

UNIVERSIDAD DE OVIEDO



REVISTA DE
CIENCIAS



Segunda Serie

Enero-Diciembre

Tomo IV N° 1

OVIEDO

1954

SUMARIO

	<u>Páginas</u>
<i>Sira Arriba Jimeno</i> : Nuevas aplicaciones volumétricas del ion mercurioso.....	1
<i>N. Llopis Lladó</i> : El Catálogo Espeleológico de España.....	5
<i>N. Llopis Lladó</i> : Sobre las características hidrogeológicas de la red hipogea de la Sima de la Piedra de San Martín (Navarra).....	11
<i>Joaquín Montoriol Pous</i> : La hidrología kárstica del Pla de les Basses y sus relaciones con la de otras zonas del macizo de Garraf (Barcelona).....	55
<i>E. Balcells R.</i> : Quirópteros de cuevas catalanas. Campaña de 1952-53.....	105
SECCION DE EXPLORACIONES:	
Asturias.....	111
Soria.....	111
Alicante.....	112
BIBLIOGRAFIA:	
Publicaciones que se reciben regularmente en el Instituto de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oviedo.....	123
<i>N. Llopis Lladó, J. M. Fernández y M. Julibert</i> : Avance al Catálogo espeleológico de Asturias.....	123
<i>J. M. Ros</i> : Visita a la cueva de Lanera.....	159
<i>M. Julibert</i> : Estudio Hidrogeológico de las cuevas de Fresnedo (Teverga, Asturias).....	171
<i>L. Derouet, Ed. Bresca et J. Negre</i> : Recherches biospéologiques dans les Monts Caniabríques (Espagne).—Énumération des grottes et notes de chasse.....	195
<i>Fernando Esteban G.</i> : Lo que sabemos sobre los Bathysciitae de la región asturiana. (Col. Catopidae).....	209
<i>J. Choppy</i> : Le réseau souterrain et les phénomènes de capture.....	217
<i>Angel Lagar M.</i> : Los bathysciitae. (Col. Catopidae) de la Provincia de Barcelona.....	225
SECCION DE EXPLORACIONES:	
Cataluña.....	239
Baleares.....	239
Asturias.....	240
BIBLIOGRAFIA:	
	241

NOTA.—Las opiniones y hechos consignados en los artículos de esta Revista son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los mismos.

UNIVERSIDAD DE OVIEDO



REVISTA DE
CIENCIAS



Segunda Serie

Enero-Diciembre

Tomo IV N° 1

OVIEDO

1954



Nuevas aplicaciones volumétricas del ion mercurioso

- I. *Las sales mercuriosas como reactivos reductimétricos en medio alcalino. (Dismutación y exaltación del poder reductor del Hg_2^{2+}).*
- II. *Volumetrías de precipitación de las sales mercuriosas, como $(SCN)_2Hg_2$, utilizando indicadores de adsorción y de oxiadsorción. (Estabilización del Hg_2^{2+}).*

Memoria presentada para aspirar al grado de Doctor en Ciencias Químicas

POR

SIRO ARRIBAS JIMENO

MADRID 1953

SUMARIO

	Páginas
Introducción	3
Dismutación del ión mercurioso	5
<i>PARTE PRIMERA: «Las sales mercuriosas como reactivos reductimétricos en medio alcalino»</i>	8
Exaltación del poder reductor del ión Hg_2^{2+}	9
Ensayos preliminares para la utilización del ión mercurioso en medio alcalino	11
Interpretación de los resultados. Fundamentos teóricos	13
Valoración del ión ferricianuro	20
Influencia del pH	24
Id. de la concentración en IK	26
Id. de la concentración en $Fe(CN)_6^{3-}$	27
Id. del tiempo de operación	28
Id. de la temperatura	30
Id. de la acidez del reactivo	32
Id. de los distintos aniones	35
Ensayo de indicadores	39
Valoraciones por retroceso	45
Valoración de sales crómicas	45
Id. de arsenitos	50
Id. de peróxido de hidrógeno	54
Id. de hidracina	57
<i>PARTE SEGUNDA: Nuevas volumetrías de precipitación de las sales mercuriosas, como $(SCN)_2Hg_2$, utilizando indicadores de adsorción y de oxidación</i>	60

Estabilización del $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$	62
Poder adsorbente del $(\text{SCN})_2\text{Hg}$	65
Acción del azul de bromofenol, alizarina S y rojo Congo como indicadores de adsorción en la precipitación de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$	65
Id. de los sistemas de oxiadsorción Fe^{3+} / bencidina, Fe^{2+} / o—dianisidina.....	67
Id. de los sistemas formados substituyendo en los anteriores el Fe^{3+} por los iones Cu^{2+} y VO_4^{3-}	74
Id. del p—tetrametildiam nodifenilmetano.....	79
Tabla resumen de la acción de los indicadores ensayados.....	81
<i>Valoración de sales mercuriosas: Influencia de la acidez y de la dilución..</i>	82
<i>Valoración de mercuritiocianatos: Influencia de la acidez y de la dilución..</i>	85
Valoración de sales de cinc.....	88
Conclusiones.....	91
Bibliografía.....	93
Fe de erratas.....	99



La presente Memoria ha sido efectuada bajo la dirección del Ilustre Profesor Dr. D. Fernando Burriel Martí, Catedrático de Química Analítica de la Universidad de Madrid y miembro del C. S. de I. C., a quien agradecemos profundamente su valiosa ayuda y continuas sugerencias y enseñanzas.

Asimismo, deseamos hacer constar nuestro agradecimiento al Dr. D. Felipe Lucena Conde, actualmente Catedrático de la Universidad de Salamanca, por su amabilidad al poner a nuestra disposición su Laboratorio de Profesor Adjunto de la Cátedra de Química Analítica de la Facultad de Ciencias, de Madrid y por su aliento y estímulo para la consecución de esta Memoria.

INTRODUCCION *

En la moderna investigación dentro del campo de la Química Analítica actual se aplican conceptos y se utilizan fenómenos que apenas si merecían consideración en la Química Analítica clásica. Dejando a un lado los nuevos métodos instrumentales, basados en conceptos fisicoquímicos, y cuyo perfeccionamiento ha contribuído tan eficazmente a la evolución del Análisis Químico, y limitándonos exclusivamente a lo que ha venido considerándose como puramente analítico, nos encontramos que, desde hace unas décadas, una abundante investigación traducida en copiosa bibliografía ahonda en conceptos tales como enmascaramiento u ocultación de iones, exaltación de la aptitud reaccional de los mismos, reacciones catalíticas e inducidas, dismutación y estabilización de valencias, etc., conceptos que, incorporados a una eficaz investigación, han logrado la consecución de nuevos métodos analíticos o el perfeccionamiento de los ya establecidos, a la par que han dado

* Extractos de este trabajo han sido publicados, o se encuentran en prensa, en *Analítica Química Acta* y en *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*.

la explicación a fenómenos empíricos de los que se tenía un conocimiento puramente experimental.

Cuando Feigl en 1935 publicó en Leipzig su obra «Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen» (1) puso los cimientos a una empresa verdaderamente revolucionaria en la investigación analítica. Los conceptos por él generalizados contribuyeron eficazmente a variar el rumbo de los procesos clásicos, orientándolos hacia una evolución que culminó en la tarea de liberar a la Química Analítica de su servidumbre como auxiliar de la Química general, transformándola en disciplina auténticamente independiente. El mismo autor, en la más importante y reciente de sus obras, publicada hace unos tres años (2) dedica un buen espacio a considerar la importancia que en el desarrollo de la Química Analítica actual han tenido los fenómenos divulgados en su primer texto.

Paralelamente a Feigl en el campo cualitativo y del análisis general, contribuyó Kolthoff al progreso del Análisis Químico en su aspecto cuantitativo. Su obra clásica «Die Massanalyse» (3) ha constituido la base de la moderna Química Analítica Cuantitativa.

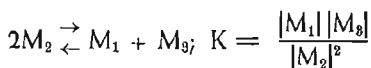
Más recientemente, Charlot, (4) (aborda el estudio de los fenómenos analíticos principalmente desde el punto de vista electroquímico, y marca un nuevo hito en la empresa de dar carácter científico a una disciplina considerada antaño como excesivamente descriptiva en su aspecto teórico o puramente rutinaria en su parte práctica. En su última obra, Charlot, en colaboración con Ganguin (5), amplía los conceptos vertidos en la primera y hace un estudio de la química física de las reacciones analíticas, expuesto bajo un aspecto nuevo, esencialmente formativo y muy diferente de los textos clásicos.

Dentro de los fenómenos cuyo estudio ha sido abordado por la moderna investigación en Análisis Químico, de acuerdo con las pautas dadas por los autores anteriormente citados, particularmente por Charlot, uno de los más sugestivos, es, sin duda, el de la «dismutación», o su inverso la «estabilización de valencias». Aunque no nos agrade el neologismo por poco expresivo, el hecho de

haber sido adoptado por los autores franceses (dismutation) y por los de habla inglesa (to dismutate) lo empleamos en lugar de su sinónimo «desproporcionamiento» o «autooxidreducción», usado por algunos autores españoles.

De acuerdo con un amplio y reciente trabajo de R. Gauguin (6), la dismutación no comprende sólo el concepto clásico, nacido de las investigaciones de Luther (7), es decir, la autodesección de un ión pasando a dos estados de valencia, uno más oxidado y otro más reducido (por ejemplo: $2\text{Cu}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}^0$) sino que también debe abarcar, en sentido amplio, todo fenómeno en el que cualquier grupo químico, que él denomina «anfólito», simultáneamente gana o pierde una partícula (electrón, protón, ión o molécula) para dar lugar a dos especies diferentes.

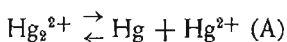
En esta generalización, que en último extremo no es más que una aplicación de la teoría de Brönsted generalizada, ya propuesta poco antes por Charlot, Wolf y Lacroix (8), el autor estudia los equilibrios de dismutación representados esquemáticamente por



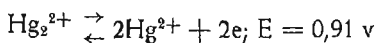
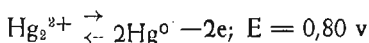
y, lo que realmente es más importante, establece las condiciones para que, en un sistema dado, haya dismutación; o, por el contrario, se logre la estabilización de alguna valencia.

En general, un ión de valencia intermedia se dismutará cuando el potencial del sistema ión-forma reducida es superior al del sistema ión-forma oxidada, y no habrá dismutación en caso inverso.

Así, el catión mercurioso puede dismutarse de acuerdo con la ecuación:



En medio ácido no habrá tal dismutación porque entonces el valor de los potenciales de los dos sistemas son:



Se observa que el primer sistema no puede oxidar al segundo y el catión mercurioso es perfectamente estable en medio ácido. Pero de acuerdo con la ley de Nernst:

$$E = E_0 + 0,058 \lg \frac{|\text{Hg}^{2+}|}{|\text{Hg}_2^{2+}|}$$

puede disminuirse el potencial del segundo sistema por incorporación del ión mercurioso a un complejo o por formación de una sal insoluble de dicho ión, hasta el punto de hacerse inferior al primero, y en ese caso, el catión mercurioso es inestable y se dismuta. Tal ocurre en medios alcalinos, amoniacales, o en presencia de los iones CN^- , I^- ó SCN^- . En todos estos casos, el ión mercurioso sufre la dismutación indicada en la ecuación (A).

Puesto que en gran parte de sistemas rédox podemos variar su potencial a voluntad modificando el pH o introduciendo en el medio sustancias que por alguna circunstancia varíen la actividad de alguno de los iones integrantes del sistema, es obvio que, en determinados casos, podemos provocar la dismutación de un ión; o evitarla, estabilizando la valencia correspondiente, si así conviene a nuestros fines analíticos.

Estos fenómenos van teniendo aplicación creciente en análisis tanto cualitativo como cuantitativo, dando origen a nuevos métodos, o efectuando valoraciones en medios considerados incompatibles con el proceso que se propone.

Quizás uno de los ejemplos más típicos lo constituya la utilización del Mn^{8+} como reactivo oxidimétrico, recientemente estudiado por Belcher y West (9). Este grado de oxidación intermedio del manganeso, estabiliza su valencia en presencia del anión pirofosfórico por formación del complejo $\text{Mn}(\text{P}_2\text{O}_7\text{H}_2)_3^{3-}$, consiguiéndose así un reactivo estable y adecuado para la valoración de Fe^{2+} , NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, H_2O_2 , AsO_2^- , y otros reductores.

Otro caso interesante, teórica y prácticamente, de estabilización de compuestos, nos lo ofrece el tiocianato mercurioso. Este compuesto se ha considerado clásicamente como inestable y de

difícil obtención, razón por la cual carecía de aplicaciones analíticas. Recientemente, sin embargo, F. Burriel y F. Lucena (10) realizan un estudio teórico sobre este compuesto llegando a las condiciones en que podía estabilizarse de lo cual se derivó un método importante para la determinación volumétrica de iones mercuriosos y mercúricos, y del que se hará posterior aplicación en la segunda parte de esta memoria.

La *dismutación*, análogamente a la estabilización, ha sido la base de algunos aspectos sugestivos del análisis actual. Quizá el ejemplo más atrayente nos lo sugiera las numerosas aplicaciones que ha encontrado en los últimos años la exaltación del carácter reductor del ión mercurioso y que han sido la base de su utilización como reactivo reductimétrico en volumetría. Posteriormente se hará una cita más detenida a estas aplicaciones.

También pueden incluirse dentro de estos estudios los realizados por F. Burriel, F. Lucena y S. Bolle (11) sobre el carácter reductor del mercurio metálico en presencia de cianuro y de tiocianato, y en los que, aprovechando simultáneamente la exaltación de aquel carácter reductor y la dismutación del ión mercurioso, se deducen una serie de aplicaciones analíticas.

En la misma línea de trabajo puede situarse una nueva reacción del ión mercurioso propuesta por F. Lucena (12) y que da lugar a uno de los ensayos más sensibles y selectivos propuestos para este ión.

Siguiendo ideas análogas a las trazadas por los investigadores citados, y dentro de los cauces establecidos por las orientaciones del análisis químico moderno, la presente tesis tiene como fin estudiar dos nuevas aplicaciones de la variación que en la estabilidad del ión mercurioso producen los fenómenos de dismutación: en una, se favorece esta dismutación; en otra, se evita la misma.

En la primera parte de esta memoria se estudia la utilización como reactivo reductimétrico, en medios alcalinos iodurados, del ión mercurioso, reactivo moderno, sólo empleado volumétricamente hasta ahora en medios ácidos.

Para dicha aplicación se provocan, simultáneamente, la dismutación del ión mercurioso por el medio básico y la exaltación del carácter reductor de la sal mercuriosa por formación del complejo muy estable HgI_4^{2-} . El reactivo resulta así muy adecuado en la valoración directa del ión ferricianuro y en la indirecta, o por retroceso, de sales crómicas, arsenito, peróxido de hidrógeno e hidracina.

La segunda parte se dedica al estudio por vez primera de las volumetrías de precipitación de las sales mercuriosas precipitándolas al estado de $(SCN)_2Hg_2$, empleando diversos indicadores de adsorción y de los denominados de «oxiadsorción» por la escuela española. Establecidas las condiciones en las que es posible precipitar tiocianato mercurioso, sin que tenga lugar la dismutación, se valora el reactivo mercuritiocianato con una sal mercuriosa y a la inversa, valoración que encuentra su aplicación inmediata a la determinación indirecta del cinc mediante los citados indicadores de adsorción.

PRIMERA PARTE

LAS SALES MERCURIOSAS COMO REACTIVOS REDUCTIMETRICOS EN MEDIO ALCALINO

CAPITULO I. — Antecedentes. — Ensayos preliminares. — Fundamentos teóricos.—Consecuencias.—Valoración del ión ferricianuro: Influencia de los distintos factores.

Las volumetrías rédox en medio alcalino tienen un gran interés, especialmente en la determinación directa o indirecta de muchos aniones reductores que, como es sabido, tienen en general, exactado su poder reductor en este medio (13). Sin embargo, siempre se ha presentado el inconveniente de carecer de reactivos adecuados para operar en este medio básico. Los de carácter oxidante, como el hipobromito, hipoclorito, etc., son casi siempre ines-

tables y de difícil conservación, y los de carácter reductor, como el sulfato de vanadilo, presentan la desventaja de ser inestables al aire en medio básico, lo que obliga a una técnica relativamente complicada para su manejo.

Estos inconvenientes quedarían obviados si se lograra un reactivo suficientemente estable al aire, aunque fuese de carácter reductor limitado, pero capaz de aumentar dicho poder reductor en el propio lugar de la reacción mediante un proceso adecuado de exaltación. Tal es el caso del ión mercurioso, cuyas soluciones (nitrato o perclorato) son de carácter reductor muy débil (E_0 del sistema $\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}^{2+} = 0,91 \text{ v}$) y suficientemente estables al aire, pero que en presencia de una fuerte concentración de SCN^- se hacen fuertemente reductoras, como consecuencia de la desaparición de iones mercúricos en forma del complejo $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$. Esta eliminación de iones Hg^{2+} disminuye el potencial, como se infiere de la ecuación de Nernst:

$$E = E_0 + 0,058 \lg \frac{[\text{Hg}^{2+}]}{[\text{Hg}_2^{2+}]}$$

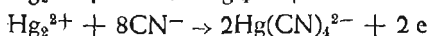
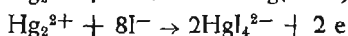
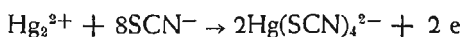
llegando a adquirir un valor de 0,25 v para unas concentraciones de SCN^- del orden de 10^{-2} M y de $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-} = 10^{-2} \text{ M}$. El proceso fué propuesto primeramente hará unos doce años por Bradbury y Edwards (14), que utilizaba nitrato mercurioso para la valoración directa de sales férricas. El método ha sido estudiado con más amplitud por W. Pugh (15), que recomienda como reactivo el perclorato mercurioso. Belcher y West hacen un estudio de la estequiometría de la reacción (16), de los cationes y aniones que interfieren en la determinación del hierro (17), de su aplicación microanalítica (18) y de su valoración potenciométrica (19). Burriel y Lucena (20) aplican la reacción a la determinación del Cu^{2+} , valoración también estudiada posteriormente por Belcher y West (21). Estos últimos autores, en trabajos posteriores aplican el proceso a la valoración de sal mercuriosa (22) y de diversos iones oxidantes o reductores (23). Recientemente, Burriel y

Lucena (24) estudian teóricamente el sistema $\text{Hg}/(\text{SCN})_2\text{Hg}_3/\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ y resume sus aplicaciones prácticas más importantes.

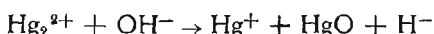
Todas las valoraciones citadas se efectúan en medio ácido y, hasta ahora, no hay ninguna referencia de que el proceso se haya aplicado a determinaciones en medio alcalino.

Siguiendo una idea similar a los anteriores trabajos, se comenzó el estudio de la utilización del ión mercurioso como reactivo, pero en medio básico. Ahora bien, para exaltar en este medio el poder reductor del ión mercurioso ha de emplearse un anión estable en dicho medio alcalino y que forme con el catión mercurioso un complejo suficientemente estable. Tal es el caso del citado ión tiocianato, así como de los iones cianuro y ioduro, que forman respectivamente los complejos: $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$, $\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-}$ y HgI_4^{2-} .

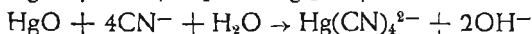
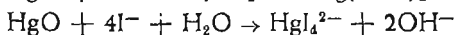
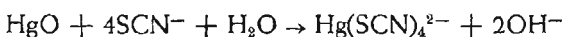
Las reacciones de oxidación de la sal mercuriosa serían:



Sin embargo, no debe descartarse la posibilidad de la intervención de los propios iones OH^- , que actúan provocando la dismutación del ión mercurioso:



con posterior disolución del HgO formado en el anión complejante:



La primera substancia que se ha intentado valorar por este procedimiento ha sido el ión ferricianuro, no sólo por el propio interés que ofrece su valoración y porque puede emplearse como substancia tipo (25), sino especialmente porque es la base de un de un gran número de valoraciones indirectas de muchas substancias reductoras orgánicas e inorgánicas.

Ensayos preliminares:

1.—A unos 10 ml de ferricianuro 0,1 N, diluídos en unos 20 ml de agua, se añade un volumen igual de NaOH M y unos 10 ml de SCNK molar. Sin dejar de agitar, se añade después, nitrato o perclorato mercurioso 0,1 N. Se obtiene un abundante precipitado pardo rojizo persistente, probablemente constituido por una mezcla de óxido mercúrico con ferrocianuro y ferricianuro de los dos estados de oxidación del mercurio. Aumentando la concentración de NaOH, y particularmente la de SCNK, el precipitado llega a disolverse en su mayor parte, e incluso no aparece en las primeras adiciones de sal mercuriosa, aunque posteriormente se haga persistente; pero aun en soluciones muy concentradas de SCNK no se consigue la eliminación total o la evitación del precipitado.

Potenciométricamente se comprueba un proceso de reducción; pero con resultados variables e inconstantes por lo que el sistema, en principio, no parece utilizable en la valoración del ferricianuro.

2.—A la misma cantidad de ferricianuro que la precedente, diluída en el mismo volumen de agua, se añade el mismo volumen de NaOH molar y unos dos grs. de ioduro potásico sólido. Se agita hasta disolución del ioduro y se añade después sobre la mezcla, agitándola de continuo, poco a poco, perclorato mercurioso 0,1 N. Al caer la sal mercuriosa sobre la mezcla se obtiene un precipitado pardo-negruczo que rápidamente se disuelve mientras disminuye sensiblemente el color amarillo del ferricianuro. Cuando la solución se ha hecho incolora, una gota más de reactivo mercurioso, origina un precipitado negro-grisáceo, de mercurio metálico, originado por la dismutación del catión frente al I⁻.

Potenciométricamente se observa una disminución paulatina del potencial correspondiente a la reducción del ferricianuro. Al principio, el potencial es de unos 240 mv (referidos al electrodo normal de calomelanos); baja lentamente hasta unos 50 mv, que corresponde ya a la casi total decoloración de la solución. En este punto, una sola gota de sal mercuriosa cambiando de polaridad, hace saltar el potencial a -100 mv.

En principio, el proceso parece estequiométrico y el salto de potencial es bueno.

3.—A unos 10 ml de ferricianuro 0,1 N diluïdos en unos 40 ml de agua se añaden 10 ml de CNK molar, con lo que la solución queda ya suficientemente alcalina. Al adicionar la sal mercuriosa se observan los mismos fenómenos que en el ensayo 2: formación de precipitado pardo negruzco, rápidamente disuelto, disminución progresiva del color amarillo del ferricianuro y persistencia final de mercurio metálico.

Potenciométricamente se comprueba una disminución paulatina del potencial desde 220 mv iniciales hasta unos 20 mv. En las proximidades de este punto una gota del reactivo mercurioso provoca un salto de unos 60 mv.

Aunque el salto de potencial es menor que con el sistema mercurioso/ioduro, el proceso, eventualmente, parece correcto.

4.—Con objeto de discernir hasta qué punto es necesaria la adición de iones complejantes del mercurio, y si el ferricianuro sólo, en medio alcalino suficiente, puede oxidar el catión mercurioso, se verifica el siguiente ensayo: A 10 ml de ferricianuro 0,1 N, diluïdos en unos 20 de agua se añade un volumen igual de NaOH M y después, agitando, poco a poco, solución 0,1 N de perclorato mercurioso. Aparece un precipitado amarillo parduzco al principio, que enseguida se hace amarillo intenso persistente, probablemente de HgO. Un ligero enturbiamiento negro parduzco originado al ponerse en contacto la sal mercuriosa con la mezcla alcalina desaparece por agitación, persistiendo el precipitado amarillo.

Seguido el ensayo potenciométricamente, se observa con las primeras gotas de mercurioso, un descenso brusco del potencial; después de una adición aproximada de 1 ml de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ el potencial desciende paulatinamente hasta que al llegar a las proximidades de los 100 ml, una sola gota del reactivo hace variar el potencial hasta -100 mv.

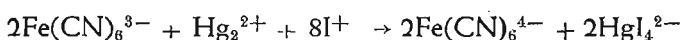
Aun cuando el saldo de potencial es grande y parece que, en principio, existe correlación entre volúmenes de ión mercurioso

gastado y de ferricianuro reducido, el hecho de la persistencia del precipitado amarillo quita importancia práctica al proceso.

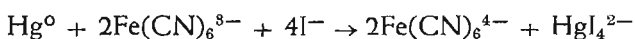
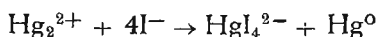
Repetidos los ensayos 2, 3 y 4 con nitrato mercurioso, se obtuvieron parecidos resultados.

Reacciones que tienen lugar en los ensayos precedentes:

La reducción del ión ferricianuro por el catión mercurioso en presencia de ioduro puede realizarse siguiendo dos caminos: reducción directa, o bien dismutación previa del mercurioso y posterior reducción por el mercurio formado:

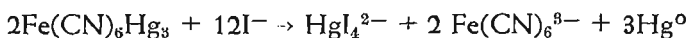
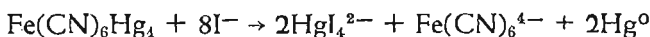
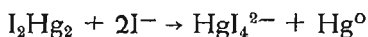


o bien



En ambos casos la reacción total es idéntica y se corresponde estequiométricamente el ferricianuro con el ión mercurioso.

El principal inconveniente de este sistema estriba en la posibilidad del que el ión mercurioso pueda estabilizar su valencia por precipitación con el mismo ión ioduro, o con alguno de los iones ferro o ferricianuro, disminuyendo, en consecuencia, su carácter reductor e impidiendo el proceso. Pero todos los compuestos mercuriosos susceptibles de formarse, se pueden dismutar si la concentración de ioduro es suficientemente elevada, ya que el complejo HgI_4^{2-} tiene una constante de estabilidad muy pequeña:

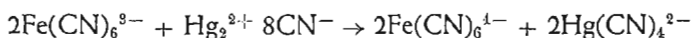


Por consiguiente, con una concentración suficiente de ioduro, la reducción del ferricianuro está garantizada.

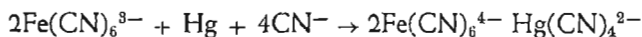
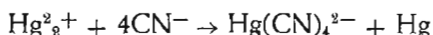
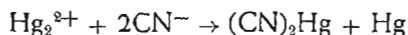
Dado el aspecto del precipitado que se obtiene al agregar la sal mercuriosa sobre la mezcla alcalina de ferricianuro y ioduro

parece que se produce la dismutación con formación de mercurio metálico el que, rápidamente, se oxida a ión mercuríco. Terminada la reducción del ferricianuro, un ligero exceso de ión mercurioso produce un enturbiamiento permanente grisáceo que, sin duda, es de mercurio metálico. Sin embargo, a veces, en distintas condiciones de alcalinidad, los precipitados inicialmente obtenidos son más bien pardos por lo que no queda excluída la probabilidad de que se formen ferricianuro mercurioso (de color pardo amarillento), diversas sales básicas de mercurio, incluso HgO (amarillo), o bien una mezcla de los compuestos citados, juntamente con mercurio metálico. Como en definitiva, todos estos compuestos de mercurio se disuelven si la concentración de ioduro es suficiente, toda esta aparente complicación del proceso queda limitada en sus fases inicial y final a una sencilla reducción del ferricianuro por el ión mercurioso.

Idénticos caminos podría seguir la reducción del citado ferricianuro por el reactivo mercurioso en presencia de CN^- ; es decir una reducción directa según:



o bien una previa dismutación del mercurioso y reducción del ferricianuro por el mercurio formado:



Como en el caso del ioduro, todos los compuestos insolubles de mercurio capaces de formarse, pueden disolverse si la concentración de CN^- es suficientemente elevada, originando por dismutación Hg metálico, el cual reduciría el ferricianuro. En definitiva, una concentración elevada de CN^- garantiza la reducción total.

No es de extrañar que los procesos de reducción en presencia de cantidades suficientes de cianuro o de ioduro, se verifiquen en ausencia de precipitado y que no se consiga lo mismo con tiocia-

to, porque los complejos que el catión mercurio forma con los dos primeros aniones son más estables y perfectos que el correspondiente con tiocianato, como se infiere de las constantes de disociación respectivas.

$$\frac{|Hg^{2+}| \times |CN^{-}|^4}{|Hg(CN)_4^{2-}|} = 4 \times 10^{-42}; \frac{|Hg^{2+}| \times |I^{-}|^4}{|HgI_4^{2-}|} = 5 \times 10^{-32};$$

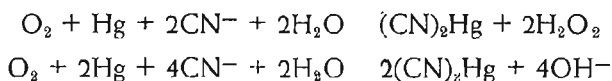
$$\frac{|Hg^{2+}| \times |SCN^{-}|^4}{|Hg(SCN)_4^{2-}|} = 10^{-22}$$

El grado de ocultación del mercurio en los dos primeros complejos es mucho mayor que en el segundo, en el que no es suficiente para evitar que los iones Hg^{2+} liberados rebasen el producto de solubilidad de los compuestos que aquí puedan formarse.

Con el sistema cianurado son de temer dos reacciones secundarias que afectarían al proceso en su aspecto cuantitativo:

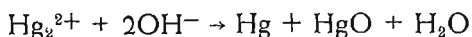
a) Reducción del ferricianuro por el propio cianuro, hecho comprobado por vez primera por Kasner (26) al estudiar la estabilidad de las soluciones de ferricianuro, y que si bien se verifica muy lentamente en soluciones neutra o poco básicas, es de temer que, en nuestro caso, en medio básico fuerte y en presencia de una gran concentración de cianuro, la reducción prospere y se haga lo suficientemente rápida como para impedir la aplicación práctica de nuestro sistema reductor.

b) Posible reducción del oxígeno atmosférico por el mercurio elemental, hecho constatado por S. Bolle (27) al agitar mercurio metálico en el seno de soluciones cianuradas, con aparición de agua oxigenada como producto de la reducción del oxígeno, y aumento de la alcalinidad de la solución, a consecuencia de las reacciones siguientes:

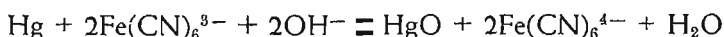


En cuanto a la reducción del ferricianuro simplemente por la

acción del catión mercurioso, sin necesidad de exaltar el poder reductor del segundo por la acción de iones complejantes del mismo, parece que se verifica mediante un proceso de dismutación previa originado por los iones OH^-



y el mercurio metálico originado es el que verdaderamente reduce al ferricianuro:



quedando, como productos finales de la reacción, óxido amarillo de mercurio precipitado y ión ferrocianuro o una mezcla de óxido y de ferrocianuro mercúricos.

Con objeto de dar una visión de conjunto respecto al valor de los potenciales de los sistemas que vamos a manejar y deducir consecuencias prácticas de su comparación, en la figura 1 se inserta un diagrama en el que figuran los potenciales normales más aproximados, en función del pH, de los sistemas: $\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}^0$; $(\text{CN})_2/\text{CN}^-$; $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$, y I_2/I^- , de acuerdo con los datos suministrados por la literatura (13) (28) (29) (30).

Se observa que el catión mercurioso sólo tiene existencia a un pH inferior 3. Al aumentar el pH, se dismuta en Hg y HgO, disminuyendo rápidamente el potencial, que adquiere un valor de 0,150 v en solución de NaOH 5 M saturada de HgO.

Respecto al sistema ferri-ferrocianuro, parece debería ser independiente del pH, de acuerdo con la fórmula de Nernst, ya que los iones hidrógeno no entran en las formas oxidada o reducida. En realidad, esto sucede sólo para valores de pH comprendidos entre 4 y 13, comprobándose experimentalmente que para valores inferiores o superiores a los indicados hay un aumento del potencial positivo, más acentuado en la región ácida, hasta llegar a un valor de 0,72 v a $\text{pH} = 0$, y de 0,52 v en solución de NaOH 5 M, mientras que para valores de pH comprendidos entre 4 y 13 se mantiene el potencial sensiblemente igual a 0,40 v.

El hecho de que aumente el poder oxidante del ferricianuro en medio ácido parece que es debido a que el ácido ferrocianhídrico es más débil que el ferricianhídrico al aumentar la acidez, desaparecen más rápidamente los iones ferro que los ferricianhídricos, con lo que aumenta la relación $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$, y por lo tanto también aumenta el potencial de acuerdo con la ecuación de Nernst:

$$E = E_0 + 0,059 \log \frac{|\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}|}{|\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}|}$$

El incremento del poder oxidante del ferricianuro en medios fuertemente alcalinos, que son aquellos en los que nosotros vamos a trabajar, es un hecho constatado de antiguo; Lewis y Sargent (31), Müller (32), Kolthoff (33), del Fresno y Valdés (34), lo señalan en sus trabajos. Más recientemente, Charlot (35) y Willard y Manalo (36), consignan también este incremento del potencial del ferricianuro en medios muy básicos. A lo largo de nuestra labor experimental, hemos tenido ocasión de comprobar, en efecto, un desplazamiento hacia potenciales más positivos para soluciones 0,1 N de ferricianuro potásico al aumentar la alcalinidad por encima de pH 13.

Probablemente este hecho obedezca a una mayor disminución en la concentración de iones ferricianuro al aumentar la alcalinidad, retrogradándose la disociación de la sal correspondiente más rápidamente que la del ferricianuro.

El sistema I_2/I^- , o mejor aún, el sistema I_3^-/I^- , tiene un potencial de 0,60 v independiente del pH para valores de éste comprendidos entre 0 y 9. A pH superior a 9 el yodo se dismuta originando, primeramente, IO^- y I^- , transformación ésta que ya es total a partir de pH igual a 11.

El ión CN^- sólo tiene existencia real a partir de un pH igual a 9; a una acidez mayor, se forma CNH y el potencial crece rápidamente. A pH superior a 13, la forma oxidada, $(\text{CN})_2$, se dis-

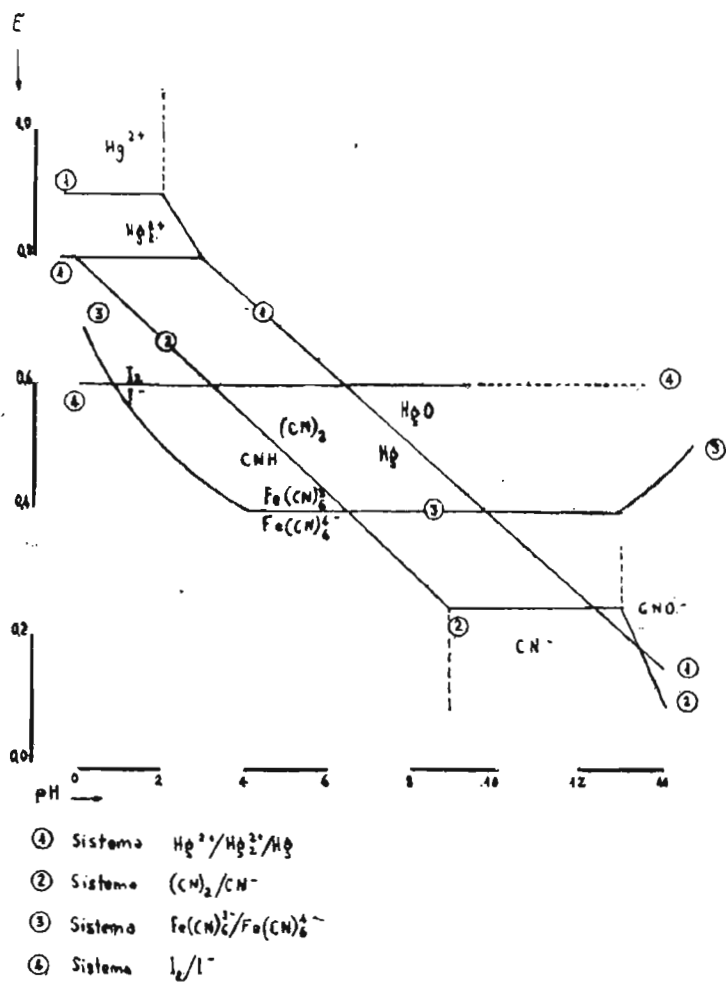


Figura 1

muta en CNO^- y CN^- y el potencial desciende hasta 0,2 v.

De la observación de la fig. 1 se deducen las consecuencias siguientes:

1.—Para alcalinidades fuertes (pH superior a 12) el ferricianuro actúa como oxidante del mercurio metálico originado por la dismutación de la sal mercuriosa en este medio.

2.—En medios básicos, el ferricianuro oxida al ión CN^- , oxidación que debe de prosperar con la alcalinidad, ya que a partir de un $\text{pH} = 13$, aumenta la diferencia entre los potenciales de ambos sistemas.

3.—El ión ferricianuro sólo puede oxidar el ión ioduro en medio bastante ácido; en medio alcalino son perfectamente compatibles ambos iones.

Por consiguiente, de los distintos sistemas probados en los ensayos previos para reducir el ferricianuro con sal mercuriosa en medio alcalino, eliminado el que se verifica en presencia de SCN^- , solo quedan dos que teóricamente sean factibles: a). Reducción directa en medio alcalino fuerte, y b). Reducción en medio alcalino iodurado.

La reducción en medio cianurado debe ser rechazada por la interacción entre ferricianuro y cianuro.

De los dos sistemas posibles, es lógico que el más ventajoso sea el segundo, ya que a la ausencia total de precipitado, lo que permite con claridad seguir visualmente el proceso por la atenuación del color amarillo del ferricianuro, o por el empleo de algún indicador apropiado, se une el hecho de que por ser el complejo HgI_4^{2-} bastante perfecto y liberar escasos iones Hg^{2+} , se exalta el poder reductor de la sal mercuriosa que puede llegar hasta un valor de $-0,15$ v para una concentración molar de I^- y $0,01$ M de Hg_2^{2+} .

En la fig. 2, se insertan los potenciales de los sistemas $\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}$ en función de pI^- , calculados por S. Bolle (27), y en él se aprecia claramente la disminución del potencial al aumentar la con-

centración de I^- y cómo, a una concentración elevada de éste, sólo tienen existencia práctica Hg metálico y el complejo HgI_4^{2-} .

Este aumento del poder reductor asegura una rápida reducción del ferricianuro, y el hecho ya señalado, de que el proceso se verifique sin persistencia de precipitado, justifica que la proyectada labor experimental de esta primera parte, se dedique de lleno al estudio de la reducción del ferricianuro con este sistema alcaliniodurado.

VALORACION DEL ION FERRICIANURO

Antecedentes bibliográficos.—El ferricianuro potásico, en diferentes medios alcalinos, se ha empleado en la valoración de sales de arsénico, antimonio, estaño, cromo, cobalto, níquel manganeso, cerio, talio, vanadio, diversos compuestos de azufre, agua oxigenada, azúcares, formaldehído, sulfato de hidrazina, glicerina y otros compuestos orgánicos.

En la mayor parte de estas valoraciones, el ferrocianuro formado en la reducción, se determina posteriormente por permanganimetría con arreglo al método clásico, en medio ácido, o con sulfato cérico, en el mismo medio.

Cuando se intenta una valoración directa, el punto final se determina potenciométricamente (34) (37) (38) (39). Algunos autores han propuesto el empleo de indicadores para detectar el punto final: El sulfato ferroso se ha empleado en la valoración de hidrosulfitos (40). El ácido pícrico y el azul de metileno en la de ferricianuros con azúcar (41). La dimetilglioxima ferrosa ha sido empleada por Charlot (42) en la valoración de sulfuros e hidrosulfitos. H. Willard y D. G. Manalo (43) sugieren la utilización de diversos derivados de la difenilamina como indicadores en medio alcalino.

Sin embargo, las valoraciones directas de ferricianuro, en medio alcalino empleando diversos agentes reductores, son escasas: C. del

DIAGRAMA DE POTENCIALES DEL SISTEMA OXIDO-REDUCTOR DEL
 $Hg/Hg_2^{2+}/Hg^{2+}$ EN FUNCION DEL $p.I^{-}$

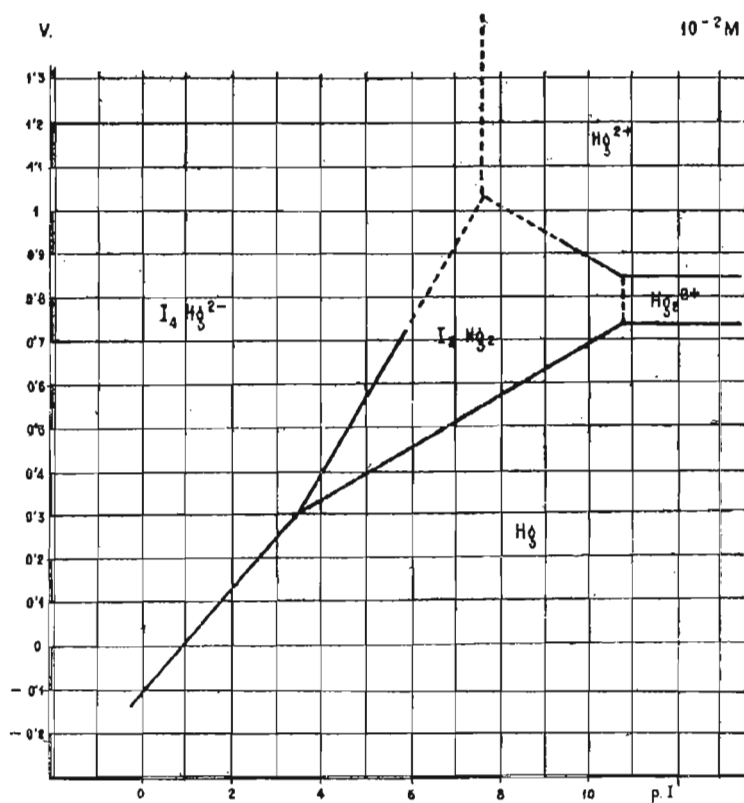


Figura 2

Fresno y L. Valdés (34) preconizan el uso de sulfato de vanadilo para esta valoración en medio alcalino fuerte y en ausencia de aire.

C. del Fresno y O. Mairlot (44) utilizan el mismo agente reductor para valorar simultáneamente ferricianuros y cromatos.

F. L. Hahn (45) emplea una sal crómica valorada, en solución concentrada de NaOH y acelerando la reacción con sulfato de salio.

P. Dickens y G. Maassen (46) reducen con nitrato de cobalto en medio tampón amoniaco-cloruro amónico.

H. Willard y D. G. Manalo (43) emplean el peróxido de hidrógeno en medio básico 3 M de NaOH y a 80° ó 90°.

Ninguna referencia existe sobre la utilización de una sal mercuriosa para esta valoración.

Proponemos este reactivo para la citada determinación, y a su estudio se dedica la parte experimental que sigue.

PARTE EXPERIMENTAL

Con objeto de sistematizar los trabajos experimentales, se agruparon éstos en los siguientes apartados:

- a).—Influencia del pH.
- b).—Influencia de la concentración de ioduro potásico.
- c).—Influencia de la concentración de ferricianuro.
- d).—Influencia del tiempo.
- e).—Influencia de la temperatura.
- f).—Influencia de la acidez del reactivo.
- g).—Influencia de los aniones más frecuentes.
- h).—Ensayo de indicadores.

En todos los casos se efectuaron valoraciones potenciométricas con el aparato Beckman, modelo σ , con electrodo de platino como indicador y de calomelanos como referencia.

Reactivos:

1. *Perclorato mercurioso 0,1 N.* — Hemos preferido esta sal mercuriosa al nitrato, porque aunque el último sea más corriente, el perclorato tiene las ventajas ya señaladas por W. Pugh (15), de proporcionar soluciones prácticamente estables y casi neutras, ya que es la sal mercuriosa menos hidrolizable, lo que permite un mejor estudio de la influencia de la acidez. De otra parte, su preparación es sencilla y no dura mucho más que la del nitrato. Las soluciones se han obtenido de acuerdo con la receta dada por W. Pugh en un trabajo de anterior (47) al citado antes; pero incrementando la cantidad de óxido mercúrico con objeto de que las soluciones resulten lo menos ácidas posibles. Se prepara de la manera siguiente a partir de productos puros Merck:

Se mezclaron las siguientes cantidades:

Oxido rojo de mercurio.	26 g.
Acido perclórico (d = 1,5)	30 ml.
Agua	50 ml.
Mercurio.	30 g.

Se agita a intervalos, durante una hora, al cabo de la cual la solución carece prácticamente de catión mercúrico. (Puede comprobarse su existencia precipitando una gota con ClH , filtrando y viendo si el filtrado precipita con SH_2).

Se filtra el exceso de mercurio y se diluye a 2 litros.

Se valora por precipitación como Cl_2Hg_2 .

2. *Ferricianuro potásico 0,1 N.* — Preparado a partir de la sal pura Merck. Se valora por iodometría en presencia de sulfato de cinc que aumenta el poder oxidante del ferricianuro, según el método de Lenssen y Mohr, modificado por Müller y Diefenthaler (48).

Los factores de las soluciones 1 y 2 se han comprobado periódicamente.

3. Ioduro potásico 1 M, puro, Merck.

4. Soluciones alcalinas diversas, preparadas a partir de productos puros, exentos de reductores.

a). *Influencia del pH:*

Se han efectuado valoraciones en medio amoniacal, en medio saturado de bicarbonato sódico, en solución de carbonato sódico, en tampón $\text{ClNH}_4 - \text{NH}_3$ y en soluciones de concentración creciente de NaOH .

En cada caso se ha determinado previamente el pH de la solución a valorar electrométricamente, con electrodo de vidrio.

En estas valoraciones se ha escogido como concentración fija de IK la de 0,4 M. En todos los casos se han valorado 10 ml de la solución contrastada de ferricianuro potásico.

Procedimiento: A 10 ml de ferricianuro 0,1 N se añaden, primero, el volumen adecuado de la solución alcalina, después el volumen de agua necesario para que el final sea de 100 ml y, finalmente, de 30 a 40 ml de IK M. Enseguida se sumergen los electrodos del potenciometro en el vaso de reacción, se agita el líquido mecánicamente, con agitación fuerte y se valora, poco a poco, con perclorato mercurioso dispuesto en una bureta.

Al caer la sal mercuriosa sobre el líquido a valorar se produce un precipitado negro-parduzco que rápidamente se disuelve mientras disminuye sensiblemente el color amarillo del ferricianuro. Durante casi toda la valoración el potencial se estabiliza rápidamente, pero en las proximidades de punto final, en las que ya el líquido es casi incoloro, la reacción es más lenta y conviene esperar unos segundos después de cada adición de reactivo hasta que el potencial se estabilice.

En la tabla número I se indican los resultados obtenidos:

Tabla I

- Soluciones:* 1.—Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$.
2.—Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,014$.

En todos los casos se han puesto 10 ml de ferricianuro potásico equivalentes a 9,82 ml 0,1000 N.

CONDICIONES DE pH	Ml. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1014 N gastados	Ml. de ferri- cianuro 0,1000 N encontrados	Diferencia %
1. Solución saturada de CO_3HNa pH = 8,5.....	10,48	10,64	+ 8,2
2. Solución tampón $\text{CINH}_4\text{-NH}_3$ pH = 9,0...	10,10	10,24	+ 4,3
3. Solución de CO_3Na_2 al 1% pH = 10,8.....	10,58	10,73	+ 9,2
4. Solución 1 M de NH_3 pH = 11,5.....	9,95	10,09	+ 2,7
5. Solución 0,1 M de NaOH pH = 12,7.....	10,20	10,34	+ 5,2
6. Solución 0,5 M de NaOH pH = 13,6.....	9,90	10,05	+ 2,3
7. Solución 0,65 M de NaOH pH = 13,2.....	9,85	9,99	+ 1,7
8. Solución 1 M de NaOH pH = 14.....	9,70	9,84	+ 0,2
9. Solución 2 M de NaOH pH > 14.....	9,70	9,84	+ 0,2
10. Solución 2,6 M de NaOH pH > 14.....	9,68	9,82	0,0
11. Solución 3 M de NaOH pH > 14.....	9,65	9,79	- 0,3
12. Solución 4 M de NaOH pH > 14.....	9,75	9,89	+ 0,6

Consecuencias: A pH inferior a 14 se obtienen siempre valores altos. En estos casos el potencial, en general, tarda más en estabilizarse. El precipitado obtenido es más negro, grumoso y necesita mayor agitación para disolverse totalmente.

Con soluciones de NaOH de 1 a 3 M los resultados son excelentes; el precipitado obtenido es más claro se disuelve inmediata-

mente y el salto de potencial más amplio y definido. Los resultados obtenidos indican la no perturbación por el oxígeno atmosférico.

b). *Influencia de la concentración de ioduro potásico.*

Se toma como valor fijo de pH el correspondiente a una solución aproximadamente molar de NaOH.

Se ponen, sucesivamente, en un vaso de precipitados: 10 ml de ferricianuro potásico valorado, 0,1 N, 25 ml de NaOH 4 M, agua destilada en cantidad necesaria para que el volumen final sea de 100 ml y cantidades variables de IK M. Se valora enseguida potenciométricamente con perclorato mercurioso 0,1 N.

Los resultados se encuentran en la siguiente tabla número II.

Tabla II

Soluciones: 1. — Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,974$.

2. — Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,014$.

En todos los casos se han valorado 10 ml de ferricianuro equivalente a 9,74 ml 0,1000 N.

IK molaridad de la disolución	Ml. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1014 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	Diferencia %
0,1	10,33	10,48	+ 7,5
0,15	10,30	10,44	+ 7,3
0,2	9,75	9,89	+ 1,5
0,25	9,65	9,79	+ 0,5
0,3	9,65	9,79	+ 0,5
0,4	9,60	9,73	- 0,1
0,5	9,63	9,76	+ 0,2

Consecuencia: La concentración conveniente de IK ha de ser su-

perior a 20 ml de IK molar por 100 ml de solución; es decir, la correspondiente a una solución más concentrada que 0,2 M en IK. Para valores inferiores los resultados son siempre por exceso. Si la concentración es inferior a 0,1 M se obtiene un precipitado pardo al principio que posteriormente se hace amarillo y que no se redissuelve.

c). *Influencia de la concentración de ferricianuro.*

Se opera como anteriormente, manteniendo fijas las concentraciones óptimas de hidróxido sódico y de ioduro potásico encontrados en los ensayos precedentes; es decir, que por cada 10 ml de volumen total a valorar, se añaden 25 ml de NaOH 4 M y 40 ml de ioduro potásico.

Los resultados se agrupan en la tabla III.

TABLA III

Soluciones: 1.—Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$.
2.—Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,020$

Ml. de ferricianuro 0,1000 N (corregidos), puestos	Ml. de perclorato mercurioso 0,1020 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N, encontrados	Diferencia %
4,88	4,80	3,90	+0,4
9,75	9,55	9,74	-0,1
14,63	14,30	14,59	-0,2
19,50	19,10	19,48	-0,1
24,38	23,90	24,38	0,0
29,25	28,70	29,27	+0,06

Se observa que los resultados son, en todos los casos, correctos, lo que prueba que la concentración de IK fijada es aceptable para cualquier volumen de ferricianuro comprendido dentro de los utilizados en los análisis habituales.

d). *Influencia del tiempo.*

Hasta ahora se ha operado valorando inmediatamente después de adicionar la disolución de IK a la mezcla de ferrocianuro y de sosa. Sin embargo, por si era factible una reacción entre ferricianuro y yoduro, provocada por la gran concentración de este último, aun cuando teóricamente no sea previsible, se ha dejado transcurrir un tiempo variable después de la adición de IK, antes de proceder a su valoración.

En todos los casos se han mezclado los siguientes volúmenes: 10 ml de ferricianuro potásico 0,1 de $f = 0,982$; 25 ml de NaOH M; 25 ml de H_2O y 49 ml de IK molar.

Se valora con $(ClO_4)_2Hg$, 0,1 M de $f = 0,952$. Se considera el tiempo que transcurre desde la adición del IK hasta que se inicia la valoración.

En la tabla IV se recopilan los resultados obtenidos, y en la figura 3 se representa gráficamente la reducción del ferricianuro en función del tiempo.

En aquellas mezclas que se han dejado estar más de 5 minutos, se nota olor a iodo (hipoiodito). Después de terminar la valoración, al acidular, se observa iodo libre, puesto de manifiesto por el color azul con almidón.

Es decir, sin ninguna duda ha habido un proceso de oxidación del yoduro por el ferricianuro:



El iodo originado, se dismuta en el medio fuertemente alcalino pudiendo pasar incluso a IO_3^- , complicando así el proceso.

La reacción entre ferricianuro y ioduro que debe ser sumamente lenta en las condiciones de alcalinidad en las que se trabaja, parece ser que una vez iniciada, progresa con rapidez, como puede verse en la citada figura 3.

Desde el punto de vista práctico estos hechos no son elemento perturbador, siempre que el ioduro potásico se añada inmediatamente antes de iniciar la valoración.

TABLA IV

Soluciones: 1. — Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$.

2. — Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 0,952$.

En todos los casos se han puesto 10 ml de ferricianuro 0,0982 N equivalentes a 9,82 0,1000 N.

Tiempo transcurrido en minutos	Ml. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,0952 N ² gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	% de ferricianuro reducido
1	10,30	9,81	0,1
2	10,30	9,81	0,1
3	10,30	9,81	0,1
4	10,25	9,76	0,5
4,5	5,95	9,48	3
5	9,65	9,19	7
10	9,30	8,85	9,9
20	8,80	8,38	15
60	6,48	6,17	27
24 horas	1,00	0,95	91

e) *Influencia de la temperatura*

Por si el aumento de temperatura pudiera favorecer la reacción entre ferricianuro y ioduro, indicada en d), se verifican determinaciones a temperaturas variables.

Las diversas soluciones se calientan o enfrían independientemente antes de mezclarlas. Como al añadir la disolución mercuriosa hay un descenso en la temperatura del líquido que se valora, en estos casos, se toman las temperaturas inicial y final.

Las condiciones de la determinación son las mejores encontradas en los ensayos precedentes:

Los resultados obtenidos figuran en la tabla V.

TABLA V

Soluciones: 1.—Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$.
2.—Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 0,952$.

En todos los casos se valoran 10 ml de ferricianuro 0,0982 N equivalentes a 9,82, 0,1000 N.

Temperatura inicial	Temperatura final	Ml. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,0952 gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	Ferricianuro reducido %
10°C	12°C	10,30	9,81	0,1
20°C	20°C	10,32	9,82	0,0
25°C	22°C	10,28	9,79	0,3
30°C	28°C	10,25	9,76	0,6
40°C	35°C	10,10	9,62	2
70°C	62°C	9,80	9,33	5

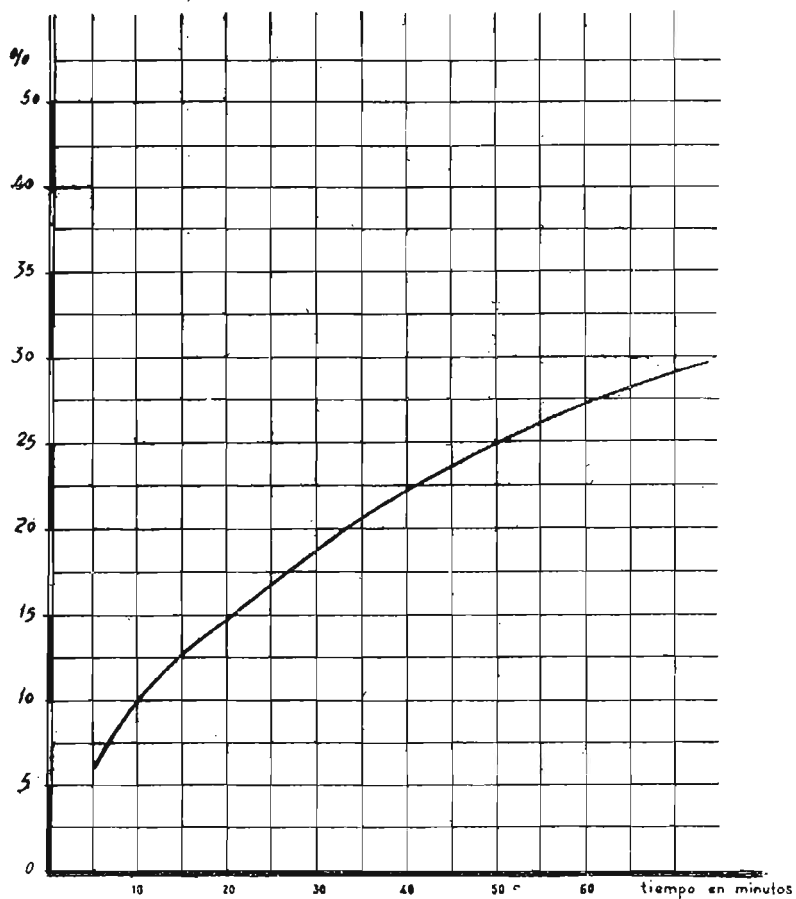


Figura 3.—Reducción del ferricianuro en función del tiempo

Se observa que a temperaturas superiores a 30° los resultados son bajos lo que prueba que, en efecto, ha habido un proceso de reducción del ferricianuro por otro agente reductor distinto del mercurioso; sin duda, el anión yoduro.

No se han efectuado determinaciones a temperaturas superiores a los 70° porque, aparte de quedar ya comprobada la reacción secundaria citada, a esas temperaturas puede descomponerse el propio ferricianuro.

f). *Influencia de la acidez del reactivo.*

Hasta ahora todos los ensayos precedentes han sido efectuados con perclorato mercurioso de acidez mínima, preparado de acuerdo con la receta dada en la pág. 23.

Intentando reproducir los ensayos con una disolución valorada de nitrato mercurioso se encontraron valores altos, con gasto excesivo de sal mercuriosa, lo que inducía a pensar en un posible proceso secundario, acaso con reducción del nitrato, o que el citado nitrato contuviese cantidades apreciables de nitrito que podrían obrar, bien sobre el yoduro, o bien sobre el ferri o ferrocianuro al caer la solución ácida sobre el problema. Sin embargo, un ensayo cualitativo de nitritos mediante la conocida reacción de Griess, tanto sobre el reactivo mercurioso como sobre el líquido resultante de la valoración, señala muy pequeñas cantidades de nitritos en ambos casos.

En el epígrafe siguiente se indican los ensayos sistemáticos realizados para ver la influencia del anión NO_3^- en la valoración con perclorato mercurioso como el utilizado hasta ahora y en las condiciones antes fijadas, y allí se saca la consecuencia de que el citado anión no tiene influencia sobre la valoración.

Como el nitrato mercurioso que empleamos tenía ácido libre necesario para impedir su hidrólisis, se sospechó fuese esta acidez la responsable de los resultados altos obtenidos con esta sal. A pesar de que el medio es lo suficientemente alcalino para neutralizar

cualquier acidez, no está excluida la posibilidad de que en el lugar donde cae el reactivo, si éste es muy ácido, una brusca disminución del pH pueda originar las perturbaciones indicadas en el párrafo a) y explicar los valores altos así encontrados.

Para probar hasta que límite de acidez se obtienen valores correctos, se preparan soluciones de perclorato y de nitrato mercurioso de acidez diversa, desde la mínima indispensable para evitar la precipitación de sales básicas por hidrólisis, hasta las que contienen ácido libre de exceso. En los reactivos se determina el pH electrométricamente, con electo do de vidrio.

El reactivo nitrato mercurioso con la menor acidez nítrica posible ha sido preparado de la siguiente manera: Un poco más de la cantidad de sal necesaria teóricamente para preparar un litro de disolución 0,1 N se tritura en pequeñas porciones, con agua. Al conjunto se le añaden unos 20 ml de NO_3H 1 N, se diluye a un litro con agua y se filtra. De esta manera resulta una solución que es aproximadamente 0,02 N en NO_3H . Se valora gravimétricamente por precipitación como Cl_2Hg .

En las tablas VI y VII se consignan los resultados obtenidos.

Consecuencias: Con acidez elevada ($\text{pH} \geq 1$) los resultados obtenidos son siempre altos, por exceso. Puesto que el perclorato mercurioso puede prepararse con acidez inferior a la necesaria para impedir la hidrólisis del nitrato, estos ensayos justifican que hayamos preferido el primer reactivo para estas valoraciones.

TABLA VI

- Soluciones:*
1. - Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$
 2. - Perclorato mercurioso 0,1 N de factores diversos.

En todos los casos se han valorado 10 ml de ferricianuro 0,0975 N equivalentes a 9,75 ml 0,1000 N.

pH	Ml. de perclorato 0,1020 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	Diferencia %
3,0	9,55	9,74	- 0,1
3,0	9,60	9,79	+ 0,4
3,0	9,58	9,77	+ 0,2
	(ClO ₄) ₂ Hg ₃ 0,0980 N		
1,8	10,00	9,80	+ 0,5
1,8	10,00	9,80	+ 0,5
1,8	9,98	9,78	+ 0,3
	(ClO ₄) ₂ Hg ₂ 0,0960 N		
1,0	10,45	10,02	+ 2,7
1,0	10,40	9,98	+ 2
1,0	10,50	10,08	+ 3
	(ClO ₄) ₂ Hg ₂ 0,0922 N		
0,3	11,00	10,14	+ 4
0,3	10,80	9,96	+ 2
0,3	11,00	10,14	+ 4

TABLA VII

Soluciones: 1.—Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$.

