</sup>, pp. 425-591, 30 figs., 17 láms. Madrid 1910.
- (18) *Feruglio (E.)*. «Il Bus de la Lum nell 'altipiano del Cansiglio». *Le Grotte d'Italia*, anno III, núm. 3, 9 pp., 7 figs., 3 fots. Trieste 1929.
- (19) *Feruglio (E.)*. «A propósito di altimetría barométrica nelle voragini». *Le Grotte d'Italia*, anno VI, núm. 4, 3 pp., 2 tab. Trieste 1932.
- (20) *Font i Sagué (N.)*. «Les reservoirs d'Ardegna». *Spelunca*, T. III, núm. 12 p. 203. París 1897.
- (21) *Font i Sagué (N.)*. «Un descobriment espeleològic: teoria de la Font d'Armena». *But. C. E. C.*, año VIII, núms. 45-46-47. Barcelona 1898.
- (22) *Font i Sagué (N.)*. «La Font d'Armena. Catalogne». *Spelunca*, T. V, número 17, pp. 23-29. París 1899.
- (23) *Font i Sagué (N.)*. «Excursió espeleològica a la Baronía d'Aramprunyà». *But. C. E. C.*, año IX, núms. 5-7-8. Barcelona 1899.
- (24) *Gèze (B.)*, *Cailar (J. du)* et *Bournier (A.)*. «L'Event des Rognès». *Annales de Spéléologie*. T. VII, fasc. 2, pp. 67-77, 3 figs. París 1952.
- (25) *Jvancich (A.)*. «Note sull 'Abisso Bertarelli in Istria». *Le Grotte d'Italia*, anno I, núm. 2, pp. 35-37, 1 fig., 1 fot. Trieste 1927.
- (26) *Laures (M.)*. «Explorations souterraines dans l'Herault». *Annales de Spéléologie*, T. II, fasc. 4, pp., 223-249, 6 figs. París 1947.
- (27) *Llopis Lladó (N.)*. «Avenç del Caietà». *Sota Terra II*, Ed. C. M. B., Soc. de Ciencias Naturales, pp. 83-89, 1 fig., 2 láms. Barcelona 1935.
- (28) *Llopis Lladó (N.)*. «Morfología y hidrología de la parte oriental del macizo cárstico de Garraf». *Estudios Geográficos*, núm. 4, pp., 413-466, 13 figs., 4 láms. Madrid 1941.
- (29) *Llopis Lladó (N.)*. «Sobre las posibilidades de aplicación al estudio es-

- tructural de los métodos de microtectónica». Bol. da Sociedade Geológica de Portugal, Vol. IV, fasc. 1-2. 1944.
- (30) *Llopis Lladó (N.)*. «Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides». Pub. del C. S. de I. C., 372 pp., 40 figs., 32 láminas. Barcelona 1947.
- (31) *Llopis Lladó (N.)*. «Sobre algunos principios fundamentales de morfología e hidrología cárstica». Estudios Geográficos, año XI. núm. 41. pp. 643-679, 7 figs., 4 lám.s. Madrid 1951.
- (32) *Marchelli (M.)*. «La Vestriccia e l'Abisso Enrico Revel nelle Alpi Apuane». Le Grotte d'Italia, anno V, núm. 4, 9 pp., 1 fig., 6 fots., 1 tab. Trieste 1931.
- (33) *Martel (E. A.)*. «L'évolution souterraine». Flammarion, 388 pp., 80 figuras. París 1908.
- (34) *Martel (A. E.)*. «Nouveau traité des eaux souterraines». Doin Ed., 838 pp., 382 figs. París 1921.
- (35) *Maucci (W.)*. «L'Abisso di Opicina Campagna». Rassegna Speleológica Italiana, anno II, fasc. 1-2, pp. 11-18, 2 figs. Como 1950.
- (36) «Memoria explicativa de la hoja número 448. Gavá». Mapa Geológico de España a 1: 50.000. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid 1932.
- (37) *Montoriol Pous (J.)*. «Avenc del Bruc». Boletín del C. M. B., Sociedad de Ciencias Naturales, pp. 388-389, 1 fig. Barcelona 1948.
- (38) *Montoriol Pous (J.)*. «Avenc de l'Escarrà». Boletín del C. M. B., Sociedad de Ciencias Naturales, pp. 399-401. 1 fig. Barcelona 1948.
- (39) *Montoriol Pous (J.)*. «Estudio geoespeleológico de dos simas en el macizo de Garraf». Speleon, T. I, núm. 1, pp. 39-53, 39-53, 3 figs. Oviedo 1950.