2.—Nitrato mercurioso de factores diversos.

En todos los casos se han valorado 10 ml de la solución de ferricianuro equivalentes a 9,75 ml 0,1000 N.

pH	Ml. de perclorato 0,1020 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	Diferencia %
1,7	9,95	9,75	0,0
1,7	9,93	9,73	- 0,2
1,7	9,90	9,70	- 0,5
	(NO ₃) ₂ Hg ₂ 0,0974 N		
1,1	10,40	10,12	+ 3,8
1,1	10,25	9,98	+ 2,3
1,1	10,30	10,03	+ 2,8
	(NO ₃) ₂ Hg ₂ 0,095 N		
0,5	10,48	9,96	+ 2,1
0,5	10,70	10,17	+ 4,3
0,5	10,60	10,07	+ 3,2

g) *Influencia de los distintos aniones.*

Una de las ventajas del medio alcalino iodurado en el que trabajamos es que dada la gran estabilidad del complejo HgI_4^{2-} que se forma, cualquier precipitado que pudiera originarse con el catión mercuríco, incluso HgO , es disuelto si la concentración de yoduro es suficiente. Por otra parte, los posibles precipitados que pudiera formar el catión mercurioso, como ya se ha indicado, son dismutados por el medio alcalino fuerte y el mercurio producido en la dismutación es oxidado por el ferricianuro.

En consecuencia, no perturbará ningún anión aunque corrientemente formen sales insolubles con los cationes mercurioso o mercuríco, y únicamente serán incompatibles con la valoración aquellos que, en medio básico, tengan potencial suficientemente elevado para oxidar la sal mercuriosa o el mercurio originado por

dismutación, o aquellos otros cuyo carácter reductor sea suficiente para reducir el ferricianuro.

Entre los primeros se han ensayado IO^- , BrO^- y ClO^- . A soluciones recientemente preparadas de dichos aniones, por acción del halógeno correspondiente sobre NaOH , se añade disolución mercuriosa y se comprueba, potenciométricamente que dicha sal es oxidada, si bien esta oxidación es sumamente lenta con hipoyodito y algo más rápida con los otros dos hipohalogenuros; simultáneamente aparecen precipitados diversos, seguramente de mezclas de óxido y haluros de mercurio.

Dado el potencial oxidante creciente en medio básico del hipoyodito al hipoclorito (0,6, 0,8 y 0,9 v, respectivamente a $\text{pH} = 13$) es lógico que la oxidación suceda como se ha visto.

Es natural que los dos últimos sistemas no puedan emplearse en medio iodurado porque actuarían también sobre el yoduro, oxidándole incluso a IO_4^- (49).

Entre los aniones reductores perturbadores y que impiden la valoración del ferricianuro se encuentran:

S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, AsO_2^{3-} y CN^- ; el primero actuaría también precipitando SHg .

En el epígrafe f) se ha indicado que el anión NO_3^- no estorba, al menos, en cantidades moderadas, puesto que se han efectuado valoraciones con nitrato mercurioso con buenos resultados.

No obstante, se han realizado ensayos sistemáticos, para comprobar hasta que grado no es perturbadora la presencia de este anión. Para ello, al problema que contiene la mezcla de ferricianuro, sosa y yoduro, estos últimos en las concentraciones anteriormente fijadas, se añaden cantidades variables de una disolución al 10 % de NO_3Na y se procede a la valoración del ferricianuro con perclorato mercurioso.

Estos ensayos se han efectuado también con sulfato y cloruro sódico, por ser los tres aniones: NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- , los más frecuentes.

Los resultados se encuentran en las tablas VIII, IX y X.

TABLA VIII

- Soluciones:* 1. - Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$.
 2. - Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,020$.
 3. - Nitrato sódico 20 ‰.

En todos los casos se valoran 10 ml del ferricianuro citado equivalentes a 9,75 ml de solución 0,1000 N.

Ml. de NO_3Na	Ml. de mercurioso 0,1020 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N, encontrados	Diferencia ‰
2	9,60	9,79	+0,4
2	9,58	9,77	+0,2
6	9,55	9,74	-0,1
6	9,58	9,77	+0,2
10	9,60	9,79	+0,4
10	9,60	9,79	+0,4
20	9,65	9,84	+0,9
20	9,63	9,79	+0,4

TABLA IX

- Soluciones:* 1. - Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$
 2. - Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,020$
 3. - Sulfato sódico al 20 ‰.

En todos los casos se valoran 10 ml de la solución 1 equivalentes a 9,75 ml de ferricianuro 0,1000 N.

Ml. de SO_4Na_2	Ml. de mercurioso 0,102 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	Diferencia %
2	9,55	9,74	-0,1
2	9,58	9,77	+0,2
6	9,55	9,74	-0,1
6	9,50	9,69	-0,6
10	9,60	9,79	+0,4
10	9,60	9,79	+0,4
20	9,65	9,84	+0,9
20	9,65	9,84	+0,9

TABLA X

- Soluciones:* 1. - Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$.
 2. - Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,020$.
 3. - Cloruro sódico al 20 %.

Ml. de ClNa	Ml. de mercurioso 0,1020 N gastados	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados	Diferencia %
2	9,58	9,77	+0,2
2	9,54	9,73	-0,2
6	9,58	9,77	+0,2
6	9,56	9,75	0,0
10	9,58	9,77	+0,2
10	9,60	9,79	+0,4
20	9,63	9,82	+0,7
20	9,60	9,79	+0,4

Los resultados son, en general, aceptables, y cuando la concentración de sal extraña es pequeña no afecta en nada al método. En grandes concentraciones salinas, como era de esperar, el salto de potencial es menos amplio.

h) *Ensayo de indicadores:*

Es sabido que los indicadores rédox utilizables en medios muy alcalinos son escasos. Generalmente son compuestos coloreados orgánicos susceptibles de sufrir una transformación cromática, bien por variación del pH o bien por variación del potencial rédox del medio. El hecho de que haya que tener en cuenta estas dos circunstancias simultáneamente, unido a que son difícilmente, reversibles, o que esta reversibilidad es lenta, y que su cambio de color, por regla general, se verifica a potenciales muy reductores, lo que obliga a utilizarlos en valoraciones fuera del contacto con el aire, hace que muy pocos sean útiles para servir de indicador del punto de equivalencia en la valoración que estudiamos.

El azul de metileno y la dimetilgloxima ferrosa que se han empleado en la valoración de azúcares (40) y de diversos compuestos de azufre (42), respectivamente, con ferricianuro potásico en medios alcalinos débiles, no son utilizables porque se descomponen al pH elevado en el que nosotros trabajamos. El ácido pícrico no es utilizable con este sistema. Recientemente, H. Willard y D. G. Manalo (43) realizan un estudio sobre el empleo de diversos derivados de la difenilamina como indicadores rédox en medio alcalino; entre ellos encuentran cuatro que son oxidados por el ferricianuro potásico de la forma reducida incolora a la roja. Como de los cuatro indicadores sólo disponíamos del difenilaminsulfonato de bario, con él efectuamos una serie de ensayos con vistas a su empleo en la volumetría que estudiamos.

De acuerdo con los autores citados, este indicador debe ser previamente oxidado, en medio ácido, a la forma verde reversible antes de que pueda utilizarse en medio alcalino. Los autores no

indican como efectúan esta oxidación previa. Para ello, y teniendo en cuenta que el potencial de viraje de este indicador es de 083 v a un $\text{pH} = 0$, probamos a realizar la oxidación con solución de permanganato potásico diluída: Se prepara una solución acuosa del indicador al 0,5 %; se acidula con gotas de ClH y se añaden, poco a poco, en frío, gotas de MnO_4K 0,1 N hasta color verde intenso del indicador; se añade NaOH hasta reacción alcalina y se filtran los posibles óxidos de manganeso que hayan precipitado. El color cambia de verde oliva a amarillo claro.

Con este indicador se efectuaron ensayos para ver su utilidad en nuestra valoración, con resultados variables. Si el indicador no ha sido bien oxidado a la forma verde, consume ferricianuro y necesita un considerable factor de corrección; en efecto, si el indicador se añade poco antes del punto de viraje, él sólo consume el ferricianuro aun no reducido y lleva el potencial del medio a valores negativos. Si se añade un exceso de permanganato para asegurar la oxidación completa, este exceso perturba la valoración.

Substituyendo el permanganato por otros oxidantes enérgicos, cuyo exceso pueda ser fácilmente eliminable por filtración o destrucción (bismutato sódico, persulfato amónico) se obtuvieron indicadores que sólo pocas veces dieron resultados aceptables y concordantes con el salto de potencial.

En general, el viraje con un indicador así preparado, es poco neto: del rojo claro en la forma oxidada al amarillo claro en la forma reducida.

Willard y Young (50) recomiendan como indicador una forma parcialmente oxidada del difenilaminsulfonato de bario, que emplean en la valoración de cromo y vanadio en aceros, con el cual la corrección del indicador es prácticamente despreciable. Esta forma es de color verde y está constituida por un compuesto de adición entre el producto de oxidación rojo violáceo y el ácido difenilaminsulfónico no oxidado. Entre los varios métodos que describe para preparar el indicador parcialmente oxidado, nos ha dado mejores resultados el siguiente.

Se disuelven 0,320 g. de difenilaminsulfonato de bario en 100 ml de agua; se añaden unos ml de disolución de sulfato de sodio al 10% y se filtra el SO_4Ba precipitado. Al filtrado se añaden 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y se diluye con agua hasta unos 300 ml; a continuación se añaden, poco a poco, 25 ml de dicromato potásico 0,1 N y después, 8 ml de sulfato ferroso 0,1 N. Se obtiene una solución de intenso color verde, turbia, que se deja estar unos días hasta que una porción de líquido que sobrenada apenas de color cuando se agregan a 100 ml de agua conteniendo 2 ml de dicromato potásico 0,1 N y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado. En este momento, se separa cuidadosamente el líquido, cuidando de no remover el precipitado verde decantado. Se purifica éste adicionando unos 300 ml de agua y unos 15 de ácido sulfúrico concentrado; se deja depositar nuevamente el precipitado y se separa como antes el líquido que sobrenada. Finalmente se añaden unos 100 ml de agua al precipitado y se agita intensamente hasta obtener una suspensión verde, que es la que se utiliza como indicador.

La laboriosidad en la preparación de indicador, especialmente por la dificultad con la que deposita el precipitado verde, quedó compensada con los buenos resultados obtenidos al utilizarle en la valoración que estudiamos. El viraje es, en nuestro caso, de color rojo en presencia de ferricianuro al incoloro en la forma reducida. El viraje coincide, sensiblemente, con el punto de equivalencia potenciométrico. El indicador es perfectamente reversible y el cambio es suficientemente neto. Empleamos cinco gotas del indicador para cada 100 ml de volumen a valorar.

En la tabla XI se encuentran los resultados obtenidos.

METODO QUE SE RECOMIENDA EN LA VALORACION DEL ION FERRICIANURO

Como resumen de todos los ensayos efectuados en los epígrafes precedentes, podemos establecer como definitivo el siguiente «procedimiento operatorio»:

«Al problema que contiene el ferricianuro, dispuesto en un vaso de precipitados, se añaden sucesivamente: 25 ml de NaOH 4 M, la cantidad necesaria de agua para que el volumen final sea de unos 100 ml y, finalmente, 40 ml de ioduro potásico 1 M. Inmediatamente se introducen en el vaso los electrodos del potenciómetro y se valora con perclorato o nitrato mercurioso poco ácido, con vigorosa agitación mecánica durante el transcurso de la valoración. En las proximidades del punto final (valor del potencial ≈ 100 mv), conviene añadir la sal mercuriosa poco a poco, esperando la estabilización del potencial antes de efectuar nueva adición de reactivo. La valoración debe hacerse a la temperatura ambiente. Si se emplea indicador, deben añadirse unas 5 gotas de la forma parcialmente oxidada de difenilaminsulfonato bórico».

TABLA XI

- Soluciones: 1. Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,975$.
2. Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,020$.

Ml. de ferricianuro 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de ferricianuro 0,1000 N encontrados		Diferencia % (con indicador)
	Potenciométricamente	Con indicador	
4,88	4,85	4,90	+0,4
9,75,	9,74	9,78	+0,3
14,63	14,58	14,70	+0,17
19,50	19,48	19,53	+0,2
24,38	24,38	24,48	+0,4
29,25	29,30	29,30	+0,17

Curva de valoración potenciométrica: En la figura 4 se dibuja una curva típica de esta valoración en la que se aprecia el salto de potencial y las variaciones del mismo de acuerdo con los datos experimentales relacionados en la tabla XII. Esta curva puede tener

ligeras variaciones al modificarse el medio en el que se realiza la valoración (pH o presencia de concentración abundante de sales extrañas—nitratos, sulfatos, etc.—). No se dibujan estas curvas porque aparte de que nada aportan respecto a la valoración y proceso químico, realmente, el método potenciométrico nos ha servido más bien como indicador del punto final que como un estudio de la físico-química del proceso que tiene lugar.

De los datos de la tabla XII y de la observación de la figura 4 se deduce que el punto de equivalencia se encuentra en las proximidades de 0,0 v que corresponden a un gasto de 9,57 ml de perclorato mercurioso.

TABLA XII

Soluciones: 1. Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,974$.

2. Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 1,020$.

Se valoran 10 ml de ferricianuro equivalentes a 9,74 ml 0,1000N.

VARIACIONES DEL POTENCIAL

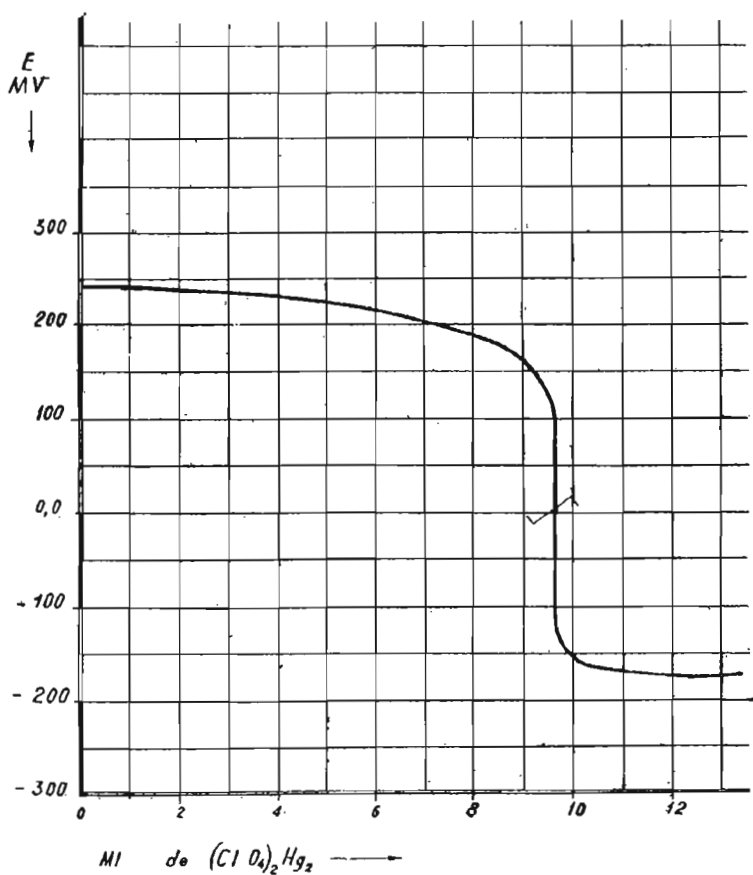
Ml. de perclorato mercurioso añadidos	Potencial en mv contra E. N. C.	$\frac{\Delta E}{\Delta V}$	segunda dif.
0,0	+240		
2,0	+235	2,5	
4,0	+230	2,5	
6,0	+210	10	
8,0	+190	10	
9,0	+160	30	
9,3	+140	67	
9,4	+130	100	
9,5	+100	300	— 200
9,55	+ 75	500	—3.000
9,60	—100	Máx. ← 3.500	3.000
9,70	—130	300	200
9,80	—140	100	
10,00	—160	10	
12,00	—170	5	

Ml. de ferricianuro 0,1000 N puestos..... 9,74

» » » » encontrados.... 9,76

Diferencia por ciento = + 0,2,

VALORACION DE 10 ml DE $\text{Fe}(\text{CN})_5 \text{K}_3$ 0,1N ($f = 0,974$) CON
 $(\text{ClO}_4)_2 \text{Hg}_2$ 0,1N ($f = 1,020$)



FERRICIANURO PUESTO = 9,74 ml 0,1000 N
 " ENCONTRADO 9,76 ml. "
 DIFERENCIA % = + 0,2

Figura 4

CAPITULO II.—VALORACIONES POR RETROCESO

VALORACION DE SALES CROMICAS, ARSENITOS, PEROXIDO DE
HIDROGENO E HIDRACIDA

Determinadas las condiciones óptimas en las que una sal mercuriosa reduce cuantitativamente el ión ferricianuro, el procedimiento puede ser aplicado a la determinación por retroceso de aquellas substancias que son oxidadas por el citado ión ferricianuro en medio alcalino, adicionando un exceso del mismo y valorando posteriormente este exceso por nuestro método.

Estas valoraciones indirectas, aparte de su propio interés, nos servirían de comprobación definitiva de la bondad del proceso que proponemos.

Hemos procedido al estudio de la valoración de sales crómicas, arseniosas, peróxido de hidrógeno e hidracina. En cada caso se han determinado las condiciones de alcalinidad y temperatura en las que la respectiva substancia es oxidada cuantitativamente por el ferricianuro; posteriormente, en todos los casos se valora a la temperatura ambiente y alcalinidad adecuada el exceso de ferricianuro con la solución de perclorato o nitrato mercurioso valorado.

1. *Valoración de sales crómicas*

El primer intento de oxidación de sales crómicas en medio alcalino, con fines analíticos, mediante el ferricianuro potásico, se debe a Bollenbach y Luchmann (51). El cromato formado lo pre-

cipitan con $\text{Ba}(\text{OH})_2$ y valoran el ferrocianuro formado en la reacción por permanganimetría, en medio ácido, según el método de Haen. Posteriormente, F. L. Hahn (52) verifica una determinación directa de la sal crómica con ferricianuro en medio fuertemente alcalino y caliente. Encuentra, sin embargo, que la reacción es lenta y propone la adición de un poco sal taliosa como acelerador de la reacción. C. del Fresno y L. Valdés (34) intentan efectuar una valoración sucesiva de vanadio tetravalente y de sulfato crómico en medio alcalino con ferricianuro potásico, pero no encuentran resultados cuantitativos. La falta de referencias posteriores a la utilización de este medio de oxidación de sales crómicas, probablemente se deba a que, merced al trabajo citado de Hahn (52), la reacción se ha considerado demasiado lenta, además de la facilidad con que las citadas sales de cromo trivalente son oxidadas en medio básico por persulfatos o peróxidos alcalinos.

Ferricianuro y cromo trivalente reaccionan en medio básico de acuerdo con la ecuación:



De aquí se deduce que es necesaria una concentración fuerte de NaOH para favorecer el desplazamiento de la reacción hacia la derecha, aunque también se puede aumentar simultáneamente la concentración de ferricianuro.

Ahora bien, una concentración excesiva de NaOH podría descomponer el ferricianuro según la reacción:



El ión CN^- formado, al ser oxidado por el ferricianuro no alterado, haría que la descomposición de este último progresase.

La temperatura favorece esta oxidación del cromo, pero tampoco conviene que se alcance la temperatura de ebullición, ya que entonces también se descompondría el ferricianuro, conforme ya demostró Kasner (26).

En la figura 5 se representan gráficamente los potenciales de los sistemas $\text{Cr}^{6+} / \text{Cr}^{3+}$ y $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} / \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ en función del pH. Se observa que si bien en medio ácido el dicromato es más oxidante que el ferricianuro hasta el punto de que es posible en dicho medio valorar ferrocianuros con dicromato potásico (53), en medio alcalino ocurre el proceso contrario, y en este caso la diferencia de potenciales entre ambos sistemas es suficientemente grande como para permitir una oxidación cuantitativa de un cromito a cromato por el ión ferricianuro.

En nuestras determinaciones hemos comprobado que la citada oxidación del Cr^{3+} tiene lugar casi instantáneamente, incluso a temperatura ambiente, cuando se añade un exceso moderado de ferricianuro y se alcaliniza la solución hasta hacerla aproximadamente molar en NaOH.

Como punto de partida hemos utilizado una solución 0,1000 N de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ preparada a partir de la sal purísima Merck, seca la previamente a 130°C hasta peso constante, la que reducimos a Cr^{3+} con alcohol etílico en medio ácido.

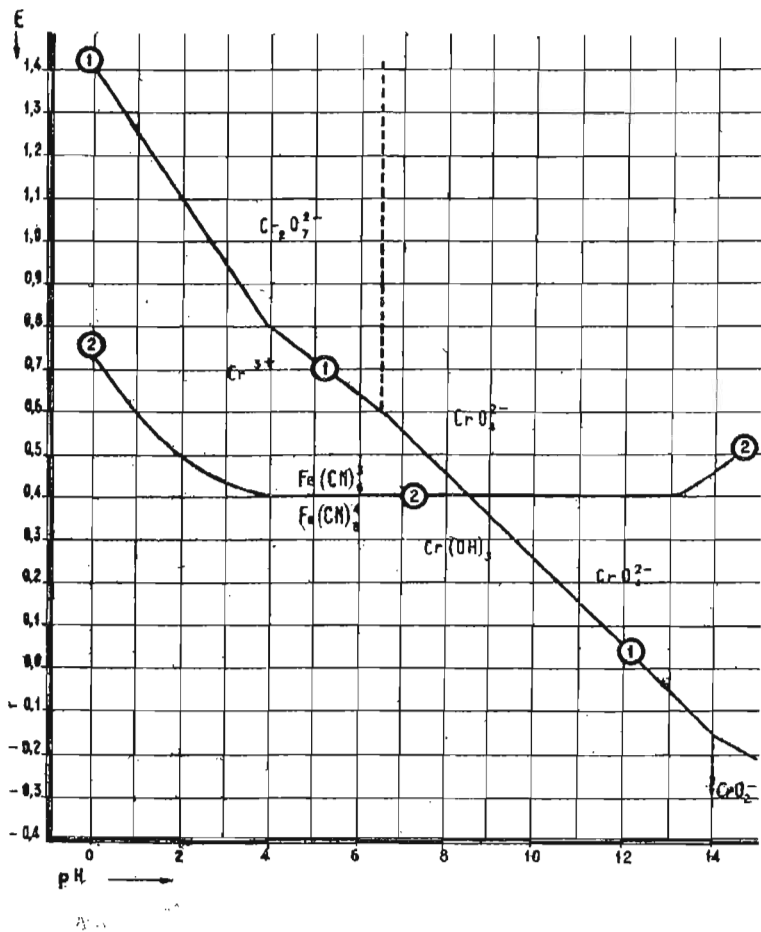
Procedimiento: Volúmenes variables de la disolución 0,1000 N de dicromato se disponen en vasos de precipitados de 300 ml; se añaden de 10 a 20 ml de ClH (1:1) y otros de 10 ml de alcohol etílico absoluto puro. Se calienta hasta la reducción total del dicromato y expulsión del exceso de alcohol y del aldehído originado en la reducción según:



Se añade ahora, poco a poco, NaOH 4 M hasta persistencia de precipitado de $\text{Cr}(\text{OH})_3$, más un exceso de 25 ml, con lo que el precipitado se disuelve para formar el cromito, de color verde intenso:



Se añade a continuación un exceso moderado de ferricianuro po-



① SISTEMA. $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$

② SISTEMA. $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$

Figura 5

tásico 0,1 N valorado, con lo que la oxidación del cromito es inmediata, quedando el líquido perfectamente amarillo:



Se adicionan 40 ml de IK molar, se completa a 100 ml con agua destilada y se valora con perclorato mercurioso 0,1 N el exceso añadido de ferricianuro, determinando potenciométricamente el punto final. Aquí no va bien el indicador difenilaminsulfonato de bario porque el color amarillo del cromato interfiere la neta percepción del viraje.

En la tabla XIII figuran los resultados obtenidos; en la XIV las variaciones del potencial y en la figura 6 la curva de valoración:

TABLA XIII

- Soluciones:* 1.—Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$.
2. —Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 0,952$.
3.—Dicromato potásico 0,1000 N.

El volumen de dicromato hallado será la diferencia entre los ml de ferricianuro 0,1000 N puesto y los de perclorato mercurioso 0,1000 N gastados.

Ml. de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ 0,1000 N puestos	Ml. de ferricianuro 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1000 N (corregidos) gastados	Ml. de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ encontrados	Diferencia %
5,00	19,64	14,66	4,98	-0,4
10,00	19,64	9,62	10,02	+0,2
15,00	19,64	4,67	14,97	-0,2
20,00	24,55	4,57	19,98	-0,1
25,00	34,36	9,43	24,93	-0,3
30,00	34,36	4,57	29,79	-0,7

Como se puede observar, los resultados obtenidos son satisfactorios.

TABLA XIV

VARIACIONES DEL POTENCIAL EN LA VALORACION SEGUNDA DE LA TABLA XIII

Ml. de perclorato mercurioso 0,0952 N añadidos	Potencial en mv contra E. N. C.	$\frac{\Delta E}{\Delta V}$
0,0	280	
2,0	255	12,5
4,0	235	10
6,0	215	10
8,0	190	12,5
9,0	160	30
10,0	110	50
10,05	90	600
10,15	- 40	2.600 ← Máx.
10,20	- 60	400
10,50	-100	133
11,0	-130	60
12,0	-160	30
13,0	-170	10

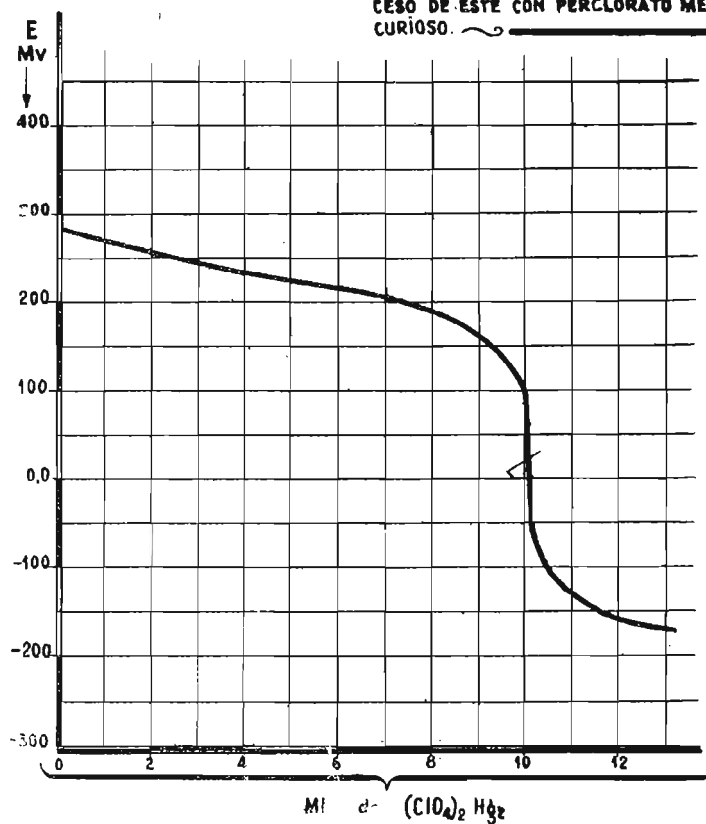
El punto de equivalencia corresponde a un gasto de 10,10 ml de perclorato, equivalentes a 9,62 ml 0,1000 N.

2. Valoración de arsenitos

La oxidación de arsénico trivalente en medio alcalino mediante el ferricianuro potásico con fines analíticos, fué propuesta por vez primera por Palmer (54). Utiliza un medio fuertemente alcalino de hidróxido sódico y emplea unas cinco veces la cantidad teórica necesaria de ferricianuro potásico; después de la oxidación hace la solución amoniacal, precipita el arseniato con mixtura magnesia, filtra y valora el ferrocianuro por permanganimetría según Haen.

C. del Fresno y L. Valdés (55) simplifican notablemente el pro-

VALORACION DE SAL CRÓNICA POR
OXIDACION CON FERRICIANURO EN
EXCESO Y DETERMINACION POR REDUC-
CESO DE ÉSTE CON PERCLORATO MER-
CURIOSO.



Cr^{3+} puesto 10 ml 0,1000 N

Cr^{3+} encontrado 10,02 ml 0,1000 N

Diferencia % = + 0,2

Figura 6

ceso: en medio muy alcalino (25 % de NaOH) y a 70°C de temperatura, valoran directamente arsenitos con ferricianuro potásico standard. El punto final lo determinan potenciométricamente.

H. Willard y G. D. Manalo (43) tratan el arsénico con exceso de ferricianuro en medio básico de hidróxido sódico 3 N; calientan a 90°C y después, en frío, valoran el exceso de ferricianuro con sulfato de vanadilo, fuera del contacto del aire. Emplean diversos derivados de la difenilamina como indicadores del punto final.

Los iones ferricianuro y arsenito, reaccionan en medio básico de acuerdo con la ecuación:



La oxidación del arsenito se encuentra favorecida por el aumento de la alcalinidad y de la temperatura, pero no conviene un exceso de ambas para evitar la descomposición del ferricianuro, conforme ya se dijo al valorar sales crómicas.

Hemos utilizado solución 0,1 N de arsenito sódico preparada a partir de As_2O_3 Merck puro, por disolución en NaOH diluido. La disolución es valorada iodométricamente en medio alcalino de bicarbonato sódico encontrando un factor de 0,978.

Procedimiento: En distintos vasos de precipitados se disponen volúmenes variables de la disolución de arsenito, se añade un exceso de ferricianuro más 25 ml de NaOH 4 M y se calienta la mezcla en baño de arena cuya temperatura no exceda de 90°C, durante 15 o 20 minutos; se enfría, se añaden el volumen de agua necesario para que el volumen final sea de 100 ml, y 40 ml de 1K molar. Se valora el exceso de ferricianuro con perclorato mercurioso conforme al procedimiento conocido.

En la tabla XV figuran los resultados obtenidos, en la XVI las variaciones del potencial, y en la figura 7 la curva de valoración potenciométrica.

TABLA XV

- Soluciones: 1.—Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$.
 2.—Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 0,952$.
 3.—Arsenito sódico 0,1 de $f = 0,978$.

El volumen de arsenito encontrado será la diferencia entre los ml de ferricianuro 0,1000 N puestos y los de sal mercuriosa gastados.

Ml. de arsenito 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de ferricianuro 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de perclorato 0,1000 N (corregidos) gastados	Ml. de arseniato 0,1000 N encontrados	Diferencia %
4,89	9,82	4,95	4,87	-0,4
9,78	19,64	9,81	9,83	+0,5
14,67	19,64	4,95	14,69	+0,1
19,56	29,46	9,83	19,63	+0,3
24,45	29,46	5,03	24,43	-0,1
29,34	39,28	9,99	29,29	-0,2

Los resultados que se obtienen son excelentes.

TABLA XVI

Valoración de 20 ml de arsenito sódico 0,1 N ($f = 0,978$) por adición de 30 ml, de ferricianuro potásico 0,1 N ($f = 0,982$) y determinación del exceso de ferricianuro con perclorato mercurioso 0,1 N ($f = 0,952$).

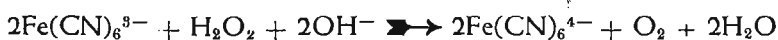
VARIACIONES DEL POTENCIAL

Ml. de perclorato mercurioso añadidos	Potencial en mv contra E. N. C.	$\frac{\Delta E}{\Delta V}$
0,0	250	5
2,0	240	5
4,0	230	5
6,0	220	10
8,0	200	32,5
10,0	135	100
10,1	125	130
10,2	112	250
10,25	100	1.000
10,30	50	5.333 ← Máx.
10,33	-110	300
10,40	-140	25
11,00	-155	5
12,00	-160	

El punto de equivalencia corresponde a un gasto de 10,31 ml de perclorato 0,952 N equivalente a 9,82 ml 0,1000 N.

3. Valoración de peróxido de hidrógeno

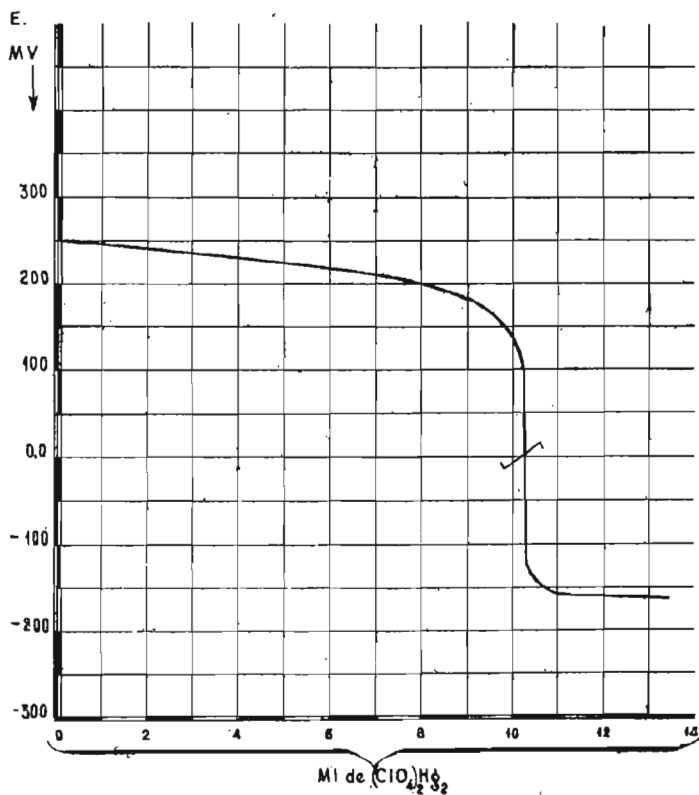
En medio suficientemente alcalino, el peróxido de hidrógeno reacciona con el ión ferricianuro, reduciéndose y liberando oxígeno elemental:



Willard y Manalo (43) aprovechan esta reacción para efectuar una valoración del ferricianuro con agua oxigenada.

Nosotros procedemos a la inversa: añadimos un exceso de ferricianuro al volumen de peróxido en medio aproximadamente 3 a 4 M en NaOH: calentamos suavemente, agitando, para favorecer el desprendimiento de oxígeno; enfriamos, diluimos conve-

VALORACION DE ARSENITO SÓDICO POR OXIDACIÓN
CON FERRICIANURO EN EXCESO Y DETERMINACION DE
ESTE CON $(\text{ClO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$



Arsenito puesto : 19,56 ml 0.1000 N
 " encontrado 19,63 " "
 Diferencia % = +0,3

Figura 7

nientemente con agua; hacemos la solución aproximadamente 0,4 M en IK y valoramos con $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ como corrientemente.

Hemos preparado una solución 0,1 N de H_2O_2 a partir de otra reactivo de 40 volúmenes de oxígeno. Preferimos expresar los resultados en normalidades en lugar de en volúmenes de oxígeno, como corrientemente se hace, por facilidad de expresión y de cálculo.

Se ha valorado contra MnO_4K 0,1 N y orto-fenantrolina-ferrosa como indicador, y iodométricamente por oxidación de ioduro potásico a iodo, catalizando la reacción con molibdato amónico y valorando el iodo con tiosulfato (56). Se encuentra como promedio un factor igual a 0,932.

Procedimiento: Se disponen, en vasos distintos, volúmenes de ferricianuro 0,1 N más que suficientes para oxidar el agua oxigenada que se añadira después. A continuación, 25 ml de NaOH 4 M y el problema conteniendo el peróxido. Se calienta suavemente a 70-80° y se agita hasta que cese el desprendimiento gaseoso. Se enfría; se añade agua suficiente para que el volumen final sea de 100 ml y, después, 40 ml de IK, valorando, finalmente, con perclorato mercurioso.

En la tabla XVII figuran los resultados obtenidos.

TABLA XVII

- Soluciones:*
1. Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$
 2. Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 0,952$
 3. Agua oxigenada 0,1 N de $f = 0,932$

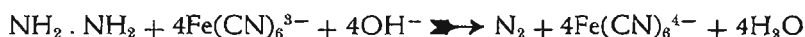
Como siempre, el volumen de H_2O_2 encontrado será la diferencia entre los ml de ferricianuro 0,1000 N puestos y los de perclorato 0,1000 N gastados.

Ml. de H ₂ O ₂ 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de ferricianuro 0,1000 N. (corregidos) puestos	Ml. de perclorato 0,1000 N (corregidos) gastados	Ml. de H ₂ O ₂ 0,1000 N encontrados	Diferencia %
4,66	9,82	5,19	4,63	-0,6
9,32	19,64	10,35	9,29	-0,6
13,98	19,54	5,62	14,02	+0,3
18,60	29,46	10,76	18,70	+0,5
23,30	29,46	6,19	23,27	-0,1
27,96	39,28	11,43	27,85	+0,2

Los resultados obtenidos son satisfactorios.

4. Valoración de hidracina

En medio básico la hidracina es oxidada por el ferricianuro desprendiéndose nitrógeno, de acuerdo con la ecuación:



Basados en la reacción anterior se encuentran en la bibliografía dos métodos, principalmente, de valoración de la hidracina.

El primero se debe a Dernbaets y Mehling (57) que valoran la hidracina y sus sales adicionando un exceso de ferricianuro al problema alcalinizado con NaOH, y determinan el ferricianuro formado por valoración con sulfato cérico, previa acidulación con ClH, utilizando Cl₃Fe como indicador. Este método no parece muy seguro, pues la oxidación de la hidracina no es completa si no se añade suficiente ferricianuro y, por otra parte, un gran exceso de éste perturba la apreciación del punto final en la posterior valoración con sulfato cérico.

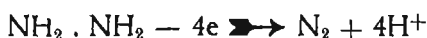
El segundo lo emplean Willard y Manalo (43), los que añaden a una disolución de sulfato de hidracina en medio 2 a 3 M de

NaOH, un exceso de ferricianuro standard, cuyo exceso determinan por valoración con sulfato de vanadilo fuera del contacto del aire.

Nosotros operamos en medio básico más diluído (1 M. en NaOH) con lo que se evita la posible oxidación de la hidracina por el oxígeno atmosférico que puede tener lugar a un pH elevado, hecho constatado por varios autores (58). En este medio, la oxidación de la base es más lenta, pero se puede acelerar por agitación o suave calefacción a 50-60°C. El exceso de ferricianuro no reducido lo determinaremos con $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$, lo que permite efectuar la valoración en el medio ambiente.

Se ha partido de una solución de hidrato de hidracina: $\text{NH}_2 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Schering, de un 50 % de riqueza y de una $d = 1,02$. Se ha preparado una solución 0,1 N a partir de la anterior, teniendo en cuenta que el equivalente de la hidracina es 1/4 de su molecular de acuerdo con la ecuación de oxidación:



Por consiguiente, el volumen necesario de la citada disolución para preparar 1 litro de otra 0,1 N sería, siendo 50 el peso molecular de hidracina,

$$V = \frac{50 \times 0,1 \times 2}{4 \times 1,02} = 2,45 \text{ ml}$$

La solución se valora iodométricamente, por el método de Bray y Cuy (59). A volúmenes determinados de la solución se añade un exceso grande de iodo 0,1 N de factor conocido e inmediatamente un ligero exceso de NaOH 2 N. Al cabo de 2 minutos, se acidifica con ClH y se valora el exceso de iodo con tiosulfato. Se encuentra un factor igual a 0,950, como promedio de tres determinaciones.

Procedimiento nuestro: A volúmenes distintos de la solución de hidracina se añade por lo menos un volumen doble de ferricianuro 0,1 N, y a continuación se añade igual cantidad de NaOH 2 N, Se agita y, si acaso, se calienta nuevamente a 60°C.

Cuando dejen de desprenderse burbujas de nitrógeno, se deja enfriar, se añaden 40 ml de IK M, la cantidad suficiente de agua para que el volumen final sea 100 ml y se valora por retroceso con $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1 N por el procedimiento conocido.

Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla XVIII.

TABLA XVIII

- Soluciones.* 1. Ferricianuro potásico 0,1 N de $f = 0,982$.
 2. Perclorato mercurioso 0,1 N de $f = 0,952$
 3. Hidrato de hidracina 0,1 N de $f = 0,950$

Ml. de hidracina 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de ferricianuro 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1000 N (corregidos) gastados	Ml. de hidracina 0,1000 N enecontrados	Diferencia %
4,75	19,64	14,92	4,72	-0,6
9,50	19,64	10,64	9,48	-0,2
14,25	29,46	15,17	14,29	+0,3
19,00	29,46	10,38	19,08	+0,4
23,75	39,28	15,47	23,81	+0,2
28,50	39,28	10,88	28,40	-0,4

Los resultados que se obtienen son correctos.

SEGUNDA PARTE

NUEVAS VOLUMETRIAS DE PRECIPITACION DE LAS SALES MERCURIOSAS, COMO $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$, UTILIZANDO INDICADORES DE ADSORCION Y DE OXIADSORCION

CAPITULO III.—Antecedentes.—Estabilización del $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$.—Ensayos preliminares.—Consecuencias.

En la primera parte de esta memoria hemos aprovechado la dismutación que el ión mercurioso experimenta en medio alcalino, enlazado con un fenómeno de exaltación del carácter reductor de dicho ión, para utilizarle como reactivo reductimétrico en medio básico.

En esta segunda parte, por el contrario, evitamos la dismutación de una sal mercuriosa típicamente considerada como inestable, el $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$, y logramos así conseguir unas volumetrías de precipitación en las que, por vez primera, se utilizan indicadores de adsorción y de oxiadsorción para revelar el punto final de la citada volumetría.

La valoración de una sal mercuriosa por el método de Fajans (60) queda limitada, hasta la fecha, casi exclusivamente, al empleo de cloruros o bromuros como agentes precipitantes, o bien a la valoración de estos haluros con una sal mercuriosa, generalmente nitrato. Diversos indicadores de adsorción han sido propuestos para estas volumetrías:

R. Bursteín (61) emplea la alizarina S como indicador de ad-

sorción en la valoración de bromuros con nitrato mercurioso.

L. V. Zombory (62) recomienda el uso del azul de bromofenol o la púrpura de bromocresol en la determinación de Cl^- o Br^- con Hg_2^{2+} , y a la inversa. Posteriormente, el mismo autor en colaboración con L. Pollak (63), estudia el rojo de clorofenol y el verde de bromocresol en las citadas valoraciones.

Kolthoff y Larson (64) hacen un detallado estudio de la valoración de Cl^- y Br^- con nitrato mercurioso usando el azul de bromofenol como indicador de adsorción. W. Pugh (47) estudia el mismo proceso, pero empleando perclorato mercurioso.

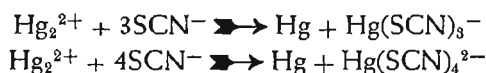
Kocsis y Pollak (65) emplean eosina, violeta de formilo, azul de bromofenol o de bromocresol en la determinación de oxalatos con nitrato mercurioso.

Recientemente, F. Sierra y J. A. Sánchez (66) utilizan los sistemas de oxiadsorción Fe^{3+} —ortotolidina, Fe^{3+} —bencidina y Fe^{3+} —ortodianisidina en la valoración de Br^- y Cl^- con nitrato mercurioso y a la inversa.

No se encuentra en la literatura ninguna referencia a la posible valoración de SCN^- y Hg_2^{2+} en volumetría de precipitación tipo Fajans. Probablemente esta ausencia de antecedentes se deba al hecho de que la sal mercuriosa se dismuta, como es sabido, al tratarse con un tiocianato alcalino, dando un precipitado gris ne-gruzco de mercurio metálico, según:



o bien, con exceso de tiocianato:

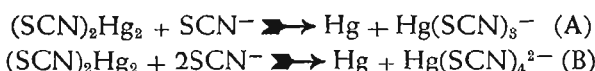


Por otra parte, los diversos métodos propuestos para preparar tiocianato mercurioso se han considerado como dudosos (67).

Como ya se ha dicho en la introducción de esta memoria, F. Burriel y F. Lucena en un trabajo reciente (10) establecen las

condiciones en las que es posible precipitar $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ sin que el precipitado se dismute, y derivan de su estudio un interesante método volumétrico de valoración de sales mercuriosas, y mercurícas semejantes al clásico de Volhard para la determinación de Ag^+ o Hg^{2+} .

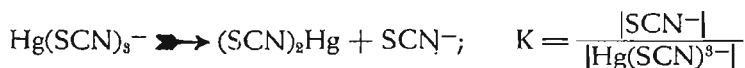
En efecto, el tiocianato mercurioso puede dismutarse por la acción del SCN^- según las reacciones siguientes:



Las constantes de dismutación respectivas serían:

$$K_1 = \frac{|\text{Hg}(\text{SCN})_3^-|}{|\text{SCN}^-|}; \quad K_2 = \frac{|\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}|}{|\text{SCN}^-|^2}$$

Se observa que K_1 es la inversa de la constante del siguiente equilibrio:



Esta constante según los datos recopilados en los textos (68) vale:

$$K = 10^{-1.7}; \text{ luego, } K_1 = \frac{1}{10^{-1.7}} = 10^{1.7} = 50$$

K_2 ha sido calculada por F. Burriel y F. Lucena en trabajo independiente (69) al citado antes y encuentran un valor.

$$K_2 = 3,1$$

Así pues, habrá dismutación cuando en la reacción (A): las concentraciones de $\text{Hg}(\text{SCN})_3^-$ y de SCN^- sean tales que su relación:

$$\frac{|\text{Hg}(\text{SCN})_3^-|}{|\text{SCN}^-|} < 50, \text{ y no habrá dismutación si } \frac{|\text{Hg}(\text{SCN})_3^-|}{|\text{SCN}^-|} > 50$$

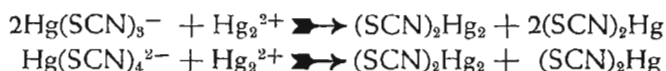
En cuanto a la reacción (B), habrá o no dismutación según que $K_2 < 3,1$, o que $K_2 > 3,1$ respectivamente.

En resumen, en ambos casos la dismutación quedará evitada y se logrará la estabilización del $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ si la precipitación de éste se efectúa de tal manera que se consiga, en general, una concentración mínima de tiocianato y la mayor posible del complejo tiocianomercuríco correspondiente.

Naturalmente la estabilización del $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ será más fácil y estará comprendida dentro de más amplios límites cuando se opere en presencia del complejo mercuríco $\text{Hg}(\text{SCN})_3^-$ que del $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$.

En cualquier caso, se logrará un precipitado estable de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ efectuando la precipitación con cualquiera de los mercuritiocianatos citados en lugar de hacerla directamente con tiocianato.

Las reacciones serán:



En efecto, si a una solución de una sal mercuriosa, se añade otra de mercuritiocianato potásico se obtiene un voluminoso precipitado blanco, mezcla de los dos tiocianatos de ambas valencias del mercurio.

Esto está de acuerdo con el hecho consignado por Treadwell (70) de que el filtrado del precipitado obtenido al tratar con un tiocianato alcalino una sal mercuriosa, produce $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ al añadirle nueva sal mercuriosa. Indudablemente, dicho filtrado contenía un complejo mercuritiocianíco originado en la dismutación del mercurioso.

La única precaución que hay que tomar es que la solución del complejo mercuríco no contenga un exceso de SCN^- , en cuyo caso, junto al precipitado blanco de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ se obtendría otro también gris de mercurio metálico (reacciones (A) y (B)). Sin duda por haber

operado con un reactivo mercuritiocianico, que contenía exceso de SCN^- es por lo que, en algunos trabajos, se observa que tratando una sal mercuriosa con $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ se obtiene un precipitado gris negruzco (71).

El mejor reactivo para nuestro caso es el que se obtiene saturando una solución de SCNK con $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$, y aunque probablemente la solución así obtenida contendría el complejo $\text{Hg}(\text{SCN})_3^-$, puede existir asimismo un equilibrio entre este complejo y el $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$. En todo caso, el reactivo así obtenido tendrá la misma concentración en SCN^- , utilizable en la precipitación, que la que poseyera la solución de SCNK de que se partió. Para las reacciones correspondientes, consideraremos que el reactivo está constituido por $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$, que es la fórmula más corrientemente admitida.

Hemos comprobado que es conveniente utilizar $(\text{SCN})_2\text{Hg}$ recién precipitado. La sal obtenida hace tiempo (envejecida) tarda en reaccionar con el SCNK.

Preparación y valoración del reactivo $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ 0,1 N.—A 150 ml de $\text{NO}_3)_2\text{Hg}$ M acidulados con 5 ml de SO_4H_2 concentrado y diluidos con agua a 300 ml se añade solución de SCNK. El precipitado se lava con agua destilada fría, por decantación, hasta que las aguas de lavado no den ya reacción ácida. Una vez bien lavado, se añade este precipitado a 2 litros de solución 0,1 N de SCNK.

El precipitado se disolverá en su mayor parte, pero debe quedar un exceso insoluble (saturación).

Se filtra y se tiene ya dispuesto el reactivo $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ 0,1 N. Puede evitarse la filtración de un volumen tan grande, tratando el precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}$ con un volumen menor de una solución más concentrada proporcionalmente, de SCNK (por ejemplo, por 500 ml de SCNK 0,4 N) y diluyendo a 2 litros, después de la filtración.

Valoración de reactivo,—El reactivo puede valorarse: a) Con una disolución mercúrica tipo 0,1 N, obtenida por disolución de la cantidad estequiométrica de HgO puro o de Hg bidestilado,

por método análogo al de Volhard, y utilizando alumbre férrico como indicador (72).

b) Con nitrato o perclorato mercurioso 0,1 N, según el método de Burriel y Lucena (10) (24) (69).

c) Con disolución de NO_3Ag 0,1 N, valorada contra ClNa tipo, por el conocido método de Volhard, igual que si se tratara de SCNK solo.

Si se valora el SNCK 0,1 con el mismo NO_3Ag antes y después de saturarle de $(\text{SCN})_2\text{Hg}$ se encuentra, sensiblemente, el mismo factor.

Poder absorbente del $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$: Establecidas ya las condiciones en las que precipita tiocianato mercurioso y demostrada por Burriel y Lucena (10) la estequiometría de la reacción:



intentamos comprobar si, análogamente a lo que sucede con los precipitados de cloruro o bromuro mercurioso, el de tiocianato absorbe también los indicadores que han sido utilizados para las clásicas mercurimetrías tipo Fajans con Cl^- o Br^- .

Ensayos preliminares: 1.—A 10 ml de $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ 0,1 N, diluïdos hasta 100 ml con agua, se añaden 6 gotas de azul de bromofenol al 0,1 % y, poco a poco, y con agitación constante, $(\text{NO}_3)_2\text{Hg}_2$ 0,1 N. Se obtiene un voluminoso precipitado blanco que, una vez sobrepasado el punto de equivalencia, coagula totalmente y vira al color lila, exactamente igual que el viraje obtenido en las mercurimetrías de adsorción de cloruros y bromuros con el citado indicador.

El precipitado violeta permanece de este color aun cuando se lave repetidamente. Operando a la inversa, el precipitado es ya violeta una vez formado, no apreciándose viraje aunque se añada un exceso de mercuritiocianato.

2.—Empleando la alizarina S como indicador se obtienen los siguientes resultados: Si se añade la solución mercuriosa sobre el

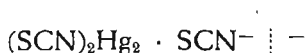
mercuritiocianato se logra un viraje del blanco rosado débil al color lila en el punto de equivalencia, quedando el precipitado teñido de dicho color. Operando a la inversa, es decir, añadiendo sobre la sal mercuriosa el reactivo precipitante, el viraje es del rosa al amarillo claro; pero este último cambio, aunque no es muy neto, presenta la ventaja de que permite valorar el ión mercurioso con tiocianato, hecho notable, ya que, según Burstein (61), que le utilizó por vez primera en la valoración de Br^- con Hg_2^{2+} , no es apto para dicha valoración inversa.

3.—Un intento de empleo del rojo Congo en solución acuosa al 0,2 % como indicador, de manera análoga a la propuesta por Mehrotra (73) para valoraciones argentométricas de haluros y tiocianatos, no dió resultados satisfactorios. Hay ligeros cambios de color poco perceptibles, generalmente al rosa azulado, tanto más azul cuanto más ácido es el medio.

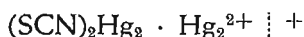
Los ensayos precedentes demuestran, como era de esperar, que el tiocianato mercurioso presenta propiedades adsorbentes análogas a las que manifiestan los haluros de plata o de mercurio monovalente.

El cambio de color experimentado por el indicador obedece a la deformación iónica originada por un intercambio en la adsorción de los iones, de acuerdo con las ideas clásicas de Fajans (60) (74) (75) (76), ampliadas posteriormente por Kolthoff (64) (77).

Aplicando a la valoración de $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ con Hg_2^{2+} las hipótesis de Fajans para explicar la acción de los indicadores en volumetrías de precipitación tendrían lugar, en este caso, los fenómenos siguientes: El precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ adsorbería los iones SCN^- , obteniéndose unas micelas cargadas negativamente:



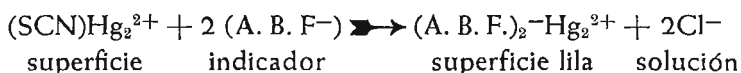
Un ligero exceso de ión mercurioso desplazaría el anión adsorbido para quedar el catión retenido, a su vez, por red cristalina de la sal, obteniéndose ahora unas micelas positivamente cargadas:



Estas micelas son las que adsorberían la parte negativa (aniónica) del colorante indicador, provocándose una intensa deformación iónica y, en consecuencia, un cambio de color.

Parecida es la explicación que da Kolthoff (64) a la acción del azul de bromofenol en la valoración de Cl^- o Br^- con una sal mercuriosa, y que, aplicándola a nuestro caso, se tendría:

El cambio de color sería debido, simplemente, a un intercambio entre los iones SCN^- de la red externa del precipitado y los iones negativos del colorante. Expresando estos, en el caso del azul de bromofenol, por (A. B. F $^-$), la reacción de intercambios sería:



Acción de los indicadores de oxiadsorción sobre el $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$: Hace algunos años, unos trabajos de los Profesores españoles Sierra y Burriel (78) (79) (80) respecto al empleo de la bencidina como indicador en diversas argentometrías, constituyeron el punto de partida para el desarrollo de unos indicadores denominados de «oxiadsorción» por los autores, ya que en ellos se conjuga un proceso rédox simultáneamente con otro de adsorción.

Recientemente han sido empleados diversos sistemas de oxiadsorción por Burriel y colaboradores en la valoración de Ba^{2+} con SO_4^{2-} (81), y por Sierra y colaboradores en la argentometrías de haluros (82) (83) y en las ya citadas (66) mercurimetrías de cloruros y bromuros.

F. Burriel incorpora estos indicadores en un extenso trabajo sobre «Indicadores de adsorción en volumetrías de precipitación» (84).

En estos sistemas se utiliza generalmente, como indicador una base aminada (bencidina, tolidina, dianisidina) que es oxidada bien previamente, o bien en el transcurso de la valoración, a la

forma meroquinoide, que ya actúa como indicador, ya que la base, sin oxidar, no se comporta como tal. Como agentes de oxidación, combinados con el proceso de precipitación, se han empleados los cationes Fe^{3+} , Cu^{2+} , Au^{3+} y el anión vanadato.

La actualidad de estos indicadores y el hecho de que hayan sido propuestos por la Escuela española de Análisis Químico justifica que les hayamos dado singular importancia.

Hemos empleado los siguientes sistemas en los experimentos previos que a continuación detallamos.

1. *Sistemas Fe^{3+} — bases aminaas*: Estos sistemas han sido empleados por F. Sierra y S. Hernández (82) en la valoración de Cl^- , Br^- y I^- con Ag^+ y a la inversa, y por F. Sierra y S. A. Sánchez (66) en la de Cl^- y Br^- con Hg_2^{2+} y a la inversa.

Los resultados obtenidos por nosotros en un intento de valoración de $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ con Hg_2^{2+} , o al revés, se indican a continuación:

a) *Sistema Fe^{3+} — bencidina: Valoración de $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$* : A 10 ml del reactivo 0,1 N diluidos a 100 ml con agua destilada, se añaden 6 gotas de solución de alumbre de hierro al 4 ‰, 3 gotas de solución alcohólica-acética de bencidina (1 g. de la base se disuelve en 100 ml de alcohol etílico más 1 ml de acético glacial) y con agitación constante se añade nitrato o perclorato mercurioso 0,1 N.

Se observan los siguientes fenómenos: Al añadir la sal férrica se origina el consiguiente color rojo de tiocianato férrico; al caer la bencidina se origina en pocos segundos un intenso color azul, que puede ser violáceo si el color anterior era muy rojo.

Al originarse el precipitado de tiocianato mercurioso, éste adsorbe la bencidina y se colorea de azul intenso; la solución es violeta. A medida que prospera la valoración, el precipitado se hace azul verdoso, azul grisáceo, gris violáceo, mientras que la solución se torna casi incolora.

Poco antes del punto de equivalencia, la floculación del precipitado es total en forma de voluminosos copos blancos grisáceos, a veces, con una ligera tonalidad violácea. En el punto de equiva-

lencia hay un viraje al verde-amarillo del conjunto precipitado-solución. Dejando depositar el precipitado, éste se presenta de un color gris claro (o gris azulado, según la cantidad de indicador añadida) y el líquido que sobrenada es de color verde-amarillento, indicando que ha habido una fuerte desadsorción del colorante.

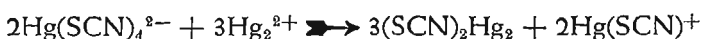
El viraje no es muy neto, y además poco estable; en unos minutos el líquido queda incoloro y el precipitado blanco sucio, ligeramente rosado.

La tonalidad de los colores y la nitidez del cambio final depende más que de la concentración de la base, de la concentración de Fe^{3+} . Por ejemplo, con 2 gotas de la solución de alumbre, el viraje es apenas perceptible, aunque se añadan 6 u 8 gotas de la base.

Operando a la inversa; o sea, valorando mercurioso con el reactivo mercuritiocianato y empleando las mismas cantidades de Fe^{3+} y bencidina que anteriormente, el precipitado blanco obtenido se hace pronto de color rosa carne que bastante antes del punto de equivalencia adquiere tonalidad violeta intensa, la que permanece invariable, sin cambio, aun cuando se sobrepase, con mucho, el punto de equivalencia.

Los resultados son análogos empleando indistintamente nitrato o perclorato mercurioso; si acaso, algo más netos con esta última sal, probablemente por su menor tendencia a hidrolizarse; pero sin duda influyen más en el proceso la acidez, dilución y concentración del sistema indicador que la naturaleza del anión que forma sal con el mercurioso.

El proceso es complicado y su interpretación en este caso no es sencilla por la dificultad que entraña la existencia de diversos complejos de mercurio y de tiocianato que pueden formarse en el transcurso de la valoración. En efecto, no solamente pueden existir los aniones complejos $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ y $\text{Hg}(\text{SCN})_3^-$, sino que incluso cabe la posibilidad de que se forme, aunque sea transitoriamente, el catión complejo $\text{Hg}(\text{SCN})^+$, de acuerdo con la reacción siguiente:



La dificultad es aún mayor si se toma en consideración el hecho de que sin necesidad de adicionar la sal de hierro, aparece ya color azul al iniciarse la valoración, aunque de tonalidad algo más clara que cuando existe Fe^{3+} . Sin embargo, una diferencia notable se encuentra en el proceso de adsorción, según que se emplee o no el catión Fe^{3+} en la valoración de $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ con Hg_2^{2+} . En el primer caso, hay una variación de color, con desadsorción, en la equivalencia; en el segundo, aun cuando haya adsorción—el precipitado es verde-azulado—, no hay mutación de color ni aun añadiendo un exceso grande de solución mercuriosa, lo que parece una prueba de que el catión Fe^{3+} juega un papel importante en el proceso de adsorción y no se limita al mero hecho de actuar como oxidante de la base a la forma meroquinoide azul.

Tampoco es fácil admitir que el Fe^{3+} pueda oxidar a la bencidina, ya que el potencial del sistema $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ que, de por sí, es inferior al del sistema base oxidada / base reducida, ha de experimentar una lógica disminución por la formación de complejos tiocianicos del catión férrico. Sin duda que aquí intervienen también los iones SCN^- formando complejos con la forma oxidada de la bencidina, complejos ya estudiados por Spacu para otros cationes, por ejemplo, el formado por tiocianato-Cu-bencidina (85), y que tienden a disminuir el potencial de la base y a hacer más factible su oxidación. De otra parte, no se ha de descartar el papel importante que desempeña la adsorción en estos procesos. El incremento del color azul que experimenta el conjunto precipitado-solución, al formarse el precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ y el propio color azul que toma éste, indica que la oxidación de la bencidina se activa por la adsorción y se verifica en la gran superficie micelar del precipitado.

El complejo micelar sería muy complicado y probablemente de la forma: $[(\text{SCN})_2\text{Hg}_2]_n \text{SCN}^-$, $[\text{Fe}^{3+} - \text{bencidina}]^1$.

Un ligero exceso de Hg_2^{2+} destruye el complejo anterior, se originan nuevas micelas del tipo $[(\text{SCN})_2 \text{Hg}_2]_n \text{Hg}_2^{2+}$ y se devuelve al medio el sistema Fe^{3+} -bencidina, explicándose así la desadsorción y el color verde del líquido en el punto de equivalencia. De esta manera, el proceso es típico de oxi-adsorción.

En cuanto a la valoración inversa (mercurioso con mercuritio-cianato) parece ser que la adsorción es tan intensa que los iones SCN^- y $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ no son capaces de eliminar el colorante fuertemente retenido por el precipitado.

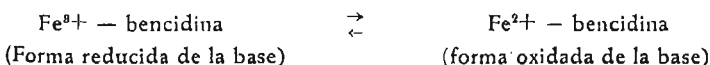
b) *Sistema Fe^{3+} / o-tolidina*: A 10 ml de mercuritio-cianato potásico 0,1 N se añaden las mismas cantidades de agua, alumbre de hierro y solución alcohólica-acetónica de o-tolidina (de la misma concentración que la de bencidina empleada en el ensayo precedente). Se añade lentamente y con agitación constante nitrato o perclorato mercurioso 0,1 N.

Se observan los cambios siguientes: Al añadir la base sobre el líquido más o menos rojo del reactivo con el Fe^{3+} , se obtiene un color verde azulado en pocos segundos, que incluso forma precipitado azul si se añadieron más de tres gotas de o-tolidina.

El precipitado de tiocianato mercurioso es primeramente azul, luego azul grisáceo, que se va aclarando hasta llegar a blanco grisáceo antes de la equivalencia. En este punto hay un claro viraje al color crema barquillo del conjunto precipitado-solución. El primero es ligeramente rosado y la solución es amarilla verdosa; o bien amarilla intensa, dependiendo de la acidez del medio.

El cambio es más neto que con bencidina y se observa una fuerte desadsorción,

¹ El paréntesis $[\text{Fe}^{3+} - \text{bencidina}]$ realmente representa el sistema en equilibrio:



Cuando por haber añadido exceso de base precipitan copos azules, éstos no son obstáculo para la valoración; el precipitado de la sal mercuriosa los retiene y van desapareciendo a medida que avanza la valoración.

Como sucedía con la bencidina, la tonalidad y nitidez del viraje depende en gran manera de la concentración de Fe^{3+} . Con menos de dos gotas de la solución de alumbre el cambio apenas es perceptible. Claro está que tampoco conviene un exceso de sal férrica porque entonces el intenso color rojo del tiocianato férrico puede interferir.

También aquí, como en el sistema anterior, se obtiene ya un color verde claro sin necesidad de añadir catión Fe^{3+} , pero entonces no hay transición de color en la equivalencia, ni sobrepasada ésta con mucho, aunque el precipitado obtenido sea ligeramente verdoso por adsorción del colorante, lo que constituye una prueba más de la importancia del catión adicional en estos sistemas.

A la inversa no hay viraje; si acaso se observa una ligera transición del color rosa carne del precipitado al amarillo crema, pero muy poco neto. Es curioso hacer notar que, en este caso, aunque se añada un exceso de mercuritiocianato sobre una solución que contenía Fe^{3+} no se produce el color rojo del tiocianato férrico, prueba de que este catión ha sido adsorbido totalmente por el precipitado, adsorción que no se realiza en ausencia de la base, o bien que todo él ha sido reducido a ión ferroso.

La explicación de los fenómenos que se producen en este caso es la misma que la dada empleando bencidina, si bien aquí la sensibilidad es mayor como corresponde a la más fácil oxidabilidad de la *o*-tolidina.

c) *Sistema Fe^{3+} / o-dianisidina*: Se utilizan los mismos volúmenes que precedentemente y a la misma concentración. La solución de la base se prepara también como las anteriores.

Los fenómenos observados al valorar $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ con Hg_2^{2+} , son: con la base se produce un color verde o verde-violáceo de

oxidación. El precipitado de tiocianato mercurioso adquiere las siguientes tonalidades: verdoso, grisáceo, gris violeta, violeta que se intensifica con la valoración, y en el punto de equivalencia hay una espectacular transición al *violeta brillante*, quedando el precipitado totalmente floculado y el líquido decolorado.

Aquí, al contrario de lo que ocurre con los sistemas anteriores hay adsorción total del sistema colorante en la equivalencia.

También aquí un exceso de base provoca la aparición de copos azules, que no son obstáculo para la valoración.

El proceso inverso (mercurioso más mercuritiocianato) no va bien; el precipitado, que primero es amatista, se hace violeta intenso sin viraje, aunque se sobrepase el punto equivalente.

Lo mismo que sucedía con las bases anteriores, la dianisidina origina ya un color verde sin necesidad de adicionar Fe^{3+} ; pero en este caso, aunque el precipitado, por adsorción, adquiera un color verdoso, no hay transición de color. Si acaso, en la equivalencia, se observa un débil cambio del precipitado a la tonalidad rosa, tonalidad que se intensifica con el tiempo.

El proceso tiene análoga interpretación que la dada por los sistemas anteriores, si bien las características peculiares de la o—dianisidina, probablemente por su mayor complejidad molecular en relación con las bases precedentes, hace que sea fuertemente adsorbida, a medida que se origina su oxidación, adsorción que es completa y total en el punto de equivalencia y que es responsable de la intensificación y brillantez del color violeta que, conjuntamente con una floculación perfecta, se observa en dicho punto equivalente.

Hemos intentado seguir potenciométricamente el proceso con los sistemas Fe^{3+} — bencidina, Fe^{3+} / o—tolidina y Fe^{3+} / o—dianisidina para ver si, la desadsorción con los dos primeros, o la adsorción en el último que tienen lugar en el punto de equivalencia, se acusaban con un aumento o disminución, respectivamente, del potencial rédox del conjunto. Sin embargo, los resultados no

fueron lo suficientemente claros como para consignarlos y establecer conclusiones indudables. Era de preveer este hecho, puesto que aquí, como ya hemos indicado, el proceso es complicado y hay interacciones entre los distintos sistemas rédox puestos en juego: $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$; forma oxidada/forma reducida de la base; distintos complejos del mercurio con tiocianato; precipitación conjunta de ambos tiocianatos mercurioso y mercúrico, etc., y es natural que no pueda apreciarse un paulatino aumento o disminución del potencial, con su clásico «salto» del mismo en la equivalencia, tal y como ocurre, por ejemplo, en una sencilla volumetría de precipitación de ioduros con ión argéntico.

Y así, se observa en la valoración de mercuritiocianato con ión mercurioso, utilizando el sistema indicador de Fe^{3+}/O — dianisidina, que las sucesivas adiciones de la sal mercuriosa provocan instantáneamente una brusca caída del potencial, que lentamente se recupera y alcanza sensiblemente el valor inicial. En cuanto al punto de equivalencia, coincidente con la mutación de color, hay, en efecto, una ligera variación de potencial, pero no muy acusada y con resultados variables. De otra parte, en el transcurso de la volumetría aparecen, a veces, cambios de potencial insólitos que, probablemente, obedezcan a precipitación de tiocianato mercúrico, o bien, a la aparición o desaparición de diversos complejos mercúricos. Por estas razones no consignamos los resultados obtenidos, los que, por otra parte, poco aportarían a la interpretación del quimismo del proceso.

2.—*Sistemas Cu^{2+} — bases aminadas*: F. Sierra y S. Hernández (82) utilizan estos sistemas en la valoración de Ag^+ con los iones SCN^- , I^- o Br^- ; pero no a la inversa.

R. Belcher y A. Nutten (86) emplean el sistema Cu^{2+} y diversos derivados de la bencidina en algunas argentometrías de precipitación.

Un intento efectuado por nosotros de valoración de mercuritiocianato con sal mercuriosa no dió resultados satisfactorios. En

efecto, la base forma ya un intenso color azul al añadirla sobre la mezcla de 10 ml de reactivo, 100 ml de agua y 5 gotas de $(\text{NO}_3)_2\text{Cu}$ al 5 ‰.

El precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ adsorbe lentamente el colorante; pero no hay mutación en el punto de equivalencia ni aún sobrepasado éste abundantemente.

Aquí pueden ocurrir dos procesos secundarios: de una parte, precipitación de $\text{Hg}(\text{SCN})_4\text{Cu}$, verde, hecho sin embargo, no observado, probablemente, por la escasa concentración de las disoluciones; y de otra, la formación de diversos compuestos de tiocianato — Cu — base, generalmente de color azul, y ya reseñados por la literatura, como son los de tiocianato — Cu — bencidina estudiados por Spacu y Macarovici (85) y recientemente por vía termogravimétrica, primero por Duval (87) y posteriormente por C. Barcia (88). F. Sierra y J. Sierra (71) hacen también referencia al intenso color azul de un compuesto obtenido con mercuritiocianato, ión cúprico y bencidina. Análogamente, F. Buscarons y E. Lorient (89) estudian el precipitado en copos azules que se produce con tiocianato, cobre y o—dianisidina.

En la valoración directa de mercurioso con mercuritiocianato, se obtuvieron resultados más satisfactorios, como se deducen de los experimentos siguientes:

a) *Sistema Cu—bencidina*: A 10 ml de nitrato o perclorato mercurioso, diluidos a 100 ml con agua se añaden, sucesivamente: 5 gotas de nitrato de cobre al 5 ‰ y 5 gotas de la solución de bencidina empleada en los ensayos anteriores. Lentamente, y con agitación constante, se añade el mercuritiocianato. Se observan los siguientes fenómenos: Al mezclar la sal de cobre y la bencidina con la disolución mercuriosa, no se observa cambio alguno; al caer el reactivo, las primeras gotas producen un intenso color azul verdoso, que desaparece enseguida para quedar el precipitado blanco del tiocianato mercurioso. Pasado el punto de equivalencia, el color azul verdoso es permanente y se adsorbe por el precipitado al

que comunica un tono azul violáceo, quedando la solución incolora.

Parece ser que al añadir el mercuritiocianato se originan los compuestos azules de tiocianato Cu—bencidina, antes citados, que desaparecen enseguida porque el SCN^- es sustraído para precipitar $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$. Un ligero exceso de reactivo, provoca ya la formación permanente de dicho compuesto, el que es adsorbido. Probablemente, no quede excluido aquí un proceso de oxidación a la forma meroquinóide de la bencidina, como parece indicar la intensificación del color azul, incluso a tonos violáceos, del precipitado; oxidación que tendría lugar en las propias micelas del mismo y, seguramente, catalizada por su gran superficie. De otra parte, la última aseveración no parece improcedente, toda vez que han sido consignadas oxidaciones análogas, de gran interés analítico, con bencidina, Cu, tiocianatos, cianuros, bromuros y yoduros (90) (91).

Dado que el sistema $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ tiene un potencial normal inferior al del sistema base oxidada/base reducida, hay que pensar que en este proceso se ha verificado o una exaltación del poder oxidante del primer sistema, o bien una disminución en el del segundo, o ambos procesos simultáneamente. En efecto, de acuerdo con las ideas de Feigl (90) (92), el sistema $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ acrecienta su poder oxidante por la disminución de iones Cu^+ a consecuencia de la formación de tiocianato cuproso insoluble; en cuanto a la bencidina, puede ser más fácilmente reducida si la forma meroquinóide, de color azul, es adsorbida por la red cristalina del tiocianato mercurioso, disminuyendo así el potencial del sistema base oxidada/base reducida, en un proceso análogo al indicado en el ensayo precedente con el sistema $\text{Fe}^{3+}/\text{bases aaminadas}$. De esta manera, el proceso es el típico de los denominados de oxiadsorción, en el que, como se ve, se aplican analíticamente las consecuencias de un proceso de oxidación con otro simultáneo de adsorción.

b) *Sistema Cu^{2+} / o —tolidina*: Se emplean los mismos volúmenes de solución mercurioso 0,1 N, agua y sistema oxidante que en el ensayo a). Los fenómenos observados son semejantes a los obtenidos con la bencidina, pero más netos y sensibles, como corresponde a la mayor facilidad con que se oxida la o—tolidina, lo que, en último extremo, aboga por la hipótesis del proceso de oxidación que aquí tiene lugar.

El viraje es de blanco sucio al azul, o al azul verdoso, cuya intensidad depende de la cantidad de base añadida. Esta no debe ser inferior a 5 gotas de solución al 0,5 % por cada 100 ml de volumen total. Con un exceso de mercuritiocianato el color azul desaparece y torna gris sucio. La acidez del medio tiene influencia notable sobre la tonalidad y sensibilidad de las coloraciones. Con poca acidez, el precipitado adquiere un tono rosado y posteriormente gris violáceo que vira al gris sucio. Con acidez excesiva, no hay transición de color en la equivalencia.

La interpretación del fenómeno es, naturalmente, la misma que con la base homóloga bencidina.

c) *Sistema Cu^{2+} / o —dianisina*: Se emplean los mismos volúmenes que en los ensayos anteriores. Aquí, el precipitado de tiocianato mercurioso enseguida adsorbe el producto de oxidación de la base, adquiriendo un color violeta que se intensifica a medida que avanza la valoración, sin que haya posibilidad de distinguir netamente una transición en la equivalencia.

3. *Sistemas vanadato-bases aminadas*: F. Sierra y S. Romojaro en un reciente trabajo (83) hacen referencia al sistema vanadato-bencidina que puede emplearse en valoración de Ag^+ con I^- .

Nosotros hemos ensayado los siguientes sistemas.

a). *Vanadato-bencidina*: A 10 ml de perclorato o nitrato mercurioso 0,1 N se añaden sucesivamente: 100 ml de agua, 4 gotas de ortovanadato sódico al 2%, 5 de solución de bencidina (al 1%) y con agitación constante, mercuritiocianato potásico 0,1 N. Se observan los hechos siguientes: Al añadir el vanadato, color amarillo y turbidez, debida esta última a la formación de vanadato mercurioso.

rioso, poco soluble. El precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ es primeramente blanco amarillento que se va haciendo verdoso poco antes de la equivalencia, y traspasada ésta, hay una ligera intensificación del color verde. El viraje es poco neto. Si se añade exceso de reactivo, el color verde desaparece y se transforma en gris sucio.

Operando a la inversa, o sea, valorando el mercuritiocianato con sal mercuriosa, se obtienen los siguientes cambios: La bencidina origina, como de costumbre, color azul pálido con mercuritiocianato que no se intensifica por la adición de vanadato. El precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ es primero azul intenso, luego azul verdoso, verde grisáceo, gris sucio y, en la equivalencia, hay una transición al color amarillo verdoso del conjunto precipitado-solución.

El proceso es parecido al que se obtiene con el sistema Fe^{3+} —bencidina; el color azul de la bencidina oxidada es primeramente adsorbido por las micelas del precipitado, y a medida que avanza la valoración, hay una ligera desadsorción que aumenta pasada la equivalencia, por desplazamiento del colorante al existir exceso de catión mercurioso. El viraje, sin embargo, es poco neto. La explicación del proceso es análoga a la dada con el sistema aludido Fe^{3+} /bencidina.

b) *Sistema vanadato / o —tolidina*: Se emplean los mismos volúmenes que en el ensayo anterior. También aquí los cambios observados son muy parecidos a los que se obtienen con Fe^{3+} / o —tolidina. En la valoración de mercurioso, el precipitado blanco o blanco amarillento (por el conjunto precipitado blanco, solución amarilla del vanadato en medio ácido), se va haciendo verdoso, y vira al azul en la equivalencia. No hay sin embargo, punto neto de viraje, sino más bien una intensificación paulatina en el color verde azulado que se hace tanto más azul cuanto más exceso de reactivo se añade.

En la valoración del reactivo mercuritiocianato con sal mercuriosa, la semejanza con el sistema Fe^{3+} / o —tolidina es aún más acentuada. Como allí, se observan los siguientes cambios en el color del precipitado: azul intenso, azul grisáceo, gris azulado, gris

sucio, y viraje al verde amarillento con gran desadsorción que colorea al líquido de color amarillo, mientras que el precipitado queda gris verdoso. Sin embargo, el viraje nos ha parecido más neto con hierro que con vanadato.

c) *Sistema vanadato / o—dianisidina*: Empleando las mismas cantidades que en los ensayos anteriores, se obtienen los siguientes resultados: En la valoración directa (mercurioso con mercuritiocianato) el precipitado de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ adsorbe enseguida la base oxidada coloreándose de rosado, posteriormente de violeta, aumentando la intensidad de esta coloración hasta hacerse morada intensa en la equivalencia. Pero, en realidad, no hay un punto neto de transición, y la tonalidad del precipitado depende, en gran manera, de la cantidad de o—dianisidina que se añada.

En la valoración de mercuritiocianato con sal mercuriosa, se aprecian los siguientes cambios: Al añadir la base sobre la mezcla de mercuritiocianato y vanadato, se produce enseguida oxidación de la base a un tono violáceo. El precipitado obtenido de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$ es, sucesivamente, azul, azul verdoso, gris verdoso, gris sucio, y en la equivalencia hay un viraje al rosado o al violeta claro, según la cantidad de o—dianisidina añadida. El viraje es neto y coincide sensiblemente con la equivalencia. El precipitado coagula totalmente y adsorbe todo el colorante, quedando la solución incolora. Poco a poco, por exposición a la luz, el precipitado va perdiendo su color violeta, al contrario de lo que ocurre cuando se opera con la base sola, en que, como ya hemos indicado, el ligero color violeta originado al final de la valoración, se intensifica con el tiempo.

4. *Sistemas utilizando la base de Arnold o tetrabase (p—tetrametil-diaminodifenilmetano)*: Sierra y Romojaro han empleado recientemente (83) el sistema vanadato-tetrabase para la determinación argentométrica de ioduros, con resultados muy satisfactorios, tanto a lo que se refiere a sensibilidad del viraje como a la resistencia a la acidez.

Nosotros hemos observado que añadiendo unas gotas de so-

lución de tetrabase (en etanol al 0,5 %) a una solución 0,1 N de mercuritiocianato, se origina ya un color azul que se intensifica al añadir reactivo mercurioso y precipitar; el precipitado adquiere pronto color azul, adsorbiendo totalmente el colorante, pero sin mutación alguna de color, aunque haya exceso de mercurioso.

Operando a la inversa, el precipitado, que al principio es blanco, poco a poco, adquiere una tonalidad verdosa, que se hace azul e intensifica cuando hay un ligero exceso de mercuritiocianato, pero sin que, en realidad, pueda definirse un punto neto de transición.

Se han ensayado también los sistemas de Fe^{3+} —tetrabase y vanadato-tetrabase, sin encontrar mejores resultados. Si acaso, el viraje es algo más preciso con Fe^{3+} —tetrabase en la valoración de mercurioso con el reactivo, pero se produce sobrepasado el punto teórico de equivalencia. Parece ser que la tetrabase no funciona aquí como indicador de oxiadsorción, sino simplemente de adsorción.

En la tabla XIX se encuentran resumidos los resultados de los ensayos anteriores. La calificación que en ella damos a los puntos de transición de color y nitidez de los mismos, corresponde a los encontrados en los ensayos descritos y en las condiciones citadas y, naturalmente, es relativa. Dada la gran sensibilidad de estos indicadores a las variaciones de acidez, dilución, concentración, etcétera, bien puede suceder que un indicador calificado como poco preciso por nosotros, sea muy sensible en otras condiciones diferentes a las ensayadas, y viceversa. Como un estudio exhaustivo de los diferentes factores que influyen sobre cada indicador o sistema, rebasaría los límites que hemos marcado a la segunda parte de esta memoria, hemos escogido aquellos que nos han parecido más adecuados para las determinaciones cuantitativas objeto del capítulo siguiente.

TABLA XIX.—VIRAJE DE LOS INDICADORES ENSAYADOS

El viraje se refiere a la transición de color que experimenta el conjunto precipitado-solución en las proximidades del punto de equivalencia.

Indicador	Valoración de mercurioso		Valoración de $Hg(SCN)_4^{2-}$	
	Viraje	Nitidez	Viraje	Nitidez
1. Azul de bromofenol	No existe		Blanco-lila	<i>Muy neto</i>
2. Alizarina S	Rosa-amarillo claro	Poco neto	Rosa débil-lila	Neto
3. Rojo Congo	Rosa claro-azul rosado	Muy poco neto	Rosa-azul rosado	Muy poco neto
4. Fe^{3+} -bencidina	No existe		Gris rosa-verdoso	Poco neto
5. Fe^{3+} /o-tolidina	No existe		Blanco gris amar.-crema	Neto
6. Fe^{3+} /o-dianisidina	No existe		Violáceo-violeta vivo	<i>Muy neto</i>
7. Cu^{2+} /-bencidina	Blanco sucio-azul verdoso	Poco neto	No existe	
8. Cu^{2+} /o-tolidina	Blanco sucio-azul verdoso	<i>Neto</i>	No existe	
9. Cu^{2+} /o-dianisidina	No existe		No existe	
10. Vanadato-bencidina	Verdoso-verde intenso	Muy poco neto	Gris sucio-gris verde	Poco neto
11. Vanadato/o-tolidina	Verdoso-verde azulado	Muy poco neto	Gris sucio-verde amar.	Neto
12. Vanadato/o-dianisidina	Violeta-morado	Muy poco neto	Gris sucio-violeta	Neto
13. Tetrabase sola	No existe		Verde-azul	Muy poco neto
14. Fe^{3+} -tetrabase	Verde-azul	Muy poco neto	No existe	
15. Vanadato-tetrabase	Blanco-verdoso verde azul	Muy poco neto	No existe	

CAPITULO IV.—APLICACIONES CUANTITATIVAS

VALORACION DE SALES MERCURIOSAS, MERCURITIOCIANATOS Y SALES DE CINC

1. *Valoración de sales mercuriosas*

De la observación de la tabla XIX se deduce que, en general, los indicadores de adsorción no proporcionan un buen viraje en la determinación de ión mercurioso con mercuritiocianato y que únicamente el sistema Cu^{2+} /o-tolidina origina virajes netos. Así pues, hemos procedido a determinar las condiciones de acidez y concentración en que la volumetría se verifica con mayor exactitud y apreciación utilizando el sistema indicado.

Reactivos: 1. *Perclorato mercurioso* 0,1 N de acidez mínima, preparado como se indica en la página 23 y valorado gravimétricamente como Cl_2Hg_2 , encontrando un factor = 0,935. A partir de esta solución se obtienen otras 0,01 N y 0,001 N por dilución convenientes en matraz aforado.

2. *Mercuritiocianato potásico* 0,1 N preparado y valorado conforme a las instrucciones dadas en la pág. 64: Se valora contra:

a) $(\text{NO}_3)_2\text{Hg}$ 0,1 N, valorado, a su vez, por precipitación como SHg.

b) NO_3Ag 0,1 N, cuyo factor ha sido determinado por precipitación con cloruro sódico.

c) $(\text{NO}_3)_2\text{Hg}_2$ 0,1 N, valorado gravimétricamente como Cl_2Hg_2 .

Se han obtenido los factores siguientes:

Con nitrato mercurioso.....	0,966
Con nitrato de plata.....	0,962
Con nitrato mercurioso.....	0,967
Promedio =	0,965

La solución es estable y el factor se conserva al menos, durante tres meses sin variación.

A partir de esta solución se preparan otras 0,01 N y 0,001 N por dilución conveniente en matraz aforado.

3. *Nitrato de cobre* al 5 ‰.

4. *Solución de o-tolidina*: Se disuelve 1 g. de la base en 100 ml de alcohol etílico de 95° que contiene 1 ml de ácido acético glacial.

A) *Resistencia a la acidez*: A 10 ml de la solución de perclorato mercurioso se añaden 90 ml de agua, 5 gotas de solución de nitrato de cobre y otras cinco de o-tolidina. Lentamente y con agitación constante, preferiblemente mecánica, se valora con mercuritiocianato. Se repiten las valoraciones adicionando cantidades variables de ácido perclórico 1 N para ver cual es la acidez más conveniente para la valoración, desde la inicial, sin ácido libre, que tiene un pH = 3,6 (medido electrométricamente). En la tabla XX se consignan los resultados.

TABLA XX

En todos los casos se valoran 10 ml de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1 N de $f = 0,935$ equivalentes a 9,35 ml 0,1000 N.

MI. de ClO_4H 1 N añadidos	Viraje	Apreciación del viraje	MI. de $(\text{ClO}_4)_2\text{Hg}_2$ 0,1000 N encontrados	Diferencia %
Ninguno (pH = 3,6)	Gris violáceo -gris sucio	Mala	9,27	-0,8
0,5	Gris violáceo -verde sucio	Buena	9,40	+0,5
1,0	Blanco sucio -azul verdoso	Buena	9,37	+0,2
1,5	id.	Buena	9,42	+0,7
2,0	No se aprecia	—	—	—
5,0	id.	—	—	—

Consecuencias: Es indispensable cierta acidez libre para la buena percepción del viraje. La cantidad de ésta permitida está comprendida dentro de límites restringidos, si bien cae dentro de la que suelen contener las soluciones corrientes de nitrato o perclorato mercurioso.

A) *Resistencia a la dilución:* Se han intentado efectuar valoraciones con soluciones 0,1 N de mercurioso y de reactivo y en todos los casos se ha encontrado que los puntos de transición son inapreciables o muy poco netos, tanto disminuyendo la dilución con agua (50 ml en lugar de los 100 empleados antes) como variando las cantidades de indicador, por lo que este sistema no es recomendable para valorar soluciones más diluídas que 0,1 N.

Puesto que el nitrato mercurioso es sal más corriente se efectúan valoraciones de diversos volúmenes de un $(\text{NO}_3)_2\text{Hg}_2$ 0,1 N de $f = 1,005$ y $\text{pH} = 1,3$, que cae dentro de los límites de acidez tolerados. El procedimiento seguido en todos los casos ha sido el siguiente.

Se disuelve a 100 ml con agua la solución a valorar y se añaden, sucesivamente, 5 gotas de nitrato de cobre al 5 % y otras 5 o 6 de solución de o-tolidina. Los resultados obtenidos figuran en la tabla XXI.

2. Valoración de mercuritiocianato potásico

Se han escogido como indicadores para esta valoración el azul de bromofenol y el sistema $\text{Fe}^{3+}/o\text{-dianisidina}$, que son los que mejores virajes han dado de acuerdo con la tabla XIX.

TABLA XXI

Ml. de (NO_3) ₂ Hg ₂ 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de (NO_3) ₂ Hg ₂ 0,1000 N (corregidos) encontrados	Diferencia %
5,03	5,05	+0,4
10,05	10,04	-0,1
15,08	15,12	+0,3
20,10	20,18	+0,4
25,13	25,23	+0,4

Soluciones: 1.—Perclorato mercurioso 0,1 N, $f=0,935$, $\text{pH}=2,6$.

2.—Mercuritiocianato potásico 0,1 N, $f=0,965$.

3.—Azul de bromofenol (tribromofenolsulfonftaleína). Solución acuosa al 0,1 ‰.

4.—Alumbre de hierro: Solución reciente al 4 ‰.

5.—Solución de *o*-dianisidina: 1 g. de la base disueltos en 100 ml de alcohol etílico de 95° que contiene 1 ml de ácido acético glacial.

A) Resistencia a la acidez: a). Con azul de bromofenol: Se procede lo mismo que se ha indicado en la valoración de sales mercuriosas: A 10 ml de mercuritiocianato diluidos hasta 100 ml con agua, se añaden 5 gotas de indicador y, posteriormente, poco antes del punto de equivalencia 3 gotas más, valorando con perclo-

rato mercurioso 0,1 N, $f=0,935$ y de acidez mínima, como de costumbre. En la tabla XXII se consignan los resultados obtenidos:

TABLA XXII

En todos los casos se valoran 10 ml de mercuritiocianato 0,1 N de $f=0,965$, equivalentes a 9,65 ml 0,1000 N.

MI de ClO_4H 0,1 N añadidos	Transición del viraje	Apreciación del viraje	MI de mercuritiocianato 0,1000 N encontrados	Diferencia %
Ninguno. Solución neutra	Blanco azulado al lila	Regular	9,72	+0,7
0,5 ml	Blanco-lila	Buena	9,68	+0,3
1,0 ml	Blanco-amarillo-lila	Muy buena	9,68	+0,3
2,0 ml	id.	id.	9,63	-0,2
5,0 ml	id.	id.	9,63	-0,2
10,0 ml	id.	Buena	9,68	+0,3
12,0 ml	Blanco rosado-lila	Regular	9,72	+0,7
15,0 ml	id.	Mala	9,72	+0,7
20,0 ml	Rosa-lila claro	Poco apreciable	—	—

Se observa una resistencia a la acidez apreciable teniendo en cuenta la gran sensibilidad de estos indicadores a la acidez libre.

b) Con Fe^{3+} *o*-dianisidina: A 10 ml del reactivo a valorar, diluidos con agua destilada hasta 100 ml, se añaden 6 gotas de alumbre de hierro y 3 gotas de la solución de *o*-dianisidina. Como anteriormente se valora con perclorato mercurioso 0,1 N de $f=0,935$ y de acidez mínima, bien sin agregar ácido perclórico, o bien después de adicionar volúmenes variables del ácido. Los resultados se agrupan en la tabla XXIII.

TABLA XXIII

Valoración de 10 ml de mercuritiocianato potásico 0,1 N, $f=0,965$ equivalentes a 9,65 ml 0,1000.

MI de ClO_4H 1 N añadidos	Transición del viraje	Apreciación del viraje	MI. de mercuritiocianato 0,1000 N encontrados	Diferencia %
Ninguno Solución neutra	Violeta claro -violeta brillante	Muy buena	9,63	-0,2
0,5	id.	id.	9,63	-0,2
1,0	id.	Buena	9,68	+0,3
1,5	id.	id.	9,68	+0,3
2,0	id.	id.	9,68	+0,3
3,0	id.	Regular	9,72	+0,7
4,0	Ligera intensificación del color violeta	Mala	9,72	+0,7
5,0	No se aprecia	—	—	—

Como se observa la resistencia a la acidez con este sistema es inferior a la del azul de bromofenol, si bien es lo suficiente para permitir su empleo en las soluciones corrientes de nitrato o de perclorato mercurioso. Cuando la acidez es elevada, interfiere el intenso color rojo del mercuritiocianato férrico; la base tarda en oxidarse, y después del punto de equivalencia, el líquido que sobrenada, dejando sedimentar el precipitado, tiene ligero color rojo.

B) *Resistencia a la dilución:* a) Con azul bromofenol: Se utilizan soluciones 0,01 N de mercuritiocianato y de nitrato mercurioso. Se diluye ahora solamente a 50 ml con agua destilada, y se emplean sólo 4 gotas de indicador. Los virajes son buenos y los re-

sultados que se obtienen son correctos, dentro del mismo orden de error que los obtenidos con soluciones 0,1 N.

Con soluciones más diluídas que 0,1 N la precipitación de tiocianato mercurioso es inapreciable y no es posible la volumetría.

b) Con Fe^{3+} o-dianisidina: Empleando soluciones 0,01 N, y diluyendo con agua hasta 50 ml y adicionando 4 gotas de alumbre y dos de la base, los virajes son poco netos; variando la cantidad de alumbre de hierro y de o-dianisidina, no se obtienen mejores resultados, como tampoco se alcanzan, naturalmente, con soluciones más diluídas.

3. Determinación de Zn^{2+}

Es sabido que el catión Zn^{2+} precipita con el anión $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ mercuritiocianato de cinc, $\text{Hg}(\text{SCN})_4\text{Zn}$, blanco cristalino, que en presencia de trazas de Cu^{2+} , presenta color violeta por formarse un mercuritiocianato doble de cinc y cobre (reacción de Montequi) (93).

R. Cohn (94) emplea por vez primera esta precipitación con fines analíticos; poco después, Koninok y Grandry (95) amplían el estudio del procedimiento, e introducen el mercuritiocianato potásico como reactivo volumétrico. Posteriormente, Kolthoff y Van Dic (96) por un lado, y Monasch (97) por otro, estudian la preparación y estabilidad del reactivo y mejores condiciones para la valoración.

De acuerdo con los autores citados, el Zn^{2+} se determina adicionando al problema, que puede contener ácidos nítrico o sulfúrico libres, un exceso de mercuritiocianato potásico; filtrando el precipitado de cinc, *no lavando* y determinando en el filtrado el exceso de reactivo añadido, por valoración con nitrato mercúrico standard y alumbre férrico como indicador.

Posteriores modificaciones se han hecho al método, desde la simple gravimetría, pesando el precipitado de $\text{Hg}(\text{SCN})_4\text{Zn}$, una vez seco a 110° , hasta la disolución del mismo en diversos reacti-

vos; por ejemplo, disolución en ClH concentrado y valoración de SCN^- por iodato potásico (98).

Nosotros valoramos el exceso de reactivo con sal mercuriosa, empleando azul de bromofenol o Fe^{3+} -o-dianisidina como indicadores del punto final. De esta manera enlazamos indirectamente una determinación de Zn^{2+} con las volumetrías de adsorción.

Un intento de valoración del exceso de reactivo sin filtrar el precipitado de cinc, no dió resultado, ya que por ser más insoluble el mercuritocianato mercurioso que el de cinc, la sal mercuriosa disuelve lentamente a este último, no obteniéndose por esta razón un punto neto de viraje.

Procedimiento: A volúmenes distintos de la solución de cinc aproximadamente 0,1 N, se añade un exceso moderado de mercuritocianato potásico 0,1 N; se diluye con agua destilada hasta 100 ml; se agita bien y se deja reposar unas horas. Se filtra, se lava una sola vez con la mínima cantidad de agua destilada, recogiendo el lavado, y en el filtrado se valora el exceso de mercuritocianato potásico con nitrato o perclorato mercurioso con azul de bromofenol y orto-dianisidina como indicador.

Los resultados se encuentran en la tabla XXIV que, como se puede observar, son aceptables, lo que confirma la bondad de nuestro método.

TABLA XXIV

Soluciones: 1. Sulfato de cinc 0,1 N preparada a partir de la sal de Merck y valorada gravimétricamente por precipitación como $\text{PO}_4\text{Zn}(\text{NH}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ en un pH adecuado, y posterior calcinación a $\text{P}_2\text{O}_7\text{Zn}_2$. 1 ml. de esta solución contiene 0,00327 g. de Zn.

2. Mercuritocianato potásico 0,1 N ($f = 0,965$).

3. Nitrato mercurioso 0,1 N ($f = 1,005$).

Zn ²⁺ puestos en g.	Ml. de Hg(SCN) ₄ ²⁻ 0,1000 N (corregidos) puestos	Ml. de (NO ₃) ₂ Hg ₂ 0,1000 N (corregidos) gastados	Zn ²⁺ encontradas en g.	Diferencia %
0,0327	19,30	9,40	0,0325	-0,6
0,0491	19,30	4,37	0,0488	-0,6
0,0654	24,13	4,22	0,0651	-0,4
0,0818	33,78	8,69	0,0820	+0,2
0,0981	38,60	8,75	0,976	-0,5

Nota: Si se lava más de una vez, los resultados son bajos por la solubilidad del precipitado.

CONCLUSIONES

1.^a Aprovechando la dismutación que el ión mercurioso experimenta en medio alcalino, y unido este fenómeno a otro de exaltación del carácter reductor de dicho ión, por formación de complejos mercurícos estables, se propone por vez primera la utilización de las sales mercuriosas como reactivos reductimétricos para operar en medios básicos.

2.^a Se hace un estudio teórico-práctico, seguido el último mediante la técnica potenciométrica, sobre los fenómenos que tienen lugar cuando, en medio alcalino, se enfrentan los iones mercurioso y ferricianuro en presencia de los aniones SCN^- , I^- y CN^- , aniones que, por complejar el catión mercuríco, exaltan el poder reductor del mercurioso. Se llega a la consecuencia, fundamentada teóricamente y comprobada por la experimentación, que solo en presencia del anión yoduro es factible la reducción cuantitativa del ferricianuro con vistas a su posible determinación.

3.^a Experimentalmente, se estudia de una manera exhaustiva la determinación del ión ferricianuro por el sistema mercurioso-yoduro, en medio alcalino. Se estudia la influencia del pH, de las concentraciones de yoduro y de ferricianuro, del tiempo de operación, de la temperatura, de la acidez del reactivo y de los distintos aniones que pueden influir en la reacción. Establecidas las condiciones óptimas en las que debe efectuarse la determinación, destaca la ventaja de este método sobre otros propuestos anteriormente para valorar el ferricianuro en medio básico, particularmente por el hecho de la estabilidad grande del reactivo y porque la valoración es posible efectuarla en el medio ambiente.

4.^a El punto final de la valoración citada se ha determinado potenciométricamente en la mayoría de los ensayos efectuados, pero con vistas a la posible utilización de la valoración propuesta en laboratorios en los que no se disponga de potenciómetro adecuado, se han ensayado diferentes indicadores, resultando como más eficaz la forma parcialmente oxidada del difenilaminsulfonato

de bario. Se expresa el procedimiento mejor de preparación del indicador para el fin propuesto.

5.^a Como comprobación y ampliación en las aplicaciones prácticas del proceso citado, se estudia la valoración por retroceso de sales crómicas, arsenitos, peróxido de hidrógeno e hidracina. Los resultados obtenidos en todos los casos son satisfactorios y los métodos propuestos son sencillos y en algún caso, particularmente en la valoración de hidracina, menos laboriosos que los encontrados en la literatura para casos análogos.

6.^a A partir de los datos encontrados en la bibliografía, se establecen las condiciones en las que no se dismuta el tiocianato mercurioso y se consigue su estabilidad. Dado que ésta puede conseguirse dentro de amplios límites experimentales, se propone por vez primera la valoración de sales mercuriosas por volumetría de precipitación, efectuando ésta como $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$, y empleando diversos indicadores de adsorción y de «oxiadsorción» para detectar el punto final de la volumetría.

7.^a Se hace un estudio experimental sobre el comportamiento de los siguientes indicadores en la volumetría citada: azul de bromofenol, alizarina S y rojo Congo como indicadores clásicos de adsorción; y bencidina, o-tolidina, o-dianisidina y tetrabase, conjugadas con los iones Fe^{3+} , Cu^{2+} y vanadato, independientemente, como modernos indicadores de oxiadsorción, dando una idea teórica sobre su posible actuación.

8.^a Determinados los indicadores más apropiados, se emplean en la valoración de sales mercuriosas o, inversamente, en la de mercuritiocianato potásico utilizado como precipitante. Se establece la influencia de la acidez y de la dilución en dichas valoraciones.

9.^a Como consecuencia inmediata de la valoración del mercuritiocianato por el método citado, se estudia y propone la valoración de sales cíclicas por precipitación con mercuritiocianato en exceso y determinación de este exceso con una sal mercuriosa empleando un indicador de adsorción para revelar el punto final,

BIBLIOGRAFIA

- (1) F. Feigl: «Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen. Leipzig, (1935).
- (2) F. Feigl: «Chemistry of Specific, Selective and Sensitive reactions». New York, (1949).
- (3) I. M. Kolthoff: «Die Massanalyse». Berlín, (1930).
- (4) G. Charlot: «Théorie et méthode nouvelle d'Analyse Qualitative» 3.^a ed., Masson, París, (1949).
- (5) G. Charlot y R. Gauguin: «Les Méthodes d'Analyse des réactions en solution». Masson, París, (1951).
- (6) R. Gauguin: Anal. Chim. Acta, 2, 177, (1948).
- (7) Luther: Z. physik. Ch., 36, 385, (1901).
- (8) G. Charlot, J. P. Wolf y S. Lacroix: Anal. Chim. Acta, 1, 73, (1947).
- (9) R. Belcher y T. S. West: Anal. Chim. Acta, 6, 332, (1952).
- (10) F. Burriel y F. Lucena: Anal. Soc. Esp. Fis. y Quim., XLVI (B), 577, (1950) y Anal. Chim. Acta, 4, 344, (1950).
- (11) F. Burriel, F. Lucena y S. Bolle: Anal. Chim. Acta, (en prensa).
- (12) F. Lucena: Anal. Soc. Esp. Fis. y Quím. XLIX (B), 45, (1953).
- (13) F. Burriel, F. Lucena y S. Arribas: «Química Analítica Cualitativa». Paraninfo, Madrid, (1952) (pág. 261).
- (14) F. R. Bradbury y E. C. Edwards: J. Soc. Chem. In., 59, 46, (1940).
- (15) W. Pugh: J. Chem. Soc., 588 (1945).
- (16) R. Belcher y T. S. West: Anal. Chim. Acta, 5, 260, (1951).
- (17) Id. ibid.: 5, 268, (1951).
- (18) Id. ibid.: 5, 472, (1951).
- (19) Id. ibid.: 7, 451, (1952).

- (20) F. Burriel y F. Lucena: *An. Soc. Esp. Fis. y Quím.*, XLVII (B), 257, (1951).
- (21) R. Belcher y T. S. West: *Anal. Chim. Acta*, 5, 364, (1951).
- (22) *Id. ibid.*: 5, 474, (1951).
- (23) *Id. ibid.*: 5, 360 y 546, (1951).
- (24) F. Burriel y F. Lucena: *Inf. Quím. Anal.*, VI, (1952).
- (25) I. M. Kolthoff: *Pharm. Weckblad*, 59, 66, (1922).
- (26) Kasner: *Arch. Pharm. Weckblad*: 51, 330, (1886).
- (27) S. Bolle: Tesis Doctoral, Madrid, (1952).
- (28) I. M. Kolthoff y N. H. Furman: «Potentiometric Titrations» 2.^a ed. Wiley and Sons, New York, (1931).
- (29) G. Charlot: *loc. cit.* (4), pág. 211, 254, 296 y 300.
- (30) P. Delehay, M. Pourbaix y P. van Risselberge: *J. Chem. Ed.*, 27, 683, (1950).
- (31) Lewis y Sargent: *J. Am. Chem. Soc.*, 31, 355, (1909).
- (32) E. Müller: *Zeitschr. phys. Chem.*, 88, 46, (1914).
- (33) I. M. Kolthoff: *Zeitschr. Anor. Chem.*, 110, 143, (1920).
- (34) C. del Fresno y L. Valdés: *Anal. Soc. Esp. Fis. y Quím.*, XXVII, 368 (1929) y *Z. Anor. Allg. Chem.*, 183, 251, (1929).
- (35) G. Charlot: *loc. cit.* (4), pág. 300.
- (36) H. H. Willard y G. D. Manalo: *Anal. Chem.*, 19, 362, (1947).
- (37) G. Scagliarini: *Att. X Cong. intern. Chim.*, 30, 466, (1929).
- (38) O. Tomicèk: *Rec. Trav. Chim.*, 44, 410, (1925).
- (39) O. Tomicèk y F. Freiburger: *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 801, (1935).
- (40) *Ciba Rv.*: 4, 1931, (1941).
- (41) A. Ionescu y V. Vargolici: *Bull. Soc. Chim. Rumanía*, 2, 38, (1920)
- (42) G. Charlot: *Bull. Soc. Chim.*, 6, 977, 1447, (1939).
- (43) H. H. Willard y G. D. Manalo: *Anal. Chem.*, 19, 167, (1947).
- (44) C. del Fresno y E. Mairlot: *Rev. Acad. Ciencias de Madrid*, 30, 315, (1933).
- (45) F. L. Hahn: *Z. angew., Chem.*, 40, 351, (1927).
- (46) P. Dicjens y G. Maassen: *Arch. f. Eissenhüttenwess.*, 9, 44, (1935).
- (47) W. Pugh: *J. Soc. Chem.*: 1824, (1937).
- (48) E. Müller y O. Diefenthaler: *Z. anorg. Chem.*, 418, (1910)
- (49) G. Charlot: *loc. cit.* (4), pág. 254.
- (50) H. H. Willard y Ph. Young: *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 5, 154, (1933).
- (51) Bollenbach y Luchmann: *Zeitschr. anorg. Chem.*, 60, 450, (1908).
- (52) F. L. Hahn: *Z. angew. Chem.*, 40, 349, (1927).

- (53) E. Sierra y F. Burriel: *Anal. Soc. Esp. Fis. Quím.*, XXX, 441, (1932).
- (54) Palmer: *Zeitschr. anorg. Chem.*, 67, 310, (1910).
- (55) C. del Fresno y L. Valdes: *Anal. Soc. Esp. Fis. Quím.* XXVII, 595, (1929).
- (56) G. Charlot y D. Bèzier: «*Méthodes Modernes d'Analyse Quantitative, Minérale*», 2.^a ed., Masson. París, (1949), pág. 526.
- (57) Dernbach y Mehling: *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 14, 58-60, (1942).
- (58) L. F. Andrieth y B. Ackerson: «*The Chemistry of Hidrazine*», Wiley New York, (1951), págs. 134, 145, y 154.
- (59) Bray y Cuy: *J. Am. Chem. Soc.*, 46, 858-875, (1924).
- (60) K. Fajans y O. Hassel: *Z. Elektrochem.* 29, 495-500, (1923).
- (61) R. Burstein: *Z. anorg. allg. Chem.*, 168, 325, (1928).
- (62) L. V. Zombory: *Z. anorg. allg. Chem.*, 184, 237, (1929).
- (63) L. V. Zombory y L. Pollak: *Z. anorg. allg. Chem.* 215, 255, (1923).
- (64) I. M. Kolthoff y J. Larsen: *J. am. Chem. Soc.*, 58, 1881, (1934).
- (65) Kocsis y Pollak: *Chem. Ab.*, 29, 1735^b, (1935).
- (66) F. Sierra y J. A. Sánchez: *An. Soc. Esp. Fis. y Quím.* XLVI, (B), 446, (1951) y XLVII (B), 339, (1952).
- (67) Pascal: «*Encyclopedie de Chimie Inorganique*, VIII, pág. 1067, París, Masson, (1933).
- (68) G. Charlot y R. Gauguín: cita (5), pág. 315.
- (69) F. Burriel y F. Lucena: *Anal. Chim. Acta.*, 4, 344, (1950).
- (70) F. P. Treadwell y W. D. Treadwell: «*Tratado de Química Analítica*», vol. 1, pág. 355, Barcelona, Marín, (1944).
- (71) F. Sierra y J. Sierra: *An. Soc. Esp. Fis. y Quím.*, XLIII, 1169, (1947).
- (72) I. M. Kolthoff y V. A. Stenger: «*Volumetric Analysis*», II, pág. 337, Interscience Publisher, N. Y. (1947).
- (73) R. C. Menrotra: *Anal. Chim. Acta.*, 2, 36, (1948).
- (74) K. Fajans: *Naturwissenschaften*, 11, 165, (1923).
- (75) K. Fajans: *A. anorg. allg. Chem.*, 137, 221, (1929).
- (76) K. Fajans: «*Newer methods of Volumetric Chemical Analysis*», vol. I, pág. 105, Böttger, ed., N. Y., (1938).
- (77) I. M. Kolthoff: *Chem. Rev.*, 16, 87, (1935).
- (78) F. Sierra y F. Burriel: *An. Soc. Esp. Fis. y Quím.*, XXX, 366, (1932).
- (79) F. Sierra: *Rev. Acad. Ciencias de Madrid*, XXXI, 273, (1934).
- (80) F. Burriel: *Anal. Soc. Esp. Fis. y Quím.*, XXXIII, 662, (1935).
- (81) F. Burriel y A. J. Batista: *Comunicación privada*.

- (82) F. Sierra y J. Hernández: *An. Soc. Esp. Fís. y Quím.* XLVI (B), 557, (1950); id. id., XLVII (B), 263, 269, 439, 451, 457, (1951).
- (83) F. Sierra y F. Romojaro: *An. Soc. Esp. Fís. y Quím.*, XLIX (B), 127, (1953).
- (84) F. Burriel: «Afinidad», núm. 15, (1942) y núm. 3 y 4, (1943).
- (85) Spacu y Macarovici: *Z. anorg. Chem.*, 102, 350, (1935).
- (86) R. Belcher y A. Nutten: *J. Chem. Soc.*, 114-118, 548, (1951).
- (87) C. Duval: *An. Chim. Acta.*, 6, 74, (1952).
- (88) C. Barcia: «Tesis Doctoral». Madrid, (1953).
- (89) F. Buscarons y E. Loriente: *An. Soc. Esp. Fís. y Quím.*, XLIII, 1179, (1947).
- (90) F. Feigl y H. Neuber: *Z. anal. Chem.*, 62, 375, (1923).
- (91) L. Kublerg: *Mikrochemie*, 20, 153, (1936).
- (92) F. Feigl: «Análisis cualitativo mediante reacciones a la Gota». *Parainfo*, Madrid, (1949), pág. 79.
- (93) R. Montequi: *An. Soc. Esp. Fís. y Quím.*, 25, 69, (1927).
- (94) R. Khon: *Ber.* 34, 3502, (1910).
- (95) L. L. Konnick y M. Grandy: *Chem. Zent.*, 73, II, 822, (1902).
- (96) I. M. Kolthoff y J. C. van Dik: *Pharm. Weckblad*, 58, 549, (1921).
- (97) E. Monasch: *Pharm. Weckblad*, 58, 1652, (1921).
- (98) W. C. Vosburg, G. Cooper, W. J. Clayton y A. Pfann: *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 10, 393, (1938).

RÉSUMÉ

La première partie de ce travail est une étude théorico-experimentale sur la conduite des sels mercurieux en milieu alcalin et en présence de cations que peuvent former des complexes mercuriques stables. En conséquence on propose pour la première fois l'utilisation de ces sels comme réactifs réductimétriques en milieux basiques. Pour cela on utilise simultanément le phénomène de dismutation du ion mercurieux et celui de l'exaltation de son pouvoir réducteur, par formation du complexe extrêmement stable HgI_4^{2-} . On applique ce procédé pour l'évaluation directe du ion ferricyanure, et pour l'évaluation indirecte ou en retour des sels chromiques, arsenites, peroxyde d'hydrogène et hydracine. Dans chacun des cas on établit les meilleures conditions expérimentales pour effectuer l'évaluation.

Dans la deuxième partie on étudie d'emploi, pour la première fois d'indicateurs d'adsorption et d'oxyadsorption en volumétries de précipitation du ion mercurieux en le précipitant sous forme de $(\text{SCN})_2\text{Hg}_2$. Une fois établies les conditions expérimentales dans lesquelles il est possible de stabiliser de thiocyanate mercurieux, tout évitant sa dismutation, on essaye les indicateurs suivants, dans la volumétrie mentionnée: bleu de bromophénol, rouge Congo et alizarine S comme indicateurs classiques d'adsorption; et bencidine, o-tolidine et o-dyanisidine qui forment les systèmes avec les ions ferrique, cuprique et vanadate ainsi qu'avec la base d'Arnold, comme indicateurs modernes de l'oxyadsorption.

On évalue ainsi directement par cette méthode les sels mercurieux et mercurithiocyanates et indirectement les sels de zinc.

FE DE ERRATAS

Página	Línea	Dice	Debe decir
5	9	$2 \text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}^-$	$2\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}^0$
10	21	+ H ⁻	+ H ⁺
12	última	mercurioso	mercurioso
13	26	HgI_4^{2-}	3HgI_4^{2-}
15	5	$4 = \times 10^{-42}$	$= 4 \times 10^{-43}$
17	3	ferricianhídrico	ferricianhídrico;
30	tabla	eneontrados	encontrados
33	10	elect odo	electrodo
33	18	Cl_2Hg	Cl_2Hg_2
39	22	utiizable	utilizable
40	2	083 v	0,83 v
53	tabla	Ml de arseniato	Ml de arsenito
64	20	de SCNK	de SCNK 2M hasta precipitación total, evitando un exceso.
65	11	poder absorbente	poder adsorbente
65	17	absorbe	adsorbe
67	11	intercambios	intercambio
67	12	+ 2 Cl ⁻	+ 2 SCN ⁻
68	10	aminaaas	aminadas
71	última	desadsorción,	desadsorción.
72	25	prodncen	producen
74	7	etc.,	etc.,
76	25	fácilmente reducida	fácilmente oxidada
77	2	mercurioso	mercuriosa
83	2	nitrato mercurioso	nitrato mercúrico
84	7 después de la tabla	0,1 N	0,01 N
86	tabla XXII	Ml de ClO_4H 0,1 N	Ml de ClO_4H 0,01 N
87	5 después de la tabla	mercuritiocianato férrico	tiocianato férrico
89	25	de Merck	Merck

El presente trabajo constituye la tesis doctoral del autor, que fué leída el 7 de mayo de 1953, ante el tribunal constituido por los señores catedráticos D. Emilio Jiménez Gil, D. Antonio Ipiens Lacasa, D. Fernando Burriel Martí, D. José María Fernández Ladreda y D. Antonio Rius Miró, obteniendo la calificación de Sobresaliente.

El Catálogo Espeleológico de España

POR

N. LLOPIS LLADO

La Espeleología va adquiriendo en España un desarrollo inusitado. Los que hace 20 años continuábamos modestamente, oscuramente, la obra de los espeleólogos barceloneses, maestros de la Espeología Española, estamos admirados ante el incremento que va tomando en los últimos tiempos.

Pero no es suficiente que se formen todos los meses grupos espeleológicos en los más apartados rincones de España; no es bastante que se exploren cavernas difíciles o desconocidas hasta ahora, es necesario que estos trabajos, estos esfuerzos y estos riesgos, dejen una huella, como la dejaron, profunda, los Font y Sagué, los Faura, los Carballo; pues de lo contrario todo ello resulta estéril, la ciencia no progresa y todo se reduce a ensalzar la vana aureola personal de algunos, a través de las descripciones, casi nunca afortunadas de los periodistas.

Por esto es necesario encauzar una labor positiva, de rendimiento en alguna faceta de la Ciencia; y el primer trabajo a realizar es, indiscutiblemente, el de la formación del Catálogo Espeleológico de España, puesto que no están catalogadas las cavernas y simas conocidas en nuestra Patria.

Hace ya años, geólogos eminentes se dieron cuenta de esta necesidad y en 1896 apareció la primera obra consagrada a este tema elaborada por Puig y Larraz (7). Este libro fué indiscutiblemente el punto de partida de este trabajo. Cuando algunos años más tarde, la Espeleología comenzó a adquirir auge en Barcelona, comienzan a aparecer catálogos parciales de interés regional (6) (2-3), el primero formado por Font y Sagué y el segundo por Faura Sans. A estos, que comprendían las simas conocidas en las cuatro provincias catalanas, hay que añadir otros estrictamente provinciales como el de Ferraté (4) sobre la provincia de Tarragona y el de Ferrer (5) sobre Vizcaya. Todos ellos son trabajos esporádicos, realizados gracias a la buena voluntad y al esfuerzo de quienes supieron comprender la necesidad de una organización, de una primera piedra, de un punto de partida.

En las etapas reciente y actual de la Espeleología, aquella obra no fué abandonada. Por el contrario, fué meticulosamente conservada y aumentada; así en Barcelona, la Sociedad de Ciencias Naturales «Club Montañés» inició bajo nuestra dirección, la ampliación del Catálogo Espeleológico de España, iniciado por Puig y Larraz, tomando como punto de partida la obra de este autor y aumentándola considerablemente con datos personales y con los aportados en las publicaciones bioespeleológicas de Jeannel y Racovitza (1). En este catálogo cuyos trabajos se realizaron entre 1932 y 1936 se triplicó el número de cuevas catalanas en relación con el último catálogo de Faura (3). Estos datos han permanecido hasta ahora inéditos, pero continúan siendo ampliados y conservados por el Grupo de Exploraciones Subterráneas de la ya indicada Sociedad de Ciencias Naturales «Club Montañés Barcelonés», y de este fondo documental se han tomado los datos para elaborar los últimos catálogos locales, distribuidos por macizos, publicados en nuestra revista SPELEON (8) (9) 10).

También el Grupo de Ciencias Naturales Aranzadi de San Sebastián, se preocupó y sigue preocupándose de estas cuestiones, habiéndose comenzado la publicación en su órgano «Munibe», de

las primicias de su Catálogo Espeleológico de Guipúzcoa transcritas íntegramente en SPELEON.

Es pues ahora el momento de unificar todos estos trabajos ya que se inicia en España una época de intensa actividad espeleológica. Por esto el primer paso ha de ser la catalogación de todas las cuevas conocidas en España y este trabajo debe hacerse por regiones y ha de correr a cargo de las entidades espeleológicas dispersas por las distintas provincias españolas.

En el Instituto de Geología de la Universidad de Oviedo, se ha iniciado ya esta labor, habiéndose recogido multitud de datos inéditos aparte de los entresacados de la bibliografía existente. No obstante es sólo una tímida iniciación, puesto que el territorio asturiano es riquísimo en fenómenos cársticos y el catastro de sus cavernas ha de ser forzosamente muy extenso.

Una labor idéntica debe iniciarse en todas las provincias e intensificarse en aquellas en las que ya se ha comenzado, pero ante todo interesa tener un criterio general sobre dos puntos esenciales.

- 1) Características de la sistemática a utilizar y
- 2) Organización del Catastro.

En el Instituto de Geología de la Universidad de Oviedo, se ha procurado simplificar ambos. La distribución de los fenómenos cársticos, ha de tener carácter regional, toda vez que son elementos de un conjunto de hechos geográficos y geológicos y por lo tanto han de ser distribuidos ante todo por regiones o divisiones políticas, ya que éstas en su mayor parte, están condicionadas por las características geográficas. Secundariamente se impone la distribución provincial, indispensable para una buena catalogación. A esta ha de suceder la *región natural* o *macizo montañoso* y finalmente el municipio y la aldea o lugar. La jerarquía de esta sistemática es pues la siguiente:

Región política

PROVINCIA

REGION NATURAL

Municipio

Aldea o Lugar

La organización del Catastro debe realizarse, según nuestro criterio, por el sistema internacional de fichas único adecuado al carácter especial e indefinido del catálogo. En estas fichas deben consignarse el mayor número posible de datos de toda índole, en forma abreviada para evitar tamaños anómalos del fichero que dificulten su manejo. El Instituto de Geología, emplea fichas de 15 x 10,5 cms. donde aparecen consignados los datos siguientes:

Nombre de la cueva, sima o resurgencia.

Municipio

Aldea o lugar más próximo

Altitud

Dimensiones

Recorrido total

Caudal (si se trata de una surgencia o resurgencia)

Descripción topográfica

Descripción geológica externa e interna

Fósiles

Datos biospeleológicos

Datos prehistóricos

Fechas de las exploraciones conocidas.

Origen de los datos consignados (personal o bibliográfico,

Bibliografía

Referencias a archivo de planos y archivo fotográfico.

Estos datos, cuando son completos constituyen un estudio resumido de la caverna citada. Por esto sólo de aquellas cavernas en las que se han realizado estudios meticulosos en todos los aspectos de la Espeleología, pueden tenerse fichas completas. Pero sólo la consignación del nombre y de la situación, tiene ya un valor; este ha de ser el comienzo y poco a poco vendrá lo demás.

No nos escapa que es esta una obra ingente, larga y laboriosa, pero al iniciarla se pondrá de manifiesto la labor conjunta de los espeleólogos españoles, su interés por la auténtica Espeleología. Un dato preciso, tomado concienzudamente, tiene un enorme valor, incomparable al de una exploración estéril.

Este trabajo puede ser el punto de partida del conocimiento de la España subterránea y con los datos adquiridos puede que algún día, por nosotros mismos o por nuestros sucesores, pueda presentarse una obra elaborada, sobre las cavernas de España, que constituya un firme jalón de la labor iniciada por Puig y Larraz.

BIBLIOGRAFIA

1. *J. Jeannel y A. Racovitza*: Enumeration des grottes visitées. Bioespeleologica Paris 1924-1929.
2. *Faura Sans, M.*: Espeleología (Index espeleologic de Catalunya) Geogra. de Cat. Carreres Candi. 1908.
3. *Faura Sans, M.*: Recull espeleològich de Catalunya. Sota Terra Club Mont. pág. 1-26 1909.
4. *Ferraté, J.*: Catálech espeleològich de las comarques Tarraconines. 1 vol. Reus 1924.
5. *Ferrer, A.*: Monografía de las cavernas y simas de la provincia de Vizcaya. Publ. Junta de Cultura. 1 vol. 100 págs. 36 figs. Bilbao 1943.
6. *Font y Sague, N.*: Catálech espeleològich de Catalunya. But. C. E. C. año II. N-24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33 y 35 y un folleto aparte. 1897.
7. *Puig Larraz, G.*: Cavernas y simas de España. Bol. Com. Map. Geol. Esp. T. XXI, págs. 3-291. Madrid 1896.
8. *Termes, F.*: Catálogo espeleológico de la región de Garraf. Speleon. T. III, N-3 págs. 131-146. Oviedo 1952.
9. *Termes, F.*: Catálogo espeleológico de la región de Sant Llorens del Munt-Sierra de l'Obac (Barcelona). Speleon. T. II. N-4 págs. 225-231. Oviedo 1952.
10. *Termes, F.*: Catálogo espeleológico de los alrededores de Barcelona y de Monserrat. Speleon. T. III. N-4 págs. 183-191. Oviedo 1952.

Sobre las características hidrogeológicas de la red hipogea de la Sima de la Piedra de San Martín (Navarra)

POR

N. LLOPIS LLADO

INTRODUCCION

En La Montaña de Navarra, lindante con Francia, se extiende una zona casi desértica, de tránsito difícil, denominada Larra, en cuya gea desempeñan el principal papel las calizas turonenses sobre las cuales se ha desarrollado una carstificación intensa. Esta región sería desconocida si no estuviera recorrida por su margen occidental por el camino de herradura que desde el llano de Belagua cruza a Francia por el collado de la Piedra de San Martín, y sobre todo sin el descubrimiento de la sima Lepineux o de la Piedra de San Martín gracias a la difusión que la Prensa ha dado a las tres expediciones realizadas, la penúltima de las cuales costó la vida al malogrado Loubens.