- (40) *Montoriol Pous (J.)*. «El campo de dolinas del Pla del Campgràs». Speleon, T. I, núm. 2, pp. 23-39, 5 figs. Oviedo 1950.
- (41) *Montoriol Pous (J.)*. «Estudio geoespeleológico de la sima de La Ferla». Pirineos, año VI, núms. 15-16, pp. 217-228, 1 fig., 4 fots. Zaragoza 1950.
- (42) *Montoriol Pous (J.)*. «Resultado de las observaciones espeleométricas realizadas durante la exploración de la sima de los Esquirols». Speleon, T. I, núms. 3-4, pp. 177-186, 1 fig., 2 tab. Oviedo 1950.
- (43) *Montoriol Pous (J.)*. «Nueva sima en el Macizo de Garraf». Speleon, T. II, núm. 1, pp. 47-49, 1 fig. Oviedo 1951.
- (44) *Montoriol Pous (J.)*. «Meteorología hipogea». Urania, año XXXVI, número 228, pp. 225-246, 14 figs. Tarragona 1951.
- (45) *Montoriol Pous (J.)*. «Los procesos clásticos hipogeos». Rassegna Speleológica Italiana, anno III, fasc. 4, pp. 119-129, 7 figs., 10 fots. Como 1951.

- (46) *Montoriol Pous (J.)*. «Estudio hidrogeológico del Fondo de les Tarradelles». *Speleon*, T. III, núms. 1-2, pp. 3-31, 7 figs., 2 láms. Oviedo 1952.
- (47) *Montoriol Pous (J.)*. «Resultado de nuevas investigaciones sobre los procesos clásticos hipogeos». *Rassegna Speleológica Italiana*, Como, en publicación,
- (48) *Moore (G. W.)*. «The origin of helictites». *American Association for the advancement of Science*, 7 pp. Philadelphia 1951.
- (49) *Noir (J.)*. «Altimétrie barométrique souterraine». *Grottes et Couffres*, núm. 2. p. 18. París 1948.
- (50) *Porta (J.)*. «Excursions espeleológicas al Massís de Garraf». *But. C. E. C. T. XLIV*. Barcelona 1934.
- (51) *Prinz (W.)*. «Les cristallizations des grottes de Belgique». *Hayez*, 90 pp., 143 figs. Bruxelles 1908.
- (52) *Segre (A. G.)*. «I fenomini carsici e la speleologia del Lazio». *Publicazioni dell 'Istituto di Geografia dell 'Università di Roma*, 239 pp., 36 figuras, 1 pl., 8 láms. Roma 1948.
- (53) *Stenta (M.)*. «Forma e origine delle stalattiti». *Le Grotte d'Italia*, anno VI, núm. 2, pp. 49-57. Trieste 1932.
- (54) *Sutler (R.)* et *Pittard (J. J.)*. «Les stalactites excentriques». *La Revue Polytechnique*, núm. 25 oct., 8 pp., 5 figs. Genève 1944.
- (55) *Termes Angles (F.)*. «Catálogo espeleológico de la región de Garraf». *Speleon*, T. III, núm. 3, pp. 131-146. Oviedo 1952.
- (56) *Thomas Casajuana (J. M.<sup>a</sup>)* y *Montoriol Pous (J.)*. «La Cueva del Agua» *Speleon*, T. II, núm. 1, pp. 5-46, 10 figs., 2 láms. Oviedo 1951.
- (57) *Thomas Casajuana (J. M.<sup>a</sup>)* y *Montoriol Pous (J.)*. «Resultados de una campaña geoespeleológica en la isla de Ibiza». *Speleon*, T. IV, fasc. 3-4. Oviedo 1953.
- (58) *Trombe (F.)*. «Gouffres et cavernes du Haut Comminges». *Travaux scientifiques du C. A. F.*, II. 80 pp., 28 figs., 12 fots. París 1943.
- (59) *Trombe (F.)*. «Le Gouffre de la Hennemorte». *La Nature*, núm. 3.148. París 1947.
- (60) *Trombe (F.)*. «Météorologie et hidregeologie souterraines. Application aux massifs d'Arbas et de Paloumère». *Annales de Spéléologie*, T. II, fasc. 2-3, pp. 99-123, 19 figs. París 1947.
- (61) *Trombe (F.)*. «L'exploration du gouffre de la Hennemorte». *Annales de Spéléologie*, T. III, fasc. 1, pp. 25-48, 7 figs., 2 láms. París 1948.