La intervención de un equipo español, en la última expedición realizada el pasado agosto de 1953, permitió obtener una serie de observaciones sobre la hidrología cárstica de la región de Larra y vertientes franceses del valle de Santa Engracia, las cuales sirvieron

de base para sentar algunas conclusiones de interés hidrogeológico por lo que respecta al origen, recorrido y emergencia de las aguas que corren por el interior de la Sima de la Piedra de San Martín. Pocas observaciones tenemos en cambio acerca de la marcha de las aguas en profundidad, pues los exploradores franceses no han divulgado hasta la fecha los estudios realizados y los dos espeleólogos españoles que descendieron a la sima con los equipos franceses, se vieron imposibilitados de realizar ninguna clase de trabajo concreto.

Para poder diagnosticar la zona de alimentación de las aguas de la Sima de San Martín y su marcha subterránea ha, sido necesario levantar un mapa geológico de la zona estudiada a la escala 1.25:000 con detalle suficiente para poder representar cómodamente los accidentes geológicos de la región. Además se levantó un plano más detallado a escala 1: 10.000 de los alrededores inmediatos de la sima.

Este trabajo se ha realizado con la colaboración de todos los componentes españoles de la expedición, debiendo ser mencionados de manera especial D. Jesús Elósegui, quien a pesar de su indisposición de pronóstico reservado, prestó inapreciables servicios estudiando los manantiales de los alrededores de Belagua, cuya relación con el río de San Martín era posible antes de conocer la región; Don Fernando Termes, que me acompañó constantemente en mis correrías geológicas; D. Luis Carrero y D. Antonio Escobar, Jefes del Campamento Español, que nos acompañaron igualmente en nuestras excursiones; los Sres. Ondarra y Assens que nos transmitieron sus observaciones subterráneas y finalmente el personal de la Guardia Civil que colaboraba en los trabajos y que con su celo, pericia y buena voluntad contribuyó eficazmente a la realización de nuestros estudios. Plácenos también hacer pública la amabilidad con que fuimos acogidos en Santa Engracia por Mr. Ranvier, ingeniero de Electricité de France, quien nos proporcionó preciosos datos sobre el régimen subterráneo de los alrededores y en especial de la surgencia de Bentia.

Finalmente es necesario hacer constar el agradecimiento que todos los miembros del equipo Español debemos al Excmo. Sr. Gobernador Civil de Pamplona, D. Luis Valero, por las infinitas amabilidades de él recibidas, algunas a todas luces innecesarias, secundado eficazmente por el Ilmo. Sr. Alcalde de Isaba y los Sres. Oficiales de la Guardia Civil de aquel sector.

PROBLEMAS PLANTEADOS Y METODO DE TRABAJO

El principal objeto de este estudio, que motivó la intervención española en la expedición a la Sima de la Piedra de San Martín, fué el determinar las características hidrogeológicas de la región, es decir la situación de la zona de alimentación del río subterráneo de la Sima, su posible caudal, su recorrido subterráneo y la zona de emergencia de las aguas.

Dado el desconocimiento geológico que se tenía de la región, para resolver este problema ha sido necesario proceder ante todo el estudio geológico, levantando una cartografía adecuada y realizando los estudios complementarios precisos para poder llegar a conclusiones concretas. Los trabajos realizados a este respecto han sido los siguientes:

1. Levantamiento de un mapa geológico de la zona comprendida entre los picos de Arlás y Lakora a la escala 1: 25.000.
2. Levantamiento de un mapa geológico detallado de los alrededores inmediatos de la sima a la escala 1:10.000.
3. Estudio geológico.
4. Estudio morfológico e hidrológico.
5. Observaciones subterráneas.

Este trabajo es sólo un avance de las observaciones realizadas y no figuran en él todos los documentos obtenidos en nuestro estudio.

I. ESTUDIO GEOLOGICO

A) *Situación geográfica de la zona estudiada*

La región estudiada está situada en los confines septentrionales de la Alta Navarra en la cabecera del valle del Roncal que termina en el llano de Belagua a 9 km. al N. de Isaba. Más hacia el N. se levanta bruscamente un muro calizo de cerca de 500 m de altura por encima del cual se desarrolla una región inhóspita, de topografía extremadamente complicada en sus detalles, surcada por valles, muchos de ellos ciegos, desprovistos de agua y casi de vegetación. Esta región, verdadero desierto de la alta montaña, constituye la región denominada Larra, que se extiende desde las cumbres de Anie (2.504 m.) por el E. hasta las inmediaciones del pico de Lakora (1.867 m.) por el W. Es un rincón de España casi desconocido por sus dificultades topográficas y semiabandonado por su esterilidad. Por encima de esta desolada región se elevan un conjunto de cordales y cumbres que delimitan, en sus líneas generales, la frontera hispano-francesa: Lakora (1.867 m.) El Ferial, (1.579 m.), Soum de Lèche (1.823 m.), Arlás (2.043 m.) y la Mesa de los Tres Reyes (2.433 m.)

Las vertientes francesas son más acogedoras gracias a la influencia del clima atlántico, que se detiene ante la barrera montañosa. Las vertientes descienden bruscamente entre bosques hasta la Gave de Sainte Engrace, que drena las aguas de las vertientes septentrionales de la divisoria geográfica.

B) *Estratigrafía*

Hay que considerar dos grandes unidades geológicas: 1. Zócalo paleozoico, constitutivo de la Zona Axial Pirenaica y 2. Cobertura mesozoica integrada exclusivamente por el triás y el cretácico.

a) *Zócalo paleozoico*

En la región estudiada por nosotros, apenas si hemos observado ningún afloramiento de paleozoico; únicamente en los alrede-

dores de Sainte Engrace y en las inmediaciones del pico de Lakora. Según se deduce de las investigaciones de los geólogos franceses resumidas por Viennot (22) la estratigrafía del paleozoico no está todavía conocida con precisión. En sus líneas generales está constituido por cuarcitas y pizarras satinadas del ordoviciense, calcoesquistos, calizas y dolomías devónicas, ampelitas gothlandienses y pizarras y areniscas carboníferas. La complejidad tectónica que afecta en general a este zócalo, cuando está involucrado en el plegamiento pirenaico, hace difícil obtener una buena sucesión estratigráfica. En la zona estudiada todos los afloramientos paleozoicos están constituidos por pizarras y cuarcitas ordovicienses, ampelitas gothlandienses y pizarras y areniscas carboníferas, es decir materiales totalmente impermeables, que limitan la progresión de las aguas en profundidad.

b) *Los materiales mesozoicos*

El zócalo paleozoico está cubierto por materiales secundarios. En la Gave de Sainte Engrace son las capas permotriásicas y triásicas las que se apoyan sobre este zócalo; más hacia el S., en el pico de Anie, falta el triásico y es el cretácico superior el que sirve de cobertera mesozoica.

El permotriás está formado exclusivamente por las llamadas pudingas de Mendibelza (11) (5) (6) formadas por cantos de elementos paleozoicos, que aparecen en el pico de Lakora y en las inmediaciones septentrionales de Sainte Engrace. Estas pudingas han sido objeto de largas discusiones acerca de su situación estratigráfica distinguiéndose en ellas dos niveles:

1. En la base, pudingas poligénicas, que en el pico de Lakora están formadas por 80 % de pizarras de edades diversas, cuyos cantos alcanzan hasta 0,40 m. y 20 % de calizas y dolomías devónicas, y

2. Pudingas de cantos de cuarcita de hasta 0,1 m. de diámetro.

En realidad las pudingas del Pico de Lakora, son más bien con-

glomerados brechoides, puesto que abundan las angulosidades, especialmente en los cantos de pizarra. Los cantos de cuarcita del conglomerado superior, están, por el contrario, perfectamente rodados, lo que justifica la separación de ambas capas, atribuyéndose al pérmico la pudinga inferior y asimilándose al triás la pudinga cuarzosa superior.

Sobre estas capas se apoyan materiales del triás superior, formados, como el resto del Pirineo, por margas abigarradas con yesos y ofitas en la base y calizas dolomíticas y dolomías blancas, amarillentas y a menudo cavernosas en la parte superior. Estas capas pueden estudiarse bien, a pesar de su complejidad tectónica, en la vertiente septentrional de la Gave de Sainte Engrace, a lo largo de la carretera, donde hay buenos afloramientos.

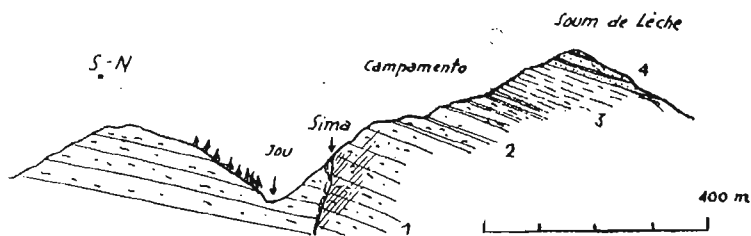


Fig. 1. - Corte geológico del Soum de Lèche

1. Calizas grises con microfauna en la base y nódulos de sílex.
2. Flysch muy calizo. Margas grises con nódulos de sílex. En la parte alta hay pocos nódulos y pasan a pizarras claras.
3. Pizarras blancas.
4. Serie samítica del Soum de Lèche.

El cretácico, en cambio, puede estudiarse mucho mejor en las vertientes españolas, ofreciendo buenos cortes las estribaciones de los picos de Arlás, Soum de Lèche y la región de Anie hasta Belagua a pesar de la complicación tectónica.

Un corte por las vertientes meridionales de Soum de Lèche, pasando por las inmediaciones de la Sima de la Piedra de San Martín, resume bastante bien la estratigrafía del cretácico. En

este punto se obtiene de abajo a arriba, la siguiente sucesión:

- 10-15 m. Calizas grises finamente detríticas, probablemente con microfauna.
- 30-40 m. Calizas grises con nódulos de sílex negro. La densidad de nódulos disminuye hacia la parte superior.
- 50-60 m. Serie flysch, formada por calizas margosas en la base, con nódulos de sílex, sirviendo de tránsito a la serie caliza inferior, y calcoesquistos pasando a pizarras blanquecinas, moteadas, en la parte superior.
- 30-40 m. Pizarras blancas moteadas.
 - 20 m. Areniscas amarillentas micáceas con *Chondrites*, alternando con pizarras claras y lechos delgados de pizarras carbonosas con restos vegetales indeterminables.

La serie de calizas de la base no está completa en este corte, teniendo en su totalidad una potencia de unos 150 m. Las potencias de los restantes tramos son solo aproximadas, pues el flysch está en general fuertemente plegado y se hace difícil obtener potencias exactas.

Las areniscas micáceas y pizarras negras con restos vegetales tienen un marcado aire carbonífero, que podría hacerlas confundir con este terreno; pero no cabe duda de su atribución al cretácico, no sólo por contener *chondrites* de tipo mesozoico sino por pasar insensiblemente al flysch inferior. Este cambio vertical de facies es particularmente claro en las vertientes del pico de Arlás, siguiendo la cresta desde el collado de Arlás hasta la cumbre. En el collado, las capas están casi verticales en contacto con los calcoesquistos de la base de la serie flysch. El espesor de las pizarras blancas es aquí de más de 100 m. pero deben existir repliegues locales que aumentan la potencia real. Ya en la base del picacho, aparece una serie de tránsito, alternando areniscas amarillentas con pizarras blancas, dominando finalmente las areniscas amarillentas en la cumbre. Los autores precedentes que se han ocupado del cretácico de esta zona, hacen observar ya la semejanza que determinados niveles tienen con el carbonífero (18).

En cuanto a la edad precisa de estas capas, los escasos fósiles que en ellas se encuentran hacen que sea difícil de precisar. No obstante, en la vertiente francesa se han encontrado *Hippurites* del turoniense superior y del santoniense en las calizas de la base y la serie flysch ha sido colocada por Gluber (10) entre el santoniense y el maestrichtiense. Según estos datos, estas capas pueden pues, equipararse con las series cretácicas que aparecen más hacia el E. en el valle de Canfranc (14) (21).

C) *Tectónica*

Siendo la zona de interés geológico para este estudio hidrogeológico, la mesozoica, únicamente podemos ocuparnos aquí de tectónica alpina, única que interesa a nuestras finalidades. Por otra parte, el zócalo paleozoico estaba ya consolidado y arrasado antes del comienzo de la sedimentación mesozoica y reducido a la condición de material geológicamente muerto en el sentido Argand (1), lo que le ha permitido desempeñar un papel de cierta importancia en la tectónica de la región de la Piedra de San Martín a consecuencia sobre todo del pequeño espesor de los sedimentos mesozoicos que lo recubren.

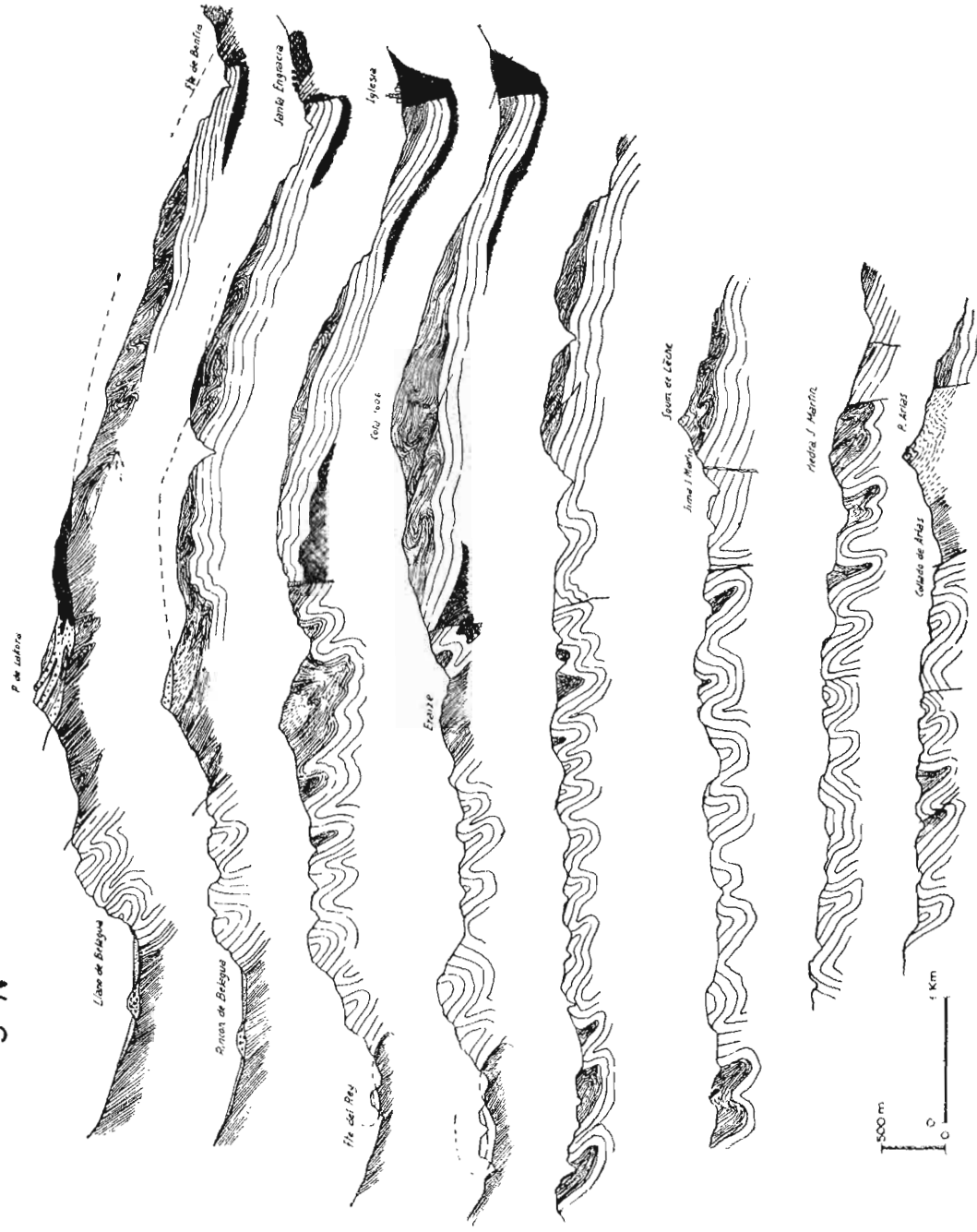
En la tectónica alpílica de esta región, hay que distinguir dos tipos de formas tectónicas muy diferentes:

1. Formas de plegamiento, que integran el cuerpo fundamental de la estructura, y
2. Roturas de génesis posterior al plegamiento que rompen la continuidad del mismo.

Estos dos tipos de formas tectónicas definen las características estructurales de esta zona de la Alta Navarra.

Las formas de plegamiento están integradas por dos grandes conjuntos: Una región occidental constituida por una cabalgadura denominada capa de Lakora, formada por un manto de paleozoico que se ha deslizado por encima de las calizas y flysch del cretácico, en una profundidad de unos 5 ó 6 km. El frente de esta capa de Lakora, está situado en el pico del mismo nombre formando un

S-N



CORTES GEOLOGICOS DE LA REGION DE LA PIEDRA DE SAN MARTIN

por
N.Llopis Lladó



Fig. 2

«Klippe» de más de 2 km. de longitud integrado en parte por el paleozoico y en parte por puddingas de Mendibelza. Esta capa ha sido fuertemente desmantelada por la erosión, puesto que en otra época debía extenderse hacia el E. por lo menos hasta el Pico de Arlés, quedando hoy en cambio residuos, solamente en las vertientes de Lakora. (3) (4) (5) (6) (7) (8) (10).

El conjunto oriental está constituido, por el substrato de la capa de Lakora exhumado por la erosión. En este substrato se reconocen al primer vistazo dos unidades tectónicas separadas aproximadamente por la línea fronteriza entre España y Francia. Las vertientes francesas están formadas por las capas de calizas turonenses inclinadas suavemente hacia el N. a las que se superpone el flysch calizo campaniense y sobre éste residuos de flysch pizarroso. Las vertientes españolas están constituidas por un conjunto de pliegues relativamente apretados, isoclinales, de estilo jurasicoide y vergentes hacia el S. En estos pliegues desempeña el principal papel la caliza turoniense, puesto que el flysch calizo campaniense aparece sólo en los ejes de los sinclinales. La zona de Larra está integrada por este conjunto de pliegues, que se va elevando poco a poco de W. a E. de tal modo, que hacia el W. van apareciendo en la estructura, elementos stratigráficos cada vez más modernos. Este hundimiento de los ejes de los pliegues hacia el W. no sólo ha determinado la demolición de la parte oriental del manto de Lakora, sino que, como veremos, desempeña un papel muy importante en el desarrollo de la hidrología subterránea.

Llama la atención el contraste estructural que se establece entre la tectónica de la vertiente española y la de la francesa, puesto que las vertientes N. de Arlés y del Soum de Lèche dan la impresión de tratarse de un país tabular ligeramente inclinado hacia el N. siendo así que en realidad constituyen el substrato de la capa de Lakora y es posible por consiguiente que tengan una estructura más compleja. Parece corroborar esta sospecha el hecho de que las calizas turonenses tienen en los afloramientos una potencia máxima de 150 m. mientras que, el pozo de acceso a la Sima de la

Piedra de San Martín, tiene 340 m. de profundidad y está excavado totalmente en la caliza turonense, al decir de los exploradores. Esto hace suponer que en el macizo de Soum de Lèche pueda existir alguna anomalía estructural no visible en los afloramientos reconocidos. Por otra parte, el flysch calizo campaniense superpuesto a la caliza turonense, está fuertemente plegado, como puede verse en las vertientes del barraco de Arphidia, de tal modo, que su estilo tectónico es completamente distinto del de la caliza turonense y por lo tanto disarmónico en relación con ésta, aunque este fenómeno sea explicable por el carácter extremadamente plástico de dicho flysch en relación con la masa mucho más rígida de caliza.

Los arrumbamientos de los pliegues se hacen constantemente de W. a E. existiendo una marcada tendencia a elevarse hacia E., de tal modo que al E. de Anie aparece el zócalo paleozoico, mientras se hundén lentamente hacia el W. Las vergencias son constantemente hacia el S., tanto en los elementos de primer orden como la capa de Lakora, como en los pliegues de tercero y cuarto orden, lo que indica que los empujes tuvieron dirección S.-N. Es por otra parte, el mismo tipo de plegamiento que encontramos en toda al Alta Navarra (14).

b) *Las roturas*

Las formas de plegamiento que se acaban de describir aparecen atravesadas y en ocasiones desplazadas por sistemas de fallas, que, por sus características, pertenecen a una fase orogénica posterior a la que engendró el plegamiento. Las fallas tienen como elementos satélites, sistemas de litoclasas, extremadamente desarrollados y que desde el punto de vista hidrogeológico son de la mayor importancia.

1. *Las fallas*

Son grandes accidentes, especialmente visibles en la región de Arlás, tanto en las vertientes españolas como en las francesas, a

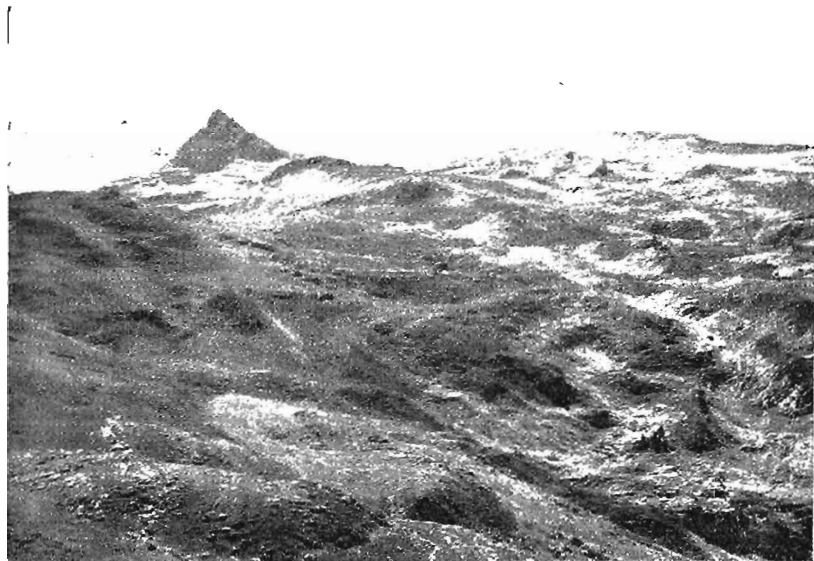


Fig. 1.—Zona de Larra y Pico de Anie
Región de alimentación del sistema cárstico de la Piedra de San Martín. Calizas
y fíresch cytácico

(Foto Llopis)

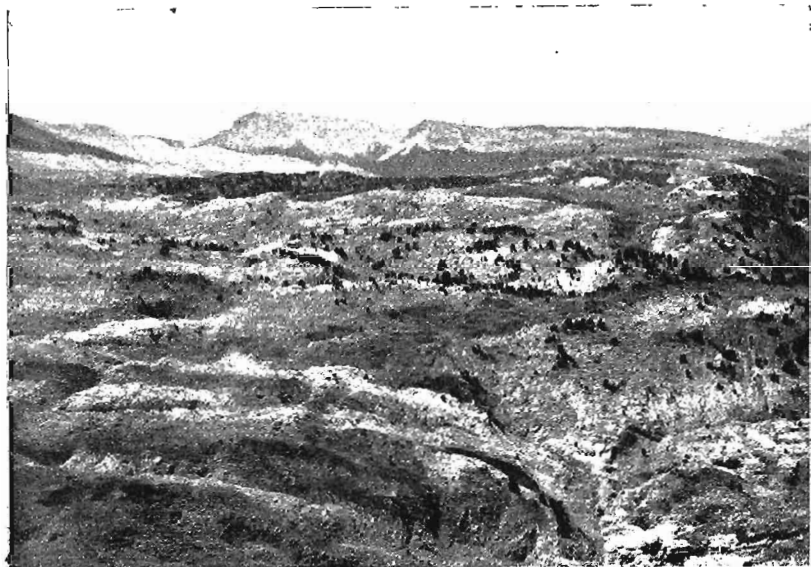


Fig. 2.—Otro aspecto de la desolada región de Larra.

(Foto Llopis)



Fig. 1 — Frente de falla del Cerro de la Contienda, con acanaladuras de lenar pulimentado por acción glaciaria. Calizas turonenses.

(Foto Llopis)



Fig. 2.— Lapiaz del Cerro de la Contienda. Detalle del anterior.

(Foto Llopis)

la Piedra de San Martín, existe otra paralela a la anterior que se prolonga hacia Francia por el camino Arettes.

Estas fallas no son, en realidad, sino accidentes de segundo orden derivados de la red de diaclasas de dirección dominante N-NW. S-SW principales, responsables de la pequeña tectónica de la región; los labios de algunas de estas diaclasas se han movido engendrando las fracturas.

Los elementos del otro sistema, de dirección predominante W.-E., aparecen también concentrados en las inmediaciones de la zona fronteriza, entre el Pico de Arlás y las cabañas de Eyraze; el elemento más importante de este sistema es la falla del Ferial que corta las calizas de montaña y el flysch. La sima de la Peña de San Martín, está instalada precisamente sobre una falla de este sistema, que se extiende desde las inmediaciones del collado hasta las cercanías del barranco de Arphidia.

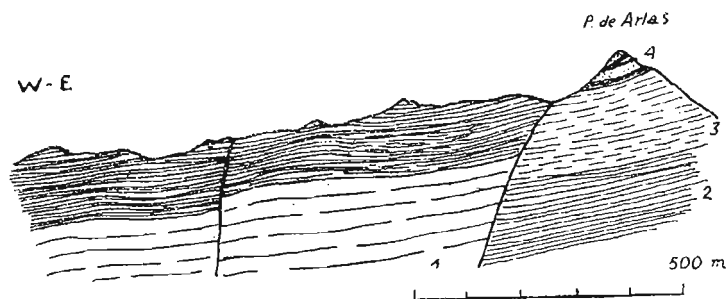


Fig. 3.— Tectónica del fallas del pico de Arlás.

1. Calizas turonenses; 2. Flysch calizo; 3. Pizarras blancas; 4. Pizarras y samitas maestrichtienses.

El corte sigue la misma orientación de los estratos y de los pliegues.

Cuando estos accidentes no afectan a las zonas de flysch, sólo son visibles a consecuencia de presentar zonas de brechas y de diaclasas satélite con tendencia a la brechificación, tal como pasa con la indicada falla de la sima de San Martín en cuya entrada se desarrolla un sistema de diaclasas de intervalos muy apretados de

orientación N.-S. inclinadas 60° al E. que no se encuentran en el resto de la zona caliza no afectada por fracturas.

2) *Las diaclasas*

La masa de calizas turónenses que constituye el elemento petrográfico más destacado de la región de la Piedra de San Martín, está atravesado por una red de diaclasas cuyas direcciones dominantes son las mismas ya indicadas para las fallas.

El sistema más visible es el N. $10-20^\circ$ E. derivando hasta el NE. inclinado 80° al E. En toda la región del S. y SW. del Pico de Arlás hasta la zona del Pico de Anie, este sistema es claramente visible y determina rasgos morfológicos de segundo orden tales como el desarrollo del lapiaz y la instalación de las simas y dolinas. La diaclasación es menos clara en el flysch, a consecuencia de que consecuencia de aparecer allí la caliza desnuda de su cobertera de flysch. Estos accidentes «cortantes», se han localizado especialmente en las calizas a consecuencia de su mayor rigidez en relación con el resto de los sedimentos cretácicos.

Estos accidentes son claramente de tipo germánico y por lo tanto sin relación directa con el plegamiento; las direcciones corresponden a dos grandes conjuntos: uno NE-SW., con variaciones N. $30^\circ-40^\circ$ E. y otro W.-E. con variaciones W. $10^\circ-20^\circ$ N.

En el collado del W. del pico de Arlás hay una de estas fallas, cuyo labio E. se ha hundido más de 100 m.; el salto de esta falla disminuye hacia el SW. desnivelando sólo unos 8-10 m. la zona del Cerro de la Contienda donde la presencia de flysch la hace más visible. Mas hacia al W., en las inmediaciones del collado de los intervalos entre los distintos elementos se hacen mucho mayores gracias a la mayor plasticidad de este material, pero las direcciones se mantienen constantes.

Aparte este sistema fundamental, existen otros accesorios como el W. $10^\circ-20^\circ$ N., transversal al anterior y responsable de las fallas de la misma orientación. Este sistema está bastante desarrollado en la vertiente francesa, especialmente en el valle de Santa

Engracia, donde algunos accidentes importantes, como la falla general del valle, tienen la misma orientación. Este sistema tiene algunas variaciones llegando a dar accidentes E. 10-20 N.

Los sistemas de «aspa», existen también en estas calizas pero poco desarrollados, probablemente a consecuencia de poseer grandes intervalos que aislan los individuos. Estos sistemas tienen también variaciones de 10 a 20 hacia los puntos inmediatos.

II MORFOLOGIA

A) *El relieve residual*

Los relieves más antiguos que aparecen en la región de la Piedra de San Martín, son restos de una penillanura que debió de extenderse desde el pie de los actuales picos de Anie y Arlás hasta más allá del collado de Eyraze por el W. y prolongándose posiblemente por encima de las actuales cumbres del valle del Roncal. No obstante, la erosión ascendente de los ríos navarros ha destruido casi totalmente este antiguo elemento fundamental del relieve de Navarra, del que sólo quedan residuos en la cabecera del valle de Belagua, sin duda porque allí, el glaciario cuaternario y las carstificaciones detuvieron parcialmente la progresión de las cabeceras.

Esta antigua penillanura está representada en la actualidad por los restos de cordales situados todos a la misma altura que se suceden unos tras otros, de tal modo que no es difícil reconstruir con la imaginación la antigua superficie. Estos cordales descienden suavemente hacia el W. desde los 2.000-2.100 m. hasta los 1.750-1.730 m.

Por encima de esta penillanura que debió ser total, se encuentran todavía relieves más altos, a manera de monadnocks, como el del pico de Anie, que acreditan la existencia de otro relieve más antiguo todavía, anterior a la penillanura de 2.000-1.700 m.

Pero sin duda el elemento más importante es la indicada peni-

llanura puesto que ella ha sido el punto de partida para la génesis del relieve actual.

Es difícil decidirse acerca de la edad de esta penillanura puesto que no aparecen en la región sedimentos correlativos que permitan fijarla ni siquiera aproximadamente. Solamente sabemos que corta las capas cretácicas y paleocenas y que desde luego es posterior al plegamiento, el cual en la Montaña Navarra parece ser de edad oligocena superior, con lo que la penillanura debe de ser miocena y posiblemente pontiense por ser esta la edad de otras formas semejantes reconocidas en las montañas españolas.

B) *Las formas glaciares*

Al terminar el plioceno, la penillanura de 2.000-1.700 m. estaba ya en buena parte disecada, puesto que la glaciación cuaternaria ocupó esta región con un relieve semejante al actual.

Las formas glaciares aparecen bien desarrolladas en las cabecezas, donde existían circos, cuyos nevés proporcionaban sedimentos que formaban las morrenas de Belagua.

El valle de Belagua es probablemente un valle glaciar sobreexcavado, cuyas morrenas han sido destruidas en buena parte, pero de las que quedan residuos en ambas vertientes y en la entrada. En el propio camino del Collado de la Piedra de San Martín a Belagua, se encuentran residuos morrénicos por encima de la Venta de Arraco y lo propio ocurre en el margen S. del llano de Belagua. El sedimento del centro del llano es una arcilla gris muy fina con lechos de cantos de tipo fluvial que acredita la instalación de una laguna, probablemente de umbral morrénico, en la zona ocupada actualmente por el llano de Belagua.

En las zonas altas de la frontera hispano francesa, aparecen formas de excavación glaciar representadas por las superficies pulimentadas y estriadas y circos, generalmente de poco desarrollo. En la zona de campos de lapiaz de Larra, se observan superficies de lapiaz, pulimentadas por la masa de hielo.

No es posible determinar la importancia ni el número de las

glaciaciones, puesto que no existen huellas suficientes para intentar una reconstrucción objetiva. Únicamente puede decirse que sobre los cordales, probablemente más extensos que en la actualidad,

se instalaron glaciares de plataforma, especialmente en la zona del N. de Anie, entre este pico y el Arlás.

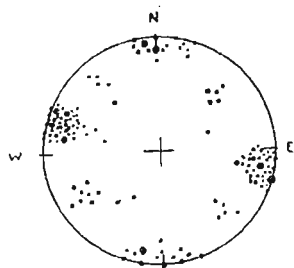


Fig. 4

Proyección estereográfica de los polos de los sistemas de diaclasas de las calizas turronenses y flysch de los alrededores de la Piedra de San Martín.

Los puntos representan diaclasas; los puntos gruesos son las fallas.

C) El Karst

Pero los tipos de formas que realmente dan carácter particular a la actual región de la Piedra de San Martín, son las formas cársticas cuyo desarrollo es extraordinario, hasta el punto de que bien puede decirse que el Karst de esta zona presenta una evolución tan notable que probablemente pocas regiones de Europa se le pueden equiparar. La originalidad del Karst de la Piedra de San Martín es consecuencia, ante todo, de la compleja evolución que ha experimentado desde los tiempos

pliocenos hasta la actualidad.

En efecto, el proceso de carstificación más antiguo que puede reconocerse en esta zona, debió de estar relacionado con la superficie de 2.000-1.700 m. antes de su disección, de tal modo que en los actuales cordales residuales de aquella penillanura pueden encontrarse formas de «Karst residual». Mas tarde, durante las fases fluviales y glaciares que se sucedieron durante el Cuaternario, la carstificación continuó, formándose fenómenos cársticos subglaciares durante las glaciaciones y fenómenos de Karst normal durante los interglaciares (*). Actualmente se sucede un ritmo pare-

(*) Véase nuestro trabajo «Glaciarismo y carstificación en la región de la Piedra de S. Martín (Pirineo navarro)» en publicación en «Pirineos»,

cido al de los períodos glaciares aunque atenuado, puesto que la región de la Piedra de San Martín está cubierta de nieve durante cuatro y cinco meses al año, durante los cuales la carstificación ofrece características muy especiales puesto que puede hablarse con propiedad de un «Karst nival»; en cambio, durante el resto del año este Karst nival se transforma en un Karst normal de alta montaña, cuyos fenómenos son idénticos a los del Karst ordinario.

Como resultado de esta evolución asaz compleja, aparecen en el Karst de la Piedra de San Martín, varios tipos de formas:

1. Formas residuales probablemente pliocenas.
2. Formas subglaciares cuaternarias.
3. Formas fluviales interglaciares cuaternarias.
4. Formas nivales actuales.
5. Formas normales actuales.

Entre las formas cuaternarias y las actuales, existen frecuentes interferencias que hacen difícil en ocasiones su distinción, puesto que a las formas cuaternarias se superponen las formas nivales actuales y el Karst normal.

a) *El Karst actual*

El Karst actual procede, pues, de una compleja herencia de formas cársticas pliocenas y cuaternarias y está sometido a un régimen alternativamente nival y pluvial.

1) *Las formas de absorción y conducción*

Las formas de superficie de los aparatos cársticos actuales de la Piedra de San Martín están constituidas por tres elementos:

1. Dolinas y uvalas, «jous» y simas.
2. Lenares y
3. Resurgencias.

Las dolinas, uvalas, «jous» y simas son formas de absorción. Las dos primeras corresponden a un tipo de Karst pluvial normal y están escasamente representadas en la región de la Piedra de San

Martín. Únicamente en las vertientes meridionales del pico de Arlás, entre éste y el Cerro de la Contienda, aparece una extensa uvala con algunas dolinas parásitas.

Los «jous». El elemento fundamental del Karst de Larra es el «jou», es decir una especie de dolina embudiforme, escasa en «terra rossa», limitada generalmente por pendientes abruptas, de las cuales, las orientadas de cara al S. tiene a menudo coladas de piedras que recuerdan formas de soliflucción o en general de desarrollo periglaciario. Estas formas las denominamos «jous» por su semejanza con las dolinas de los Picos de Europa y en general de todas las zonas de nivación de la Cordillera Cantábrica. Deben referirse indiscutiblemente a formas de nivación, es decir dolinas que funcionan durante buena parte del año con el agua de fusión de las nieves; las formas de soliflucción a que antes hicimos alusión son bien explícitas a este respecto; la circunstancia de encontrarse localizadas en las vertientes septentrionales puede explicarse a consecuencia de que estas vertientes deben tener una mayor actividad a consecuencia de recibir mayor insolación.

El desarrollo que presentan los «jous» es verdaderamente extraordinario, de tal modo que escasean las formas simples, ya que a consecuencia de su evolución, se conjugan frecuentemente unos con otros engendrándose valles ciegos, largos y estrechos, alineados generalmente siguiendo la dirección de los estratos, profundos a veces de dos o trescientos metros, que constituyen los accidentes topográficos más destacados de la región de Larra. Los «jous» constituyen, en una palabra, las formas elementales de absorción del Karst de Larra.

Las simas, constituyen otro de los elementos destacados de las formas de absorción. Es verdaderamente notable la densidad de estos elementos morfológicos, puesto que la región de Larra está materialmente acribillada por ellas. En nuestras travesías por dicha región hemos observado algunas de dimensiones verdaderamente gigantes como la que se abre muy cerca de la txavola inmediata al camino de Herna en el cerro cota 1.748, la cual tiene

una boca de cerca de 10 m. de diámetro y probablemente es de gran profundidad puesto que las piedras que se echan en ellas se oyen largo tiempo.

En la región inmediata al Collado de la Piedra de S. Martín, que recorrimos mucho más meticulosamente, hemos contado diez y ocho en una superficie de 2 km. cuadrados y es probable haya más todavía en la misma superficie. La mayor parte de estas simas son desconocidas, puesto que sólo han sido exploradas la sima de la Piedra de San Martín, la sima Fertel y alguna otra en las vertientes francesas.

Sima de la Piedra de San Martín.—Los únicos datos que poseemos de esta sima son nuestras observaciones personales de superficie y las comunicadas por los Sres. Ondarra y Assens que acompañaron a los exploradores franceses en parte de su reconocimiento.

La boca es alargada en dirección NW.—SE. y tiene 22 m. de longitud. En las paredes NW. hay señales de pulimento y estriación glaciaria modeladas probablemente sobre una zona de marmitas conjugadas. La parte SE. está excavada en una falla de dirección W-NW-ESE, que desplaza las capas de calizas urgonienses que buzcan 30° al NNW. En las inmediaciones de esta falla se observa una diaclasación aberrante muy marcada que ha de ser interpretada como la tectonización inherente a la formación de la fractura. Otras roturas acompañan a este accidente representadas por diaclasas N-S inclinadas 60° al W. y N 10°E., inclinadas 80° al E. Se reconoce además una esquistosidad muy marcada perpendicular a la estratificación, es decir, inclinada unos 60° al S.

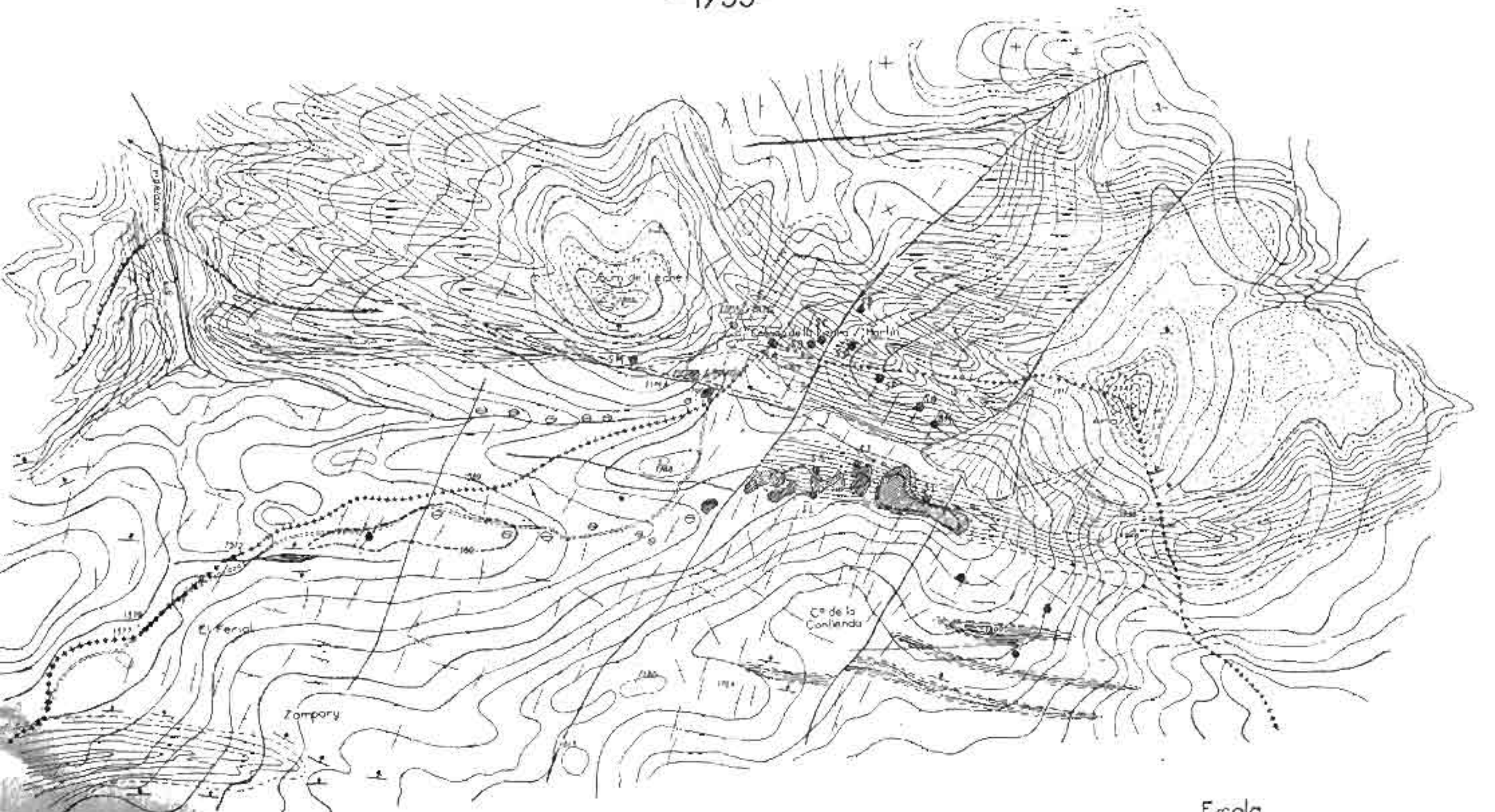
La zona NW. de este pozo de entrada está ocupada por coluviones que obstruyen su continuidad en profundidad, de tal modo que dicho pozo de entrada sólo es practicable 10 m. escasos. Cerca de su extremo SW, y precisamente sobre la indicada falla WNW-ESE, se abre un pequeño agujero que da entrada al pozo que sirve de acceso a la sima.

Según las observaciones realizadas por el Sr. Ondarra durante

MAPA HIDROGEOLOGICO DE LA REGION DE LA PIEDRA DE SAN MARTIN (NAVARRA)

POR
A. LLOPIS LLADO

- 1953 -



- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Calizas jurásicas | Flysch pizarras campanicas |
| Flysch caliza campanica | Flysch arenoso maestricienso |
| Arenillas de descalcificación | |
| Falla | Dirección inclinación |
| Cobaladuras | Buzamiento |
| Sima | Dolina |
| Jau | Rio subterráneo probable |

Fig. 3

su descenso, el pòzo de acceso continúa excavado sobre la misma falla de la entrada hasta -130 m. A -50 m. se observa un lapiaz de aristas muy agudas; a -80 m. hay una plataforma de 3 m. de longitud por uno y medio de saliente inclinada 30° al NW., que debe coincidir probablemente con un plano de estratificación; a -85 m. se descubre la falla en la misma dirección y en una longitud de unos 6 m.; a -95 m. se instalan sobre dicha falla dos marmitas conjugadas de unos cuatro metros de diámetro cada una, tomando el perfil forma de ocho; las paredes de las marmitas tienen pequeñas estrías verticales; a -130 m. las marmitas desaparecen volviendo a advertirse la falla; en las paredes hay señales de erosión con aristas finas pero muy fuertes; a -160 m. vuelven a aparecer marmitas conjugadas en forma de ocho; a -162 m. se advierte una diaclasa NE-SW; a -172 m. planos de estratificación buzando 20° al N.; la caliza tiene franjas blancas; a -213 m. plataforma; a -220 m. estrías muy finas en la pared, observándose la misma diaclasa NE-SW.; a -240 m. aparece un chorro de agua por un plano de estratificación; a -265 m. se mantiene el mismo buzamiento y las marmitas conjugadas; a -270 m. se observan filoncillos de calcita; a -300 m. se alcanza el techo de la cueva; -340 m. cumbre de un enorme cono de derrubios donde comienza la zona transitable, de la cueva.

Este cono de derrubios debe tener unos 80 m. de espesor, puesto que a esta profundidad se encuentra el río subterráneo procedente de España, que cruza por debajo de dicho cono reapareciendo unos 500 m. hacia el W. al final de la sala denominada de M. Loubens. Un enorme caos de bloques procedente de un proceso clástico de proporciones gigantescas ocupa el suelo de la región de la caverna, que ha sido denominada «sala Lepineux», «sala E. Casteret» y «sala M. Loubens»; estas tres salas, al parecer, son sólo partes de una gran cavidad que no ha sido recorrida en su totalidad y que en la expedición 1952 fué interpretada como constituida por tres compartimentos.

Aparte estas observaciones poco más sabemos acerca de las

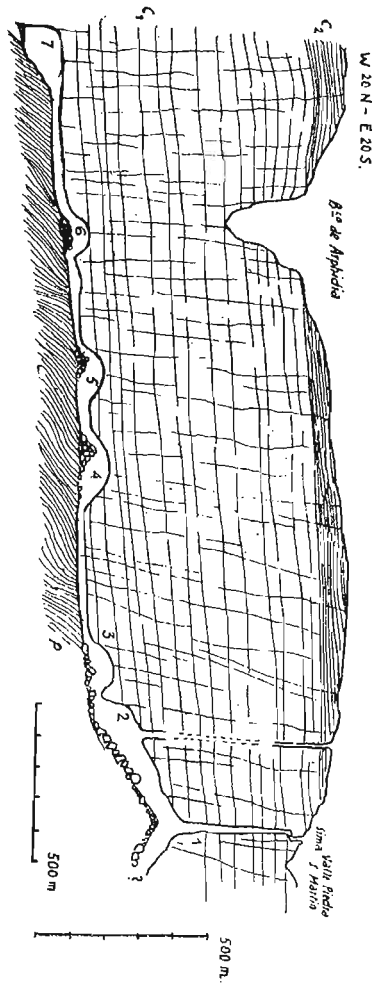


Fig. 6.—Corte teórico de la Sima de la Piedra de San Martín

1. Pozo de acceso; 2. Salas Lepineux y E. Casteret; 3. Sala Loubens; 4. Sala Queffelec; 5. Sala Adelle; 6. Sala Chevalier; 7. Sala de la Veina.

P.—Paleozoico; C₁—Calizas turronenses; C₂—Flysch.

características que presenta la Sima de la Piedra de San Martín, si exceptuamos los datos que han sido ya divulgados y que pueden resumirse de la siguiente manera:

Más allá de la Sala Loubens aparecen un río subterráneo cuyo caudal se ha evaluado a ojo en 0,5 m. ³/seg. Este río se sigue hasta el final de la caverna donde termina imbibido por una masa de aluviones que obstruye la continuidad de la última sala denominada de La Verna. El río subterráneo corre continuamente en el contacto entre las pizarras paleozoicas y las calizas urgonienses en las que está excavada la cueva, de manera que es probable que su curso esté condicionado por la falla WNW-ESE que debe actuar de línea colectora maestra y la inclinación de la superficie de discordancia paleozoico-urgoniense.

La sima de la Piedra de San Martín continúa hacia el ESE. a partir del pozo de acceso, introduciéndose por lo tanto en territorio español en esta dirección, pero esta zona no ha sido explorada. La profundidad de la Sala de La Verna, donde desaparece el río, fué evaluada por los exploradores franceses en -728 m. Hasta que no se hagan los trabajos topográficos necesarios no puede saberse con precisión la profundidad total alcanzada por la expedición 1953.

Las únicas conclusiones hidrogeológicas que tenemos de esta sima, se deben pues, a las observaciones de los señores Ondarra y Assens y se resumen a las siguientes:

1. Existencia de un río hipogeo activo corriendo por el contacto de la caliza turonense con las pizarras paleozoicas.

2. Existencia de un proceso clástico, extremadamente desarrollado, responsable de la importancia que en las salas superiores tiene la morfología clástica.

3. La morfología dominante en la parte inferior de la sima es la de erosión, estando muy pocos desarrollados los procesos re-constructivos.

A estas conclusiones puede añadirse que la Sima de la Piedra de San Martín constituye un río subterráneo colector de aguas de parte de la zona de Larra, orientado constantemente sobre una

falla WNW-ESE; el pozo de acceso funciona como un «tesereft» acumulándose en él la nieve durante el invierno y produciéndose infiltraciones durante la época de fusión. Por otra parte, este mecanismo no difiere nada del de la mayor parte de las simas circundantes, solamente que en algunas las condiciones topográficas son favorables a la acumulación de nieve formándose nevizas subterráneas que obstruyen la continuidad en profundidad. En la sima de la Piedra San Martín, las especiales características que ofrece el acceso al pozo principal, hacen que la nieve no penetre en él y por tanto exista libre entrada en verano a las cavidades inferiores de la caverna.

Sima A. — Está situada al E. del Collado de la Piedra de San Martín, sobre una diaclasa NE.-SW. por la que se penetra en pendiente hacia el N. unos 10 m. descendiendo luego verticalmente otros 10 m. donde aparece obstruida por depósitos de cantos. El corredor de entrada en pendiente, está excavado siguiendo el buzamiento y se alarga hacia el W. en el sentido de los planos de estratificación. Hay fuertes señales de erosión en las paredes del pozo terminal. Es probablemente una sima que funciona como un «tesereft».

Sima del Soum de Lèche — Está situada a 20 m. por encima del collado de la Piedra de San Martín y en las vertientes meridionales del Soum de Lèche y a 300 m. a WNW. de la sima de la Piedra de San Martín. Se abre en el flysch calizo campaniense superpuesto a las calizas turonenses formando una boca circular de 12 m. de diámetro excavada en ligera pendiente hacia el N. siguiendo el buzamiento. En la expedición 1952 dicha sima fué explorada por el grupo speleológico de Lyon dirigido por los hermanos Balandraux alcanzándose una profundidad de unos cien metros donde se encontró un nevé que obstruía la continuación en profundidad. Datos proporcionados por el indicado grupo de Lyon.

Esta sima está excavada en las inmediaciones de la falla WNW-ESE. donde está emplazada la de la Piedra de San Martín, de tal modo que por su situación es además muy probable que sea ésta

la sima cuya terminación se encuentra en la sala M. Loubens; la comunicación con el exterior desde esta sala estaría obstruída por el nevé que aparece a los cien metros.

Sima Fertel.— Está situada un poco al NW. del collado de La Piedra de San Martín, a 1.800 m. de altitud aproximada. Se abre sobre una diaclasa NNW-SSE. en su intersección con los planos de estratificación del flysch calizo campaniense inclinado al N.

Esta sima fué explorada en agosto del año 1952 por el mismo grupo de Lyon, el cual descendió hasta una profundidad de 280 metros donde la sima estaba obstruída por una nevé. Un pozo abierto en este nevé permitió descender todavía unos metros encontrándose derrubios en el fondo. La topografía de esta sima es bastante compleja, pudiéndose reconocer en la misma tres pisos, uno a -90 m. otro a -200 m. y el tercero en su terminación a -280 metros; en los dos pisos intermedios se encuentran nevés.

Sima B.— Se abre al ESE. del collado de la Piedra de San Martín a unos 50 m por encima del mismo, sobre una diaclasa NNE-SSW. en el flysch calizo campaniense buzando hacia el N. La boca tiene un metro de diámetro excavada sobre los planos de estratificación. Pueden descenderse solamente seis metros encontrándose obstruída la continuidad por un proceso clástico. En las paredes hay fuertes señales de erosión la cual ha dejado en saliente los nódulos de sílex del flysch.

Sima C.— Denominada también sima Pamplona, nombre dado por los espeleólogos navarros, que la exploraron durante el campamento español de 1953. Está situada muy cerca de la anterior sobre una diaclasa N. 10°E, en el flysch campaniense buzando 35° N. La boca tiene forma de ojal de 2 á 3 m. de ancho por 5 ó 6 m. de longitud. A los 30 m. se bifurca originándose dos pozos: el situado más al N. tiene una profundidad de 40 m. donde se encuentra un nevé que impide la progresión. El meridional tiene otros 30 m. de profundidad encontrándose en el fondo una pequeña caverna de menos de 10 m. de longitud orientada hacia el

S. por la cual pueden descenderse todavía 15 m. más por pozos muy estrechos.

Simas D y E.—Están situadas al E. del collado de la Piedra de San Martín abriéndose en los estratos de flysch calizo con nódulos de sílex, inclinados 35° al N. y en las proximidades de una falla de dirección NE-SW. La sima D tiene 25 m. de profundidad y se halla obstruida por un nevé. La sima E, fué sondeada hasta 35 m. de profundidad sin dar con el fondo.

La sima D está excavada en la intersección de dos sistemas de diaclasas, uno NE-SW. inclinado 80° al SE. y otro N 10-20 W de planos verticales o inclinados 80° al W. El primero es el dominante y es paralelo a la falla que cruza por sus inmediaciones. La sima está orientada sobre los planos de estratificación aprovechando un contacto mecánico de detalle dentro del flysch.

La sima E está orientada sobre una diaclasa N 20° -E inclinada 80° al E. Hay otras accesorias, NE-SW. inclinadas 80° al E. con intervalos de 0,5 a 1 m. y NW-SE. verticales, con intervalos de 2 a 3 m. Esta sima cuya entrada es enormemente alargada según la dirección de la diaclasa dominante N. 20° E. está formada por la conjugación de tres «jous» el más septentrional de los cuales conserva todavía un puente de separación con el central.

Sima F.—Está excavada sobre una diaclasa NE-SW. en el flysch calizo y a unos 300 m. al SE. de las anteriores. Sólo es penetrable 5 m. pues a esta profundidad aparece obstruida por un proceso clástico reciente.

Sima G.—Está situada 150 m. al SE. de la anterior también en el flysch calizo cuyos estratos buzcan 5° al N. La boca se abre en una diaclasa N. 30° E. vertical y está formada por dos elementos conjugados: el más septentrional es una marmita de erosión unida a una galería en rampa instalada sobre la diaclasa N. 30° E. Puede sondearse una profundidad de 41 m. pero la sima continúa en rampa hacia el N. siguiendo la diaclasa.

Sima H.—Está situada a 100 m. al SE. de la anterior también en el flysch calizo con nódulos de sílex. Los estratos son aquí ho-

rizontales y las características topográficas son muy parecidas a las de la anterior puesto que se encuentran también dos elementos conjugados, el meridional representado por un corredor de unos 20 m. de longitud y 10 de profundidad excavado sobre una diaclasa NE-SW. y otro septentrional representado por un pozo que no se ha sondeado.

En las paredes del corredor se observan fuertes señales de erosión a presión hidrostática que han hecho destacar en la pared los nódulos de sílex mucho más resistentes que la caliza.

Sima J.—Está situada a 300 m. al S. de la anterior en el fondo de la dolina del Cerro de la Contienda y se abre en el flysch calizo sobre una diaclasa NE-SW. Se sondearon -85 m. sin alcanzar el fondo. Por su situación en la posible prolongación oriental de la falla de la Sima de la Piedra de San Martín, es probable que esta sima tenga relación directa con las cavidades de aquella que penetran en España y que están situadas al E. del pozo de entrada. Si esta sima no está obstruida por nieve, su exploración es del máximo interés por las razones expuestas.

Sima J.—Está situada a 250 m. al WNW. de la anterior en la prolongación occidental de la misma zona de dolinas. Está excavada en el flysch calizo cerca del contacto con las calizas turonesas y en la intersección de diaclasas N. 10 W. y E. 10 N. ambas verticales. Pueden penetrarse solamente 11 m. por una fuerte rampa pedregosa encontrándose el fondo obstruido por un proceso clásico. Las paredes y el techo presentan señales de erosión a presión hidrostática con retoque glaciar.

Sima K.—Está situada a 200 m. al WSE. de la anterior en la misma zona de dolinas. Se abre también en el flysch calizo inclinado 15° al N. cortado por una falla E. 20 N. Como las anteriores consta también de dos elementos: el corredor de entrada en rampa excavado en la intersección de la diaclasa W. 20 N. con los planos de estratificación y el pozo terminal orientado sobre la falla E. 20 N.

Hay también diaclasas N. 10 E. y N. 10 W. verticales que han facilitado la excavación.

Sima L.—Está situada a 40 m. al S. de la anterior al otro lado de la misma dolina. Tiene una estrecha entrada excavada en los planos de estratificación del flysch calizo sin nódulos cuyos estratos buzcan 50° N. Pueden descenderse 7 m. donde se encuentra el fondo obstruido por un proceso clástico que ha originado una pequeña cámara orientada sobre una diaclasa W-NE.

Consideraciones generales.—De las observaciones realizadas en las simas, cuya descripción parcial acaba de hacerse, se deduce que todas ellas han sido condicionadas ante todo por la estructura. El caso más frecuente de adaptación estructural se revela por la presencia de dos elementos topográficos conjugados: un corredor de entrada excavado en la intersección de diaclasas predominantemente NE-SW. con planos de estratificación buzando al N. y un pozo terminal, sobre el cual la sima tiene su máximo desarrollo, excavado preferentemente sobre la diaclasa. Los detalles topográficos dependen de la inclinación de los estratos y del estado de evolución. Cuando el techo del mismo se hunde a consecuencia de los procesos de decalcificación, la morfología de la entrada toma forma de trinchera como en la sima E, advirtiéndose en ella los restos de dicha evolución.

El grado de evolución a que se encuentran dichas simas es de la máxima importancia por lo que se refiere al papel de las mismas como formas de absorción. Las simas poco evolucionadas conservan su corredor de entrada el cual constituye un obstáculo para la acumulación de nieve durante el invierno, dado el carácter horizontal o sub-horizontal de la cavidad. En las simas muy evolucionadas, en cambio, cuando el pozo principal se abre directamente al exterior, la nieve penetra fácilmente por él y en el fondo de la sima suele haber nevés.

Todas estas simas presentan señales de erosión a presión hidrostática tanto los corredores de entrada como los pozos principales, lo que implica forzosamente que se engendraron en condi-

ciones morfológicas muy distintas a las actuales. Es muy probable que un tanto por ciento elevado de estas simas hayan sido originadas antes de la invasión glacial y hayan funcionado luego como simas sub-glaciares en la zona de ablación glacial.

En la actualidad las simas de pozos abiertos al exterior continúan actuando como formas de absorción bajo el régimen nival imperante, no así aquellas menos evolucionadas que han conservado sus corredores iniciales, las cuales están en la actualidad totalmente inactivas.

2. *Las formas de emisión*

En la periferia del macizo de Larra sólo aparecen formas de emisión importantes en las vertientes francesas en las que se ha excavado el valle de Santa Engracia. Las vertientes españolas son muy pobres en resurgencias y las pocas que existen tienen sólo carácter muy local y dan caudales poco importantes.

La fuente del Rey es una de ellas situada en el frente de la zona plegada de Larra y precisamente emergiendo en la superficie de contacto de una pequeña cabalgadura que superpone las calizas turonenses al flysch campaniense. La fuente emerge por entre las diaclasas del flysch pero procede indudablemente de la masa de calizas superpuestas. El 18 de agosto de 1953 daba un caudal de 1 litro por segundo a una temperatura de 6° C. Otro fenómeno hidrológico de menor importancia es la

Cueva de Antxomarro que en invierno funciona como surgencia secándose casi totalmente en verano. Estos dos manantiales son los únicos del valle de Belagua que tienen relación con la masa caliza de Larra, puesto que la resurgencia de Lasoloa situada cerca del Km. 8 de la carretera a Isaba y que proporciona un caudal de 16 a 20 l. por seg., ha de tener su origen en las vertientes occidentales de dicho valle de Belagua fuera ya de la zona estudiada y sin relación por lo tanto con las aguas de la Piedra de San Martín.

Esta escasez de aguas en la vertiente española hace sospechar ya que las resurgencias importantes deben de encontrarse en las

vertientes francesas y concretamente en el valle de Santa Engracia y, en efecto, es allí donde aparecen la mayor parte de dichas aguas dando al país una fertilidad que contrasta profundamente con la de la vertiente meridional.

Las investigaciones realizadas con finalidades industriales por Electricité de France, han conducido a un conocimiento muy detallado de la hidrología cárstica del valle de Santa Engracia. Los trabajos se han realizado bajo la dirección del ingeniero Mr. Ravier, quien nos acompañó en nuestras breves visitas y nos proporcionó preciosos datos acerca de los caudales y régimen de las surgencias que afloran en dicho valle.

Las investigaciones realizadas por el equipo de Electricité de France han conducido al descubrimiento de la salida del río subterráneo de la Piedra de San Martín, cuyas aguas se encuentran primeramente en el fondo de la sima denominada «Trou du Renard», reapareciendo luego en la surgencia de Bentia.

El *Trou du Renard* es una sima que se abre a unos 200 m. al S. de la Iglesia de Santa Engracia, al otro lado del río y a unos 13 m. por encima del talweg del mismo. La boca se encuentra en el flysch calizo campaniense buzando 25-30 N. en una pequeña dolina hundida. En la misma entrada se observan diaclasas W. 40 N. buzando 80°W. y E. 30 N. buzando 80° S. ambos con intervalos de 1 a 2 m.

La morfología de erosión es la dominante en toda la sima; los cuatro pozos que la constituyen y que permiten descender hasta -130 m. están excavados constantemente sobre diaclasas W. 10-20 N., paralelas unas a otras; los planos de estratificación han desempeñado un papel muy pobre en la orientación de la excavación de tal modo que el desarrollo es casi exclusivamente vertical. La erosión obedece a dos tipos: 1. Tipo fluvial, de aguas libres, localizado sobre todo en la zona superior de la sima y 2. Tipo turbillonar, a presión hidrostática localizado en la parte inferior, de la que constituye un magnífico representante el túnel terminal, por

el cual circula un río subterráneo con un caudal de 2,5 m.³/segundo.

La morfología de reconstrucción está localizada exclusivamente en la parte alta de la sima lo que parece indicar un principio de fosilización; la mayor parte son concreciones parietales, gours y coladas estalagmíticas. No hay anemolitas.

Esta circunstancia permite dividir a la cavidad en dos grandes conjuntos: 1. Zona superior, seca y con morfología de reconstruc-

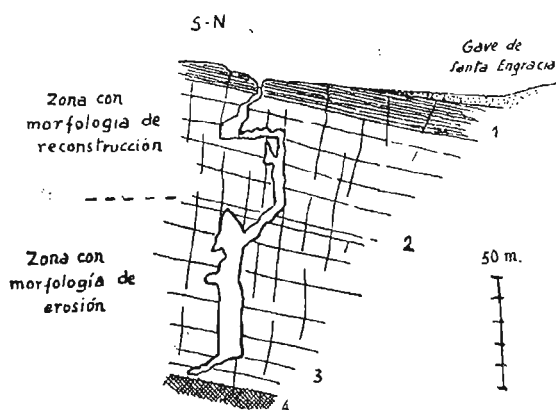


Fig. 7.—Corte geológico del «Trou du Renard»

El perfil está rebatido sobre un plano

1. Flysch calizo, recubierto por los aluviones de la Gave de Sainte Engrace.
2. Calizas grises turonenses.
3. Calizas con microfauna.
4. Paleozoico.

ción bien desarrollada, que comprende desde la superficie hasta los -50 m. y 2. Zona inferior húmeda, sin morfología de reconstrucción, con huellas de erosión exclusivamente, que alcanza desde los -50 hasta los -130 m.

Esta última zona está en plena fase de juventud; no aparecen en ella huellas de procesos clásticos, testigos casi siempre de prin-

cipios de senilidad; la parte superior en cambio, está más evolucionada aunque no se encuentran tampoco procesos clásticos.

La forma de erosión dominante en toda la caverna es la vertical, pero se encuentran también huellas de formas horizontales degradadas: a -30 m. aparece un túnel que constituye la forma horizontal más completa de toda la caverna, si se exceptúa el corredor del fondo por donde circula el río subterráneo. A -70 m. aparece otro túnel muy degradado. Estas formas horizontales, intercaladas entre las cavidades de esta sima, de neto desarrollo vertical han de interpretarse forzosamente como momentos de estabilidad del nivel piezométrico en franca regresión, en la cual pueden considerarse por lo tanto tres etapas: 1. A -30 m. representada por el túnel superior, 2. A -70 m. denunciada por los restos del túnel intermedio y a -130 m. que constituye la etapa actual.

La causa primordial del establecimiento del «Trou du Renard» ha sido con toda probabilidad, la presencia de la falla, que siguiendo el valle de Santa Engracia pone en contacto el triás con el cretácico. Las margas abigarradas y ofitas del keuper, actúan de barrera de las aguas que circulan por la masa de calizas turonenses impidiendo su progresión hacia el N. La forma primitiva del «Trou du Renard», debió ser un sumidero de un antecesor reciente de la Gave de Santa Engracia como parece acreditarlo la morfología de la entrada. En esta primera fase de sumidero el nivel piezométrico estaría estabilizado a -30 m. La regresión de este nivel piezométrico se ha realizado probablemente por elevación epirogenética del territorio que obligaría a las aguas a huír progresivamente hacia la profundidad. Esta regresión estuvo siempre condicionada por la indicada falla y se efectuó a lo largo de diaclasas paralelas a la misma hasta alcanzar el nivel piezométrico actual, situado a -130 m.

La edad de esta regresión es difícil de determinar aunque no puede ser muy antigua, si se tiene en cuenta que la entrada del antiguo sumidero está situada solo a 13 m. por encima del talweg actual de la Gave de Santa Engracia. Tanto por este dato, como

por el estado de juventud en que se encuentran las cavidades del «Trou du Renard», es lógico pensar que esta evolución tuvo lugar con posterioridad al würmense.

La surgencia de Bentia es el primer afloramiento de las aguas de Larra. Aguas abajo de la Gave de Santa Engracia se encuentran otras que no hemos podido visitar, dado lo rápido de nuestra es-

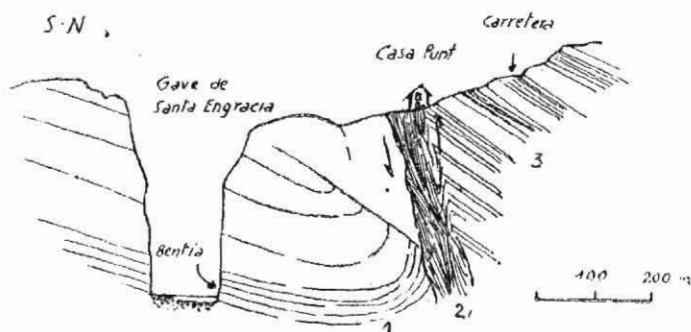


Fig. 8. - Corte geológico de la surgencia de Bentia.

1. Calizas turonenses; 2. Brecha de falla con elementos predominantemente triásicos (ofitas y margas abigarradas del Keuper); 3. Serie de calizas y margas del triásico.

tancia en el valle francés. Este manantial está situado a pocos metros por debajo de la carretera de Pau y muy cerca de la confluencia del barranco de Kakouette con la Gave de Santa Engracia, en el fondo de una pequeña garganta excavada en las calizas turonenses. En este punto las calizas turonenses buzan solamente 5 grados al N. torciéndose bruscamente hasta tomar la vertical a 50 m. escasos al N. de la resurgencia y poniéndose en contacto por falla con las ofitas y margas abigarradas del Keuper. El accidente es claramente visible por debajo de la Ferme Punt y a lo largo del sendero que desciende desde esta casa a la surgencia de Bentia.

El manantial actual es una fuente ascendente de un caudal de 3 a 4 m³ por segundo (datos de Electricité de France), de curso condicionado indudablemente por la falla de la Ferme Punt, que

a nuestra manera de ver constituye la prolongación occidental de la de Santa Engracia. Las aguas circulan hacia el W. como en el «Trou du Renard» a lo largo de diaclasas W. 10 N-E 10 S. y E. 10N-W.10 S.

Sobre el río actual existen huellas de otras fases de emisión más antiguas, representadas por: 1. Una caverna de 20 m. de longitud terminada por un sifón por donde corre el río actual. Esta caverna tiene en su parte superior (a 6 m. por encima del nivel actual) huellas de un primer ciclo de emisión a presión hidrostática, representadas por formas tubulares. 2. A quince metros por encima del nivel actual se encuentra otra caverna de 20 m. de longitud rellena en buena parte de derrubios que constituye todavía un resto de una forma más antigua de emisión.

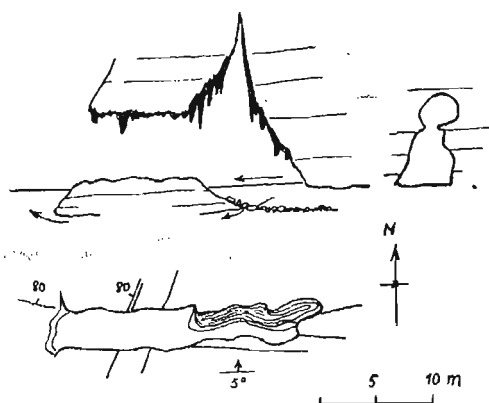


Fig. 9.—Plano y fierfiles de la surgencia de Bentia (Sainte Engrace)

Las flechas indican los buzamientos de la caliza turronense. Las líneas cortas las inclinaciones de los planos de diaclasa.

Es interesante hacer notar, que tanto en Bentia como en el «Trou du Renard», la evolución se ha realizado en tres etapas correspondientes a tres fases de estabilidad de otros tantos niveles piezométricos antiguos. No cabe duda que el nivel actual de Bentia corresponde al de -130 m. del «Trou

du Renard». Sería más aventurado identificar los otros dos niveles de 6 y 15 m. de Bentia con los de -30 y -70 del «Trou du Renard» sin un estudio más completo, pero de lo que no cabe duda ninguna es del importante papel directriz que la falla de Santa En-

gracia ha ejercido sobre la marcha de las aguas cársticas desde el cuaternario moderno hasta la actualidad.

III. HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Las observaciones geológicas y morfológicas brevemente expuestas en los anteriores capítulos, permiten obtener algunas conclusiones acerca de la marcha, origen y emergencia de las aguas subterráneas que circulan por el macizo de Larra y valles adyacentes. En este trabajo nos limitaremos a exponer las características hidrogeológicas actuales sin hacer incapié en sus antecedentes cuaternarios y pliocenas.

El conjunto de formas cársticas que se han descrito en la parte morfológica, constituye un sistema hidrogeológico completo con sus formas de absorción, de conducción y de emergencia. Este sistema se ha modelado íntegramente, condicionado por la estructura geológica puesto que, como ya hemos dicho, todas las formas de absorción (simas, «jous» y valles ciegos) están orientadas sobre los planos de estratificación, sobre los ejes de los pliegues o a lo largo de las fallas. La estructura de conjunto que determina el hundimiento de los pliegues hacia el W., favorece también el desplazamiento de las aguas en este sentido.

El nivel de base cárstico de todo el sistema, lo constituye el zócalo paleozoico impermeable que aflora al E. del Pico de Anie y que desciende suavemente hacia el W. a tenor del hundimiento general de las unidades tectónicas en este sentido. Los afloramientos paleozoicos del E. del Pico de Anie están situados alrededor de los 2.200 m. mientras que en el barranco de Indarchu, a 2 km. al S. de Santa Engracia aflora el paleozoico por debajo de las calizas turonenses alrededor de los 800 m. lo que indica el valor de la deformación de la superficie precretácica modelada sobre el paleozoico, entre el Pico de Anie y el barranco de Indarchu.

La zona colectora de aguas subterráneas y por lo tanto la región de resurgencias, lo constituye la falla de la Gave de Santa

Engracia, contra la cual se estrellan todas las aguas que desciende hacia el N. por entre las fisuras de las calizas turonenses, gracias al carácter impermeable de los materiales del labio N., formado por las margas abigarradas y ofitas del triás y por el paleozoico.

De este modo, las tres regiones del sistema hidrogeológico de la Piedra de San Martín, (zona de alimentación, zona de conducción y región de emisión), se corresponden con las tres grandes unidades estructurales descritas en la región, es decir, respectivamente con la zona de pliegues vergentes al S. de la región de Larra, el área isoclinal de buzamiento N. de la plesiocapa de Lakora y la falla de la Gave de Santa Engracia.

A) *La zona de alimentación*

La zona de alimentación se extiende desde la frontera francesa entre los picos de Lakora y Arlás, el paleozoico del pico de Anie y los cordales de Paquiza por el S. Esta región, como ya se ha indicado, corresponde a una zona de pliegues isoclinales, vergentes al S. y progresivamente hundidos hacia el W. abarcando una superficie de unos 50 km², lo que permite calcular una absorción de 90 millones de m³ anuales (tomando como base de cálculo, una precipitación de 1.800 m. y una absorción total).

En efecto, las precipitaciones de la región de Larra han de ser absorbidas en su totalidad, si se descuentan las escasas evaporaciones, por dos causas: 1. Existencia de una morfología que imposibilita la esorrentía, puesto que no existe un solo valle normal, abierto, en toda la región y 2. El régimen nival imperante, en virtud del cual durante seis meses al año, las precipitaciones se hacen en forma de nieve. Esta última circunstancia trae como consecuencia una mayor regularidad en el régimen subterráneo puesto que la nieve se conserva en parte durante el verano y mantiene la circulación subterránea en un régimen de regularidad semejante al de los ríos epigeos. Muchas de las simas absorbentes están fosilizadas, en parte, por nevizas, de tal modo que puede hablarse en



Fig. 1.—Una de las múltiples simas sin nombre de la región de Larra.
(Foto Llopis)



Fig. 2.—Collado de la Piedra de San Martín (PSM).
CI.—Campamento Internacional, SPSM.—Sima de la Piedra de San Martín, CE.—
Campamento Español

(Foto Llopis)



Fig. 1.—Entrada superior a la Sima de la Piedra de San Martín, en las calizas turonenses. Obsérvese el plano de falla sobre el que está excavada la sima y la esquistosidad perpendicular a los planos de estratificación.
(Foto Llopis)



Fig. 2.—Entrada inferior a la Sima de la Piedra de San Martín. Brecha de falla de 3 m. de potencia en las calizas turonenses.

(Foto Llopis)

realidad de «nieve fósil» acumulada en ellas desde tiempos muy antiguos.

A la cifra calculada de agua absorbida, que hemos evaluado en 90 millones de m^3 año, hay que añadir las aguas del pico de Lakora, procedentes de la infiltración en el flysch maestrichtiense y en el paleozoico del macizo de Lakora. Estas aguas vierten hacia el S. y aparecen en forma de aparatosos manantiales en el camino de Belagua al Puerto de Eyraze, pero al llegar a las calizas de El Majadal son absorbidas por las dolinas allí existentes, sin que un solo litro llegue al valle de Belagua. El caudal total de estas aguas puede evaluarse en 0,5 a 1 m^3/s . durante el estiaje.

La zona de alimentación es pues compleja. Por una parte está constituida por un red de tipo autóctono, que ocupa la región de Larra, por otra hay una aportación de aguas alóctonas, procedentes del macizo de Lakora. La red autóctona está constituida por el conjunto de dolinas, simas y jous donde se almacenan las nieves invernales y donde se recogen las precipitaciones estivales. La aportación alóctona la constituyen las aguas de Lakora, que emergiendo primitivamente hacia el S., sufren una retroversión por absorción cárstica y retroceden hacia el N. para incorporarse al gran conjunto hidrogeológico de la Piedra de San Martín.

B) *La región de conducción*

La región de conducción coincide con la zona de buzamiento isoclinal hacia el N., de las calizas turonenses que forman el sustrato de la capa de Lakora. Esta zona contiene las principales formas de absorción, pero sobre la superficie de las calizas se realizan también absorciones puesto que ocupan áreas que pueden evaluarse en unos 20 km^2 lo que implica también una absorción del orden de los 25 a 30 millones de metros cúbicos que deben ser añadidos a los absorbidos en la región de Larra.

Los caudales absorbidos en todas estas zonas, penetran por la intrincada red de cavernas que debe existir en la masa de calizas

turonenses y aun por las del flysch calizo y se dirigen inevitablemente hacia el N., es decir, cruzan subterráneamente la frontera francesa para resurgir en la Gave de Santa Engracia. Toda la estructura geológica favorece la emigración del agua española hacia Francia, puesto que no sólo el hundimiento general de los pliegues hacia el W. y WNW. polariza las aguas en este sentido, sino que, además, la vergencia de los pliegues hacia el S. y por lo tanto los buzamientos N. de los planos de estratificación, orientan inevitablemente todas estas aguas hacia el territorio francés. En sus líneas generales vemos que la dirección de las aguas subterráneas en esta región, viene dada por la resultante de dos componentes: 1. Inclinación hacia el W. de la superficie precretácica modelada sobre el paleozoico y 2. Buzamiento N. de las calizas turonenses. Las aguas tenderán a orientarse hacia el W. N W. dado por la resultante.

Las absorciones aisladas de cada dolina o sima se reúnen en conjuntos de mayor caudal que a su vez son colectados por las líneas estructurales maestras. En esta reunión desempeñan un papel importante las líneas maestras de fractura, como la falla de la Sima de la Piedra de San Martín que actúa de colectora de segundo orden. La absorción inicial suele hacerse por diaclasas N. 10-20 N. que forman el sistema dominante y las aguas seguirían esta dirección de no existir las circunstancias ya indicadas. Las líneas colectoras son sobre todo fallas W 10-20N. como la del Ferial y la de la Piedra de San Martín. Ambas actúan de barreras secundarias que desvían las aguas hacia el W. NW.

C) *La zona de emergencia*

La zona de emergencia de la Gave de Santa Engracia situada en la resurgencia de Bentia, se surte pues, por lo menos, de tres zonas distintas:

1. Zona oriental de aguas absorbidas totalmente en Francia y circulando íntegramente por el territorio francés, situadas al NE.

de la falla de la Piedra de San Martín, que puede denominarse «Zona de Leche y de Sende». La sima Fertel y las S A, S B, S C, S D, S E, S F, S G y S H, son tributarias de esta zona.

2. Zona de la Piedra de San Martín, constituida por la ya indicada falla del mismo nombre que actúa de falla colectora de parte de las aguas absorbidas en la región de Larra. Esta falla se conjuga en las cercanías del barranco de Arphidia con una cabalgadura de segundo orden desarrollada en el flysch, de manera que es probable que las aguas de la Piedra de San Martín prosigan por el plano de esta cabalgadura y sigan luego hacia el NW., conducidas por los planos de estratificación hasta las inmediaciones del Trou du Renard donde se reúnen con las aguas de la zona L).

3. Zona de Lakora, constituida por los derrames meridionales del Pico de Lakora, absorbidas por las dolinas de El Majadal a las cuales hay que añadir, con toda probabilidad, buena parte de las aguas absorbidas en la región central de Larra. Todas estas aguas tienen un curso subterráneo hasta ahora desconocido, pero resurgen en la fuente de Bentia y próximas contribuyendo a la formación del caudal total de 5 m³/seg.

Estas conclusiones están corroboradas por las dos experiencias con fluoresceína realizadas durante las expediciones 1952 y 1953, puesto que las aguas teñidas en el fondo de la sima de San Martín, aparecieron a los doce días en el Trou du Renard y a las pocas horas más en Bentia. El largo período de tiempo transcurrido entre la coloración en San Martín y la aparición en el Trou du Renard, es debido, con toda probabilidad, a que, en su región terminal, la Sima de la Piedra de San Martín está fosilizada por sedimentos arenosos por los cuales el agua ha de circular por percolación como en los mantos freáticos.

La causa que determina la emergencia de todas estas aguas ha de buscarse en la existencia de la falla de la Gave de Santa Engracia, que ya hemos dicho que actuaba de falla-barrera impidiendo la progresión hacia el N. de las aguas procedentes de Larra. De este modo se forma un río subterráneo importante, a lo largo de

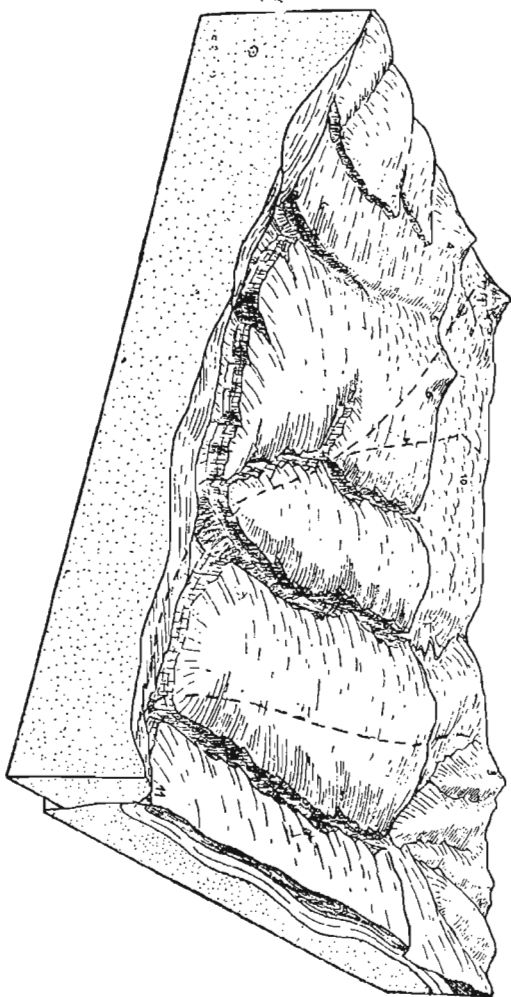


Fig. 10.—Bloque diagrama del sistema hidrogeológico de la Piedra de S. Martín
 1. Pico de Anie; 2. Collado de Eyraze; 3. P. de Lakora; 4. P. de Arlás; 5. Collado
 de la Piedra de San Martín; 6. Soum de Lèche; 7. Barranco de Arphida; 8. Ba-
 rranco de Iarchu; 9. Barranco de Kakouete; 10. Larra; 11. Fuente de Bentia.
 En los cortes el punteado corresponde al paleozoico y al trias. Las rayas blancas
 a las calizas turonenses y el rayado apretado al flysch.

dicha falla, de dirección W-E., cuyas aguas corren hacia el W., uno de cuyos afloramientos se halla en el Trou du Renard a -130 m., el cual resurge definitivamente en Bentia.

Las aguas de las dos primeras zonas hidrogeológicas (zona oriental y zona de la Piedra de San Martín), van a parar pues al Trou du Renard; no así las de Lakora que afluyen directamente a Bentia, lo que explica la diferencia de caudales que existe entre el río del Trou du Renard y el manantial de Bentia.

CONCLUSIONES

1. El sistema hidrogeológico denominado de la Piedra de San Martín, es extremadamente complejo y de él sólo se conocen algunos elementos como la Sima de la Piedra de San Martín, la sima Fertel, S. M., y en la Gave de Santa Engracia, el Trou du Renard y algunos otros estudiados por Electricité de France.

2. Este sistema hidrogeológico funciona condicionado por un desnivel considerable, puesto que desde la zona de alimentación situada alrededor de los 2.000 m., hasta la emergencia en Bentia a menos de 500 m., median más de 1.500 m. de caída.

3. La sima de la Piedra de San Martín es solamente un elemento accesorio de este conjunto hidrogeológico, puesto que por ella corre un arroyo que aporta un caudal de 0,5 m³. durante el estiaje, siendo así que el caudal total aforado en Bentia es de unos 5 m³.

4. Las tres cuartas partes de las aguas que alimentan este sistema hidrogeológico tienen su origen en la zona de Larra, vertiendo subterráneamente a Francia, condicionadas por la estructura geológica.

5. El reconocimiento hidrogeológico de la región de Larra dictaría los detalles de la marcha de las aguas subterráneas y serviría para definir concretamente las características hidrogeológicas de la Alta Navarra.

Instituto de Geología de la Universidad de Oviedo.

RÉSUMÉ

Les observations faites dans la région de la Pierre Saint-Martin par le groupe espagnol ont permis de rédiger cette première étude sur le Karst de cette région.

Ce Karst est développé sur une formation de calcaires turoniens d'une épaisseur visible de 200 m. Ils reposent sur des schistes paléozoïques et à leur tour sont recouverts par du flysch maëstrichtien. Dans le versant espagnol ils forment des plis à style jurassique et déversement sud. Du côté français, le substratum d'une petite nappe, dite de Lakora qui fait chevaucher le paléozoïque sur le maëstrichtien. Dans cette nappe les calcaires turoniens sont à peine plissés. Ils forment un ensemble doucement incliné vers la vallée de Sainte Engrâce où ils sont en contact par faille avec les marnes bigarrées du trias.

Cette structure a favorisé la karstification, qui a une longue histoire morphologique qui a dû commencer probablement au pliocène. Cette karstification a interféré avec les glaciations pyrénéennes créant des formes karstiques sub-glaciaires et interglaciaires.

Le Karst actuel est de régime nival; les dolines ont une morphologie très particulière. Les avens sont des formes anciennes presque toutes fossilisées totalement ou partiellement par nevés. La région d'alimentation se trouve en Espagne. Les eaux de fonte de la neige accumulée dans les avens, les diaclases et des plans de stratification, sont arrêtées en profondeur par la masse de schistes paléozoïques. La zone d'émergence se trouve dans la vallée de Sainte Engrâce et la surgence de Bentia est une des sources les plus importants.

Un des avens de ce système est celui de la Pierre de Saint Martin orienté sur une faille WNW-ESE, au fond duquel coule un ruisseau d'environ 0,5 m³/s. de débit. D'après les mesures des explorateurs français le dénivellement entre l'entrée du gouffre et la perte des eaux est de -726 m., le plus grand du monde.

SUMMARY

A preliminary study of the karst of the Pierre Saint-Martin region, based on observations made by the Spanish group of speleologists.

This karst developed on a turonian limestone formation with a visible thickness of 200 metres, which rests on palaeozoic schists, and is covered in turn by maestrichtian flysch. On the Spanish slope, it is formed in jurassic type folds, inclined towards the south. On the French side, over the sub-stratum of a small sheet, known as the Lakora sheet, the palaeozoic overrides the maestrichtian. In this sheet, the turonian limestone is barely folded, and slopes gently in a uniform mass towards the Sainte Engrace valley, where faults bring it into contact with the varied marls of the trias.

This structure has favoured karstification, which has a long morphological history here, dating back probably to the pliocene. The karstification interferes with the Pyrenean glacial development, creating sub glacial and inter-glacial karstic formes.

The present karst is nourished for the snow and the dolinas have a very special morphology. The avens are ancient, and nearly all either totally, or partially fossilized by firs. The area that feeds them is in Spanish territory. The water from the melted snow accumulates in the avens along the fractures and stratification planes, and is held up at the bottom by the mass of palaeozoic schists. The water emerges in the Sainte Engrace valley, the Bentia spring being one of the largest.

The Pierre Saint-Martin cave is one of the avens of this system. It follows a WNW-ESE fault, and has a stream at the bottom, which flows at the rate of about $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Measurements made by the French explorers show that the difference in level between the point where the waters enter the swallowhole, and where they disappear, is -726 metres, which is the greatest in the world.

BIBLIOGRAFIA

1. *Argand, E.*: La tectonique de l'Asie. C. R. XIII Cong. Geol. Int. págs. 171-372. Bruselas, 1922.
2. *Asbauer, H.*: Die Ostliche Endigung der Pyrenäen. Ab. Gess. Wiss. Göttingen Math-Phys. K. (3) 10. 115 págs. Berlín, 1934.
3. *Casteras, M.*: Sur la structure de la partie orientale des Pyrénées basques. C. R. A. Sc. t. CCXVI, págs. 572-574. París, 1943.
4. *Casteras, M.*: Observations sur la structure du revêtement cretacé et nummulitique de la zone primaire axiale au sud du Larrau et de Sainte Engrace (Basses Pyrénées). Ann. Hebert et Haug t. II, págs. 43-59, 1 lám. París, 1949.
5. *Bresson, A.*: Feuille d'Urdo. Bol. Cart. Geol. Fr. t. XVI, n. 110, págs. 107-114, 2 figs. 1906.
6. *Fournier, E.*: Etude sur les Pyrénées Basques (Basses Pyrénées, Navarre et Guipuzcoa). Bull. Cart. Geol. Fr. t. XVIII, n. 121, págs. 491-548, 33 figs. 1908.
7. *Fournier, E.*: Etudes géologiques sur la partie occidentale de la chaîne des Pyrénées entre la vallée d'Aspe et celle de la Nive. Bull. Soc. Géol. Fr. (4) t. V, págs. 699-723, 16 figs. 1905.
8. *Fournier, E.*: Sur la tectonique de la partie occidentale de la chaîne des Pyrénées. Bull. Soc. Géol. Fr. (4) t. X, págs. 88-99, 6 figs. París, 1910.
9. *García Sainz, L.*: El clima de la España cuaternaria y los factores de su formación. Publ. Un. Valencia. 1 vol. 179 págs., 24 figs. 57 fot., Valencia 1947.
10. *Gübler, Y.*: Observations sur les variations de facies du cretacé superieur en rapport avec les jeux du socle des massifs primaires du Pays Basque (Aldudes, Mendibelza) Ass. Fr. Techn. d. Petrole. Meeting geol. de Pau 1947, páginas 83-92, 1 cuadro, 1 lám. 1947.

11. *Horn, G.*: On certain caves in the Karst of Norway. *Cave Science*, vol. n. 17, págs. 1-12. 2 figs. *Settie*, 1951.
12. *Lamare, P.*: Les formations detritiques cretacés du massif de Mendibelza. *Bull. Soc. Geol. Fr.* (5) t. XVI, págs. 265-312 et 399-400, 7 figs., 1 lám. 1947.
13. *Lombard, A. et Van den Eeckhoudt, J. P.*: Note sur les phénomènes karstiques dans les Pyrénées (Bracas et Camp-Long, B. P.) *Bull. Soc. Belge de Geol., Paleont., Hidrol.* t. LXII, fasc. 1, págs. 9-17, 9 figs. *Bruxelles*, 1953.
14. *Llopis Lladó, N.*: Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo. *Misc. Alm. Publ. Inst. Geol. Dip. Barcelona*, págs. 159-186, 3 figs., 1945.
15. *Llopis Lladó, N.*: El relieve del alto valle del Aragón. *Pirineos*, 90 págs., 6 láminas, 3 mapas. *Zaragoza*, 1947.
16. *Llopis Lladó, N.*: Problemas de tectónica alpídica del Pirineo. I. Sobre el tipo de cuenca de sedimentación. *I Congr. Int. Pir.* 44 págs., 11 láms. *Zaragoza*, 1950.
17. *Maestre, A.*: Reseña geológica de las Provincias Vascongadas. *Bol. Com. Map. Geol. Esp.* t. IX, págs. 1-64, *Madrid*, 1882.
18. *Mallada, L.*: Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra. *Bol. Com. Map. Geol. España*, t. IX, págs. 1-64, *Madrid*, 1882.
19. *Mallada, L.*: Explicación del Mapa Geológico de España. *Mem. Com. Map. Geol. Esp. Madrid*, 1895-1913.
20. *Marquina, J.*: Descripción geológica de Navarra. *Geogr. Gen. Pais Vasconavarro. Barcelona* (sin fecha).
21. *Palacios P.*: Los terrenos mesozoicos de Navarra. *Bol. Inst. Geol. Min. Esp.* XL, págs. 3-153, 1 map. *Madrid*, 1919.
22. *Selzer, G.*: Geologie des südpynenäischen Sierrren in Oberaragonien. *Neues Jarb. f. Min. usw. Beil. Bd. 71*, págs. 370-406, *Berlín* 1934.
23. *Viennot, P.*: Recherches structurales dans les Pyrénées occidentales françaises. *Thèse Sc. Paris et Bull. Cart. Geol. Fr.* t. XXX, n. 163, 267 págs., 35 figuras, 11 láms., 1 map. *Paris*, 1927.

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

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

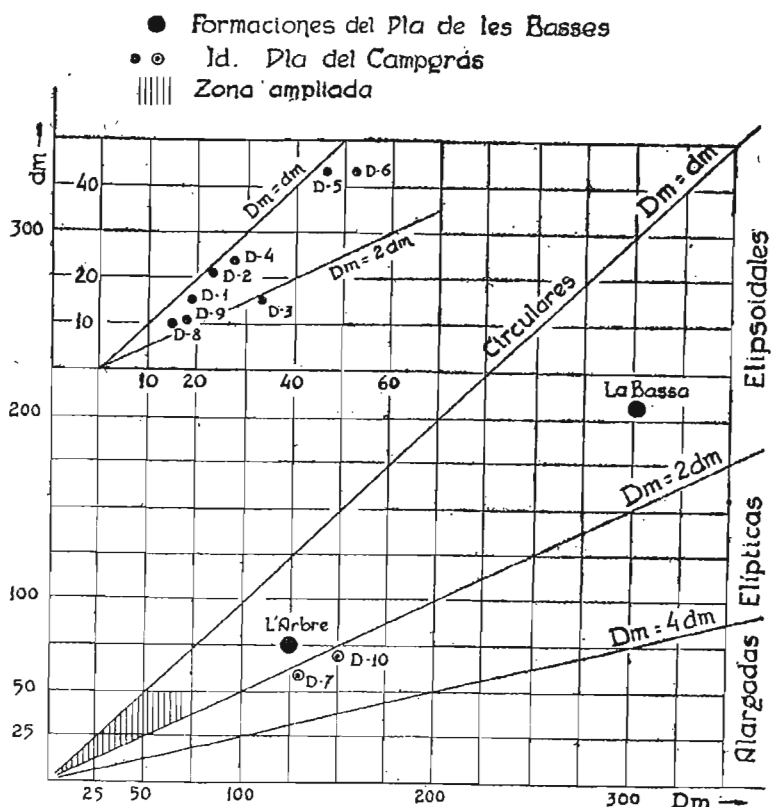


Fig. 2.—Diagrama comparativo de la posición morfométrica de las dolinas del Pla de les Basses y del Pla del Campgràs.

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 acuñaos, 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

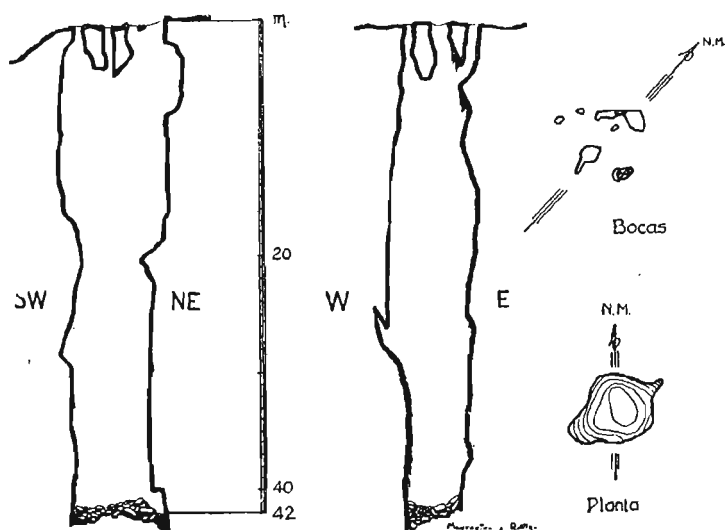


Fig. 3.— Plantas y secciones del Avenc de les Nou Boques.

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.

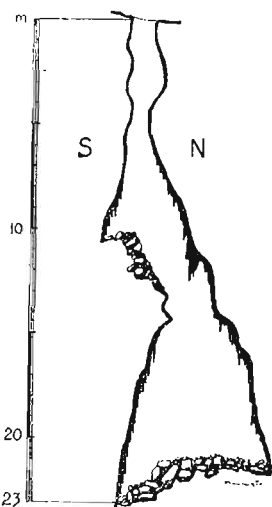


Fig. 4.—Sección del Avenç de la Llosa.

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

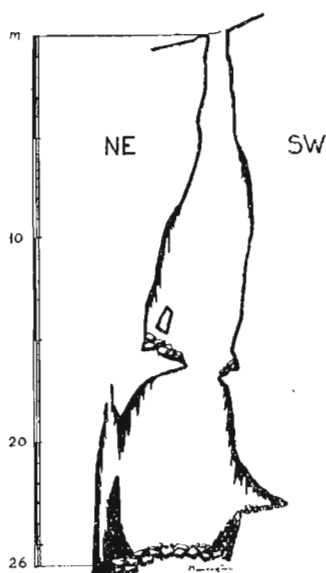


Fig. 5.—Sección del Avenc del Marianet.

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

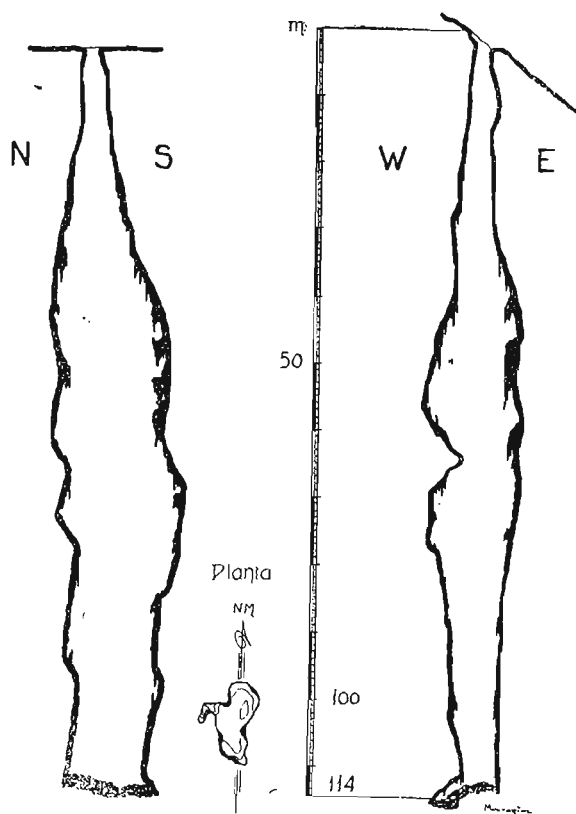


Fig. 6.—Plantas y secciones del Avenc de la Sibinota

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

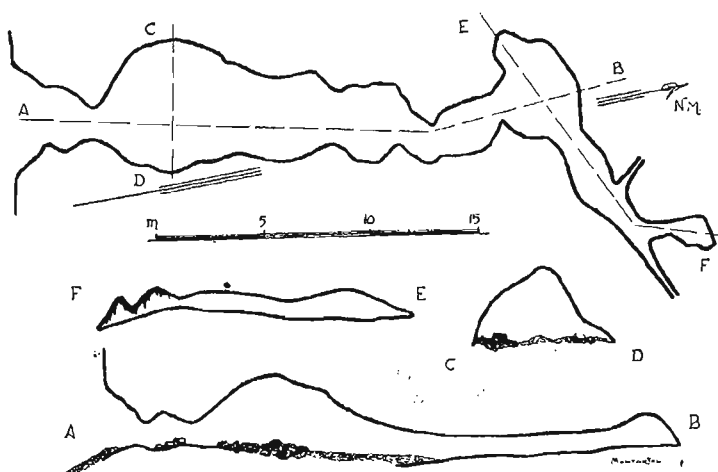


Fig. 7.—Planta y secciones de la Cova Fosca

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 re-constructivo.

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 Negre.

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-

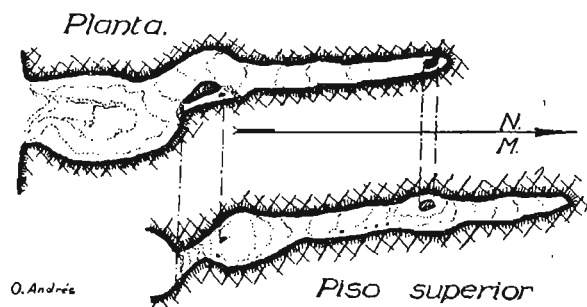


Fig. 8.—Plantas y secciones de la Cova del Mussol

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 Negre, 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)

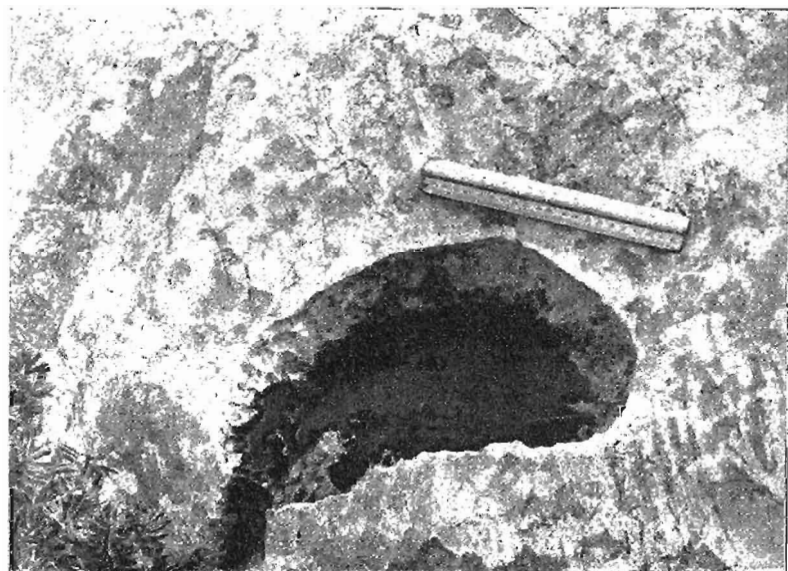


Fig. 2.—Perforación cilindroidea, llena de agua, en los comienzos de su génesis. Se aprecia claramente el surco emisorio

(Foto J. Montoriol)

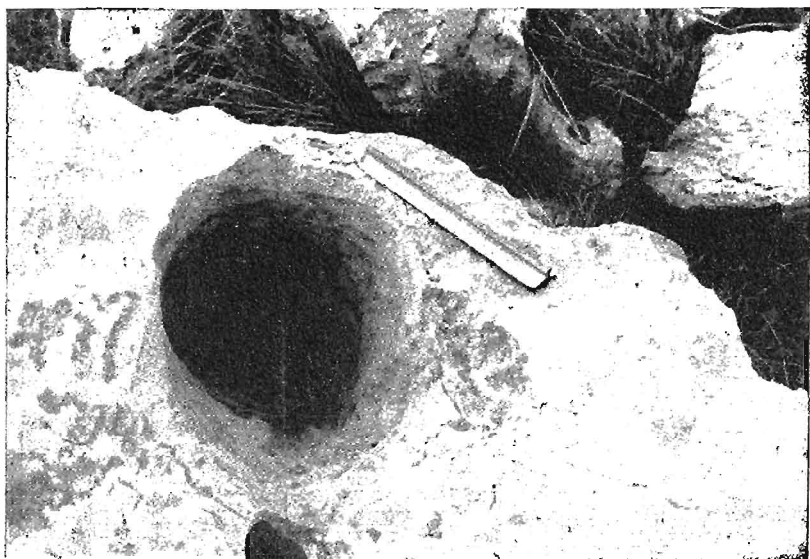


Fig. 1 — Perforación cilindroidea bien desarrollada.

(Foto J. Montoriol)



Fig. 2.—Dolina de La Bassa (Pla 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

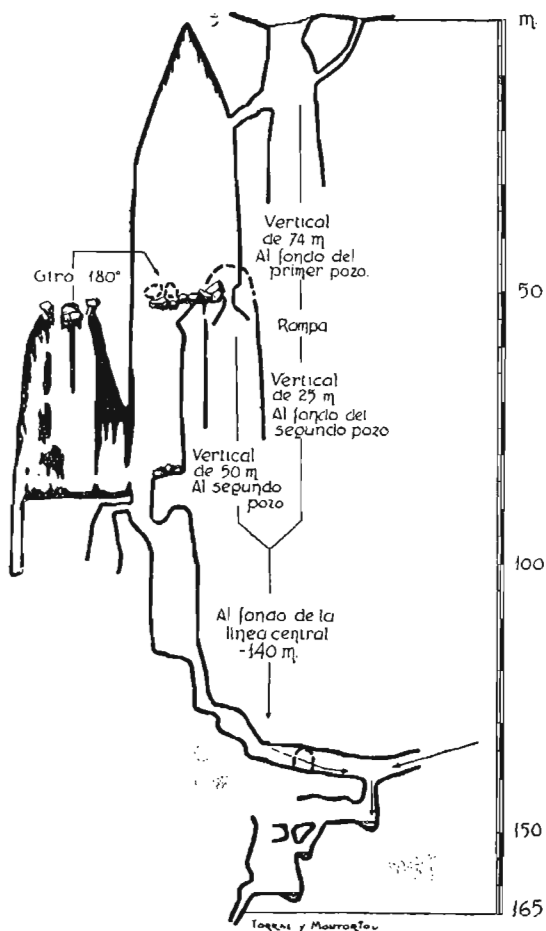


Fig. 9.—Croquis aproximado, rebatido sobre un plano, del desarrollo vertical de la derivación lateral del Avenc de l' Escarrà (Avenc del Rat Penat)

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

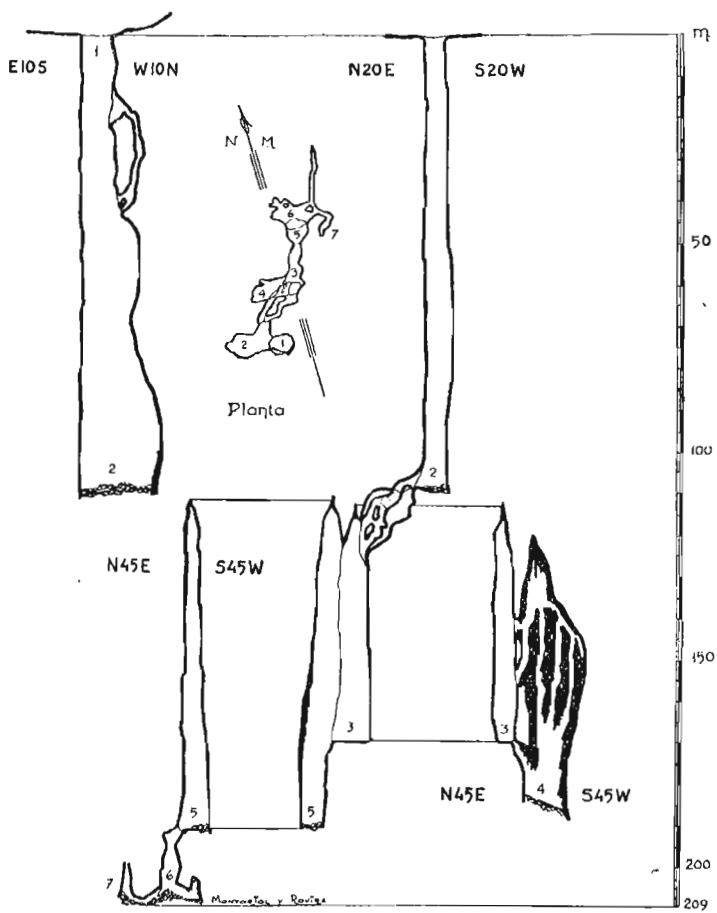


Fig. 10.—Planta y secciones del Avenc de la Ferla

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 fluído.

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 Llosa	-9 m.	Luz	CALMA EN TODAS LAS CAVIDADES	14 ^b (26-1-49)	15°C	94 %	Fondo del primer pozo
	-22 m.	Oscuridad		14 ^{1/2} h id.	14°C	97 %	Fondo de la sima
Avenc de I Marianet	-15 m.	Luz		11 h id.	14°C	96 %	Relleano
	-25 m.	Oscuridad		11 ^{1/4} id.	14°C	96 %	Fondo de la sima
Avenc de les Nou Boques	-18 m.	Luz		15 ^{1/2} (1-11-51)	14°C	93 %	Relleano
	-41 m.	Penumbra		15 ^{3/4} id.	14,5°C	95 %	Fondo de la sima
Avenc de la Siboneta	0 m.	—		10 ^h (3-4-49)	18°C	65 %	Exterior (sombra)
	0 m.	—		id.	19°C	—	id. (sol)
	-109 m.	Oscuridad		13 ^b (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 ^{1/2} 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. ^o = 18°C	t. ^o = 15°C
Hr = 65 por 100	Hr = 99 por 100
Pa = 743,75 mm.	Pa = 751,50 mm.
L (latitud boca sima) = 41° 17' 30"	
Profundidad topográfica: 350 m. — 241 m. = 109 m.	

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 Penyà 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-

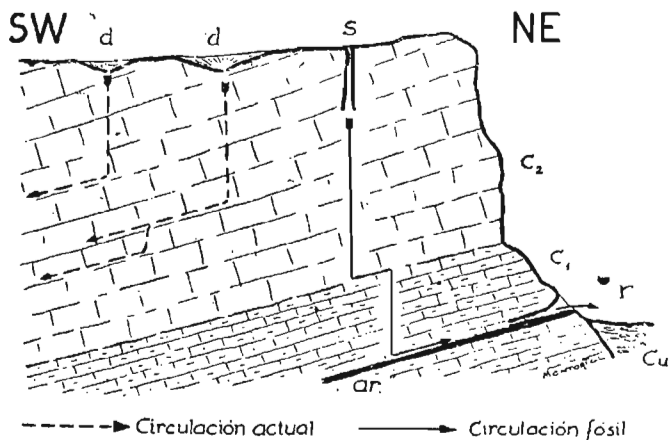


Fig. 11.—Esquema de la circulación actual y fósil, en el borde NE. del Pla de les Basses (d-dolina, s-sumidero, r-resurgencia. C₂-calizas aptienses con *Matheronia*, C₁-calizas dolomitizadas. Cu-cuatenarios. Ar-Capa arcillosa).

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.^a, 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 cavità sotterranee 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.^o 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. Paris 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 periode 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.)*. «Espeleologia. Coves i avenchs de Catalunya». *Geografia general de Catalunya*, pp. 249-278, 4 figs., 6 fots. Barcelona 1909.
- (17) *Faura i Sans (M.)*. «La espeleologia de Catalunya». *Bol. de la R. S. E. de Hist. Nat.*, T. VI, mem. 6.^a, pp. 425-591, 30 figs., 17 lám. 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 altimetria 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. Paris 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. Paris 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. Paris 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. Paris 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 lám. 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 lám. 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.^a)* 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.^a)* 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.

Quirópteros de cuevas catalanas: Campaña de 1952-53

POR

E. BALCELLS R.

El presente trabajo es mi segunda publicación sobre quirópteros de las cuevas de Cataluña. Algunos de los animales recolectados ofrecen interés por su rareza, especialmente los parásitos, algunos de los cuales no creo que se hayan citado en España según mis noticias. Durante el presente curso han sido cinco las cuevas exploradas por los espeleólogos catalanes en las que se han encontrado quirópteros, me limito por el momento, a dar estas cortas noticias y los datos biométricos obtenidos. Agradezco la colaboración de los señores: Ballester, Vicens, Guerra y las señoritas Lacom y Plana.

FORAT DE LA GUILLA.—Sima explorada por Ballester el 19 de octubre de 1952. Boca situada a 100 m. de distancia del Grau de Traver (Ripoll, Prov. de Gerona) sobre el acantilado a 18 o 20 metros de altura.

Entrada expuesta al SO. Sistema de diaclasas verticales de variadas direcciones en calizas al parecer lutecienses. El recorrido total 180 m. Atmósfera seca al principio, muy húmeda al final. El suelo cubierto de guano a 50 m. de profundidad, lugar donde se

hallaron los tres ejemplares que a continuación se describen. La capa de guano alcanzaba un espesor de 2 cm., en la última cámara, de 20 m. de longitud. Los murciélagos pendían del techo en grupos circulares de unos 30 cm. de diámetro, a 1 m. sobre el suelo.

Rhinolophus ferrum-equinum, SCHREBER. 2 machos, al parecer muy viejos; su pene, muy grueso. Cabeza y cuerpo 55 y 60 mm. Herradura 8,5 y 9 mm. Antebrazo, muy arqueado 56 y 57 mm. Tercer dedo: metacarpiano 34 y 37 mm. 1.^a falange 19 y 18 mm. 2.^a falange 30 y 31 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 39 mm. 1.^a falange 12 y 9 mm. 2.^a falange 17 mm. Quinto dedo: metacarpiano 40 mm. 1.^a falange 13 mm. 2.^a falange 17 y 20 mm. Cola 31 y 32 mm. Tibia 24 y 22 mm. Pié 14 mm. *Parásitos*: 5 hembras y 3 machos de *Nycteribia (Celeripes) biarticulata* HERMANN.

Rhinolophus euryale, BLASIUS. 1 hembra adulta, destacaban los mamelones abdominales. Cabeza y cuerpo 50 mm. Oreja 19 mm. Herradura 6,5 mm. Antebrazo 47 mm. Tercer dedo: metacarpiano 32 mm. 1.^a falange 13 mm. 2.^a falange 26 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 34,5 mm. 1.^a falange 7 mm. 2.^a falange 8 mm. Cola 25 milímetros. Tibia 21 mm. Pié 9 mm. *Parásitos*: 3 machos y 1 hembra de *Nycteribia (Celeripes) biarticulata* HERNAM.

ELS FORATS BOFADORS.—Cueva sima, explorada por Ballester el 20 de octubre y el 23 de noviembre de 1952. Situada a 20 m. de la Farga de Babié, en dirección N. Durante la primera exploración se recolectó una hembra de *Rhinolophus ferrum-equinum* SCHREBER a 24 m. de profundidad, después de un sifón. En la segunda exploración se recogió un ejemplar de *Rb. hipposideros hipposideros*, BECHSTEIN, a 3 m. de profundidad y una hembra adulta de *Rb. ferrum equinum*, a 30 m. de profundidad.

Rb ferrum-equinum, SCHREBER. 2 hembras. Cabeza y cuerpo 55 y 54 mm. Oreja 20 y 21 mm. Herradura 8,5 y 9 mm. Antebrazo 54 y 55 mm. Tercer dedo: metacarpiano 36 y 37 m. 1.^a falange 18 milímetros. 2.^a falange 32 y 30 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 40 mm. 1.^a falange 10 y 12 mm. 2.^a falange 17 y 21 mm. Quinto

dedo: metacarpiano 39 mm. 1.^a falange 12 y 13 mm. 2.^a falange 15 y 17 mm. Cola 29 y 32 mm. Tibia 24 y 23 mm. Pié 12 y 11 milímetros. *Parásitos*: 3 machos y 2 hembras de *Nycteribia (Celeripes) biarticulata* HERMANN.

Rh. hipposideros hipposideros, BECHSTEIN. Macho. Cabeza y cuerpo 25 mm. Oreja 12 mm. Herradura 6,5 mm. Antebrazo 38,5 mm. Tercer dedo: metacarpiano 24 mm. 1.^a falange 12 mm. 2.^a falange 16 milímetros. Cuarto dedo: metacarpiano 26 mm. 1.^a falange 7,5 milímetros. 2.^a falange 12 mm. Quinto dedo: metacarpiano 15 milímetros 1.^a falange 9 mm. 2.^a falange 13 mm. Cola 24 mm. Tibia 19 mm. Pié 6 mm.

AVENC DEL DAVI. — Sima muy explorada y bastante bien conocida. Recientemente visitada por Vicens y colaboradores, se recolectaron al mediodía del 16 de noviembre de 1952, 24 ejemplares de *Miniopterus schreibersi* NATTERER de los muchos que pendían del techo en racimos a 170 cm. del suelo.

La cámara estaba a 60 m. de profundidad, humedad 98 % y 9° o 10° C. de temperatura. Completamente oscuro, guano abundante en el suelo, mezclado con fango. La sima se abre en los conglomerados rojos y característicos de Sant Llorens de Munt (Provincia de Barcelona). Junto a *M. Schreibersi*, NATTERER se encontró una pareja de *Rhinolophus ferrum-equinum*, SCHREBER.

Rhinolophus ferrum-equinum, SCHREBER. Un macho y una hembra. Cabeza y cuerpo respectivamente 52 y 50 mm. Oreja 20 y 19 milímetros. Herradura 9 y 8,5 mm. Antebrazo 52 y 54 mm. Tercer dedo: metacarpiano 35 mm. 1.^a falange 17,5 y 18 mm. 2.^a falange 30 y 31 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 39 y 38 mm. 1.^a falange 11 mm. 2.^a falange 19 mm. Quinto dedo: metacarpiano 39 y 40 milímetros 1.^a falange 13 y 14 mm. 2.^a falange 14 mm. Cola 29 y 32 mm. Tibia 24 y 22 mm. Pié 16 y 12 mm. *Parásitos*: El macho presentaba en la oreja y en la herradura, 6 larvas pequeñas de ácaros blancos, con dos uñas en las patas, éstas más largas que el cuerpo, con bordes pelosos y palpos de algunos ejemplares más

que simplemente bisegmentados. La hembra presentaba un ejemplar hembra de *Nycteribia (Celeripes) biarticulata*, HERMANN.

Miniopterus schreibersi, NATTER. 5 machos y 19 hembras. Cabeza y cuerpo de 45 a 59 mm. Oreja de 7 a 11 mm. Antebrazo de 43 a 47 mm. Tercer dedo: metacarpiano de 39 a 43 mm. 1.^a falange de 10 a 12 mm. 2.^a falange de 29 a 33 mm. Cuarto dedo: metacarpiano de 37 a 40 mm. 1.^a falange de 7 a 9 mm. 2.^a falange de 14 a 18 milímetros. Quinto dedo: metacarpiano de 34 a 37 mm. 1.^a falange de 9 a 11 mm. 2.^a falange de 6 a 8 mm. Cola de 51 a 60 mm. Tibia de 19 a 22 mm. Pié de 8 a 11 mm: *Parásitos*: En total repartidos en los pelos de los 24 ejemplares 4 machos y 6 hembras de *Penicillidia conspicua*, SPEISER. Algunas de las hembras de este pupiparo eran huéspedes de un ectoparásito hongo laboulbenial: *Arthrorhynchus nycteribiae*. PEYRITSCH.

Además se hallaron 19 machos y 60 hembras de *Nycteria (Lisotropodia) schmidli* SCHINER; gamasidos espinturnicidos pertenecientes al género *Spinturnix*, quizá *Sp. myoli* KOLENATI 1826 (= *Pteroptus vespertilionis*, HERM): En un macho de *Miniopterus*, se encontró un anillo marcado con Z 0104, por el «Service central du recherches sur la Migration» del Museo de Historia Natural de París.

COVA DEL ENCANTAMENT.—Cueva de las cercanías de Altafulla (Prov. de Tarragona). Explorada por Ballester el 16 de marzo de 1953. Se encontró un *Rhinolophus ferrum equinum*, SCHREBER, en el fondo de la cueva (a 28 m. de la boca) saliendo de una grieta.

Rhinolophus ferrum-equinum, SCHREBER. Hembra adulta con las mamas pectorales y del bajo vientre bien desarrolladas. Cabeza y cuerpo 51 mm. Oreja 20 mm. Herradura 9 mm. Antebrazo (muy arqueado) 57 mm. Tercer dedo: metacarpiano 38 mm. 1.^a falange 19 mm. 2.^a falange 30 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 41 milímetros. 1.^a falange 11 mm. 2.^a falange 19,5 mm. Quinto dedo: metacarpiano 40 mm. 1.^a falange 13 mm. 2.^a falange 15 mm. Cola 36 milímetros. Tibia 25 mm. Pié 12 mm. *Parásitos*: 1 macho de *Nycti-*

ribia biarticulata HERMANN. 1 ninfa de *Ixodes vespertilionis*, C. L. KOCH. 1844.

AVENC DEL CASTELLET DE DALT.—Sima situada en el término municipal de Sentmenat (Vallés, Prov. de Barcelona) en el Puig la Creu, abierta en los conglomerados nummulítico-calizos de Sant Llorens de Munt. Recientemente explorada (14 de junio de 1953) por Jorge Guerra y Pilar Lacoma; al parecer bastante profunda, no se pudo avanzar más allá de los 40 m. pues las emanaciones de anhídrido carbónico, hacían aquella atmósfera irrespirable. Había llovido recientemente y los ejemplares de quirópteros se encontraron a 35 m. de profundidad, pendían a 2 m. del suelo; este fangoso y con guano.

Myotis nattereri KUHE. Especie poco frecuente en nuestro país, según Cabrera. El ejemplar grande era una hembra, de la que pendía una cría, macho, todavía lactante. Características de la hembra: Cabeza y cuerpo 42 mm. Oreja 15,5 mm. Antebrazo 39 milímetros. Tercer dedo: metacarpiano 37 mm. 1.^a falange 14 milímetros. 2.^a falange 11 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 36 mm. 1.^a falange 9 mm. 2.^a falange 6,5 mm. Quinto dedo: metacarpiano 34 milímetros. 1.^a falange 8 mm. 2.^a falange 8 mm. Cola 39 mm. Tibia 16 mm. Pié 9 mm. *Parásitos*: 1 hembra de *Nyctiribia vexata* WESTWOOD. 18 ejemplares de *Spinturnix myoti* KOLENATI 1826 (= *Pteroptus vespertilionis* HERM).

Datos sobre el macho lactante: Cabeza y cuerpo 34 mm. Oreja 11 mm. Antebrazo 24 mm. Tercer dedo: metacarpiano 14 milímetros. 1.^a falange 4 mm. 2.^a falange 3 mm. Cuarto dedo: metacarpiano 13 mm. 1.^a falange 3 mm. 2.^a falange 3 mm. Quinto dedo: metacarpiano 13 mm. 1.^a falange 3 mm. 2.^a falange 2,5 milímetros. Cola 21,5 mm. Tibia 12 mm. Pié 10 mm. *Parásitos*: 4 ejemplares de *Spinturnix myoti* KOLENATI, transmitidos seguramente, por contagio materno.

La hembra vivió 48 horas en cautividad y la cría la sobrevivió unas 24. El 15 por la mañana se instalaron en una jaula y la cría no dejó de mamar ni abandonó un solo momento el pecho a la es-

palda materna. Después de breve tiempo de búsqueda del lugar apropiado para descansar, la hembra envolvió a la cría con la clásica disposición del uropatagio, sin embargo esta última se agarraba también al techo de la jaula. Así permanecieron hasta el atardecer, momento en que la hembra abandonó la cría a sus propias fuerzas y erró por la jaula hasta la mañana siguiente. El lactante no dejó de chillar en toda la noche con su grito agudo, penetrante y apenas perceptible. A la mañana siguiente, la hembra se acercó a la cría para la lactación, pero ya no la tomó sobre sí. Horas más tarde murió.

Sección de Fisiología animal de la Universidad de Barcelona

RÈSUMÉ

On étudie les chiroptères trouvés dans des cavernes catalanes, lors de la campagne spéléologique 1952-53. On y donne des données biométriques et les parasites trouvés: pupilaires en majeure partie et quelques acares. Dans l'aven du Davi, on a trouvé un mâle de *Miniopterus Schreibersi*, anillé par le «Service Central de Recherches sur la Migration» du Musseum d' Histoire Naturelle de Paris.

SUMMARY

A study of the chiroptera found in Catalonian caves during the 1952-53 speleological season. Details are given of the biometric characteristics of the parasytes encountered, the majority being pupipara, and a few acari. A male specimen of the *Miniopterus Schreibersi*, which had been ringed by the Central Research Station of the Paris Natural History Museum, was found in the Daví aven.

SECCIÓN DE EXPLORACIONES

ASTURIAS

Exploraciones en las cuevas de Fresnedo.

—Se ha realizado por los señores N. Llopis Lladó y Carmelo Alvarez, J. I. Arbide y M. Julivert, una nueva campaña en las cuevas de Fresnedo (Teverga) a fin de explorar un conjunto de sumideros hipogeos abiertos en una de sus galerías. Las características de estas cuevas han sido dadas en una reseña anterior. En conjunto están formadas por talweg hipogeos: uno muerto en la actualidad, otro con carácter de tropplein y un tercero activo. Los sumideros citados se encuentran en el talweg muerto y lo relacionan con el talweg hipogeo actual. Con dos de ellos se alzó el nivel piezométrico a menos de 40 m.

M. JULIVERT (Oviedo)

drogeológicos en relación con la cueva de La Xana. Dicha cueva se abre en un valle ciego y es activa en la actualidad. Se observan en ella huellas de una actividad más antigua que dió lugar a un curso más alto que el actual. Ambos cursos están en su mayor parte fusionados en la actualidad por desprendimientos de la bóveda. El río resurge después de unos 170 m. de recorrido subterráneo. Cerca del punto de resurgencia existe un sifón de corta longitud. Por su margen izquierda recibe un afluente hipogeo asequible a lo largo de unos 50 m. en relación con otro valle ciego. Existe un elleno antiguo que ha dado lugar a terrazas hipogeas.

M. JULIVERT (Oviedo) ☉

SORIA

Estudios hidrogeológicos en Grado.—En colaboración con Carmelo Alvarez, A. Corrujedo, F. C. Gazalla y F. Solana, se ha realizado una campaña en La Mata (Grado) a fin de estudiar los fenómenos hi-

Cuevas de la Hoz del río Lobos.—Términos municipales de Utero, Nafría de Utero y Herrera.

Se han explorado las grandes grutas de la «Cuesta de la Galiana», antiguos

cauces abandonados sucesivamente por el Río Ucero, que ahora nace en un nivel más bajo.

La superior ha sido explorada pero no cartografiada.

En la caverna inferior se han levantado 450 metros de plano de la galería principal, faltando aproximadamente 200 de ésta más las ramificaciones. En su interior y bajando a una pequeña sima, se alcanza el cauce hipogeo del río Ucero, cerrado por sifones en ambas direcciones. En la citada caverna número 2, de grandes dimensiones, tienen importancia tanto las formas clásicas como las de reconstrucción.

En el resto de la Hoz se han explorado tres cavernas; La Cueva-torca del Sabuco, la Cueva Fría (90 ms.) y la Cueva de los Polvoristas. Esta última tiene una gran sala (35+25+10 ms. de dimensiones medias) y restos prehistóricos. Las tres han sido cartografiadas.

Cuevas de la hoz del Duero, en Soria.—

De tamaño pequeño y mediano, están situadas aguas abajo de Soria en los cantiles cretáceos, a lo largo de tres kilómetros. Se han explorado: En Cueva del Congrio, Cueva del púlpito y Cueva de las siete bocas, en las estribaciones de la Sierra de Santa Ana.

En Peña Martos han sido exploradas: la Cueva de Zampona, del Toro, de los Brieva, del Cañón. En ellas existen restos prehistóricos.

En el Anfiteatro del Cinto se realizó la exploración de la Cueva de la Romeña o del Cinto (galería principal de unos 100 ms.) y de la pequeña sima cercana al «arquillo».

En la Sequilla se han recorrido las

Covatillas de «la Trompa», de «las Cocinillas», etc.

La cueva de las Campanas, de 460 metros de desarrollo total y 252 ms. entre los puntos más alejados. Interesante desde el punto de vista hidrológico. Se ha levantado plano completo y se ha recogido cerámica neolítica y romana.

Cueva del Asno.—La más interesante conocida en Soria. A 7 kilómetros de la capital, en los acantilados sobre el río. Se ha recorrido ya cerca de kilómetro y medio de galerías muy complejas. Existen simas en su interior, dos de las cuales han sido exploradas dando 33 m. la más profunda. Conocida desde antiguo por sus restos prehistóricos, hemos hecho hallazgos de cerámica y huesos en lugares inéditos de la caverna. Se han levantado las alineaciones topográficas de parte de la gruta.

Ha sido también explorada la «sima de los Rábanos», de 25 m. de profundidad, situada a 1 km. de la Cueva del Asno.

Otras cuevas.—Se han explorado con todo detenimiento las de Villaciervos (a 15 kms. de Soria), cueva con interesantes estanques naturales y grandes salas y la covachuela «de los Royales» a cinco kilómetros de Soria.

CLEMENTE SAENZ (Soria)

ALICANTE

Avenc de Cuatretonda.—Cuatretonda (Valencia).—Ya reseñado en las notas de año anterior, ha sido totalmente explorada en la primavera del año 1953. Su

profundidad es de -201 m. con una vertical absoluta de 108 m.

Las observaciones espeleológicas efectuadas se resumen en un artículo enviado a esta revista. En su fondo existe un cauce amplio con muestras de reciente actividad. Actualmente existe todavía un pequeño curso de agua.

Avencs d'Ebo.—Vall d'Ebo (Alicante).—El «Avenc Ample», fué explorada en este año 1953, dando una profundidad de -122 m. con una vertical absoluta de 96 m. Su fondo, tapado de derrubios, se dirige hacia el «Avenc Estret», próximo a él.

El «Avenc Estret», tiene una vertical absoluta de 130 m. con una cornisa, a -60 m. La altura del cono de derrubios la hace profundizar hasta los -142 m. Una bóveda en tubo, dirigida hacia el Avenc del Mitch, induce a pensar en una comunicación cegada.

Estas dos últimas simas, de idénticas características, recuerdan la formación de sima de hundimiento, pero su gran profundidad la pone en duda. Son secas en extremo y si bajo los derrubios se abre un cauce hipogeo, o está muy hondo o completamente muerto. A pesar de haber sido exploradas las tres no se han hallado las posibles relaciones con las fuentes que abastecen a los pueblos próximos.

Simas del cabo de San Antonio.—Javea (Alicante).—Exploradas en el verano del 1952; se encuentran situadas entre la cumbre del Mongó y el foro del citado cabo.

El Avenc del Mongó, fué explorado hasta -42 m. el año anterior. Las exploraciones se han continuado este año dando una profundidad de -152 m. Su fondo, una sola estancia, está bastante concrecionado y existe relativa humedad y degoteo incesante, pero se adivina estar sobre un falso suelo de derrubios entre los que, existen grietas que permiten profundizar algo más, sin lograr llegar al verdadero suelo de la cavidad.

El Avenc de Javea, el más cercano al mar de los tres, está a 220 m. sobre su nivel. Su profundidad es de -67 m.

Espeleológicamente no hay continuación posible, aunque en las paredes de su fondo se adivina la iniciación de grandes salas concrecionadas.

Resta tan solo en este macizo en el que se cree haber un caudoloso río hipogeo, la exploración del Avenc de la Plana Justa, central de los tres, explorado parcialmente el pasado año hasta los -30 m.

Cova de les Calaveres.—Benidoleig (Alicante).—Cerca del pueblo y explotada para el aprovechamiento de sus aguas, existe una resurgencia en forma de túnel normal de desagüe de un río subterráneo. Los sifones que a poco de entrar impedían la continuación hacia adentro van siendo forzados con túneles artificiales. La parte practicable de la gruta es de más de 400 m.

G. PLA SALVADOR (Alcoy)

BIBLIOGRAFÍA

BLAZQUEZ (L.)—Estudio hidrogeológico de la región desértica y subdesértica de Sonora, México.

Congr. Géol. Int., C. R. de la XIXème session Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrologie des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 15-23, 1 fig. Alger 1953.

La región desértica y subdesértica de Sonora, está limitada por el N. por la frontera con EE. UU., por el S. y WSW. por el litoral del Golfo de California y por el E. por la cuenca del río de la Concepción. A ella se refiere principalmente este estudio. Las rocas que predominan son las intrusivas, principalmente el granito y diorita. Existen también gneis. Las rocas sedimentarias más antiguas pertenecen al cambrico, existe también el triásico, jurásico y cretácico inferior, así como algunos manchones terciarios. Tectónicamente se trata de un país de pliegues laxos. La intrusión gáunica es pre-triásica. Las rocas eruptivas terciarias están constituidas por

andesitas y riolitas y las cuaternarias por basaltos. El clima es desértico, tipos Bwhx' y Bwhx'w de Koeppen y EdB_{1c} y EdB_{1b} de Thorntwaite. La precipitación varía de 0 a 200 mm. en la mayor parte de la región y de 200 a 300 mm. en el borde oriental. Las aguas freáticas están comprendidas entre profundidades de 2 a 84 m., generalmente entre 5 y 30 m.

M. JULIVERT (Oviedo)

BLAZQUEZ (L.)—Nouvelle classification des sources.

Congr. Geol. Int., C. R. de la XIXème session Alger 1952, section VIII, (fasc. VIII). L'Hydrologie des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 25-30. Alger 1953.

Se propone una nueva clasificación de los manantiales. Para ello se tienen en cuenta diversos caracteres de los mismos. La nomenclatura se hace mediante siglas combinadas con cifras.

M. JULIVERT (Oviedo)

THIRION (CH.)—**Examen détaillé du pouvoir filtrant des sols de la Plaine de Riviere (Haute Garonne). Par le méthoda de A. Müntz amélioré.**

Congrés Géol. Int., C. R. de la XIXème session Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrologie des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 91-104, Alger 1953.

En esta comunicación se da a conocer el estudio llevado a cabo en un sector de 50 Km. del alto valle del Garona (Plaine-de-Riviere), situado entre las ciudades de Montrejean y Sant-Gaudens. Se ha aplicado el método de A. Müntz, perfeccionado. Los resultados obtenidos por este método son analizados con detalle.

M. JULIVERT (Oviedo)

SAENZ GARCIA (C.) Y VALDES J. M.—**Estudio acerca de las infiltraciones que se acusan en la ladera derecha del pantano de Alloz (Navarra).**

Congr. Géol. Int., C. R. de la XIXème session Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrogéologie des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 257-271, 2 figs., Alger 1953.

Se estudian las infiltraciones existentes en el pantano de Alloz, contruido para la utilización del río Salado, en Navarra. La importancia de estas pérdidas obligaron a rebajar la cota del embalse, descubriéndose un tunel de disolución cuyas dimensiones permitían el paso de una persona durante varias decenas de metros. Este colector de filtraciones fué cegado. Hasta el momento la corrección

fué eficaz, aunque las infiltraciones pueden reproducir en cualquier momento. No obstante este trabajo de conservación es poco penoso dados los beneficios que reporta.

M. JULIVERT (Oviedo)

AMBROGGI (R. P.).—**Mesures de la vitesse d'écoulement d'une nappe phréatique (Vallée du Sous, Maroc français).**

Congr. Géol. Int., C. R. de la XIXème session Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrogeologie des Regions Arides et Sub-Arides, págs. 72-89, Alger 1953.

Se estudia la velocidad de infiltración del agua en el valle del Sous. Los ensayos ejecutados tienen por objeto principalmente, introducir un conocimiento cuantitativo, necesario a la explotación racional de todo manto acuífero, principalmente en los países áridos donde los recursos de agua subterránea son inferiores a los de terrenos irrigables.

M. JULIVERT (Oviedo)

BURDON, (D. J.)—**Hydrogeological characteristics of the water-bearing rocks of Cyprus.**

Congr. Géol. Int., C. R. de la XIXème session Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrogéologia des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 31-42, Alger, 1953.

Las reservas de agua subterránea en Chipre pueden clasificarse en dos grandes grupos: las que se encuentran en la

rocas cristalinas antiguas y las del neogeno y cuaternario. En las primeras, que ocupan las zonas elevadas y de máxima pluviosidad, el agua se almacena en las diaclasas. El neogeno y el cuaternario ocupan las áreas bajas, de escasa pluviosidad, pero son también alimentados por infiltraciones de agua de los ríos. El agua se presenta en forma de mantos freáticos, aprovechables mediante operaciones de alumbramiento. El resto de las rocas raramente poseen una cantidad aprovechable de agua.

M. JULIVERT (Oviedo)

BOGOMOLOV, (G. V.)—Le géologie et l'hydrogéologie contribuent a la transformation de la nature dans l'U. R. S. S.

Congr. Géol. Int., C. R. de la XIX^e session Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrogéologie des Regions Arides et Sub-Arides, págs. 59-72, Alger, 1953.

Los desiertos y semidesiertos ocupan en la U. R. S. S. más de 300 millones de hectáreas. Las arenas del desierto de Kara-Koum ocupan por sí solas el 27 por 100 de toda la superficie de las Repúblicas Asiáticas de la U. R. S. S. Actualmente se realizan trabajos de transformación de estos desiertos y estepas. Entre los problemas a resolver a este respecto son de destacar los siguientes: investigaciones geológicas e hidrogeológicas de vastas regiones de desiertos y semidesiertos de la región del Caspio y Repúblicas Asiáticas, organización de las observaciones del régimen de las aguas subterráneas y su composición química, estudio de los movimientos tectónicos contemporáneos, estudio geo-

lógico de las regiones en que se realizan las construcciones y depósitos de agua, y el estudio del régimen hidroquímico.

M. JULIVERT (Oviedo)

PHILIPPE RENAULT. — Influence de sens des circulations aquifères sur le creusement des avens des Plans de Canjuers.—Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. t. 235, pp. 1672-1673.—Paris, 1952.

Tanto en las simas de corrosión, debidas a oscilaciones lentas de la superficie hídrica, como en las simas de erosión, debidas a la acción mecánica del agua, la génesis tiene lugar principalmente después de fuertes precipitaciones, que dan lugar a las crecidas subterráneas. En el primer caso, el agua ácida procedente de la superficie posee una fuerte agresividad; cuando se efectúa la regresión de las aguas, éstas, saturadas de bicarbonatos, depositan los residuos arcillosos de la decalcificación. En el segundo caso se aprecian «vagues d'érosion», que indican una erosión remontrante; ésta es la principal acción mecánica, ya que la erosión descendente da lugar solamente a algunas sobre erosiones y marmitas de gigante locales.

El polje de Canjuers posee lateralmente magníficas dolinas, a 200 m.—400 m. del fondo de la depresión. Las simas de corrosión se hallan escalonadas a lo largo de 50 m., encima de la única sima de erosión. El agua absorbida en los bordes alimenta primero la red de evacuación profunda; al quedar la resurgencia rápidamente imposibilitada para evacuar el agua, y gracias a las cargas laterales, ésta sale rápidamente en el punto más bajo del polje, formando un

lago temporario. Al tener lugar la regresión, y siendo las cargas más débiles, la erosión será de menor importancia.

Así pues, es lícito preguntar si la formación de un polje exige una resurgencia importante. Se podría suponer que bajo la red de galerías, una red de fisuras alimenta las resurgencias del borde, de menor caudal que el poder de absorción del polje. Ellas son las que evacuarían lentamente las reservas acumuladas durante las crecidas.

Se trata pues de un proceso mucho más complejo que la clásica concepción de la sima evacuando bajo tierra el agua recogida por una cuenca cerrada. Así pues, el río subterráneo análogo al epigeo sólo se halla en las «percées hydrogéologiques», uniendo una pérdida, alimentada por un curso alóctono, y una resurgencia. La «exurgencia» (Fournier) es un tipo mixto, cuando el río hipogeo es alimentado por una red de fisuras. Bajo el polje, arriba de la red kárstica, la red de fisuras ha sido transformada en sistema de escurrimiento funcionando «per ascensum» durante las crecidas. Hacia abajo del polje, la red funciona en «exurgencia» normal.

J. MONTORIOL Pous (Barcelona)

ANTONIO GALVAGNI e GIULIO PERNA.—
Contributo alla morfologia dei prodotti argilloso-sabbiosi di riempimento delle caverne.—Rassegna Speleológica Italiana, anno V, fasc. 3, pp. 89-101, 1 fig., 14 fots.—Como, 1953.

Contiene el resultado de las observaciones, sobre la morfología de los productos arcilloso-arenosos, efectuadas en la Grotta de la Bigonda y en la Grotta del Calgerón. Es la primera una cavidad

de 3.020 m. de longitud y -96 m. de profundidad, formada por una galería principal de 1.520 m. (constituida por tres secciones de 560 m., 909 m. y 111 m., separadas por dos pozos de 9 m. y 32 m. respectivamente), y diez ramas laterales (5 a la derecha - entrando - ascendentes, y cinco a la izquierda, descendentes) que suman 1.500 m. La segunda presenta un desarrollo de 1.916 m. y -100 m. de profundidad, constando de un eje de 1.136 m. (los primeros 440 m. ascendentes y los restantes 696 descendentes), y dos corredores laterales (uno formando anillo con el eje) de 350 m. y 316 m. respectivamente. Ambas cavidades, distantes unos 3 km., se abren en las dolomitas del Trías superior.

El análisis granulométrico de los sedimentos arcilloso-arenosos (que Waldner llamó genéricamente «limo di grotta»), dió productos oscilando entre 0,002 mm. y 2 mm. Luego, la constitución físico-mecánica de tales productos comprende (según la clasificación de Appiani y Attenberg): arcilla (< 0,005 mm.), limo (0,005 mm. a 0,05 mm.) y arena (0,05 mm. a 2 mm.). El porcentaje de los tres elementos varía sensiblemente de un depósito a otro. Los factores contribuyentes a la morfología de los citados sedimentos son: su constitución físico-mecánica, su localización y disposición en la caverna, la naturaleza y régimen hídrico de las aguas modeladoras, humedad, temperatura, aerocirculación, etcétera. Las formas observadas pueden dividirse en dos grupos: formaciones que se originan en el suelo de las grutas y formaciones parietales.

a) *Formaciones originadas en el suelo. Cavidades de degoteo (Fori e cavita di stillicidio).* Se originan por la caída de gotas, desprendidas de bóvedas, sobre los se-

dimentos subyacentes; se forma primero una pequeña depresión que va profundizando lentamente. Si ninguna corriente de aire, ni otra causa, perturba la caída del agua, las gotas inciden siempre en igual punto y se engendran los *agujeros circulares regulares* (*foro circolare regolare*), que no se llenan gracias a los numerosos canículos capilares de paredes y fondo (su profundidad oscila entre 5 cm. y 15 cm.; algunos alcanza la roca firme, otros no progresan gracias a hallar materiales mayormente resistentes—por ejemplo gruesos granos de arena—, otros debido a la consolidación del fondo por el carbonato cálcico). Las gotas que caen al fondo se fraccionan, proyectándose tales fracciones sobre las paredes limitantes y resbalando luego hacia abajo, lo que origina los *surcos verticales* (*solchi verticali di dilavamento*) (faltan en las cavidades estudiadas los surcos anulares, descritos por Waldner en Postumia). En las formaciones poco profundas (2 cm. a 4 cm.), y gracias a las pequeñas asperezas y ondulaciones, las salpicaduras vienen proyectadas fuera de las depresiones, según direcciones preferentes; el agujero circular toma entonces un aspecto crateriforme (el crater queda rodeado de minúsculas pirámides de arcilla, consolidadas a veces por la acción de las soluciones carbonatadas circulantes, y debidas a la acción del agua proyectada que las aísla lentamente; algunas de tales pirámides aparecen caídas en el interior del cráter que rodeaban). En las paredes de uno de los pozillos se observan minúsculos conos con sus ejes convergentes hacia el punto en donde caen las gotas; son moldeados por las salpicaduras que parten radialmente desde tal dirección (el fondo del citado agujero contiene agua).

Pirámides arcilloso-arenosas (*Piramidi argilloso-sabbiose*). Se hallan localizadas en sedimentos con superficie inclinada y sometidos a un degoteo intenso, formado por gotas diminutas. Estas se unen, resbalando por el plano inclinado y moldeando unos pequeños surcos, que aparecen más profundos a medida que se desciende por el plano, ya que aumenta el caudal y la velocidad del agua que se escurre por ellos. Bajo la acción del degoteo, las agudas crestas que separan los surcos se ven fraccionadas en agudísimas pirámides, cuyo vértice parece está protegido por material más grosero.

Fisuraciones poliédricas (*Fessurazioni a poliedri*). Se hallan situadas al margen de las áreas con pirámides. La fracturación poliédrica tiene lugar debido a la pérdida, por parte del estrato arcilloso-arenoso, de una parte del agua de imbibición; al aumentar de nuevo la humedad del depósito, se ajustan y sueldan otra vez.

Estalagmitas arcilloso-arenosas (*Stalagmite argilloso-sabbiose*). Formaciones semejantes fueron ya descritas por Waldner en la Grotta di Postumia. Son formas cilíndricas, de 2 cm. a 5 cm. de altura y 3 cm. a 5 cm. de diámetro, que emergen de la masa arcilloso-arenosa. En su cúspide presentan un cráter en forma en forma de cono invertido, de 3 cm. a 5 cm. de profundidad. Sus paredes ofrecen una serie de anillos de crecimiento superpuestos en sentido vertical, mientras que su sección longitudinal presenta una columna central, de unos 2 centímetros de diámetro, formada por arcilla, limo y arena depositadas en el fondo del cráter por decantación, envuelta por un manto de capas concéntricas engendradas por los materiales del agua que se escurre por los bordes del cráter. Las

descritas capas concéntricas aparecen, en una sección transversal, en forma de anillos horizontales de crecimiento, de diferente color según el porcentaje de los componentes. Tales estalagmitas se localizan en aquellos puntos en donde la pendiente de los estratos arcilloso-arenosos es de 35° - 45° , no siendo raro observarlas en las divisorias de estas montañas arcillosas en miniatura.

Su origen puede explicarse de la manera siguiente: Un continuo degoteo cae desde la bóveda sobre un depósito arcilloso-arenoso distante 2 m. a 6 m., sin que su punto de caída aparezca, modificado por corrientes de aire u otras causas: se formará en consecuencia una depresión circular, constantemente llena de agua que lleva en suspensión partículas arcilloso-arenosas procedentes de techo. El agua que se escurre del orificio, al depositar los productos en suspensión, inicia la construcción de las paredes del cilindro, que son endurecidas por el carbonato cálcico disuelto en el agua (el análisis granulométrico dió un 28-34 % de arena — el limo no fué calculado y queda englobado en los anteriores valores —, mientras que el carbonato se hallaba en un 60,7 %). El crecimiento de altura tiene lugar por dos motivos: 1) El agua que se escurre fuera del cráter va depositando más arcilla, limo y arena, en los bordes superiores del cilindro. 2) El degoteo irregular va rebajando la altura del depósito arcilloso-arenoso sobre el que se apoyan las estalagmitas, sin atacar la base de éstas debido a su mayor solidez, a causa de la caliza que las impregna. Al elevarse las paredes, parece tendrían que ser cada vez más profundos los cráteres: ello no ocurre, pues al llegar a cierta profundidad las gotas ya no agitan el agua del

fondo, y se depositan los materiales que lleva en suspensión la misma, por lo que el fondo se va asimismo elevando.

b) *Formaciones parietales. Concreciones arcilloso-limosas coraloides.* Presentan estructura ramificada. *Concreciones arcilloso-limosas fungiformes.*—Formadas por la unión, siguiendo un eje, de una sucesión de troncos de cono recto, invertidos, de manera que la base menor del elemento más elevado se apoya sobre la mayor del subyacente, siendo todas las bases perfectamente horizontales. Ambos tipos de formaciones son de génesis subacuática. Durante las crecidas, el agua turbia inunda los galerías en donde se localizan tales formaciones, y, al ser muy lenta la evacuación, se depositan las arcillas. En las concreciones fungiformes, las bases circulares de los troncos de cono recto, representan los sucesivos niveles del agua en retirada.

J. MONTORIOL Pous (Barcelona)

BRUNO MARTINI.— **Fenomeni carsici nel sottosuolo di Gradisca d'Isonzo.** — Rassegna Speleológica Italiana, anno V, fasc. 3, pp. 102-104, 1 fig.—Como, 1953.

La terminación W. del Carso Goriziano se halla constituida por un pequeño escalón, a cuyo pie, entre Rubbia y Sagrado, discurre el río Isonzo; al otro lado del mismo se extiende la llanura Giuliana, cuyo principio se halla interrumpido por colinas arenoso-margosas eocénicas, 3 km. al SW. de las cuales se hallan dos pequeños relieves, constituidos por calizas del Luteciense medio, sobre los que se extiende parte de Gradisca d'Isonzo. Entre los dos afloramientos

tos las calizas se hallan a escasa profundidad, de tal manera que los trabajos urbanísticos llevados a cabo en diversas épocas, las han alcanzado fácilmente, poniendo de manifiesto interesantes fenómenos kársticos. El conjunto ofrece una potencia de unos 60 m., buzando de 8° a 10° al N.—30°-40°-E., y presentando algunas diaclasas.

Varios de los pozos excavados han desembocado en cavidades naturales llenas de agua, presentando cierta corriente; el más importante es el del Frari que, construido a fines del 1400, proporciona aún en la actualidad agua a toda Gradisca, incluso en los períodos de máxima sequedad. Se han extraído de ellos un cierto número de ejemplares de *Proteus*.

Resulta pues que en el subsuelo de Gradisca se desarrolla un complejo kárstico, con cavidades intercomunicadas e hidrografía hipogea activa, cuyo origen hay que buscarlo probablemente en el vecino Carso Goriziano. El agua de los pozos debe provenir, al menos en parte, de la zona del monte S. Michele, en donde a la fracturación más o menos intensa de la roca, se une una karstificación tal que permite la casi total infiltración del agua de lluvia.

J. MONTORIOL PONS (Barcelona)

M. SERONIE-VIVIEN.—**Note sur les grottes de Sourzac.**—Annales de Spéléologie. T. VII, fasc. 3, p. 142, 1 figura.—París, 1952.

Las cavernas de Sourzac se pueden dividir en dos grupos: 1) Resurgencia activa, a la altura de 165 m.; 2) Grutas secas de la iglesia de Sourzac, a la altura de + 50 m. La cavidad superior se

desarrolla en las calizas margosas detríticas, con Rudistos, del Maestrichtiense, mientras que las inferiores se asientan en una formación de toba caliza. El conjunto debe su origen a la resurgencia superior que, aún en la actualidad, deposita travertino.

No se trata, pues, de una cavidad activa situada exactamente encima de un sistema fósil, sino que la misma resurgencia es la que ha dado primeramente lugar a la toba caliza y luego, por disolución de sus propios depósitos, a las grutas de l'Eglise.

J. MONTORIOL PONS (Barcelona)

P. GALLIUCHER.—**Introduction à l'étude de hydro-spéléologie du massif de la Sainte-Baume.**—París, 1952.

El macizo de la Sainte-Baume es uno de los más importantes de la Basse-Provence. La cuerda principal, orientada WSW.-ENE., presenta una longitud de más de 12 km., con una altitud media de 950 m.; mientras que hacia el S. ofrece suaves pendientes, su vertiente N. se desarrolla en forma de abruptos despeñaderos que dominan, en toda su longitud, los «plateaux» de Plan d'Aups y de Glacières. El macizo alimenta tres cuencas hidrográficas bien delimitadas: al N. y al W., la del Huveaune; al NE. las de Cauron y Caramy, afluentes del Argens; al SSE. y E. la del Gapeau y su afluente el Issole.

Cuenca hidrográfica del Huveaune.—El Plateau du Plan d'Aups es una importante zona de absorción (600 hectáreas), drenada por los torrentes de la Marre y de l'Hôtellerie que se precipitan en el Gouffre de la Tourne, punto más bajo

de la cubeta. En período de lluvias, el sumidero se muestra incapaz de evacuar toda el agua, la cual forma un lago de 2 km. por 600 m., que es luego absorbida lentamente, no sólo por la citada sima, sino también por algunas otras cercanas. Al W. del anterior, y en parecidas circunstancias, se forma otro lago de menores dimensiones. La disposición tectónica local hace muy verosímil el que las aguas absorbidas en Plan d'Aups, sean las que, después de un recorrido de cerca 2 km., reaparecen en las múltiples resurgencias del Vallón de Castelette, dando origen al Huveaune. Este se ve engrosado por el torrente de Véde, el cual, a su vez, procede de la confluencia de otros tres cursos, el más importante de los cuales es, con mucho, el de los Encanaux. El origen de este último hay que buscarlo en la resurgencia perenne del mismo nombre, y en otras varias temporales. El río subterráneo que aparece en ellas, ha sido alcanzado

en el fondo del Petit Gouffre des Encanaux y del Grand Gouffre des Encanaux. Otro afluente del Huveaune, el Fauge, nace asimismo de una resurgencia perenne—Source de Saint Pons—, aunque en tiempo de lluvias su origen se localiza más arriba, en una serie de resurgencias temporales.

Cuenca hidrogeológica de Cauron.—Zona de absorción del Plateau de Saint-Cassien.— La presencia de múltiples dolinas, simas y campos de lapiaz, ponen de manifiesto el papel absorbente del Plateaux de Saint-Cassien. Verosímilmente, las aguas infiltradas, después de un recorrido en línea recta de 2 km. a 4 km., reaparecen en la Grand-Foux (fuente superior del Cauron), surgencia vauclosiana (penetrable, durante el estiaje, hasta una profundidad de más de 50 m.) que entra bruscameta en actividad después de fuertes lluvias.

J. MONTORIOL Pous (Barcelona)

PUBLICACIONES QUE SE RECIBEN REGULARMENTE EN
EL INSTITUTO DE GEOLOGIA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ALEMANIA:

«Die Erde». *Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*. Berlin.

Bonner Geographische Abhandlungen. *Geographisches Institut der Universität*. Bonn.

Berichter der *Naturforschende Gesellschaft*. Freiburg im Breisgau.

Abhandlungen der *Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*.
Frankfurt am Main.

«Senckenbergiana» *Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*.
Frankfurt am Main.

Mitteilungen aus dem *Geologischen Staatsinstitut in Hamburg*.
Hamburg.

Geologisches Jahrbuch. *Amt für Bodenforschung*. Hannover.

Zeitschrift der *Deutschen Geologischen Gesellschaft*. Hannover.

Schriften des *Geographischen Instituts der Universität Kiel*. Kiel.

«Geologie Rundschau». *Internationale Zeitschrift für Geologie*.
Stuttgart.

Mitteilungen aus dem *Geologischen-paleontologischen Institut der Universität Tübingen*. Tübingen.

Abhandlungen des *Hessischen Landesamtes für Bodenforschung*.
Wiesbaden.

Hessisches Lagerstättenarchiv *Hessischen Landesamtes für Bodenforschung*.

Notizblatt *Hessischen Landesamtes für Bodenforschung*.

ARGENTINA:

Boletín de la *Dirección General de Industria Minera*, Buenos Aires.

Publicaciones de la *Dirección General de Industria Minera*. Buenos Aires.

Publicaciones de la *Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. Buenos Aires.

Publicaciones del *Instituto de Fisiografía y Geología*. Rosario.

Publicaciones del *Instituto de Estudios Geográficos*. Tucumán.

AUSTRALIA:

Papers *University of Queensland. Department of Geology*: Brisbane.

Geographischer Jahresbericht aus Osterreich. *Geographisches Institut der Universität*. Wien.

Jahrbuch der *Geologischen Bundesanstalt*. Wien.

Verhandlungen *Geologischen Bundesanstalt*. Wien.

Mitteilungen der Höhlenkommission. *Speläologisches Institut*. Wien.

Protokoll. *Speläologisches Institut*. Wien.

«Die Höhle». *Verband österreichischer Höhlenforscher*. Wien.

BELGICA:

Publications de l' *Association pour l' Etude de la Paléontologie et de la Stratigraphie Houillères*. Bruxelles.

Bulletin d' Information de la *Fédération Speléologique de Belgique*. Bruxelles.

Mémoires de l' *Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*. Bruxelles.

Bulletin de la *Société Belge de Géologie de Paléontologie et d'Hydrologie*. Bruxelles.

Bulletin d'Information de l'*Union Internationale pour la Protection de la Nature*. Bruxelles.

Publicaciones íd. íd. íd.

Bulletin de la *Société Géologique de Belgique*. Liège.

Mémoires íd. íd. íd.

Mémoires de l'*Institut Géologique de l'Université de Louvain*. Louvain.

CANADA:

Annual Report. *Geological Survey of Canada*. Ottawa.

Bulletin íd. íd. íd.

Memoir íd. íd. íd.

Publicaciones íd. íd. íd.

Publicaciones du *Ministère de la Province de Québec*. Québec.

Rapport Géologique du Service de la Carte Géologique íd. íd.

Publicaciones íd. íd. íd.

Rapport Géologique du Service des Gîtes Minéraux íd. íd.

Rapport Géologique du Service des Laboratoires íd. íd.

COLOMBIA:

Revista de la *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Bogotá.

Boletín Geológico del *Instituto Geológico Nacional*. Bogotá.

REPUBLICA DOMINICANA:

Anales de la *Universidad de Santo Domingo*. Ciudad Trujillo.

Publicaciones íd. íd. íd.

ESPAÑA:

Boletín del *Club Montañés Barcelonés*. Barcelona.

Memorias y Comunicaciones del *Instituto Geológico: Facultad de Ciencias*. Universidad. Barcelona.

Publicaciones del *Laboratorio de Geología del Seminario* Barcelona.

Publicaciones de la *Real Academia de Ciencias y Artes*. Barcelona.

Boletín de la *Agrupación Montañera Astur Torrecerredo*. Gijón.

Anales de la *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Madrid.

Publicaciones de la *Cátedra de Geografía Física*. Madrid.

Publicaciones de la *Cátedra de Paleontología*. Madrid.

Publicaciones de la *Cátedra de Petrografía*. Madrid.

Boletín de Información del *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Madrid.

Publicaciones de la *Asesoría Geológica. Dirección General de Obras Hidráulicas*. Madrid.

Anales de Edafología y Fisiología Vegetal del *Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Madrid.

«Archivos». Publicación del *Instituto de Estudios Africanos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas* Madrid.

«Estudios Geográficos». Revista del *Instituto «Juan Sebastián Elcano» del Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Madrid.

Publicaciones id. id. id.

«Estudios Geológicos». Revista del *Instituto «Lucas Mallada» de Investigaciones Geológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Madrid.

Revista de Geofísica. *Instituto Nacional de Geofísica. Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Madrid.

Anales de la *Real Sociedad Española de Historia Natural. Organó del Instituto de Ciencias Naturales «José de Acosta»*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

Boletín id. id. id.

Memorias id. id. id.

Reseñas Científicas id. id. id.

Revista de Biología id. id. id.

Boletín del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

Mapa Geológico de España escala 1: 50.000 *íd.* *íd.*

Memorias. *íd.* *íd.*

Notas y Comunicaciones *íd.* *íd.*

Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.

Boletín Informativo del Instituto Nacional del Carbón, Patronato «Juan de la Cierva» de Investigación Técnica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Oviedo.

Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares. Palma de Mallorca.

«Zephyrus». Crónica del Seminario de Arqueología de la Universidad de Salamanca. Facultad de Filosofía y Letras. Salamanca.

«Munibe». Revista del Grupo de Ciencias Naturales «Aranzadi». San Sebastián.

«Pirineos». Revista del Instituto de Estudios Pirenaicos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza.

Publicaciones. *íd.* *íd.* *íd.*

«Combustibles». Publicación del Instituto Nacional del Combustible. Patronato «Juan de la Cierva» de Investigación Técnica Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza.

ESTADOS UNIDOS:

Publications in Geological Sciences.

University of California. Berkeley and Los Angeles (California).

Bulletin. Division of Geology. Indiana University. Bloomington, Indiana.

Directory Series. *íd.* *íd.* *íd.*

Bulletin. Geological Survey. *íd.* *íd.*

Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy. Harvard University. Cambridge (Massachusetts).

«The Journal of Geology». The University of Chicago Press, Chicago,

Notulae Naturae of *The Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. Philadelphia.

Proceedings. íd. íd. íd.

Bulletins. *State Geological Survey. University of Kansas*. Lawrence. (Kansas).

Bulletin. *Kentucky Geological Survey. University of Kentucky*. Lexington, Kentucky.

Report of Investigations. íd. íd. íd.

Reprint. íd. íd. íd.

Publicaciones *West Virginia Geological Survey*. Morgantown. Virginia.

Bulletin. *Oklahoma Geological Survey*. Norman (Oklahoma).

Circular. íd. íd. íd.

Mineral Report. íd. íd. íd.

Geographical Review. *The American Geographical Society of New York*. New York.

Bulletin et *The Geological Society et América*. New York.

Monthly Report of the *Stanford Grotto. National Speleological Society*. Stanford, California.

Geological Sciences. *Stanford University Publications*. Stanford, California.

Bulletin. *Department of Natural Resources. División of Mines*. San Francisco.

California Journal of Mines and Geology. íd. íd.

Mineral Information Service. íd. íd.

Publications. íd. íd.

Special Report. íd. íd.

Bulletin. *State Geological Survey. Illinois University*. Urbana (Illinois).

Illinois Petroleum. íd. íd. íd.

Report of Investigations. íd. íd. íd.

Transactions *American Geophysical Union. National Research Council, of The National Academy of Sciences*. Washington.

Bulletin de l'Association des Ingénieurs Géologues de l'Université de Nancy. Ecole National Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière. Nancy.

Bulletin de la Carte Géologique de la France. Université de Nancy. Faculté des Sciences. Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière. Nancy.

Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Montpellier. Montpellier.

«La Chronique des Mines Coloniales». Bureau d'Études Géologiques et Minières Coloniales. Paris.

Revue de l'Institut Français du Pétrole. Paris.

Publicaciones del Institut National Agronomique Laboratoire de Géologie. Paris.

«Notes Biospéologiques». Laboratoire d'Entomologie du Muséum. Paris.

Annales Hébert et Haug. Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. Paris.

Mémoires de Muséum National d'Histoire Naturelle Paris.

Bulletin de la Section de Géographie. Presses Universitaires de France. Paris.

Annales de Géographie. Bulletin de la Société de Géographie. Paris.

Bibliographie Mensuelle. Bibliothèque de la Société de Géographie. Paris.

Bulletin de la Société Géologique de France. Paris.

Annales de Spéléologie. Société Spéléologique de France. Paris.

Annales Universitatis Saraviensis. Geologisches Institut der Universität des Saarlandes. Saarbrücken.

Schriften der Universität des Saarlandes. Saarbrücken.

Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse. Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse. Toulouse, Société Méridionale de Spéologie et de Préhistoire. Toulouse.

Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Institut de Géographie. Faculté des Lettres. Université. Toulouse.

Bulletin. Association Spéléologique de l'Est. Vesoul (Naute-Saone).

«Les Cahiers de Spéléologie» id. id. id.

GRECIA

Geology of Greece. *Instituto for Geology and subsurface Research*. Athens.

Mineral Wealth of Greece. *íd. íd. íd. íd.*

Bulletin de la *Société Spéléologique de Grèce*. Athenes.

«O Pan» *íd. íd. íd.*

HOLANDA

Mederlandsch Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap. Delft.

«Compte Rendu» *Geologisch Bureauleeren*. Troisième Congrès de Stratigraphie et de Géologie en Carbonifère. Heerlen.

Mededelingen van de *Geologische Stichting*. *Geologisch Bureau voor het Mijngebied*. Heerlen.

«Geologie en Mijnbouw». *Rijksmuseum van Geologie*. Leiden.

Leidse Geologische Mededelingen. *íd. íd.*

Publicatie van het *Mineralogisch Geologisch Instituut Rijks Universiteit Utrecht*. Utrecht.

INGLATERRA

«Newsletter». *Cave Research Group of Great Britain*. Berkhamsted.

The Transactions of the *Cave Research Group of Great Britain*. Berkhamsted.

Publications. *íd. íd.*

Proceedings of the *Speleological Society*. *University of Bristol*. Bristol.

The Quarterly Journal of the *Geological Society of London*. London

Journal of the *Craven Pothole Club*. Skipton.

ITALIA

«Rassegna Speleologica Italiana». *Organo Ufficiale dei Gruppi Grotte Italiani* Como.

Pubblicazione Serie G. *Istituto di Geologia, Università, Milano.*
 Revista del *Touring Club Italiano, Milano.*
 Pubblicazione Serie P. id. id. id.
 Publicaciones del *Istituto de Geologia Università de Padova, Padova.*
 Atti dell' *Istituto Geológico della Università di Pavia, Pavia.*
 Annali dell' *Osservatorio Vesuviano, Napoli.*
 Atti della *Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.*
 Notiziario del *Circolo Speleológico Romano, Roma,*
 Bollettino del *Servizio Geológico d'Italia, Roma.*
 Bollettino della *Società Geográfica Italiana, Roma.*
 Bollettino della *Società Geológica Italiana, Roma.*
 Bollettino della *Società Adriática di Scienze Naturali, Trieste.*

MADAGASCAR:

Annales Géologiques du Service des Mines, Gouvernement Général de Madagascar et Dépendances, Tananarive.

Carte Géologique de Reconnaissance a l'échelle du 200.000^e
idem idem.

Service Météorologique id. id.

MARRUECOS:

Notes et Memoires du Service Géologique du Maroc, Rabat.

MEXICO

Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México: México.

«Ciencia». Revista hispano-americana de Ciencias puras y aplicadas. Publicación del *Patronato de Ciencia, México.*

NORUEGA

Norsk Geologisk Tidsskrift, Oslo.

Norges Geologiske Undersökelse, Oslo,

PERU:

Boletín de la *Sociedad Geológica del Perú*. Lima.

POLONIA:

Jaskinie Polski. *State Archaeological Museum*. Warsaw.

PORTUGAL:

Boletín de *Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico. Faculdade de Ciências de Universidade de Lisboa*. Lisboa.

Revista de Faculdade de Ciências id. id.

Comunicações dos *Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa.

Boletín de *Sociedade de Geografia de Lisboa*. Lisboa.

Publicaciones del *Laboratório Mineralógico e Geológico Faculdade de Ciências*. Porto.

Estudos Notas e Trabalhos do *Serviço de Fomento Mineiro*. Porto.

Publicaciones. id. id. id.

Boletín de *Sociedade Geológica de Portugal*. Porto.

SUECIA

Lund Studies in Geography. Ser. A. Physical Geography. *University of Lund. Department of Geography*. Lund.

Lund Studies in Geography. Ser. B. Human Geography. id. id.

Meddelanden fran *Lunds Universitets Geografiska Institution*.

Lund.

Skrifter fran *Mineralogisk och Paleontologisk-Geologiska Institutionerna*. Lund.

Arkiv för Mineralogi och Geologi. *K. Svencka Vetenskapsakademien*. Stockholm.

Bulletin of *The Geological Institution of The University of Upsala*.

SUIZA:

«Eçlogae Geologicae Helvetiae». *Société Geologique Suisse*. Basel. Publications de l'Institut de Geologie de l'Université de Fribourg. Fribourg.

Bulletin du *Laboratoire de Geologie*. Université de Lausanne. Lausanne.

«Stalactite». Organe de la *Société Suisse de Speleologie*. Sion (Valais).

TANGANICA:

Bulletin. *Geological Survey Department*. Tanganyika Territory. Dodoma.

TURQUIA:

Publications de l'Institut d'Etudes et de Recherches Minières en Turquie. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*. Ankara.

VENEZUELA:

Boletín de la *Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. Caracas.

YUGOSLAVIA:

Geografski Glasnik. *Société de Géographie de Croatie*. Zagreb, Marulicev.

Geoloski Vjesnik. *Société de Géographie de Croatie*. Zagreb, Marulicev.

Nase planine. *Société de Géographie de Croatie*. Zagreb, Marulicev.

Avance al Catálogo espeleológico de Asturias

POR

N. LLOPIS LLADO, J. M. FERNANDEZ Y M. JULIVERT

La labor de investigación espeleológica que el Instituto de Geología de la Universidad de Oviedo viene realizando desde 1950 ha obligado a un intento de sistematización de las cavernas conocidas en Asturias, puesto que a las escasas cavernas citadas hasta que dicho Instituto comenzó sus trabajos, puede añadirse hoy una cantidad tan crecida que justifica sobradamente este Avance a un Catálogo que se está elaborando.

A esta labor ha contribuído eficazmente uno de nosotros (J. M. F.) divulgando por medio de la Prensa la formación de dicho catálogo lo que ha permitido obtener una serie de datos inéditos, comunicados por personas cultas de diferentes localidades de Asturias, gentes amigas del progreso y del saber que han distraído unos minutos de sus actividades colaborando eficazmente en nuestro cometido.

Igualmente han colaborado en la confección de este catálogo, los componentes del naciente Grupo Espeleológico Universitario del Colegio Mayor San Gregorio, cuyas búsquedas y exploraciones han aumentado con numerosos datos nuestro fichero.

Pero esto es solo el comienzo, puesto que pocas regiones como Asturias reúnen en España condiciones óptimas para el desarrollo de los fenómenos cársticos. Nuestra provincia es indiscutiblemente una de las que mayor número de cavernas ha de contener, dado el desarrollo de la caliza en sus relieves, a la elevada pluviosidad cantábrica y a las condiciones geológicas óptimas que aquí se reúnen.

Nuestra esperanza es que este Avance, sea un punto de partida que nos permita multiplicar nuestras actividades espeleológicas y poder presentar bien pronto otro Catálogo mucho más completo en número de cuevas y en datos científicos.

CUEVA DEL AGUA.—Situada en el Concejo de Cangas de Onís, a 200 m. al E. del Caserío de Medina, de la aldea de Mestas de Con. Es la resurgencia del río Ordenao, que se pierde en el llamado Salto del Agua a unos 150 m. encima de la cueva. A 40 m. por encima de la resurgencia, hay una gran caverna-sima desde cuya entrada se oye el ruido de una cascada. No se tienen noticias de exploración ninguna. Este conjunto hidrogeológico está situado en la caliza de montaña. Datos de N. Llopis en *Speleon*. Tomo. III N-1-2, pág. 81.

POZOS DEL AGUA.—Situados en el Concejo de Teverga, en las inmediaciones del Caserío de Marabio. Son dos simas por una de las cuales se sume un arroyo. No se conoce exploración ninguna. Parecen estar situadas en la caliza de montaña. Datos suministrados por A. Fdez-Corugedo.

CUEVA-SIMA DEL AGUA.—Situada en el Concejo de Tameza, sin que se tengan de ella otros datos. Comunicado por A. F. Corugedo.

CUEVA DEL AGUA.—Situada al W. de Pedroveya, en el arroyo de la Xanas, afluente del río Trubia. Una entrada de grandes dimensiones conduce a una cámara de pocos metros. Jun-

to a la entrada principal existe otra cavidad de menores dimensiones con un relleno de arcillas amarillas en la base y rojas en la parte alta. Se abre en la caliza de montaña. Datos de M. Julivert y J. I. Arbide.

CUEVA DEL AGUDU.—Inmediaciones de Llonín, situada encima de la cueva del Crespo a unos 60 m. a la izquierda. Entrada muy pequeña que se prolonga por un corredor de 20 m. que termina en una pared de 12 m. por debajo de la cual hay una sala con abundantes concreciones. Datos de Derouet, Dresco y Negre en *Speleon*, IV, núm. 3, pág. 166.

SUMIDERO DEL AGUA.—En el Concejo de Riosa, en el término de Vega de Riosa y al S. de las casas de la Dirección de la Mina de cobre del Aramo a unos 850 m. de altitud y al pie del Peñón de El Castiello. Por una diaclasa NE-SW, en la caliza de montaña, vertical, cerca del contacto con las pizarras penetran las aguas del río de la Foz que, en el estiaje, son absorbidas totalmente y entonces el sumidero es penetrable. Según los aldeanos estas aguas surgen en Riosa en una galería de mina, pero no está comprobado. Datos de N. Llopis y M. Julivert, 1955.

☞ **CUEVAS DE ANDINA.**—También denominadas Forno del Mosquero. Constituyen una serie de cavidades situadas al N. de Andina, al lado de la carretera a La Caridad, excavadas en una faja de calizas cristalinas, que forman los cerros cotas 210, denominados Peña de las Grallas, Peña de Llamua, y Pico de la Porqueira. Las calizas buzcan 70° al NNE. Se trata de un Karst residual formado por uno de los arroyos afluentes del Moro. Las cuevas son los más típicos y forman un puente o túnel de unos 20 m. de longitud con seis o siete de altura máxima con fuertes señales de erosión turbillonar y bellas marmitas. Estas cavidades han sido excavadas siguiendo los planos de estratificación. Datos de N. Llopis. Fueron conocidas ya por el Conde de Toreno, que las cita en sus

«Discursos de la Real Sociedad Ovetense». Madrid, 1785, folios 44 y 45.

CUEVA DE ANLELAIDA.—Situada en el Concejo de Peñamellera Baja, en las inmediaciones de la aldea de Mazo, a 500 m. de la carretera de Unquera a Panes. Reconocida por el Conde de la Vega del Sella en 1928. Datos proporcionados por D. José Cotera Fernández de Merodio.

CUEVA DE ANTROIXU.—En el Concejo de Amieva, situada en la Sierra de Amieva, bajo la Peña denominada Porrón de Corbezanos. Es una sima de unos 10 m. de diámetro totalmente fosilizada por los derrubios, que permiten descender solamente unos 8 m. Se abre en la caliza de montaña. Datos de N. Llopis en *Speleon*, t. III, N-3, pág. 151.

CUEVA DEL ARCO.—En el Concejo de Quirós, en Peña Sobia. Datos recopilados por J. M. Fernández de «Torrecerredo» N-23, págs. 56 y 86.

CUEVA DE ARNERO.—Concejo de Llanes, cerca de Posada. Descubierta y explorada por el Conde de la Vega del Sella en 1913. Citada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo». Madrid, 1919, pág. 26. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LA SIERRA DE AVES.—A 1 Km. de Infiesto, ascendiendo por el río Nueva y a 6 o 7 Km. más allá de Espinaredo, en la orilla derecha del río. Citada por Schulz. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE AVIAO.—En el Concejo de Infiesto, cerca de Espinaredo. Sin otros datos. Explorada por el Conde de la Vega del Sella y citada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo». Madrid, 1919, pág. 27.

CUEVA DE LA BALLOTA.—En el Concejo de Pola de Lena. Se trata de un sumidero en la caliza de montaña. Datos de J. M. Pelláns de Mieres.

CUEVA DE BALMORI (DEL QUINTANAL).—En el Concejo de Llanes, en las inmediaciones de Balmori. Es una caverna de 500 m. de longitud y 1 Km. de recorrido total, que consta de tres pisos de galerías, cada una de las cuales es un talweg muerto, que representa una antigua fase de la evolución de la caverna. Se abre en la caliza de montaña. La cita ya E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo», pág. 25. Datos de M. Julivert.

CUEVA DE BARBAROÑA.—En el Concejo de Ponga, en las inmediaciones del caserío de Barbaroña, del lugar de Sellaño. Según los datos de los lugareños es de mucha longitud y no está recorrida en su totalidad. Se abre en la caliza de montaña. Datos de N. Llopis, 1954.

CUEVA DE BEJU.—Sin más datos. Citada en «Torrecerredo». N-24, pág. 32. Recopilada por J. M. Fernández.

CUEVA DE BERESMA.—Sin más datos. Citada en «Torrecerredo». N-24, pág. 38. Recopilada por J. M. Fernández.

LA BRAÑA LA MUESCA.—En el concejo de Amieva, cerca del caserío de Ciña, en las inmediaciones de las Peñas de Ciña. Cerca de la Cumbre. Es una surgencia en la caliza de montaña. Datos de M. Julivert.

POZO DE LA BRAÑA LA MUESCA.—En el concejo de Amieva, en las Peñas de Ciña, cerca del caserío de igual nombre. Parece ser una sima en la caliza de montaña. Datos de M. Julivert.

CUEVA O BOQUERON DE BRAÑES.—En el concejo de

Oviedo. A 2 km del pueblo de Brañes. Se abre en la caliza de montaña. Se denomina también Boquerón de Brañes. Es conocida por los lugareños, por lo menos en parte. Sin otros datos concretos. Recopilada por J. M. Fernández.

HOYO DEL BUITRE.—Sin más datos. Citada en «Torrecedredo N-23, en el mapa. Recopilada por J. M. Fernández.

CUEVA DEL BUXU.—En el concejo de Cangas de Onís, al N. de Cardes. La entrada se halla a 25 m. sobre el nivel del río. Tiene pinturas prehistóricas de interés. Fué hallado recientemente por el Sr. Buelta, *Ursus speaeleus*. Citada por sus pinturas por Obermaier y el Conde de la Vega del Sella en «La cueva del Buxu, Asturias», Madrid, J. A. Est. Inv. C. 1918 y por E. Hernández-Pacheco, loc. cit. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE CADAMANCIO.—En el concejo de Gijón. Citada en la topografía médica de Gijón, pág. 48. Datos de J. M. Fernández.

SIMA DE LAS CALDAS.—En el Concejo de Oviedo. Cerca de San Juan de Priorio, en el monte Calafigar de la Piñera. Hay dos simas, una de boca grande en la que se han sondeado 19, 5 m. y otra de boca pequeña, en la que se han sondeado 13 m.; hay también otra menor, impracticable. Todas en la caliza de montaña. Datos de F. Gasalla e I. Pedregal.

CUEVA DEL CAMARIN.—En el Concejo de las Regueras, en las inmediaciones del Soto de las Regueras, sin más datos. Recopilada por A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA DE LAS CAMPANAS.—En el Concejo de Cangas de Onís, a 100 m. al W. de La Vega y de la carretera de Cangas de Onís. Se abre en la caliza de montaña y unos 10 m. por debajo

emerge la fuente de Las Campanas con un caudal de 1 l/s. La entrada es circular, de 1,50 m de diámetro, iniciándose un corredor descendente de unos 20 m. de longitud que termina en una galería inundada que se bifurca. Datos de N. Llopis, en *SPELEON*, T. III, núm. 1 y 2, pág. 81, y de Derouet, Dresco y Negre, en *SPELEON*, T. V, núm. 3, pág. 166.

CUEVA DE LA CAMPIELLA.—En el concejo de Ponga, en las inmediaciones del caserío de Viboli, junto a Peña Salón, por el collado Baxeñu. Son abrigos de escasa profundidad en la caliza de montaña. Datos de M. Julivert.

GRUTA DE CAMPOAVIO.—En el concejo de Cangas del Narcea, cercanías de Rangos, sin más precisiones. Datos comunicados por F. J. Rodríguez de Llano.

CUEVA DE CEBELIN.—En el concejo de Llanes, inmediaciones de dicha población. A 45 m. de altura, en las calizas cretácicas y en una dolina, se abre una boca muy ancha que lleva a la primera sala de 30 m.; a la izquierda hay una estrecha galería recurrente inexplorada; en el fondo izquierdo una galería ascendente de 50 m. En el fondo derecho una larga galería conduce al exterior. Descrita por Jeannel en 1917.

CUEVA DE LAS CENIZAS.—En el concejo de Quirós inmediaciones de Salcedo. Es una caverna casi perpendicular al pozo de Pielgo o Ruxecalderas. Parece que no ha sido explorada convenientemente y que posee algunas salas de 10 m. de altura y se divide en dos galerías. Datos de F. Fidalgo Estrada, de Barzana de Quirós.

CUEVA DEL CEFERINO.—En el concejo de Oviedo, cerca de San Juan de Priorio, en el monte Calafigar de la Piñera. En la cali-

za de montaña, sin más precisiones. Datos de F. Gasalla e I. Pedregal.

CUEVA DE LOS CINCHOS.—En el concejo de Cabrales, a unos 2 km. al W. de Ortiguero. Se abre en el lado SE. de una gran dolina llamada Hoyo de Alda, en la caliza de montaña. Está constituida por una gran sala de 80×40 m. y 15 m. de altura. Es una cueva de hundimiento que estuvo ocupada por una laguna cuyos sedimentos colmataron buena parte de la cavidad. Datos de N. Llopis en *SPELEON*, T. III, núms. 1-2, pág. 82, y de Derouet, Dresco y Negre loc. cit.

CUEVA DEL COBLE.—En el valle de Pernia, sin otros datos. Recopilada por J. M. Fernández en «Torrecerredo», núm. 20, página 35.

CUEVA DEL COLLADO DE LA FUENTE.—En el concejo de Cangas de Onís, cercanías de La Vega de Sebarga.—Según los aldeanos es de mucha longitud y grandes dimensiones, no estando recorrida en su totalidad. Se abre en la caliza de montaña. Datos de N. Llopis 1954.

CUEVA DEL COLLAREU.—En las inmediaciones de Infiesto. Descubierta por el Conde de la Vega del Sella. Sin más precisiones. Datos de J. M. Fernández extraídos de E. Hernández-Pacheco, loc. cit., pág. 27.

CUEVA DE COLLUVIL.—En el concejo de Amieva y cercanías de esta población. Descubierta y excavada por el Conde de la Vega del Sella. Datos de J. M. Fernández extraídos de E. Hernández-Pacheco, loc. cit., página 27.

CUEVA DEL CONDADO.—En las cercanías de Laviana. Da-

tos de J. M. Fernández extraídos de «Topografía médica de Laviana», pág. 25.

CUEVA DE LA CARCOXA.—Sin otras precisiones. Datos de J. M. Fernández en «Terrecerredo», núm. 20, mapa.

CUEVA DEL CORRO I.—En el concejo de Cangas de Onís, cerca de La Fresneda, inmediaciones de Corigos, a 300 m. de altitud. Se abre en la caliza de montaña, en la base E. del crestón de los Forcadinos y según los datos de los aldeanos es estrecha y de poco recorrido. Datos de N. Llopis 1954.

CUEVA DEL CORRO II.—En el concejo de Cangas de Onís, cerca de La Fresneda, inmediaciones de Corigos. Situada a 260 m. de altitud, en la base del crestón de Los Forcadinos, muy cerca de la anterior y como ella, al decir de los aldeanos, estrecha y de corta longitud. En la caliza de montaña cerca del contacto con cuarcitas. Datos de N. Llopis 1954.

CUEVA DE COSAGRA.—Al lado del Km. 11 de la carretera de Cangas de Onís a Cabrales. Tiene 60 m. de longitud y 15 de profundidad, con un recorrido total de 150 m. Se abre en la caliza de montaña y tiene dos bocas de 8 m. de altura, por la más septentrional de las cuales aparece un manantial de 7,5 l/s aforado el 11-5-52. Esta boca tiene carácter de trop-plein y a los 60 m. queda interrumpida por una galería inundada. Datos de N. Llopis en SPELEON, T. III, núm. 3, pág. 152.

CUEVAS DE COSAGRE.—En el concejo de Amieva, a 1.020 m. de altitud en las vertientes occidentales de Priniello. En la caliza de montaña se abren 4 o 5 aberturas con fuertes señales de erosión a presión hidrostática, que constituyen otras tantas surgencias muertas por donde emergían las aguas que drenaban el macizo de Priniello. Estas cavidades son escasamente penetrables unos

tres metros. Datos de N. Llopis, en SPELEON, T. III, núm. 3, página 151.

EL COTARIELLO.—En el concejo de Grado, inmediaciones de Villandás. Sin más precisiones. Datos de A. Fernández-Corugedo.

CUEVA DE COTAZOSA.—En el concejo de Ponga, inmediaciones Cadenava, en el río de Cotazosa, en la caliza de montaña. Sin más precisiones. Datos de M. Julivert.

COVALASA.—En el concejo de Oviedo. Cerca de San Juan de Priorio, inmediaciones de Monte Ordial. En la caliza de montaña. Sin más precisiones. Datos de F. Gasalla e I. Pedregal.

LA COVALLONA.—En el concejo de Cangas de Onís, inmediaciones de La Fresneda, cerca de Corigos. Según los datos de los aldeanos es muy larga y alta y tiene una sima en su interior que intercepta el paso. Se abre en la caliza de montaña. Datos de N. Llopis 1954:

EL COVARON.—En el concejo de Llanes, inmediaciones de La Pereda. Se abre en el fondo de una dolina en la caliza de montaña, en el montículo llamado Corisco. Es un segmento del río subterráneo de Requixu en el que se reconocen dos etapas de excavación, una antigua de erosión turbillonar, y otra más reciente de tipo fluvial. En 1950 se descubrieron varias nuevas galerías y salas. Su recorrido total es de 800 m. Datos de N. Llopis en SPELEON, T. III, núms. 1-2, pág. 82; J. M. Fernández: «Huellas prehistóricas en una cueva de Llanes». «Región», Oviedo 11-5-50; id. id. «La cueva prehistórica del Covarón, en Llanes», Bol. I. D. E. A. año V, núm. XII, Oviedo 1951.

CUEVA DE LA CRUZ.—En el concejo de Las Regueras, sobre

el río Nalón, reconocida por el Conde de la Vega del Sella. Datos de J. M. Fernández. Citada por E. Hernández-Pacheco, loc. cit., pág. 28.

CUAMORA.—En el concejo de Ponga, cerca de Soto. Sin otras precisiones. En «Topografía médica de Ponga», pag. 14. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE CUARTAMENTERO.—Concejo de Llanes, en el pueblo de Arquera. Datos de J. M. Fernández.

CAVERNA DE CUELLAGAR.—En las inmediaciones del Pico Loral. Sin más precisiones. De «Torrecerredo», núm. 23, pág. 71. Datos de J. M. Fernández.

CUEVAS CUESTA.—En el concejo de Peñamellera Baja, a 4 Km. de Merodio. Datos de J. Cotera Fernández.

CUEVA DEL CUETO DE LA CRUZ.—En el concejo de Llanes, inmediaciones de La Pereda. Se abre en la caliza de montaña, excavada en una diaclasa por donde circula un río subterráneo que emerge en la fuente de Quintana. La caverna tiene unos 50 m. de longitud. Datos de N. Llopis, en SPELEON, T. III, núms. 1-2, página 82.

TORCA DEL CUETO DE LA MINA.—En el concejo de Llanes, inmediaciones de Posada, a 35 m. de altitud. Se abre en la caliza de montaña una boca de 25 m. de diámetro por donde se desciende 5 m. hasta una sala de la que parten las siguientes galerías: 1. Galería de 30 m. descendente; 2. Galería horizontal de 40 m.; 3. Galería de 50 m. ascendente, accidentada y algo ramificada; 4. Otra ascendente de 50 m. con depósitos prehistóricos, por el fondo circula un río hipogeo que se sume al pie de la cueva del Cueto de la Mina. Datos de Jeannel 1917. Conde de la Vega del Sella. «Paleolí-

tico del Cueto de la Mina (Asturias)». J. A. E. Inv. Cien. Madrid 1916. E. Hernández-Pacheco, loc. cit., pág. 25. N. Llopis 1954.

LA CUEVONA.—En las inmediaciones de Ribadesella, explorada por E. Hernández-Pacheco en 1912. Conde de la Vega del Sella 1916. E. Hernández-Pacheco, loc. cit., pág. 26. Datos de J. M. Fernández. Probablemente se trata de la misma cueva denominada también «La Cueva», descrita por el Conde de Toreno en «Discurso de la Real Sociedad Ovetense». Madrid 1785, folio 499.

LA CUEVONA.—En el concejo de Cangas de Onís, en las proximidades de las Cuadras de les Cobielles, a 1.100 m. de altitud y al W. del Pico Pierzo. Boca de grandes dimensiones; según los aldeanos es una cueva muy grande y larga no recorrida en su totalidad. Se abre en la caliza de montaña, inclinada 45° SW, cerca del contacto con las cuarcitas. Datos de N. Llopis, 1954.

LA CUEVONA.—En el Concejo de Riosa, en la vertiente W. del río de la Foz, a unos 900 m. de altitud. La boca, amplia, se abre en los estratos verticales en la caliza de montaña, cerca del contacto con las pizarras. Según los datos de los aldeanos tiene varios corredores fácilmente penetrables. Parece una antigua surgencia orientada sobre los planos de estratificación, que drenaba las aguas de aquella zona del Aramo. Datos de N. Llopis y M. Julivert, 1955.

CUEVAS DEL CULEBRE.—En el Concejo de Cangas de Onís, proximidades de Mestas de Con, en el lugar denominado La Cantera de sus Cuevas. Comprende tres cavidades que forman parte de un mismo sistema con una resurgencia impenetrable que desemboca cerca de la carretera. La cueva se abre entre la maleza, a algunas decenas de metros de la referida cantera, y termina rápidamente en un río subterráneo impenetrable.

Por encima de la cueva, en la vertiente, se abre un pozo difícil

de encontrar y poco profundo, como de unos 5 m.; antiguamente debió descender a mayor profundidad pero fué taponado por los pastores para evitar la caída de los corderos. Datos de Derouet, Dresco y Negre, loc. cit.

CUEVA DEL CRESPO.—En las inmediaciones de Llonín. La cueva se abre en el acantilado calizo a unos 50 m. por encima de la cantera. Corredor horizontal de unos 15 m. de longitud. Datos de Derouet, Dresco y Negre. loc. cit.

POZOS DE CABAÑONA.—En la carretera de Covadonga al Lago Enol. Entrada redonda entre bloques rocosos, de 15 m. de profundidad. Es una diaclasa que termina con una rampa con derrubios en cuyo fondo corre un arroyo, que puede seguirse durante unos 15 m. hasta un hundimiento por donde se pierde el arroyo. La parte alta de la galería se eleva y en ella se abren dos agujeros no explorados. Datos de Derouet, Dresco y Negre. Loc. cit.

CUEVA DE CHAPIPI.—En el Concejo de Grado, en las inmediaciones de Coalla; se han encontrado monedas romanas y restos de animales. Sin otros datos. Comunicada por A. Fernández-Corugedo.

CUEVA DE DÉBOYO.—En las inmediaciones de La Felgueriña. Datos de J. M. Fernández, extraídos de «Torrecerredo», n.º 20, página 46.

CUEVA DE DON JUAN.—En el Concejo de las Regueras, inmediaciones de Pereda y en el lugar denominado Monte Oscuro. Sin otras precisiones. Datos de A. Fernández-Corugedo.

CUEVA DE DON XUAN.—En el Concejo de Llanes. Inmediaciones de Parres. Se abre en el borde SE. de la dolina de San-

tiago, en una diaclasa E.W. En la entrada hay un gran hundimiento. Es una cueva seca, que conserva intacta la morfología de erosión desarrollada en el sentido del buzamiento de los estratos. En todos sus corredores hay huellas de erosión turbillonar. Es una cueva descendente, que corresponde a un antiguo sumidero desarrollado sobre la plataforma de 75 m. En los corredores de la parte media de la cueva, hay coladas estalagmíticas y «gours». La longitud máxima es de 80 m. y su recorrido total de 110 m. Datos de N. Llopis, 1952.

CUEVA DEL ERMITAN.—En el Concejo de Oviedo. Inmediaciones de Latores, en el monte Cellagú. Se abre en la caliza de montaña. Sin otras precisiones. Datos de F. Gasalla e I. Pedregal.

CUEVA DEL ESCRIBANO.—En el Concejo de Oviedo. En la caliza de montaña. Sin otras precisiones. Datos de F. Gasalla e I. Pedregal.

CUEVA DEL ESPINOSO.—En el Concejo de Colombres. Inmediaciones de La Franca y en el lugar denominado El Espinoso. Consta de cuatro corredores superpuestos que constituyen otros tantos talwegs hipogeos sucesivamente abandonados. El río actual pasa a unos 80 m. por debajo del piso inferior de la caverna. La longitud máxima es de 120 m. y su recorrido total es muchísimo mayor. Datos de M. Julivert, 1954.

CUEVA DEL ESCOSU.—En el Concejo de Cangas de Onís. Inmediaciones de Mestas de Con. La caverna se abre en la caliza de montaña, teniendo una entrada de 10 m. de anchura por 2, 5 m. de alto, penetrándose en una galería sinuosa sembrada de charcos, lo que parece indicar el talweg de un río hipogeo intermitente. La progresión en profundidad es detenida por el río subterráneo que tiene una profundidad de 50 cm. Datos de Derouet, Dresco y Negre. Loc. cit.

CUEVA DE FERRAN.—En el Concejo de Infiesto, descubierta por el Conde de la Vega del Sella. Datos de J. M. Fernández en E. Hernández-Pacheco. Loc. cit., pág. 27.

CUEVA DE FONFRIA. — En el Concejo de Llanes, inmediaciones de Posada, cerca de Barro. Descubierta por el Conde de la Vega del Sella, en 1915. Datos de J. M. Fernández, extraídos de Conde de la Vega del Sella. «El Asturiense» J. Amp. Est. Inv. Cienc. Madrid, 1916, y E. Hernández-Pacheco. Loc. cit., pág. 27.

CUEVA DE FOR.—Sin otros datos. Comunicada por J. M. Fernández según datos sacados de «Torrecerredo», número 20, mapa.

CUEVA DE LA FRANCA. En el Concejo de Colombres, cerca de Santiuste. Citada por Hernández-Pacheco en loc. cit., página 24 y Conde de la Vega del Sella, loc. cit., pág. 10. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE EL FRANCO.—En el concejo de El Franco, cerca de la iglesia del Monte, en las inmediaciones de El Franco. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE FRESNEDO. — Situada en el concejo de Teverga, cerca de Fresnedo y junto a la carretera de Puertoventana. Están formadas en conjunto por tres talwegs hipogeos. El más superior, situado a 20 m. por encima del cauce actual del río Sampedro, con el cual se relaciona la cueva, tiene actualmente el carácter de talweg muerto y su longitud es de 1.100 m. La galería media, de una longitud de 250 m., tiene el carácter de trop-plein. La galería inferior, activa en la actualidad, es impracticable. El río epigeo se sume unos 200 m. aguas arriba de la entrada del trop-plein y resurge unos 20 m. aguas abajo de la resurgencia del mismo. Tanto en el actual talweg muerto, como en el trop-plein, existen

un conjunto de sumideros que los relacionan con el actual talweg hipogeo. Los sumideros del talweg muerto son los que tienen un mayor desarrollo. Por dos de ellos, se alcanza el nivel hidrostático a 40 m. de profundidad. Han existido en la cueva importantes fenómenos de relleno. En el talweg muerto la fosilización por aluvionamiento alcanzó gran importancia. Esta tuvo lugar por lo menos en dos etapas, separadas por una costra estalagmítica. Existe además un relleno clástico y uno litoquímico. El aluvionamiento separa dos etapas en la evolución de la caverna. Esta puede resumirse del siguiente modo: primera fase erosiva, primera fase clástica, primera fase litoquímica, aluvionamiento, segunda fase erosiva, segunda fase clástica, segunda fase litoquímica. Durante la primera etapa se formó el actual talweg muerto, durante la segunda los otros dos talwegs inferiores. Citada en «Asturias Ilustrada» (revista 1878), núm. 42. C. de Toreno: «Discursos de la R. Soc. Oviedo». Madrid, 1785. Folio 561. Speleón Tom. III, diciembre 1952, número 4, pág. 233. Datos de M. Julivert, 1954.

CUEVA DE FRESNEDO.—En el concejo de Allande. Citada por el Conde de Toreno. «Discurso de la R. Soc. Oviedo» nota en el folio 12. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE FRESNEDIELLO.—En el concejo de Aller. Inmediaciones de la aldea de Fresnediello. Sin más precisiones. Datos del P. Eduardo González. Roma.

CASCADA DE FRIES.—En el concejo de Ribadesella. En las inmediaciones de Llovio de la aldea de Fries. Se trata de una surgencia en la caliza de montaña. Datos de J. M. Fernández.

POZO DE FUNERES.—En el concejo de Bimenes, alrededores de San Emeterio. Citada en «Topografía Médica de Laviana». página 25. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LOS FURACOS.—Concejo de Gijón. Sin más precisiones. Citada en Topografía Médica de Gijón. pág. 48. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LA GATA.—En el concejo de Oviedo. Inmediaciones de Las Caldas, cerca de Premaña. Vertientes de Peñavis. En la caliza de montaña. Datos de F. Gasalla e I. Pedregal.

SIMA FOSIL DE GIJON.—En el concejo de Gijón, cercanías de la abadía de Cenero en las calizas dolomíticas horizontales del jurásico. Es una sima de 10 m. de profundidad, rellena de cascajo y arcilla, con algunos restos de huesos. Entre estas arcillas fué hallado un puñal fabricado con una estalactita. El hallazgo se realizó explotando las calizas dolomíticas en la cantera de Moreda y Gijón. Datos de J. Manuel Valdés Gutierrez.

CUEVA DE LA GRANDOTA.—En el concejo de Oviedo. Sin más precisiones. Datos de J. M. Fernández.

LAS GLALLAS.—En el concejo de Grado, inmediaciones de Santa Catalina en el lugar denominado Monte de la Granda. Datos de A. Fernández Corugedo.

POZO DE LES GRAYES.—Concejo de Ponga, sin más precisiones. Citado en Topografía Médica de Ponga, pág. 14. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA GREGORIO.—En el concejo de Grado. Alrededores de Pumarín, en el lugar llamado Pico Marillope. Datos de A. Fernández Corugedo.

LAGUASALTA.—Concejo de Ponga, inmediaciones de Rubiello. Es una surgencia en la caliza de montaña. Datos de M. Julivert.

CUEVA DEL GUIZO.—Concejo de Lena, en el lugar llamado Las Cangas. Sobre el cordal de Llanos de Somerón, en Valgrande. Tiene unos 2 m. de diámetro la entrada. Su profundidad se desconoce: Datos de J. M. Pellanes (Mieres).

CUEVA DE GUINZOS I.—En el Concejo de Riosa, en la cabecera del río de la Foz, vertiente W. y al N. del km. 7 de la carretera de Pola a Quirós. Es una caverna conocida de antiguo, de entrada estrecha. En la caliza de montaña, orientada N-S. buzando 80° al E., cerca del contacto con las pizarras. Al decir de los aldeanos es una cueva muy profunda que comienza por un corredor y después de descender fuertes desniveles, se llega a un pozo vertical de profundidad desconocida. Datos de N. Llopis y M. Julivert, 1955.

CUEVA DE GUINZOS II.—Situada a unos 40 m. por encima de la anterior en las mismas condiciones geológicas. Se trata de un antiguo talweg hipogeo excavado en la intersección de diaclasas y planos de estratificación. El curso hipogeo era meandriforme y es penetrable unos 40 m. A unos 25 m. de la entrada hay una sala de techo elevadado unos 10-12 m. con una colada estalagmítica muy antigua, decalcificada. Estas estalagmitas están erosionadas, lo que indica la existencia de dos fases erosivas separadas por una litoquímica. En las paredes del corredor, estrecho y alto, casi siempre desnudas, hay fuertes señales de erosión turbillonar. Se trata de un fenómeno cárstico muy antiguo, que drenaba las vertientes E. del Aramo. Datos de N. Llopis y M. Julivert. 1955.

CUEVA DEL HOOS.—En el concejo de Cangas de Onís, inmediaciones de Ortiguero. Una entrada muy grande, seguida de una amplia sala ocupada por un caos de bloques, que sirve de abrigo a los rebaños. Datos de Derouet, Dresco y J. Negre, loc. cit, pág. 165.

CUEVA HEDRADA.—En el concejo de Amieva a 1.180 m. de altitud. Pequeña cavidad, situada en las vertientes occidentales del Timarro; probablemente antigua surgencia, semejante a las cuevas de Cosagre que drenaban, en otras épocas, el macizo de Timarro. En la caliza de montaña. Datos de N. Llopis en *Speleon*, tom. III N-3, pág. 151.

CUEVA DE LA HERRERIA.—En el concejo de Llanes, inmediaciones de Bolao (La Pereda). Es el cauce de un río subterráneo, procedente del S. como todos los de las inmediaciones de Llanes. Las galerías actualmente secas constituyeron antiguos cauces de río actual. La caverna es un conjunto de corredores y salas con huellas de erosión turbillonar enmascaradas en parte por un proceso de estalagmitización, que cubre techo y paredes. El recorrido total de esta caverna es de 400 m. Se abre en la caliza de montaña a lo largo de los planos de estratificación horizontales, interfiriendo con diaclasas, predominantemente del sector NE. En el corredor terminal hay pinturas prehistóricas ya citadas por Hernández Pacheco, loc. cit., pág. 25. Datos de N. Llopis Lladó. 1952.

CUEVA DE HORNIN.—Sin más precisiones. Citada en «Torrerredo», n. 24, mapa. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LA LOJA.—En el Concejo de Llanes. Inmediaciones de El Mazo. Se abre en la caliza de montaña. Sobre el talweg del Deva a unos 100 m. de altura. Es un corredor rectilíneo, precedido de un vestíbulo seco. El corredor es arcilloso y húmedo y tiene estalactitas, encontrándose en él una cubeta de 3 m. de profundidad llena de agua. El recorrido total es de 65 m. Tiene pinturas prehistóricas a unos 50 m. de la entrada. Citada por Breuil en 1909. H. Alcalde del Río, Breuil y Sierra «Les cavernes de la région cantábrique». Mónaco. E. Hernández-Pacheco: «La caverna de la Peña de Candamo». Madrid 1919, pág. 25.

CUEVA DE LA SIERRA DE LAGOS.—A unos 2 km. al N. de Beña, pueblo a 3 km. de La Pereda, en dirección a Oviedo. Citada por Schulz. «Descripción geográfica de la Provincia de Oviedo». Abril 1939. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LOS LAGOS DE SOMIEDO.—En el concejo de Somiedo, en el lugar llamado Peña de la Cueva. Citada por Schulz, loc. cit. Datos J. M. Fernández.

LAS CUEVAS.—En el concejo de Aller. Inmediaciones de Piñeres. Sin más precisiones. Citada en «Torrecerredo». n. 8, pág. 12. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LLAGO.—En el concejo de Lena, Inmediaciones de Campomanes. Sin más precisiones. Datos de J. M. Pellanes de Mieres.

POZO DE LOS LOBOS.—Inmediaciones de Pedrobeya, lugar llamado Collado de Braña Fé, entre la Mostayal y el Aramo. En la caliza de montaña. Datos de J. I. Arbide.

CUEVA DE LAS LLAMAS.—En el Concejo de Peñamellera. Lugar llamado Merodio. Sin más precisiones. Datos de J. Coter. Merodio.

CUEVA DE LES LLANES.—En el concejo de Aller, inmediaciones de Fresnediello lugar denominado Les Llanes. Es una sima inexplorada, que al decir de la gente comunica con una fuente situada en la vaguada del río Negro. Datos de P. Eduardo González.

CUEVA DE LLANUETO.—En el concejo de Salas, inmediaciones de San Justo, Sin más precisiones. Datos de A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA DE LLOBO.—En el concejo de Grado, inmediaciones de Cañedo, en el lugar denominado Valle de la Castañal. Sin más precisiones. Datos de A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA LA LLOSA.—Concejo de Ponga. Inmediaciones de Sobrefoz en el camino de la Prida. Datos de M. Julivert.

CUEVA DE MANECA Y PANALES.—En la orilla derecha del Dobra. A unos 5 km. antes de su confluencia con el Sella. Citada por Schulz en loc. cit. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE LA MANGA DEL MONTE.—En el concejo de Riosa, y en las vertientes orientales del pico El Visu, en el lugar llamado la Manga del Monte, a unos 1200 m. de altitud. Se trata de una cueva hemifosil, excavada en la intersección de una diaclasa N-S. con los planos de estratificación de la caliza de montaña, de igual orientación, buzando 80° al E. Tiene unos 20 m. de longitud y está casi rellena por un depósito de arcilla roja con cantos y algunos restos de huesos. Se trata de una surgencia muy antigua, semifosilizada. Datos de N. Llopis y M. Julivert, 1955.

CUEVAS DE MONTE OSCURO.—En el concejo de Cangas de Onís. Inmediaciones de Mestas de Con. Son dos cuevas: la primera se encuentra en un bosque de castaños y tiene una entrada de 2 m. \times 1 m.; es un tubo sinuoso de unos 12 m. de profundidad, descendente, relativamente seco.

La segunda, un poco más alta, se inicia por un pozuelo que conduce a una cámara baja. Desarrollo total, unos 10 m. Datos de Derouet, Dresco y Negre. Loc. cit. pág. 168.

CUEVA DE LA SIMA MARTIN.—Situada en el Concejo de Salas, cerca del caserío de San Justo. No existen más datos de la misma. Comunicado por A. Fernández Corugedo.

SEGUNDA GRUTA DE MAZACULOS.—Situada en el concejo de Llanes a una altitud de 25 m. sobre el nivel del mar y en las proximidades de Pimiango, Consta de un vestíbulo elevado y seco, del que parten dos galerías. La de la derecha desciende rápidamente bajo el suelo vestibular durante un recorrido de 30 m. Para seguirla hasta el fondo se necesitan escalas. La de la izquierda sigue más de 100 m. por una pequeña sala redondeada. Datos de Breuil, 1909.

CUEVA DE LOS MOROS.—En el Concejo de Oviedo, en las inmediaciones de Colloto, no existen más datos sobre la misma. Comunicado por A. Alvarez.

CUEVA DE LOS MOROS.—En el concejo de Amieva, cerca del caserío de Ciña, en la collada de Ciña, se abre en la caliza de montaña. Sin más precisiones. Datos de M. Julivert.

CUEVA DEL MOSTIL. —En el concejo de Quirós, en las proximidades del caserío de Pedroveya, en la Mostayal. Se abre en la caliza de montaña. Datos de J. I. Arbide.

CUEVA DE LOS MOZOS.—En el concejo de Ponga, en el lugar denominado Los Requexones. En la caliza de montaña. Datos de de M. Julivert.

CUEVA DE LA MORA.—En el concejo de Leitariegos, en las proximidades del Puerto. A unos 600 m. de la cueva, en la cantera que se explota para el afirmado de la carretera apareció un boquete que dió entrada a una galería de unos 15 m. que parece que comunica con la verdadera cueva de la Mora. Se encontraron restos humanos. Datos de N. Llopis en SPELEON, T. I, núm. 1, página 69.

... ..

CUEVA DE LA MORA.—En el concejo de Llanes, en el lugar denominado Soberrón. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DEL MUCARO.—En el concejo de Grado. Cerca de Picaroso, en el lugar denominado El Bravo Pachín. Sin más precisiones. Datos de A. Fernández-Corugedo.

CAVERNA DE MUNIELLO.—En el concejo de Somiedo, en la Riera, a 3 Km. de este pueblo en dirección a Somiedo, en el Pico Muniello, al pie de unas ruinas. Gran sima de vastas dimensiones. Datos de J. M. Fernández extraídos de: Conde de Toreno «Discursos de la R. Soc. Ovetense», Madrid, 1785, folio 545.

POZO DE LA NIEVE.—En la cumbre del Aramo. Se abre en la caliza de montaña. Sin más precisiones. Datos comunicados por J. M. Fernández, extraídos de «Torrecerredo» núm. 20, pág. 24.

CUEVA NARIZ DEL PERRO.—Situada en los alrededores de Cardes, en el mismo macizo que la cueva del Buxu, pero más cerca del pueblo. Consta de dos bocas contiguas, visibles desde el camino. Datos de Dorouet, Dresco y Negre en «Speleon», tom. V, núm. 3, pág. 168, Oviedo 1954.

CUEVA DE OLLONIEGO.—Situada en las proximidades de Tudela Veguín, en el santuario derruido que allí se encuentra. Datos de René Bogan (La Felguera).

CUEVA DE ORPIÑOS.—Se encuentra en Peña Prieta. Sin más precisiones. Datos de J. M. Fernández extraídos de «Torrecerredo», núm. 23, mapa.

CUEVA DE LA OSA.—En el concejo de Grado, en las inmediaciones de Cañedo. No existen más datos sobre ella. Comunicado por A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA DEL OSO.—En el concejo de Grado, en la sierra de Peñagua, sin que existan más datas sobre la misma. Comunicado por A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA DE OVAYA.—Situada en el monte Sueve, sin que se tengan de ella otros datos. Comunicado por J. M. Fernández según datos de «Torrecerredo», núm. 23, pág. 31.

CUEVA DE OVEYERU.—Situada en La Llambria, sin más precisiones. Datos de J. M. Fernández según datos de «Torrecerredo», núm. 25, mapa.

CUEVA PALACIOS.—En el concejo de Lena. Situada en las proximidades de Tuiza. Sin más precisiones. Datos de J. M. Fernández, extraídos de «Torrecerredo» núm. 15, pág. 94 y núm. 23, págs. 54-57.

CUEVA DE LA PALOMA.—Situada en el concejo de Grado. En las proximidades de Soto de las Regueras. Es de escasa profundidad. Cerca de ella se encuentran todo un conjunto de cavidades de mayor desarrollo. Datos de A. Fdez.-Corugedo. Se encuentra citada por H. Hernández-Pacheco en «La Caverna de la Peña de Candamo», Madrid 1919, pág. 28.

CUEVA DE PANALES.—Véase CUEVA DE MANECA, nombre con el que también se la conoce.

CUEVA DE LOS PANDANES.—En el concejo de Pola de Sobrescobio. En el Pico Retriñón. No se conocen más datos de ella.

CUEVA DEL MONTE DE LA PARADA.—Se encuentra situada a unos 4 Km. al N. de Peña Ubiña, y a unos 9 Km. al S. de Bárzana de Quirós, al S. de Ricabo. Datos de J. M. Fernández extraídos de Schulz en «Mapa Geológico de Asturias».

POZO DE LAS PENAS.—Situado en el concejo de El Franco, en Andina, inmediaciones de las Penas de Andina. Es una sima, al parecer, de 10-12 m. de profundidad con una gran sala en el fondo. Calizas cristalinas. Datos de N. Llopis Lladó.

CUEVA DEL PENICIAL.— En el concejo de Llanes. Situada en las proximidades de Nueva, a unos 80 m. del cruce de la carretera de Corao a la playa de Cuevas del Mar con un camino carretero que conduce al pueblo de Pría. Se abre en la caliza de montaña, de edad carbonífera. Está orientada al SW. Es de importancia prehistórica. Fué explorada por el Conde de la Vega del Sella. Se encuentra citada por el Conde de la Vega del Sella en «La Cueva del Penicial», public. por la Junta Amp. Est. Inves. Cien. 1914. La cita también E. Hernández-Pacheco en «La Caverna de la Peña de Candamo». Madrid 1919, en la pág. 26. Datos de J. M. Fernández.

PEÑA DE LA CUEVA.—Situada en la Peña de Almagrera, sin que se tengan de ella más datos. Comunicado por J. M. Fernández según datos de «Torrecerredo», núm. 15, pág. 87.

CUEVAS DE PEÑA CARESES.—Situadas en las inmediaciones de Pola de Siero, en el lugar denominado Peña Careses. No existen más datos sobre ellas.

CUEVAS DE LA PEÑA NUEVA,—Situadas en el concejo de Las Regueras, en las inmediaciones de Trasmonte. Datos comunicados por A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA DE PEÑA PERUYERA.—Situada en el concejo de Laviana. Sin más precisiones. Citada en «Topografía Médica de Laviana» pág. 25. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE PEÑAMAYOR.—Recibe también el nombre de POZO DE FUNERES con cuyo nombre se ha citado ya.

AGUJERO DE PEÑAMELLERA. —Situado en el concejo de Llanes, en las inmediaciones de Panes. Es de escasas dimensiones. Se encuentra a unos 900 m. de altitud, en la caliza de montaña. La entrada es pequeña, en su interior existe una pequeña cámara de 6 m. Datos de Breuil, 1909.

SOPLAO DE PEÑAVINERO (1). Situada en el concejo de Cangas de Onís, en las proximidades de Cuadras de Somonto, a unos 420 m. de altitud, en el lugar denominado La Fresneda-Corigos. Se encuentra en la caliza de montaña, en capas verticales, cerca del contacto con margas y dolomias devónicas. Según datos de los aldeanos es una sima de considerables dimensiones. Datos de N. Llopis Lladó.

SOPLAO DE PEÑAVINERO (2).—Situado en el concejo de Cangas de Onís, en las proximidades de Cuadras de Somonto, a 420 m. de altitud y en el lugar denominado La Fresneda-Corigos. Se abre en la caliza de montaña, en capas verticales de dirección N-S, cerca del contacto con el devónico. Según los aldeanos es una cueva estrecha y baja no recorrida en su totalidad. Datos de N. Llopis Lladó.

CUEVA DEL PEÑON.—Situada en el concejo de Las Regueiras, en Monte Oscuro, cerca del caserío de Pereda, sin que existan más precisiones sobre la misma. Datos de A. Fernández-Corugedo.

CUEVA DE PERVIS.—Situada a unos 2 kms. al NW. de Sames, en la margen izquierda del río Sella. Citada por Schulz en el «Mapa Geológico de Asturias». Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DEL PEVIDAL.—En el concejo de Oviedo, en el monte Naranco al NW. del Pico del Paisano. Ha habido en ella hundimientos recientes. No existen más datos sobre la misma.

CUEVA DE PIEDRA POZAL.—En el concejo de Cangas de Onís, al E. de Pico Pierzo, cerca de las cuadras de Les Cobielles. A 1.200 m. de altitud, situada en el camino de Llampra a Dobru. Se abre en la caliza de montaña, inclinada 45° al SW., cerca del contacto con las cuarcitas. No es conocida. Datos de N. Llopis Lladó.

POZO PIELGO.—Situado en el concejo de Quirós, en la Mortera de La Robla, cerca del caserío de Salcedo. Su entrada, muy estrecha, ha sido cegada en parte para evitar la caída del ganado. Datos de F. Fidalgo Estrada.

CUEVA DEL PINDAL.—En el concejo de Llanes, en Pimiango. Es un corredor no ramificado, que alcanza una longitud de 200 m., de fácil circulación. Está recorrida por una corriente de agua que se pierde antes de alcanzar la entrada y desemboca directamente al mar. Está situada a unos 15 m. de altura, se abre en las calizas carboníferas cerca del contacto con la arenisca silúrica. El suelo es arcilloso. Cerca de la entrada predominan las formas clásticas y más al interior las litoquímicas. Citada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo», Madrid, 1919, y por H. Alcalde del Río, H. Breuil y L. Sierra, en «Les cavernes de la région cantabrique», Mónaco, 1911.

LA PINGONA.—Situada en el concejo de Grado en el valle de Favila, en las inmediaciones de Vigaña, sin que existan más precisiones sobre la misma. Datos de A. Fernández-Corugedo.

CUEVA DE PINIELLA.—Situada en las cercanías de Piniella, no existen más datos sobre ella.

CUEVA DEL PORRO CAVAÑOÑA.—Cerca de Covadonga, en las últimas lagunas antes de llegar al Lago Enol, se abre en el fondo de una pequeña dolina. Es visible desde la carretera, a la

derecha de la misma. Datos de Derouet, Dresco y Negre en «Speleón», tom. V, núm. 3, pág. 148, Oviedo, 1954.

CUEVA DE PORRUA.—Situada en las inmediaciones de Llanes. No existen más datos.

SIMA DE PRINIELLO.—En el concejo de Amieva, situada a 1.212 m. de altitud, muy cerca de la cumbre de Priniello, en la vertiente occidental. Es una sima de 2 m. de diámetro que se estrecha a los 6 m. de profundidad continuando hacia abajo, pero no ha sido explorada. Datos de N. Llopis Lladó, en «Speleon», tomo III, núm. 3, pág. 151. Oviedo, 1952.

CUEVA DEL PUERTO.—Situada en Peña Almagrera. Citada en «Torrecerredo», núm. 15, pág. 88. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DEL QUESO.—Situada en el concejo de Arenas de Cabrales, en las inmediaciones de Arenas. La entrada es una quesería. Está inexplorada. Datos de Esteban García.

CUEVA DE REDONDO,—Situada en el concejo de Llanes, en las inmediaciones de Pereda. Es un fenómeno cárstico ya antiguo, correspondiente a fases de erosión anteriores al actual río subterráneo que resurge en la fuente de Quintana. Datos de N. Llopis Lladó en Speleon, tomo III, núm. 1-2, pág. 82, Oviedo, 1952.

CUEVA DEL REQUEIXU.—Situada en el concejo de Llanes, en las inmediaciones de Parres. Se trata de un fenómeno cárstico antiguo, probablemente siciliense o villafranquiense en relación con la plataforma de 50-100 m. de Llanes, habiendo sido esta cueva el sumidero de los arroyos que circulaban por dicha plataforma. El descendiente actual de este arroyo se encuentra a unos 40 m. por debajo del nivel superior de la caverna en el sumidero llamado Covarón. Datos de N. Llopis Lladó. Bibliografía: SPELEON. Tomo I,

número 1, pág. 68, 1950, N. Llopis Lladó, «La evolución hidrogeológica de la Cueva del Requeixu, SPELEON. Tomo I, números 3-4, 1950.

CUEVA DE RIBADESELLA.—Situada en las inmediaciones de Ribadesella sin que se tengan más datos sobre la misma. Citada por Schulz «Descripción Geológica de la provincia de Oviedo», página 71, Madrid, 1858.

CUEVA DE LA RIERA.—Situada en el concejo de Llanes en las cercanías de Posada. Explorada por el Conde de la Vega del Sella. Citada por el Conde de la Vega del Sella, «El Asturiense» J. A. I. Est. Cienc., pág. 10, Madrid, 1916. E. Hernández-Pacheco, «La caverna de la Peña de Candamo», Madrid, 1919.

CUEVA DEL RIO.—Situada en las inmediaciones de Las Regueras, en el prado de Las Cuevas, sin que se tengan de ella más datos.

CUEVA DEL RIO DE ARDIMES.—En el concejo de Ribadesella, citada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo», pág. 26, Madrid, 1919. Datos de J. M. Fernández.

POZO DE RUXECALDERAS.—Véase PIELGO, con cuyo nombre también se le conoce.

CUEVA DEL SABORNIN.—En el concejo de Lena. Entre Pajares y Puente de los Fierros. Está inexplorada, sin que existan más precisiones sobre ella. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE SAN ANTONIO.—En el concejo de Ribadesella, citada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo», pág. 26, Madrid, 1919. Datos de J. M. Fernández.

GRUTA DE SAN JUAN DE DUZ.—En las inmediaciones de Colunga, en el concejo de este nombre. Por una entrada estrecha se alcanza una cámara de $14 \times 6 \times 16$ metros. No existen más datos sobre la misma.

CUEVA DE SAN ROMAN DE CANDAMO.—Situada en el concejo de Pravia, en las inmediaciones de Candamo. Se abre en las calizas devónicas, a 60 m. de altura. Un corredor lleva a una pequeña sala, a la derecha existe otra sala con hundimientos en comunicación con la superficie por una antigua salida obstruída. A la izquierda unos pozos llevan a la otra cámara. El corredor principal lleva aún a una nueva sala. Cerca de esta gruta existe una sima. Tiene pinturas prehistóricas. Estudiada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo», Madrid, 1919.

SIMA DE SAN ROMAN.—Cerca de la anterior. Explorada por «Vetusta». Tiene unos 60 m. de profundidad.

CUEVA DE SANTA ANA.—Situada en el concejo de Salas. En las proximidades de la carretera. Se abre en la caliza devónica. No existen más precisiones. Datos de J. Ortíz.

CUEVA DE SEGUERAS.—Situada en el concejo de Cangas del Narcea, a unos 3 Km. al N. de Degaña. Parece ser que tiene considerable desarrollo. Citada por Schulz, «Mapa Geológico de Asturias», Conde de Toreno «Discursos de la R. Sociedad Ovetense», folio 27, Madrid, 1785, Canella y Bellmunt «Asturias». Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE SERANDI.—A unos 2 Km. al NE. de Proaza, próxima a la carretera que va a Oviedo. Sin más precisiones. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE SÍDRAN.—Situada en el concejo de Morcín. No existen más datos sobre la misma. Comunicada por J. M. Fernández.

CUEVA DE SOFOXO.—Situada en el concejo de Las Regueiras, en las inmediaciones de Balsera, en la margen derecha del río Nora. Ha sido citada por E. Hernández-Pacheco en «La caverna de la Peña de Candamo», Madrid, 1919. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE SONRASA.—Situada en el concejo de Llanes, en las proximidades de Andrín. No existen más datos sobre la misma.

CUEVA DE SOTARRAÑA.—Situada en el concejo de Amieva, en las proximidades de La Vega de Sebarga, en el lugar denominado Coriello. Se abre en la caliza de montaña. Parece ser que es de considerables dimensiones. Datos de M. Julivert.

POZO DE LOS TEIXIOS.—Situado en el concejo de Cabrales, en las proximidades de Bulnes. Tiene dos aberturas a 8 m. aproximadamente entre sí. No ha sido explorado. Datos de J. Noriega.

CUEVA DE TARANES.—Situada en el concejo de Ponga, en las inmediaciones de Taranés. Se abre en la caliza de montaña. Parece ser que es de considerables dimensiones. No existen más precisiones sobre ella. Datos de M. Julivert.

SIMA DEL TOICIAL.—Situada en el concejo de Peñamellera Baja, en Merodio, sin que existan más datos sobre ella. Comunicado por J. Cotera Fernández.

EL TOLLU.—Situada en el concejo de Ponga, en el lugar denominado El Tollu. Es una cueva residual, por ella pasa el camino

de Viego a Casielles, llamado camino del Tollu. Este camino aprovecha la cueva para pasar el escarpado de Peña Salón. Se abre en la caliza de montaña. Junto a ella, a menos de 100 m., se encuentra la cueva de La Tuba. Datos de M. Julivert.

CUEVA DEL TORNO.—Llamada también Cueva de D.^a Urraca. Situada en el concejo de Grado, en las proximidades de El Torno. Se abre en la caliza devónica, la cueva está formada por dos pisos, uno inferior, por el que discurre un curso de agua, y otro superior seco. El curso de agua resurge 10 m. por debajo de la entrada. En épocas de gran pluviosidad llega ésta a salir por la entrada de la cueva. Es decir que ésta tiene el carácter de trop-plein. Datos de A. Fernández Corugedo.

CUEVA DE LA TRENZA.—Situada en el concejo de Amieva, en las vertientes meridionales del Pico Forcao, cerca del Paso de los Lobos, a unos 700 m. de altitud. Es una caverna de unos 10 m. de profundidad, con una boca de 8 a 10 m. de altura. Su suelo está formado por abundantes depósitos arcillosos. Citada en «Speleón», tomo III, núm. 3, pág. 152, Oviedo, 1952.

CUEVA DE SAN ANDRES DE TRUBIA.—Situada en el concejo de Oviedo, en las inmediaciones de Trubia. No existen más datos sobre ella.

CUEVA DE LA TUBA.—Situada en el concejo de Ponga, en las proximidades de Viego, en el lugar denominado La Tuba. Se abre en la caliza de montaña, a menos de 100 m. del Tollu. No existen más precisiones sobre ella. Datos de M. Julivert.

CUEVA DE D.^a URRACA.—Vease CUEVA DEL TORNO con cuyo nombre también se la conoce.

CUEVA DE VALDEBEZON.—Situada en Bezana, sin que

existan sobre ella más precisiones. Citada en «Torrecederro», número 20, página 49. Datos de J. M. Fernández.

CUEVA DE VIESCA.—Situada en el concejo de Ribadesella. Citada por E. Hernández-Pacheco en la «Caverna de la Peña de Candamo» pág. 26. Madrid 1919.

CUEVA DE VILLA.—Situada en el concejo de Cangas de Onís, en Margolles. Explorada por el Conde de Vega del Sella. Citada por E. Hernández-Pacheco en «La Caverna de la Peña de Candamo» pág. 26. Madrid 1919.

CUEVA DE VILLAORILLE.—Situada en el concejo de Quirós, en las proximidades de Salcedo. Parece ser que abundan en ella las formaciones litoquímicas. Datos de F. Fidalgo Estrada.

CUEVA DEL VALLE GRANDE.—Situada en el desfiladero de Las Xanas, al pie del Aramo. Sigue una alineación general ENE-WSW. Por ella circula un arroyo hipogeo, afluente del arroyo de las Xanas. Existen en la cueva importantes fenómenos de relleno por aluvionamiento. Estos depósitos separan dos etapas en la actividad de la caverna. Existe una galería abierta en un período erosivo anterior al depósito de los aluviones, y otro sistema de galerías abiertas en una fase erosiva posterior. Algunas de estas últimas se abren en el interior de los aluviones. En esta segunda fase erosiva no se llegó a excavar por debajo del límite inferior de los aluviones; es decir del suelo de la primitiva cavidad. Estos aluviones tienen, pues, el carácter de terraza encajada. La circulación tiene lugar de ENE a WSW, es decir siguiendo la dirección de las capas. Datos de M. Julivert.

CUEVA DE LA XANA.—Situada en el concejo de Grado, en el lugar denominado El Calero, en las proximidades de La Mata. Se abre en la caliza devónica, su recorrido total es de 200 m.

Es un talweg activo en la actualidad. En algunos puntos la altura del techo de la caverna, unido a la morfología, indican la existencia de un talweg abandonado a mayor altura. La cueva sume las aguas de un pequeño valle ciego. Existe una confluencia subterránea entre el arroyo citado y otro, de menor caudal, procedente de otro valle ciego. El talweg está muy meandrificado. Datos de M. Julivert.

CUEVA DE LA XANA.—Situada en el concejo de Grado, en las proximidades de Naviellas. No existen más datos sobre ella. Comunicado por A. Fdez.-Corugedo.

CUEVA DE LA ZORRA.—Situada en el concejo de Las Regueras, en el Monte Grandiella, en las proximidades de La Olla; No existen más datos sobre ella. Comunicado por A. Fdez.-Corugedo.

GRUTA (innominada).—A 30 Km. de Cangas del Narcea, en el Puerto de Leitariegos. Comunicado por F. J. Rodríguez del Llano.

GRUTA (innominada).—Situada en el concejo de Candamo, en Grullos, cerca de la carretera de Grado a Avilés. No existen más datos sobre ella.

GRUTA (innominada).—Situada en el concejo de Grado, en La Cuesta, en las inmediaciones de los Barreiros. No existen sobre ella más precisiones. Datos de A. Fdez.-Corugedo.

POZO (innominado).—En el concejo de Riosa, en las vertientes del Picu El Visu, a unos 1200 m. de altitud, algo por encima de la antigua calzada que asciende a los altos del Visu desde la carretera de Rios a Quirós. Se abre en la caliza de montaña, sin otras precisiones. Datos de N. Llopis y M. Julivert, 1955.

RÉSUMÉ

Liste provisoire des cavernes des Asturies dont le catalogue est en cours de formation par l'Institut de Géologie de l'Université d'Oviedo. Pour le moment on a recolté 190 phénomènes karstiques entre cavernes, avens et sources karstiques. Les zones karstiques asturiennes, très étendues augurent une liste beaucoup plus copieuse dans un avenir très prochain.

SUMMARY

Provisional list of caves in Asturias, forming part of the catalogue now being prepared by the Geological Institute of Oviedo University. So far, 190 karstic phenomena have been found in caves, swallow-holes, and karstic springs. The Asturian karstic zones are extensive, and a much longer list should be available shortly.

Visita a la cueva de Llanera

POR

J. M. RIOS

INTRODUCCION

En conversación aún reciente con mi querido colega Sr. Llopis Lladó salió a relucir el tema de las cavernas y le hablé de una exploración por mi realizada, en 1943, a la cueva de San Cucao de Llanera cerca de Oviedo. Como parece ser que dicha cueva ha desaparecido, como consecuencia de la explotación de una cantera, convenimos en que sería interesante la publicación de mis viejos datos, ya que, buenos o malos, son actualmente irremplazables.

ANTECEDENTES

El Sr. Hevia, Ingeniero delegado del Instituto Geológico en Asturias, informó en los primeros días del mes de marzo del año 1943, que había sido descubierta una cueva sita en término de Llanera, en la que se hallaron interesantes restos de vertebrados.

El autor de estas líneas, fué designado por la Dirección del Instituto Geológico, con objeto de efectuar un reconocimiento de la

cueva e informar sobre la importancia y estado actual del presunto yacimiento.

Acompañado por el Sr. Hevia, y por el Profesor de Historia de la Universidad, Sr. Uría, efectuó su primera entrada en la cueva, recogiendo algún resto fósil. Debido a la angostura de diversos pasajes de la cueva, acentuada por la acumulación de derrubios, la entrada y avance dentro de ella resultaba muy penosa, por lo que se buscaron dos peones, que durante el día siguiente se dedicaron a franquear y arreglar los pasos más angostos, encontrando nuevos restos al efectuar estas operaciones.

Regresé de nuevo a la cueva, esta vez solo. La recorrí por entero, acompañado por los peones, en sus partes accesibles, levantando un croquis con ayuda de una brújula de geólogo. Croquicé igualmente los alrededores efectuando diversas medidas en las calizas que forman la cueva.

SITUACION GEOGRAFICA

Está la cueva situada en la ladera Sur de un suave cerro, (fig. 1) enclavado en la finca de la Muria, paraje de Agüera, parroquia de San Cucao, del término municipal de Llanera. Se llega a ella, desde Oviedo, saliendo por la carretera de Gijón, tomando luego el ramal de Lugones a Posada, y en esta última localidad el de Rondiella y Llanera. La carretera de San Cucao de Llanera a Brañes, pasa por las inmediaciones de la cantera en que está el acceso de la cueva. La distancia a Oviedo en Kms. es de 18. Se puede llegar en coche hasta la misma cueva.

En este cerro y en los inmediatos, se abren gran cantidad de pequeñas canteras de piedra caliza, que luego se transforman en cal en varios hornos situados en la cercanía.

HISTORIA DEL DESCUBRIMIENTO

La explotación de canteras en estos cerros es cosa muy antigua, y ésta que nos ocupa, parece que se empezó a explotar hace

muchos años, pero a juzgar por sus reducidas dimensiones, la mayor parte del tiempo ha estado abandonada. Su explotación se efectúa por los medios habituales.

En septiembre de 1942 (hacia el 20), y al limpiar los escombros consecuencia de un barreno, se apreció la aparición, en el piso de la cantera, de una cavidad que se prolongaba hacia el interior.

Jaime Orato García, mozo que reside en una casa próxima, fué el primero, que empujado por la curiosidad, entró en la cueva, encontrando unos restos fósiles; éstos consistían en piezas del cráneo de un vertebrado de grandes dimensiones, entre ellas un enorme molar, y fragmentos de una defensa, como piezas mejor caracterizadas.

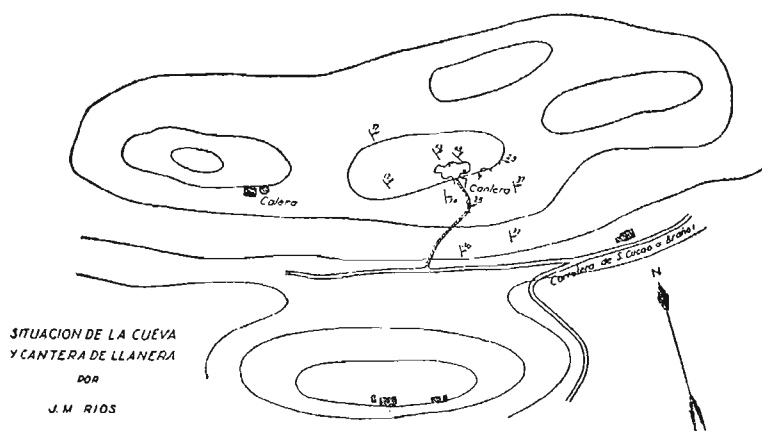


Figura 1

Encargó que avisasen a D. Juan Uría, profesor de Historia de la Universidad de Oviedo, de quien sabía que se interesaba por esta clase de descubrimientos. Este señor, se personó allí el mismo día, acompañado de otro Profesor, pero no pasaron del primer tramo de la cueva por no llevar ropa adecuada para esta clase de exploraciones.

Regresaron luego varias veces, y sin duda recorrieron la cueva

en busca de nuevos restos, y sobre todo, infructuosamente, de industria humana.

Enterado el Sr. Hevia del descubrimiento, se personó allí el día 13 de octubre, acompañando al Ingeniero Sr. Arango, Jefe de Distrito Minero. Recorrieron toda la cueva sin encontrar restos de interés, y aún los que encontraron en pequeña cantidad.

Parece ser que desde la fecha de su descubrimiento hasta ahora han entrado además infinidad de curiosos, gente paisana de los alrededores, que están muy poblados. Esta gente ha removido los escombros del interior, y añadido a esto la gran cantidad de escombros que han entrado por la boca, procedentes de la cantera, el acceso a las diferentes galerías ha llegado a ser verdaderamente penoso.

DESCRIPCION DE LA CANTERA Y FORMACION GEOLOGICA

El cerro en que están las cuevas, forma parte de una masa o corrida de calizas que por los fósiles hallados en ellas parecen ser devonianas. Este cerro, de poco relieve y superficie desigual, está constituido por unas capas bien estratificadas de calizas grises. Estas calizas se meteorizan dando lugar a afloramientos extraordinariamente careados y cavernosos, que son discontinuos entre tierras de labor y prados de formas muy irregulares, limitados por idénticas masas de calizas muy careadas. Forman éstas con frecuencia una verdadera y fina esponja, por la que las aguas superficiales penetran en el interior. Las aberturas son a veces de tamaño más considerable, aunque no practicables. Muchas de ellas están sin duda taponadas por los arrastres de la superficie.

Es en esos afloramientos calizos donde se han abierto abundantes canteras, muchas de ellas abandonadas actualmente, y que por sus pequeñas dimensiones apenas merecen aquel nombre, siendo más bien unas rozas o grandes calicatas.

En el croquis de la cantera (fig. 2) que nos ocupa, está reali-

zado aproximadamente a escala y lleva acotadas al margen las profundidades de excavación que no pasa de los 3,00 m. en desmonte.

En las calizas hemos visto artejos de tallos de crinoides (Poteriocrínidos?), algún resto de bivalvo y diminutos y perfectos cristales de cuarzo bipiramidado de intenso color negro.

Su estratificación como puede apreciarse en las canteras, y ocasionalmente en los afloramientos, es bastante regular y uniforme. Hay alguna fallita.

LA CUEVA PROPIAMENTE DICHA

En la roza de que venimos hablando, y en otra próxima y más pequeña (fig. 2) se observan tres bocas o aberturas que dan paso al interior.

Las aberturas X e Y son artificiales, y han aparecido entre la roca firme al profundizar la cantera. La abertura X constituyó la única entrada conocida a la cueva. La abertura Y, dá paso a una estrecha grieta o cavidad que desciende casi verticalmente, pero que no se ha podido explorar porque el acceso por Y es imposible, mientras no se ensanche su boca.

La abertura Z es probablemente natural, o es al menos una entrada natural agrandada. El acceso está obstruido por escombros, y se ve una estrecha, y quizás impracticable anfractuosidad que desciende rápidamente. La pared es muy estalactítica y tobácea, y constituye una verdadera esponja

Así pues, las bocas Y y Z, son por ahora impracticables y no han sido exploradas. No se tiene ninguna prueba de que comuniquen interiormente con la cueva pero cabe dentro de lo posible.

La única entrada practicable es la X. Como decimos es artificial, y sus paredes están constituídas por roca viva de estratificación ininterrumpida. No obstante, es posible que existiera alguna grieta o comunicación, puesto que la pared de la cantera, por en-

cima de la boca está revestida parcialmente de una costra caliza secundaria.

En la figura 2 se representa la planta de la cueva; en la figura 3 el alzado, rebatiendo las secciones de todas las galerías en un mismo plano, para mayor sencillez de la representación. La medida

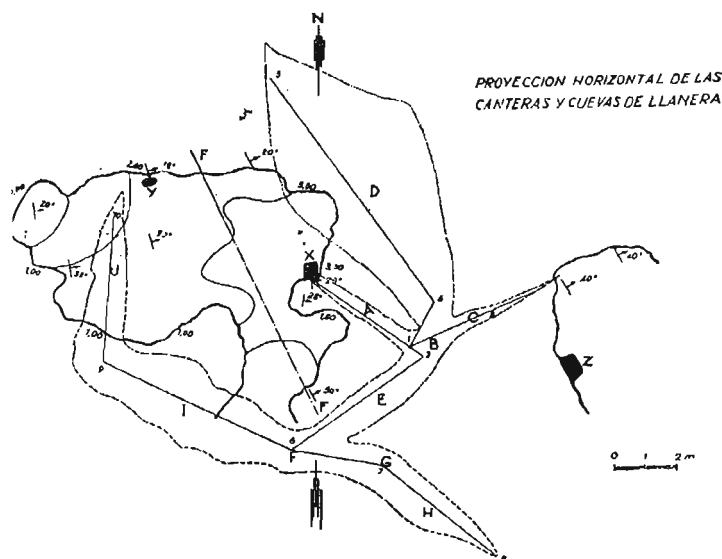


Figura 2

se verificó tomando como eje la mayor dimensión de cada galería y midiendo con la brújula su dirección. La medida de longitudes y desniveles, con metro y a estima. Hay que advertir que no se trata de salas, con pisos más o menos horizontales, ni tampoco de galerías verticales y estrechas, sino de cavidades muy irregulares, con techo y muro inclinados, rellenas casi de escombros y que se pierden hacia arriba y hacia abajo, bien por rellenarse de escombros, bien por juntarse los hastiales hasta hacerse impracticables.

La entrada X, es una abertura irregular y estrecha de 0,50 de



Aspecto general de la cantera y cueva de Llanera



Boca de entrada de la cueva de Llanera

[Fotos Ríos]

ancho como promedio, que dá paso a una grieta o chimenea de techo y muro irregulares y muy inclinados, y cubiertos de pequeñas concreciones estalactíticas. El piso es un relleno de arcillas rojas muy esmécticas? revueltas con gran cantidad de escombros, muchos de ellos procedentes de la cantera (dirección del eje N55W). De la chimenea A se pasa a un anchurón B, o cruce de galerías. El techo del anchurón es una grieta que se pierde hacia arriba, estrechándose a la izquierda y hacia arriba se extiende una chimenea muy irregular y estrecha (en las notas aparece como dirección de su eje la S 65 E, pero seguramente está equivocada y es la S 65 W), y cuya terminación no se ve por estrecharse extraordinariamente. Su techo es estalactítico, y su piso, en parte, de relleno arcilloso.

El anchurón B comunica también con una gran cavidad irregular D, de muy difícil representación. La sección normal a su eje (figura 3) nos muestra que uno de sus techos está constituido por un liso de las capas. El otro techo buza 50° al Oeste. La arista o eje del techo buza a su vez más suavemente hacia el NW. No se ve la terminación de la cavidad en ninguna de estas direcciones, pues está casi completamente rellena de escombros, formado de voluminosos fragmentos agulosos, que en parte provienen de la cantera, y en parte de hundimientos del techo, alguno al parecer reciente, originado quizás por los barrenos de la cantera.

Además hay arcillas mezcladas con los escombros.

El anchurón B da también paso a una galería descendente, E, cuyo piso está constituido por escombros y relleno. El techo es irregular, estalactítico, y muy bajo. (Dirección de su eje N 55 E).

Termina en un anchurón F, muy irregular y estalactítico, en que se bifurca en dos galerías.

La de la izquierda, se divide en dos tramos, G (N 80 W), con piso estalagmítico pero también con escombros, y H (N 50 W), que es una cavidad irregular que se prolonga en grandes grietas que no permiten el paso, estrechando hasta perderse de vista. El techo es estalactítico y presenta además unas placas horizontales

de concreciones calizas que forman a modo de falsos techos. El piso es estalagnítico, pero está en su mayor parte cubierto de grandes fragmentos angulosos.

La de la derecha se divide en dos tramos el primero L, que en realidad no es una galería, sino una sala aplastada, ligeramente descendente y, que se prolonga normalmente a su eje por unas cavidades impracticables que se pierden de vista, o en el relleno, es decir parecido al caso de la cavidad D sólo que de sección mucho más rebajada. El tramo J no es en realidad más que la prolonga-

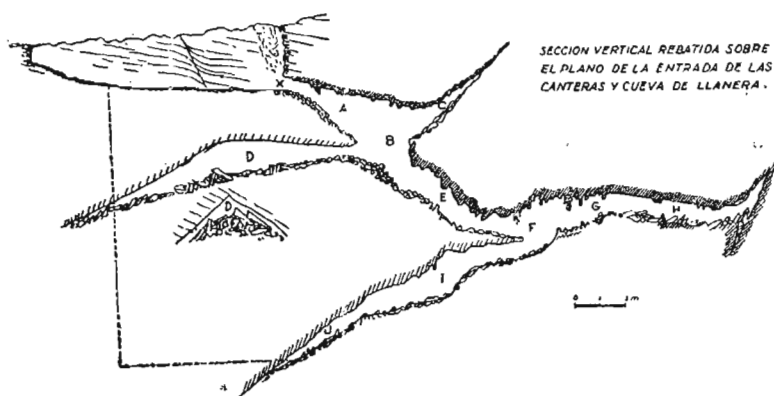


Figura 3

ción del anterior en profundidad hasta hacerse impracticable y perderse de vista o bajo el relleno.

El piso está cubierto de arcillas y fragmentos. El techo es estalagnítico y concrecionado. También presenta placas calizas de concreciones horizontales.

Así pues, no se aprecia la existencia de ninguna otra comunicación practicable con el exterior, que la entrada artificial X. En ningún punto del interior se aprecia resplendor o corriente de aire que permita suponer que exista otra comunicación franca, pero son muchas las grietas y cavidades impracticables que se pierden

de vista, subiendo, y que pudieran traer una comunicación laberíntica con el exterior, o actualmente taponada.

LOS RESTOS QUE SE HAN ENCONTRADO (1)

Parecen pertenecer a vertebrados de tipos y tamaños muy distintos. Es evidente que alguno de los animales a que pertenecieron era de un tamaño considerable.

Aparecen estos restos desordenados, y esparcidos entre los fragmentos y arcillas que rellenan las cuevas. Bien es verdad que al parecer éstos se han removido mucho como consecuencia de la cantidad de gente que ha visitado estas cuevas. No se aprecia orden ninguno en su distribución, ni traza de sedimentación ordenada. El molar apareció entre los escombros de D. El mayor fragmento de defensa en D. Hasta en los escombros del fondo de H y de J se encuentran huesos o fragmentos.

Los huesos aparecen envueltos y engastados sobre todo en las arcillas plásticas, con gran humedad de cantera, por lo que deben ser manipulados con gran cuidado hasta que la pierden y puedan ser preparados.

ORIGEN DE LA CUEVA, Y OBSERVACIONES ACERCA DE SUS CONDICIONES

Extraña sobre todo no encontrar una entrada franca a esta cueva, al parecer incomunicada totalmente con el exterior.

Al principio se pensó que se trataba de una falla incompletamente rellena con sedimentos venidos de la superficie. Una vez levantado, sin embargo, el croquis de la cueva, se ve que una forma tan irregular no es probable que obedezca a otro origen que la

(1) Se refiere a los restos encontrados por el autor. Fueron depositados en el Instituto Geológico pero no han sido objeto de clasificación. Los que se encontraron anteriormente, o parte de ellos, algunos magníficos, estaban en las colecciones de la Universidad de Oviedo.

acción de desgaste de las aguas, acompañada de hundimientos parciales. Las formaciones estalactíticas no son en general considerables y a veces faltan completamente. Algunos huesos se observan concrecionados interiormente de caliza, y otros están engastados, en las tobas estalagmíticas. Lo más frecuente es sin embargo encontrarlos engastados en las arcillas o sueltos.

Todo permite suponer que la cueva tenía alguna entrada, bien en caverna, actualmente erosionada, y cuyos restos orgánicos e inorgánicos han pasado al interior arrastrados por las aguas, o bien la cueva comunicaba al exterior por alguna grieta hoy cerrada o taponada, que semi-oculta por el follaje, actuaba de trampa natural, cayendo en ella diversos animales, que al serles imposible salir y alimentarse, morían, y cuyos restos una vez, descompuestos los tejidos, pasaban al interior arrastrados por las aguas. El revestimiento de arcillas los protegió posteriormente preservándoles de los golpes y de la acción destructiva.

No podemos explicar de otra manera más lógica su presencia en estas infructuosidades impracticables, ni la carencia absoluta de todo resto de la industria humana.

PROPUESTAS, Y EN SU CASO PLAN DE TRABAJO

Realmente resulta difícil aconsejar en uno u otro sentido.

Es indudable que los restos encontrados ofrecen un considerable interés paleontológico. Por otra parte parece ya seguro que la cueva no ofrece ningún interés arqueológico.

Si se decide pues continuar las exploraciones, no parece que puede esperarse sensatamente otra cosa que completar la colección de restos paleontológicos de los que sin duda quedan todavía muchos en la cueva.

En este caso la faena se reduce a extraer al exterior los rellenos no consolidados examinándolos luego cuidadosamente y separando los huesos que se encuentren.

Al mismo tiempo se limpiaría la cueva. Nuevas partes serían

practicables y quizás aunque es poco probable, se diera con la comunicación al exterior. Encontrarla por reconocimientos en superficie parece igualmente difícil. Las pruebas que a pesar de ser zona muy poblada y trabajada tanto en canteras, como en labores agrícolas, nunca se ha sospechado la existencia de la caverna.

Madrid, 24 de marzo de 1943.

RÉSUMÉ

Notes anciennes de la première exploration de la Grotte de Llanera découverte dans une carrière en exploitation. Au point de vue topographique et géologique elle est peu importante, mais à l'intérieur on a découvert une faune quaternaire d'intérêt.

SUMMARY

Notes made during an earlier, first exploration of the Llanera Cave, discovered in the course of working a quarry. From the topographical and geological point of view, the cave is not important, but interesting quaternary fauna were discovered in it.

Estudio Hidrogeológico de las cuevas de Fresnedo (Teverga, Asturias)

POR

M. JULIVERT

INTRODUCCION

Las cuevas de Fresnedo, situadas en las proximidades de dicho pueblo y cerca de la carretera a Puerto Ventana, son conocidas desde antiguo. Se encuentran ya citadas en los primeros catálogos de cuevas españolas (Puig y Larraz, 1896). Su gran desarrollo hace que sean asimismo frecuentemente visitadas. A pesar de ello, existe tan solo, sobre ellas, una cita de Gómez de Llarena (1953), que describe la presencia de lenar inverso a la entrada de la cueva.

El no haber podido hallar información sobre los nombres populares de las diversas partes de la cueva, ha obligado a una numeración de las mismas a fin de facilitar el trabajo descriptivo.

Finalmente, pláceme dar las gracias a la Excm. Diputación de Oviedo por haber facilitado los medios, así como a todos aquellos que me acompañaron en las exploraciones especialmente a J. G. Prado, J. I. Arbide y C. Alvarez de Eulate, así como a A.

Ballester y F. Arcaute por haber proporcionado el material necesario para su realización.

I. GEOLOGIA

Las cuevas de Fresnedo se abren en la caliza de la montaña, cerca del contacto con las capas pizarrosas superiores. La caliza de montaña forma la aliniación montañosa de La Sobia, en una franja NNW-SSE, que constituye en líneas generales el flanco W. de un anticlinal en cuyo núcleo aflora el devónico (García Fuentes 1952).

El río Sampedro discurre por la zona caliza, entre Páramo y Fresnedo, es decir por una zona permeable, comprendida entre el devónico, en gran parte pizarroso, y la serie pizarrosa carbonífera con débiles intercalaciones calizas.

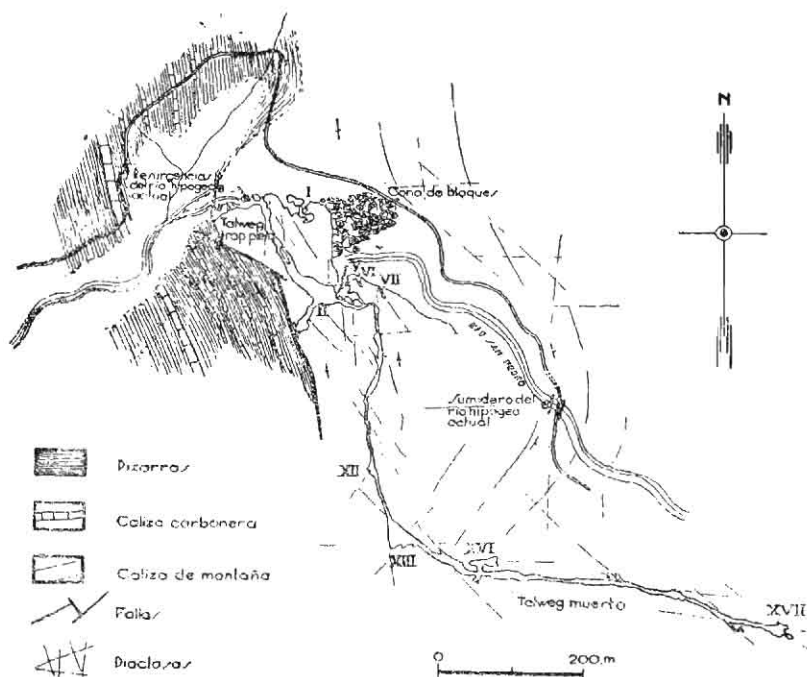
Una vez situadas las cuevas en el cuadro geológico regional, interesa conocer la tectónica de detalle de la zona en que se encuentran. Para ello, hay que considerar: De una parte la estructura de las calizas, y de otra su contacto con las pizarras superiores.

Las capas de caliza siguen una dirección general NNW-SSE hasta describir un arco en las proximidades del túnel de la carretera, tomando dirección NNE-SSW. Los buzamientos son muy acentuados llegando en muchos casos a la vertical.

Los sistemas de diaclasas principales son el N-S y el E-W, el primero con inclinaciones que oscilan entre los 50° y la vertical. Sus orientaciones tienen desviación de hasta 20° al W. Además existe un sistema en aspa NE-SW y NW-SE así como uno de orientación N30°E-S30°W con inclinación de 12° al E30°S.

Estos sistemas de diaclasas han jugado diferente papel en las diversas partes de la cueva. En la formación de talweg muerto tuvieron gran importancia las diaclasas N-S y E-W, así como los planos de estratificación. El talweg trop-plein es resultante de la composición de estos elementos con los sistemas NE-SW y NW-SE, con predominio de estos últimos.

El contacto entre las calizas y pizarras está frecuentemente mecanizado. Así ocurre en la zona de resurgencia del actual talweg hipogeo, más al N. el contacto es normal. Hacia el S., por el



(Fig. 1)

contrario, el contacto está determinado por dos fracturas de orientación $W40^{\circ}N-E40^{\circ}S$ y $NNW-SSE$ respectivamente.

II. GEOESPELEOLOGIA

A.—GENERALIDADES

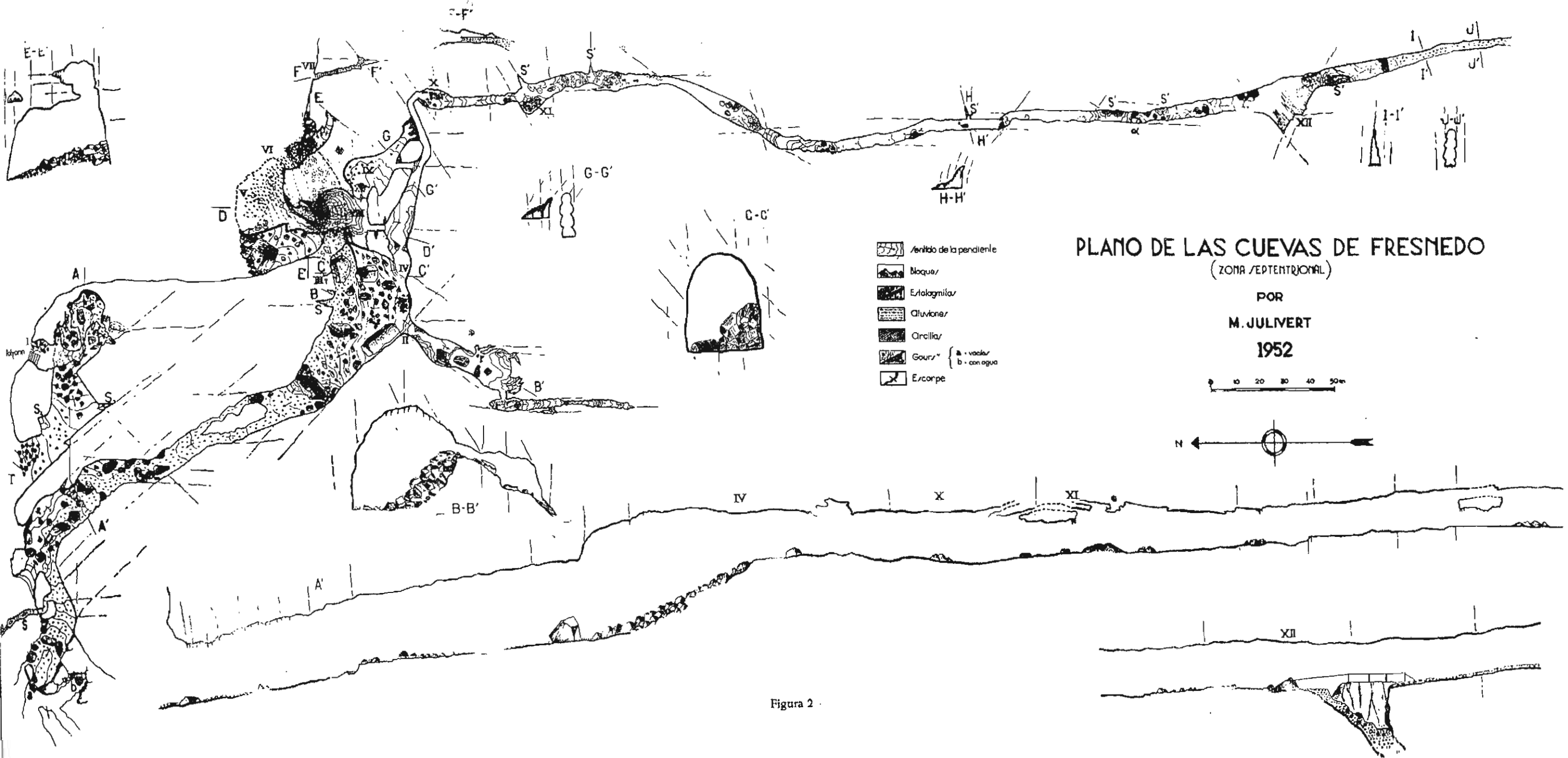
Las cuevas de Fresnedo son un conjunto de cavidades relacionadas todas ellas entre sí y con el curso del río Sampedro. Este

queda interrumpido por un gran cono de bloques que el río salva mediante un curso subterráneo excavado en la caliza de montaña. Este curso queda seco gran parte del año ya que el río se sume aguas arriba, alrededor de 250 m. antes de la cueva, y reaparece unos 20 m. después de la resurgencia de la misma. El Talweg hipogeo citado esta relegado a la función de trop-plein. Además de estos elementos existe todavía una larga galería situada 25 m. por encima del talweg trop-plein, galería que tiene el carácter de talweg muerto. Esta galería está en relación con el exterior por una serie de conductos, algunos de ellos fosilizados.

Así pues, en el conjunto de cavidades que forman las cuevas de Fresnedo, pueden distinguirse tres unidades: El curso hipogeo actual, el talweg trop-plein, y el talweg superior muerto.

B.—EL CURSO ACTUAL

Todo hace suponer que la circulación tiene lugar a presión. El curso es totalmente impracticable. Su exploración es imposible tanto a partir de la zona de absorción como de la zona de resurgencia, tan solo a través de algunas simas abiertas en el talweg muerto pueden obtenerse algunos datos del mismo. El río epigeo se sume por una serie de pequeñas grietas sin que pueda hablarse de un sumidero propiamente dicho, sino de una zona de absorción. En ella existen algunos puntos en los que el agua se sume en mayor cantidad, pero ninguno llega a formar un sumidero de proporciones regulares. La resurgencia no es tampoco única, si bien queda más localizada. La zona de resurgencia se encuentra en la zona de contacto entre la caliza de montaña y las pizarras y alcanza su máxima importancia unos 20 m. aguas abajo de la resurgencia del talweg trop-plein. El agua asciende verticalmente por el contacto que se encuentra mecanizado.



C.—EL TALWEG TROP-PLEIN

Tiene una longitud de 250 m. y es perfectamente asequible en todo su recorrido. En él hay que distinguir dos partes. Unas salas iniciales, en número de dos, que forman algo menos de la primera mitad del curso, y un corredor que constituye el resto.

Las dos salas iniciales se caracterizan por el gran caos de bloques que forma el suelo de las mismas. De ellos, los que se encuentran en las partes más bajas están erosionados por el paso actual de las aguas. Otra característica es la gran altura de las bóvedas, altura que llega a rebasar en algunos puntos los 40 m. Esta no es, sin embargo, constante. Ambas salas se encuentran separadas por un dintel en forma de arco con formaciones estalactíticas, en este punto la altura del techo es solamente de 25 m. En la parte en que el curso toma forma de corredor la altura es también menor. Según esto, hay que distinguir dos alturas distintas del techo. Una máxima de 40 m. y una mínima de 25 m. La bóveda de 40 m. es la continuación de la bóveda del talweg superior. Así pues, el gran desarrollo vertical que alcanzan estas salas es debido a que están formadas por la unión de las dos galerías correspondientes al talweg trop-plein y al talweg superior muerto.

La bóveda de 25 m. es la que corresponde al verdadero techo de la caverna trop-plein. En la primera sala esto se hace evidente debido a que la unión ha tenido lugar tan sólo en su parte W (E-E', figura 2). Los bloques corresponden en parte al hundimiento que dió lugar a la unión de las dos cuevas y en parte a hundimientos de la bóveda superior. La presencia del talweg superior se observa en algunas de las formaciones de la parte alta de la segunda sala, como son el grupo de estalactitas que se encuentran junto a la pared S y las galerías que se abren cerca del techo.

El resto de la cueva está formado por un corredor, en ocasiones bastante ancho, de dirección general SE-NW, que en el trecho final toma una orientación NE-SW.

Esta cueva está determinada principalmente por los sistemas

de diaclasas NW-SE y SE-NW, predominando el primero, aunque se encuentran también diaclasas orientadas ENE-WSW. Los planos de estratificación, de dirección N-S, tienen escasa importancia y han dado lugar, tan solo, a la forma quebrada que tiene el corredor.

Hay que citar, finalmente, la presencia de algunos pequeños sumideros (S, fig. 2) que deben llevar las aguas que absorben al talweg hipogeo actual.

Mas aguas arriba de la resurgencia del trop-plein se encuentra otra cueva, de menor importancia, y sin comunicacion con ninguna de las otras cavidades. Su orientación general es NW-SE, si bien no es muy definida. En su interior se encuentra un gran cono de bloques, cada vez de mayor tamaño, hasta llegar a obstruir el paso (fig. 5). Este hundimiento, probablemente reciente, ha enmascarado las formas de erosión que debieron existir pero la presencia de cantos rodados, así como algunas señales de erosión, ponen de manifiesto el paso de una corriente de agua. Esta cueva está en estrecha relación con el talweg trop-plein, como acredita su estructura, muy distinta a la del talweg muerto. Sobre este punto se insistirá al tratar de la evolución de estas cuevas.

Es de señalar también la presencia de pequeños sumideros (S₁ fig. 2) que debieron llevar el agua al curso hipogeo actual.

D.—EL TALWEG MUERTO

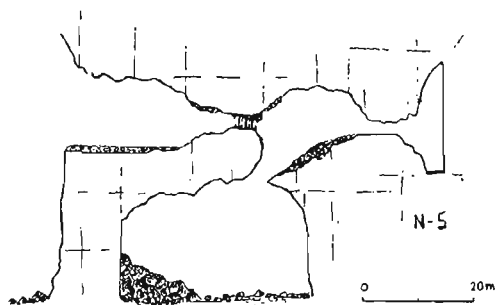
a) Descripción topográfica

El talweg muerto está formado por dos elementos. De una parte, una larga galería de 1.100 m. de longitud y un conjunto de cavidades abiertas al exterior que no siempre están en comunicación con él. De otra parte, existen un conjunto de sumideros, que llevaban el agua circulante a cavidades inferiores.

1. *El talweg*.—La galería después de un corto recorrido orientado en líneas generales de E. a W. sufre una inflexión y toma dirección N-S. Dirección que se mantiene, hasta una sala triangu-

lar (XIII, fig. 3) con abundantes depósitos clásticos. Esta sala marca un nuevo cambio de orientación en la cueva, que a partir de ella toma la dirección ENE-WSW e incluso E-W. A lo largo de esta galería se encuentran algunos lugares ensanchados constituyendo salas por lo general pequeñas (X-XVII, fig. 2 y 3). La bóveda se encuentra a una altura de unos 25 m. Tan solo en la parte final la galería desciende algo. Son frecuentes las formas de conjugación de marmitas, especialmente a lo largo del recorrido N-S. Esta gran altura de bóveda muestra una evolución del talweg muerto, que fué profundizando en su cauce hasta dar lugar a una galería de las características actuales, es decir, de gran altura de bóveda, originada por un sucesivo descenso del talweg. En varias partes del curso (XI fig. 2, XIII-XVII, fig. 3) se observa un descenso de la bóveda. Este es debido, a que en algunos puntos no se ha efectuado la fusión de las diversas galerías originadas por el descenso del talweg. Esto puede observarse al principio de la galería N-S (XI fig. 2) donde existen tres galerías superpuestas. En la segunda mitad de la cavidad, donde la galería toma orientación E-W la menor altura de bóveda es debida a la misma causa. El talweg muerto comunica con el trop-plein en la segunda sala, 25 m. por encima de su cauce. Su curso queda así interrumpido por dicha sala, en ella, y también a la misma altura, se abren tres cavidades más: la II, la III y la que comunica con la sala VII (fig. 2). La primera tiene carácter

descendente, llegando en su extremo a un nivel inferior al suelo del trop-plein. Por su altura y características morfológicas debe relacionarse con el talweg muerto. Lo más lógico es considerarlo como un sumidero



F.g. 4.—Entada de las cuevas de Fresnedo
(Sección D-D' en la fig. 2)

del mismo, por lo que se estudiará junto con ellos. La cavidad III, es inaccesible. La II comunica a través de la sala VII con una pequeña cueva que da al exterior. Todo lo dicho, se refiere a la galería principal del talweg muerto, pero además existen una serie de cuevas ligadas a él, aunque a veces a causa de la fosilización no están en relación directa. Estas son las cuevas I, V, VI y VII (fig. 2), situadas a la misma altura y con las mismas características morfológicas que el talweg muerto. De ellas, la I, IV y VII son de corto recorrido; debido a la fosilización. La cavidad I consta de dos salas comunicadas por un estrecho corredor. En ella los procesos reconstructivos tienen gran importancia y son la principal causa de la fosilización. Las cuevas VI y VII son también cortas y se hallan fosilizadas por aluviones que proceden del exterior. La cavidad V, tiene mayor extensión; después de un corto recorrido se llega a una sala circular (VIII, fig. 2) en la que se encuentra el sumidero que comunica con el talweg trop-plein; esta sala comunica a su vez con la galería principal del talweg muerto, directamente y a través de la sala IX.

2. *Los sumideros.*—Como queda dicho en el talweg muerto se abren un conjunto de sumideros, de ellos sólo dos son practicable (a, b figs. 2 y 3). La galería II tiene la misma significación, su posición actual es debida a los hundimientos que han dado lugar a la fusión en aquél

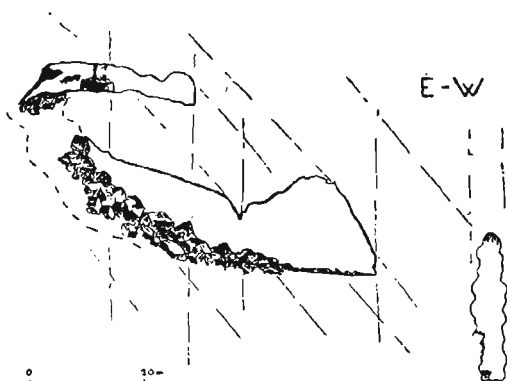


Fig. 5.—Cuevas de Fresnedo (Sección A—A de la Figura 2)

punto de los dos talweg: el muerto y el trop-plein. Ninguno de estos sumideros es activo en la actualidad si bien existe en alguno

de ellos una limitada circulación, que procede exclusivamente del agua de infiltración, única circulante por el talweg muerto.

a) La galería II. — Tiene marcado carácter descendente, si bien lejos de la verticalidad. Consta de dos partes: una parte inicial, espaciosa, orientada NNE-SSW., y una galería final estrecha, también descendente aunque en menor grado, orientada de N. a S. La parte inicial tiene una longitud de 50 m. y una profundidad de 30 m. Hasta este punto la galería es única, con unas dimensiones considerables (B-B' fig. 2). En su parte final existe una sala circular con el suelo relleno principalmente de arcilla. A partir de esta sala, se encuentra una morfología juvenil, de conductos frecuentemente fusionados, fuertemente descendentes hacia el SSE. y pronto impracticables debido al relleno arcilloso. Desde esta sala, a través de una estrecha galería de orientación E-W., se alcanza la segunda unidad del sumidero. Esta es una galería estrecha, alargada de N a S., con el suelo 8 m. por debajo del punto de unión entre ambas unidades. Esta galería, desciende más suavemente, su longitud es de 50 m. alcanzándose al final de la misma la cota -40 m., respecto el punto inicial del sumidero. Si se comparan las cotas alcanzadas por este sumidero con las del talweg trop-plein y el actual se hecha de ver una coincidencia entre la profundidad de la parte inicial y la del trop-plein. Por otra parte otro hecho llama la atención, este hecho es la existencia de una segunda parte en el sumidero por la que se alcanzan cotas inferiores al trop-plein. El curso actual, sin embargo, no es accesible a través de este sumidero.

b) La sima. α —A diferencia del sumidero descrito, tiene un desarrollo vertical (fig. 6); de todos los sumideros del talweg muerto es el que tiene una verticalidad mayor, si bien son frecuentes en él los rellenos y galerías laterales, todas ellas de escaso recorrido. Esta sima consta de tres partes. Un pozo inicial de 10 m., completamente vertical, abierto según una diaclasa N-S. Este pozo tiene una sección ovalada y termina en un pequeño rellano, de donde se inicia la segunda parte de la sima. Esta se orienta según

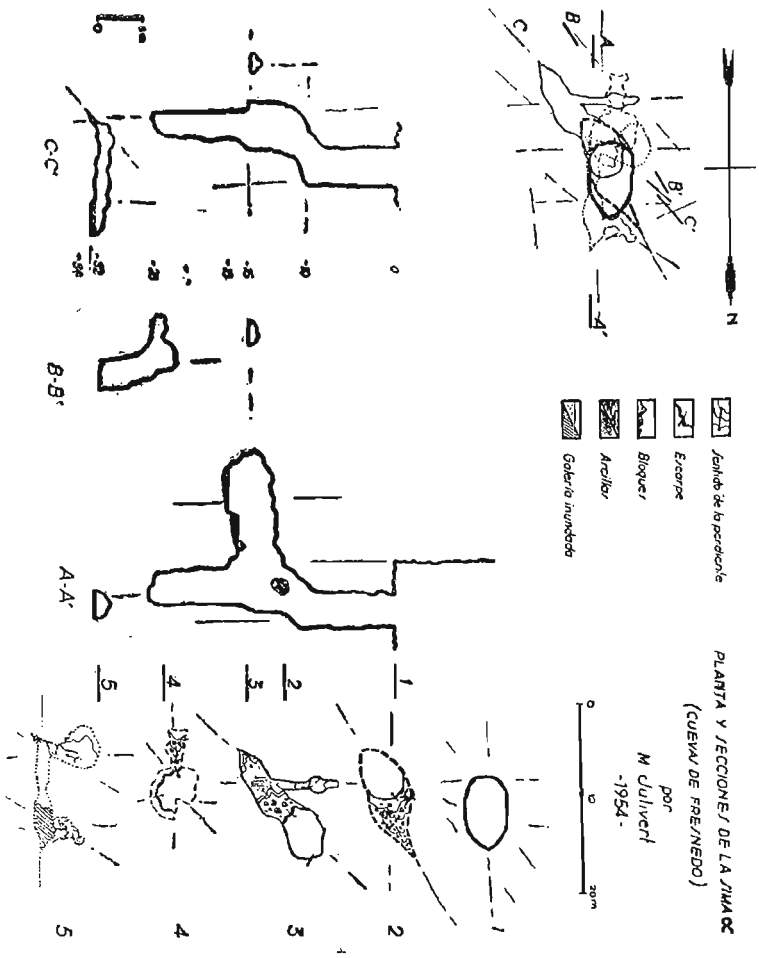


Fig. 6

una diaclasa NW-SE., es decir girada 45° respecto a la anterior, y consta de un segundo pozo de 16 m. del cual parte una galería lateral de 10 m. de longitud y orientada de NE a SW. Al final de este segundo pozo, se alcanza un pequeño rellano. En éste se inicia la tercera parte de la sima, formada por un pozo de 9 m. abierto según una diaclasa SW-NE. Al final de este último pozo, se alcanza una corta galería, de 12 m. orientada de S a N. El rasgo más destacado de este sumidero, es su característica helicoidal. A medida que se desciende por el mismo, se observa un giro de derecha a izquierda en su orientación.

c) La sima ℓ .—Es la de trazado más complejo, de menor verticalidad que la sima α (fig. 7) presenta mayor complicación topográfica. Consta de un primer salto de 15 m., de considerables dimensiones (I, fig. 7) y sin alcanzar la verticalidad. Esta parte es en todo comparable a la parte inicial del sumidero II. A su final existe un relleno, de donde parte un pozo de 15 m. de profundidad y completamente vertical. Este pozo se orienta según una diaclasa NW-SE (II, fig. 7). En esta sima se abren, a los 6 m., dos galerías horizontales. Una orientada de SE a NW., de 8 m. de longitud, al final de la cual se abre un pozo de 20 m. por el que se alcanza el nivel hidrostático. La otra galería es mucho más amplia. Su orientación es N-S. De ella parten dos nuevas simas (IV y V, fig. 7). Por la primera se alcanza el fondo de la sima II, la segunda termina en una sala de 4×4 m. rellena por aluviones. Del fondo de la sima II, situado a -30 m. respecto el talweg muerto, parten dos galerías. Una oriental que se dirige hacia el NE, y otra occidental que toma dirección NW. Por la primera se alcanza el nivel hidrostático a los -40 m., la segunda conduce a unos conductos por los que circula una corriente de agua en dirección SE-NW. Estos datos se han obtenido en época de funcionamiento del talweg trop-plein. Por tanto, en épocas de inactividad del trop-plein, el río hipogeo debe circular todavía a mayor profundidad.

d) Comparación entre los diversos sumideros.—En todos ellos se observa en primer lugar un mismo límite en cuanto a pro-

fundidad, ya que ninguno sobrepasa los -40 m. respecto al talweg muerto. Al llegar a esta profundidad se alcanza el nivel hidrostático. Por otra parte, incluso en el α que es el más vertical, existen rellenos y galerías laterales que indican unas fases más o menos largas de estabilidad, antes de alcanzarse la profundidad actual. En conjunto no se puede intentar sincronizar estos niveles puesto que la coincidencia puede ser más aparente que real, ya que existen pocos datos a este respecto. Todas las galerías son de escaso recorrido y no puede hablarse de un nivel importante constante. Lo que sí puede concluirse es la relación entre estos sumideros y el talweg hipogeo actual, puesto que por ellos se alcanza el nivel hidrostático. También puede concluirse que estos sumideros antes de llevar al talweg hipogeo actual, llevaron sus aguas a cavidades más altas que en conjunto, y sin intentar una mayor precisión, pueden relacionarse con fases de descenso de la circulación.

b) *Los materiales de relleno*

Una de las características del talweg muerto y demás cavidades con él relacionadas, son los materiales de relleno. Atendiendo a su naturaleza, estos son de cuatro tipos: Litoquímicos, detríticos, lacustres y clásticos. Pero, por otra parte, cabe distinguir en ellos dos tipos: los materiales de relleno del talweg, y el relleno de los sumideros. Sin embargo la importancia de estos últimos depósitos es escasa, por lo que se estudiarán conjuntamente.

1. *Los materiales litoquímicos.*—Las formaciones estalagmíticas son abundantes, especialmente en la cueva I, la V (fig. 2) y en el talweg muerto, a partir de la sala XVI (fig. 2). En esta última parte las formas de reconstrucción llegan a enmascarar las formas clásticas. Estas formaciones, así como las que se encuentran en la cueva I, son modernas y tienen lugar sobre los bloques desprendidos de la bóveda. Los «gours» tienen también gran desarrollo, formando coladas que recubren todo el suelo de la galería. En algunos casos las coladas estalagmíticas han sufrido deslizamientos,

PLANTA Y SECCIONES DE LA SIMA β
(CUEVAS DE FRESNEDO)

por
M Julivert
1954

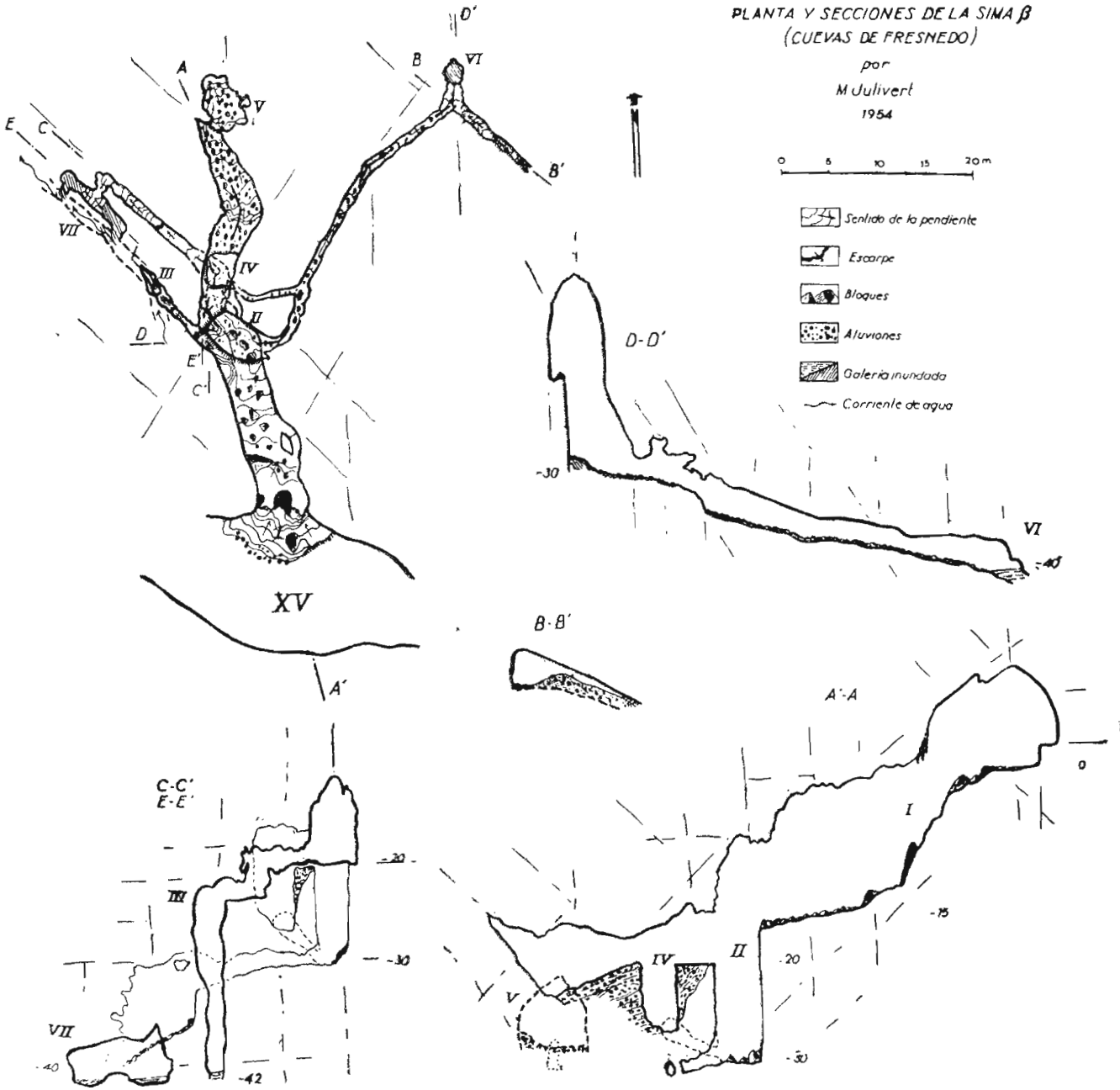


Figura 7

así en la sala XVI. Todos estos procesos, como queda dicho más arriba, son modernos, pero además, existen vestigios de una estalagmitización más antigua, anterior al último hundimiento, ya que entre los caos de bloques se encuentran fragmentos de estalactitas; por otra parte, algunos de los bloques desprendidos conservan huellas de una estalagmitización anterior. Así pues, debe concluirse la existencia de dos fases en los procesos reconstructivos, separadas por una fase clástica.

2. *Los materiales detríticos y lacustres.*—Cabe distinguir en ellos dos tipos: los que se encuentran en las cavernas V, VI y VII y los de la galería principal del talweg muerto. Los primeros son bien rodados y proceden directamente del río epigeo, lo cual pone de manifiesto que estas cavidades actuaron de sumideros. Los segundos son menos rodados pero han sufrido un arrastre subterráneo más largo; en la parte final del talweg muerto se encuentra mezcla de ambos materiales. La sedimentación detrítica tuvo gran importancia en la fosilización de la cueva; la VII está aún casi totalmente fosilizada y la VI tiene señales de haberlo estado en su totalidad, por cuanto se conservan cantos rodados cementados en el techo. La fosilización por aluviones alcanzó su máxima intensidad en las cuevas V, VI y VII, debido a su proximidad con el exterior; en cambio el talweg muerto no alcanzó una fosilización tan grande. Todo lo dicho se refiere a la sedimentación detrítica hipogea; pero además, en las entradas de las cuevas V y VI, estos sedimentos forman una terraza epigea situada 25 m. por encima del cauce actual del río. Así pues la fosilización de la cueva coincide con la formación de dicha terraza.

Estrechamente ligados con los sedimentos detríticos están las formaciones lacustres. Estas se encuentran en el talweg muerto y deben corresponder a períodos durante los cuales la circulación tuvo carácter menos torrencial. Estos sedimentos lacustres están formados por arcillas y son similares a los descritos por Llopis en Collbató, Trotskaeta y otras cavernas (Llopis Lladó, 1950). El depósito de estos materiales en algunos puntos es importante; se

efectuó en pequeños lagos provocados por hundimientos que cerraron el paso a las aguas, tipo al que Llopis denominó lagos de umbral clástico (1950).

Estas formaciones sedimentarias se hallan separadas en varias partes por costras estalagmíticas que ponen de manifiesto la existencia de varias etapas en la sedimentación. Estas costras se hallan muy extendidas y son una de las características de las cavernas relacionadas con el talweg muerto. Así en la cueva I, se reconoce la presencia de una de estas costras que forma un reborde debido a la desaparición por erosión de los sedimentos sobre los que los que se formó. En la VII se encuentra recubriendo los aluviones que la fosilizan. En la cueva V, puede observarse en el paso de la sala VIII a la XI y a lo largo del talweg muerto, formando una terraza especialmente visible entre las salas XIII y la XIV. Pero donde alcanza su máximo desarrollo es en la sala XVI abierta por arrastre de una parte de los sedimentos que la fosilizaban, de modo que queda la costra estalagmítica constituyendo su techo; esta estructura se pone de manifiesto en su extremo E, debido a un hundimiento de este techo. En esta sala existe además otra costra de menor importancia, por debajo de ésta. La presencia de estas dos costras puede observarse también en la entrada del sumidero II. En este sumidero II existen además otras costras, fuertemente inclinadas en el sentido de la pendiente, su edad es posterior a las antes descritas y su importancia es escasa. El origen de estas costras debe relacionarse con la actividad del sumidero. Su inclinación en el sentido de la pendiente las relaciona con conos de deyección hipogeos formados durante la época de actividad de este sumidero. En relación con la época de relleno de la caverna deben considerarse solo las dos costras citadas anteriormente. De ellas, la costra superior se depositó en la sala XVI sobre un sedimento arcilloso, lo que pone de manifiesto la existencia de un episodio lacustre antes de su depósito. En conjunto puede afirmarse la existencia de dos fases de sedimentación, al final de cada una de las cuales se depositó una costra estalagmítica. Es

decir, que la sedimentación torrencial se verificó en dos etapas, separadas por un período de escasa circulación por la cueva. Al finalizar la segunda etapa torrencial, y antes del depósito de la costra estalagmítica, tuvo lugar una sedimentación lacustre. Estos sedimentos debieron tener mucha importancia en la fosilización de la cueva, el hecho de que actualmente se encuentren erosionados en gran parte, pone de manifiesto la existencia de una nueva etapa, en la actividad de la misma.

3. *Los materiales clásticos.*—Su importancia, con ser considerable, es menor que en el talweg trop-plein. En su formación se distinguen dos fases de hundimiento. Una de ellas moderna y posterior a la sedimentación y al rejuvenecimiento de la cueva, que es la que dió lugar a la unión de los dos cauces. El hundimiento externo puede sincronizarse también con esta fase. Los bloques descansan sobre los sedimentos ya erosionados del talweg muerto y no presentan señales de erosión posterior a su caída. Por otra parte existe una fase anterior por cuanto se encuentran bloques erosionados con posterioridad a su desprendimiento, esta fase es la que dió origen a los lagos hipogeos.

4. *Relación entre estos materiales.*—Del estudio de los materiales de relleno de la cueva se deduce un orden en su sedimentación. Esta puede considerarse hecha en dos etapas separadas por el período de rejuvenecimiento de la cueva. Cada una de estas etapas está formada por varias fases que son:

1) Primera fase clástica.—Esta fase es la que dió lugar a la formación de umbrales en el río hipogeo; los materiales que la constituyen se hallan erosionados por el paso posterior de las aguas.

2) Primera fase reconstructiva.—Queda puesta de manifiesto por la presencia de estalactitas entre los materiales clásticos.

3) Depósito aluvial y lacustre, separado a su vez en varios períodos.

4) Segunda fase clástica.

5) Segunda fase reconstructiva, que tiene lugar aun actualmente.

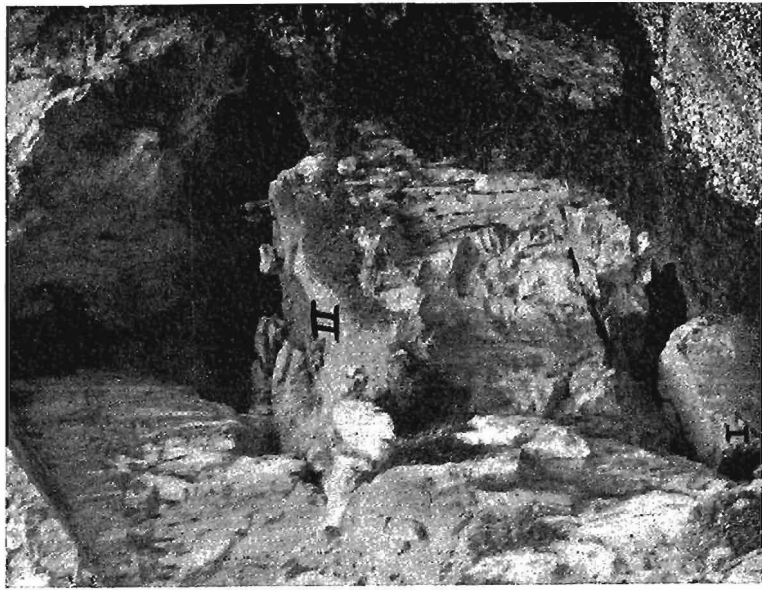
Las tres primeras fases son anteriores al rejuvenecimiento de la caverna; las dos últimas constituyen la segunda etapa posterior al mismo.

III. HIDROLOGIA

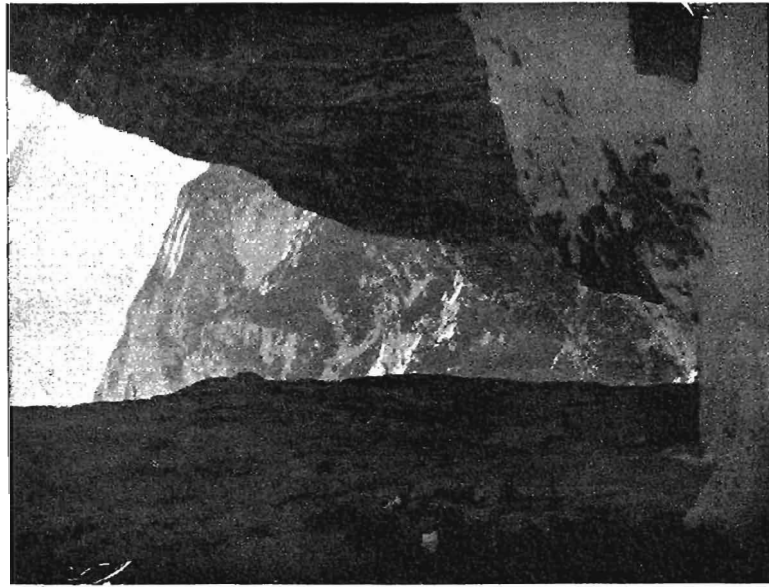
A.—CIRCULACION HIPOGEA

El sentido de la circulación en el talweg muerto es el mismo que en el actual. El problema que se plantea es el de la circulación en las cuevas I, V, VI, VII y en la cueva T (fig. 2). Ante todo hay que considerar: De una parte las I, V, VI y VII y de otra parte la T. Ambos grupos están relacionados respectivamente con el talweg muerto y con el trop-plein. Entre las primeras, la VII, VI y V están rellenas de materiales procedentes del exterior. Su papel debió ser, por tanto, el de sumideros que llevaron el agua del río epigeo al hipogeo; su posición topográfica por otra parte, es idéntica a la del sumidero del talweg trop-plein; la única diferencia es su posición vertical, ya que se abren por encima de la terraza de 25 m. La cueva I está relacionada con la zona de resurgencia. En ella no existe un aluvionamiento que proceda directamente del exterior. Su significación debe ser la antigua resurgencia del talweg muerto. La comunicación pudo hacerse por la cavidad III. La disminución de la altura del techo en el corredor del trop-plein no permite suponer que el curso del talweg muerto coincidiera con el actual curso del trop-plein. Por otra parte, de aceptar esta hipótesis quedaría sin explicar el carácter de las cuevas I y T. Esta última debe interpretarse como una resurgencia posterior a la I. Debió ser un sumidero de esta resurgencia que la relegaría a la función de trop-plein hasta que fué a su vez abandonada al instalarse el curso trop-plein actual.

Así se observa, pues, un desplazamiento progresivo de las re-



Entrada a la cueva.—I. Entrada al talweg trop-plein.—II: Teraza y entrada al talweg muerto
(Foto Llopis)



Desfiladero del río Sampedro a su paso por la caliza de montaña
(Foto Llopis)



Formaciones litoquímicas en la Sala XVI (fig. 3), el techo está constituido por una costra astalagnítica

(Foto Llopis)



Terraza hipogea en el talweg muerto (sala XIV fig. 3)

(Foto Llopis)

surgencias en el sentido del valle epigeo hasta llegar a la del curso hipogeo actual. Se han realizado algunos aforos que permiten conocer la capacidad del curso hipogeo actual. Según aforos realizados en el mes de julio de 1953, fecha en que el trop-plein estaba en actividad, se han obtenido los siguientes datos: 1.350 l/s. en un aforo realizado aguas arriba de la zona de absorción del talweg hipogeo actual; 750 l/s. en el valle trop-plein y 1.700 l/s. después de la zona de resurgencias. La diferencia entre el 1.º y 3.º aforos debe ser debida a la existencia de una absorción dispersa a lo largo de la zona caliza. Así, pues, puede considerarse la capacidad del talweg hipogeo actual como la diferencia entre el 2.º y 3.º aforos; es decir de 1.000 l/s.

B).—GENESIS Y EVOLUCION DE LAS CAVIDADES

a) *Generalidades.*

Su evolución está condicionada por el descenso del nivel de base local, representado por el río epigeo, que ha obligado al abandono sucesivo de las cavidades que se han ido formando.

En la evolución de este conjunto de cavernas, destaca la presencia de dos ciclos, el primero, en relación con el talweg muerto, abarca desde su formación hasta su fosilización. El segundo, en relación con el talweg trop-plein y el actual, empieza con el rejuvenecimiento del talweg muerto.

b) *Primer ciclo.*—Empieza con la formación de la cavidad. Su origen debe relacionarse con otras cavidades superiores que pueden verse en el escarpe del valle. Por descenso del nivel de base, estas cuevas fueron abandonadas por el agua, que buscó un nuevo cauce más profundo. Así se iniciaría una fase a presión hidrostática, que iniciaría la formación de la cueva. A ésta siguió una segunda fase, de tipo fluvial, en ella se crearon las formas de erosión normal en el talweg muerto, alcanzando así esta caverna las dimensiones actuales. Durante esta fase tuvo lugar el primer episo-

dio clástico, seguido de un proceso reconstructivo, todo lo cual llevó a una complicación topográfica del talweg que fué causa de la formación de numerosos lagos. Una tercera fase tiene lugar: La fase torrencial. La circulación por la caverna es muy intensa, se arrastran multitud de materiales y empieza su fosilización por aluvionamiento. Este tuvo lugar en dos etapas por lo menos. Al final de cada una de ellas se depositó una costra estalagmática, esto pone de manifiesto la existencia de períodos de escasa circulación que siguieron a cada uno de los episodios aluviales. La presencia de episodios lagunares indica también la intermitencia de estos fenómenos de acarreo. Esta fase dió lugar a la fosilización total de los sumideros V, VI y VII, así como a la fosilización parcial del talweg muerto. Con ello acaba el primer ciclo de la evolución de estas cuevas.

c) *Segundo ciclo.*— Se inicia con un rejuvenecimiento del talweg muerto. La circulación por él tiene lugar durante corto tiempo. Se forma el talweg trop-plein y a la vez aparecen multitud de sumideros en el talweg muerto. La desembocadura emigra de la cueva I a la T. Este proceso continúa hasta llegar a la resurgencia actual del trop-plein.

En una etapa posterior se forma el curso hipogeo actual, que relega al nuevo talweg a la función de trop-plein.

Una segunda fase de este ciclo es la fase clástica, que está representada principalmente por los grandes hundimientos que unieron en algunos puntos los dos talwegs, así como por el hundimiento externo. El talweg muerto desemboca actualmente en un caos de bloques debido a esta fase clástica.

Finalmente, una tercera fase es la fase litoquímica, que tiene lugar nuevamente en el talweg muerto y también en las partes altas del trop-plein. Actualmente algunos sumideros rellenos de materiales detríticos absorben el agua filtrante, que es la única que circula por el talweg muerto. Tal se observa en un pequeño sumidero que se encuentra en la sala XIII (fig. 2).

d) *Los sumideros del talweg muerto.*— Acaban de estudiarse los

dos ciclos de actividad de la cueva. Resultado del primero de ellos es el talweg muerto. Resultado del segundo son el trop-plein y el actual. Pero queda todavía otro elemento, elemento perteneciente al segundo ciclo, pero que pone en relación el resultado de cada uno de los dos ciclos distintos: Es decir, los sumideros. Su significación ha sido ya apuntada. En ellos, sin embargo, hay que destacar dos hechos: Su profundidad, superior a la del trop-plein, y la existencia de sistemas de galerías que indican períodos de estabilidad. De estos dos hechos pueden sacarse conclusiones de tipo hidrogeológico. Los sistemas de galerías laterales ponen de manifiesto una posible relación con el trop-plein. Durante una primera fase estos sumideros llevarían al actual curso trop-plein el agua absorbida del curso superior, entonces activo. Por otra parte, los sumideros profundizan por debajo del nivel del trop-plein, prueba de que continuaron su actividad durante el período de formación del curso hipogeo actual. Es decir, que el talweg muerto era todavía activo, por lo menos temporalmente, cuando se inició el abandono del actual trop-plein. Esto lleva a la conclusión de que entre la formación del trop-plein y la del actual talweg hipogeo transcurrió poco tiempo, por cuanto era aun activo el talweg muerto, que se encuentra en la actualidad 25 m. por encima del talweg epigeo. Este talweg epigeo, por otra parte, no representa el verdadero cauce del río, que como queda dicho circula a mayor profundidad. Además el valle epigeo queda suspendido, en su recorrido antes del derrumbamiento que le ciega, en relación con el nivel del valle después de su recorrido subterráneo.

IV. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista topográfico se distinguen en la cueva tres unidades: El talweg hipogeo actual, el talweg trop-plein, y el talweg muerto.

Estos tres talweg pueden hacerse corresponder respectivamente con las zonas húmeda, semihúmeda, y seca de Cvijic (1918).

En el talweg muerto, se abren un conjunto de sumideros que debieron relacionarlo, primero con el trop-plein, y luego con el talweg hipogeo actual.

Existen importantes fenómenos de fosilización, los más importantes se encuentran en el talweg muerto y son debidos al aluvionamiento.

El aluvionamiento no ha tenido lugar de una vez, sino en dos etapas, al final de cada una de las cuales se formó una costra es talagmítica. La segunda etapa aluvial no erosionó los materiales depositados durante la primera.

En la circulación hipogea existen dos ciclos, separados por un período de aluvionamiento que coincide con la formación de una terraza epigea, actualmente a 25 m.

La fosilización de la cueva debida al aluvionamiento no fué uniforme, sino que alcanzó un mayor grado allí donde, debido a la mayor proximidad con el exterior, el aporte detrítico fué más intenso.

En la actualidad existe una pequeña circulación por infiltración en algunos sumideros rellenos por aluviones que se encuentran en el talweg muerto.

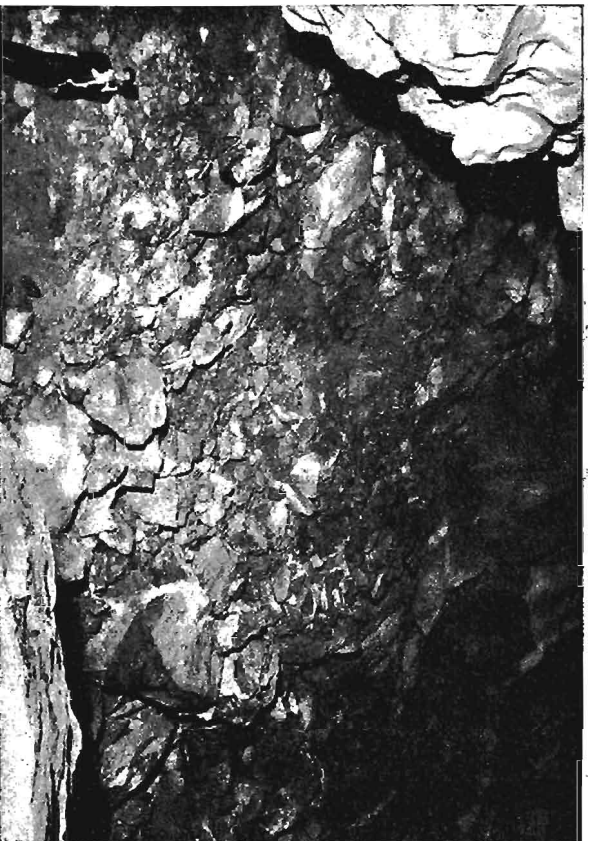
Instituto de Geología.—Universidad.—OVIEDO



El talweg muerto junto a la sima α .
La altura de boveda es de 25 m.

(Foto Llopis)

LAM. IV



Caos de bloques en el talweg muerto (sala XIII, fig. 3)

(Foto Llopis)

RÉSUMÉ

Les «Cuevas de Fresnedo» ont trois systèmes de galeries superposées, anciens talwegs souterrains en rapport avec le cours épigé de la rivière de Sampedro. Le couloir supérieur, long de 1.100 m., et, en partie fossilisé par alluvionnement, est en rapport avec une terrasse épigée de 25 m. de la rivière de Sampedro. Un autre système de galeries, long de 250 m. se trouve au niveau de la rivière épigée et sert de «troplein». Plus bas encore, coule la rivière vivante.

La galerie supérieure a quelques avens qui atteignent le niveau hydrostatique à -40 m.

Dans la circulation ancienne ont existé deux cycles d'érosion séparés par une phase d'alluvionnement en rapport avec la terrasse de 25 m. Le dépôt des alluvions a été fait par étapes séparées par des époques à faible circulation, représentées par des crêtes stalagmitiques intercalées entre les dépôts.

Pendant le maximum de fossilisation les alluvions ont probablement eu des nappes phreatiques hypogées. Dans les avens du couloir supérieur existe aujourd'hui une faible circulation par infiltration.

SUMMARY

The Fresnedo Caves comprise three systems of superimposed galleries, which were formerly subterranean thalwegs connected with the epigene course of the Sampedro river. The topmost passage, 1,100 metres long, partly fossilized by alluvion, is connected with a 25 metre epigene terrace of the Sampedro river. Another corridor system, 250 metres long, is level with the epigene river, and serves as an overflow. Below both of these is the present course of the river.

The top passage contains caves that reach the hydrostatic level of -40 metres.

The circulatory system in the past included two erosion cycles separated by an alluvion phase related with 25 metre terrace. The alluvium deposits were made in stages separated by periods of feeble circulation, represented by stalagmitic crusts interspersed between the deposits.

During the period of maximum fossilization, the alluvium was probably covered by phreatic hypogene layers. There is still a slight flow of water from infiltration in the caves of the top gallery.

BIBLIOGRAFIA

1. *Adaro, L. de y Junquera, G.*: 1916. «Criaderos de hierro España». tom. II «Hie- rros de Asturias» Mem. Inst. Geol. España, I vol. texto, 610 pp., 33 figs.; I vol. láms. X láms. Madrid.
2. *Abella y Casariego, E.*: 1877. «Datos topográfico-geológicos del Concejo de Teverga, provincia de Oviedo». Bol. Com. Map. Geol. Esp., tom. IV, pp. 251-256. Madrid.
3. *Barrois, Ch.*: 1882 «Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice». Thèse., Mem. Soc. Géol. du Nord., Tom. II, núm. 1, 630 pp., XX láms., Lille.
4. *Bourgin, A.*: 1945. «Hydrographie karstique. La question du niveau de base». Rev. Geogr. Alp., tom. XXXIII, fasc. 1, pp. 99-108, 1 fig., II láms., Grenoble.
5. *Cvijic, J.*: 1918. «Hydrographie souterraine et evolution morphologique du karst». Trav. Inst. Geogr. Alp., vol. IV, núm. 4, 56 pp., III láms., Grenoble.
6. *Delepine, M. G.*: 1943. «Le faunes marines du carbonifère des Asturies (Es- pagne)». Apéndice sobre los fusulinidos por J. Gubler., Mem. Acad. Scien. Inst. de France, tom. LXVI, 122 pp., 15 fig., VI láms., París.
7. *De Sitter, L. U.*: 1949. «The development of the palaeozoic in northwest Spain». Geologie in Mijnbouw. 11e Jaargang, núm. 11, pp. 312-319 figs. 1-3 y núm. 12, pp. 325-340, figs. 4-9, Leiden.
8. *García Fuente, S.*: 1952. «Geología del Concejo de Teverga. (Asturias)». Bol. Inst. Geol. Min. Esp., tomo LXIV, pp. 345-456, 8 figs., LXI láms., 1 map., Madrid.
9. *Geze, B.*: 1939. «Influence de la tectonique sur la localisation des sources vauclusiennes». I Congr. Nt. Speleologie. 12 pp., 6 figs., Nimes.
10. *Gómez de Llarena, J.*: 1946. «Nuevos yacimientos cámbricos en la Babia Ba-

- ja (León) y Teverga (Asturias)», Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., tom. XLIV, pp. 101-111, 2 figs., II láms., Madrid.
11. *Gómez de Clarena, J.*: 1953. «El lenar inverso en la formación de las cavernas». *Speleon*, tom. IV, núm. 1, pp. 3-10, 3 figs., II láms., Oviedo.
 12. *Llopis Lladó, N.*: 1950 «Sobre algunos fenómenos de sedimentación fluvio-lacustre en las cavernas». *Speleon*, tom. I, núm. 1, pp. 212-224, Oviedo.
 13. *Llopis Lladó, N.*: 1951. «Sobre algunos fenómenos de subsidencia y soliflucción en las cavernas». *Speleon*, tom. II, núm. 4, pp. 212-224. Oviedo.
 14. *Llopis Lladó, N.*: 1952. «Sobre algunos principios fundamentales de morfología e hidrología carstica». *Speleon*, tomo III, núms. 1-2, pp. 33-69, 7 figs., II láms., Oviedo.
 15. *Llopis Lladó, N.*: 1954. «Sobre la cuenca carbonífera de Asturias». *Estudios Geológicos*, tom. XX, núm. 21, pp. 79-101, 7 figs., Madrid.
 16. *Llopis Lladó, N.*: (In lit.) «Karst holofossile et merofossile» Primer Congr. Spel., París.
 17. *Pelletier, R.*: 1953. «La grotte de Solborde, pres Vesoul». *Les Cahiers de Spéléologie*, fasc. 1 y 2, pp. 7-15, 3 figs., Vesoul.
 18. *Pittard, J. J. y Amoudruz, G.*: 1943. «Les gours». *Bull. Soc. Suisse Spéléologie*, núm. 25 (julio), 12 pp., 7 fotos, Genève.
 19. *Puig y Larraz, G.*: 1896. «Cavernas y Simas de España». *Bol. Com. Map. Geol. Esp.*, tom. XXI (I de la 2.^a serie), pp. 1-392. Madrid.
 20. *Sampelayo, P. H.*: 1944. «Nueva fauna cambriana en Puerto Ventana, Asturias-León» *Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp.*, núm. 12, pp. 3-11, II láms. Madrid.

Recherches biospéologiques dans les Monts Cantabriques (Espagne).—Enumération des grottes et notes de chasse

PAR

L. DEROUET, ED. DRESCO ET J. NEGRE

Nous avons, pendant le mois d' Août 1952, prospecté 38 grottes ou avens situés dans les Monts Cantabriques, répartis dans les provinces de Guipuzcoa, de Santander et d' Oviedo, dans le but d' en capturer la faune, de l' étudier et de compléter ainsi nos connaissances entomologiques sur cette région.

Le temps limité ne nous a pas permis de dresser les plans des cavités visitées, mais la présente liste doit permettre aux spécialistes déterminant le matériel de pouvoir situer les captures, d' en vérifier la répartition et d' en tirer les conclusions biogéographiques éventuelles.

Nous ajoutons que pour toutes ces grottes, il est indispensable de se faire conduire par un naturel du pays, car il est parfois fort difficile de les retrouver.

Nous remercions Mr. LLOPIS LLADO, de l' Université d' Oviedo, pour les renseignements qu' il nous a donnés concernant les grottes de sa province, ainsi que Mr. BONIFACIO MOCHALES qui nous a

très aimablement conduit aux grottes voisines du village de la Pedra (env. de Llanes).

PROVINCE DE GUIPUZCOA

Cuevas de Landarbaso.—Comm. de Renteria. Biosp. Nos. 705 et 780.

Ces grottes, décrites dans *Biospeologica* et dans PUNG y LARRAZ, 1896, sont au nombre de trois, étagées l'une au-dessus de l'autre; une petite grotte latérale s'ouvre à gauche de la grotte supérieure.

Matériel.—Grotte supérieure: Araignées (*Leptonera*).

Niphargus.—Grotte latérale: Coléoptères (*Ceutospbodrus*).—Grotte moyenne: Opilions (*Scotolemon*). Isopodes. Coléoptères (*Trechus*, *Ceutospbodrus*).—Grotte inférieure, située au niveau du ruisseau: Opilions (*Gyas*, *Ischyropsalis*). Araignées (*Amaurobius*).

C'est la seule grotte où nous avons pu observer un cas de stéréotropisme chez les *Gyas* plaqués aux parois, tandis qu'ils se tenaient dans leur position naturelle au plafond de cette grotte inférieure.

Nous avons également capturé dans ces grottes, mais sans les localiser: Araignées (*Nesticus*, *Troglohyphantes*, *Chorizomma*); Acariens (*Ixodes*); *Caecospheroma*; Myriapodes; Coléoptères (*Staphilins*).

4-VIII-52.

Cuevas de Mondragon.—près du village de Mandragon; Biosp. Nos. 545 et 793.

La cueva de Mondragon, très vaste, a une faune très peu fournie en individus.

Matériel. -- Araignées (*Troglohyphantes*, *Pholcus*). Isopodes (bois pourri). Coléoptères (*Speonomus* sous des feuilles et des fougères moisis. *Caecospheroma*. Nyriapodes. Isopodes. Opilions (*Sabacon*).

En dessous de la Cueva de Mondragon, à une cinquantaine de mètres au-dessus du chemin menant de la route à la ferme, se trouve une grotte dont l'entrée à ras du sol, permet à peine le

passage. C'est un couloir rétréci qui bifurque, au bout de 6 mètres environ en 2 galeries; celle de droite a une quinzaine de mètres de développement, celle de gauche, environ trente.

Matériel. — Araignées (*Troglohyphantes*). Opilions (*Nemastoma*, dans les feuilles mortes près de l'entrée). Coléoptères (*Speonomus* sur un oiseau mort, région profonde).

De niveau avec cette grotte et vers la droite se trouve un trou souffleur pénétrable qui débouche dans une salle encombrée de gros blocs rocheux et de pierres.

Matériel. — Araignées. Opilions (*Ischyropsalis*).

5-VIII-52.

PROVINCE DE SANTANDER

Cueva Sotarraña. — comm. de Beges, dans la montagne au-dessus de la Hermita (lisière orientale des Picos de Europa).

A quelques minutes du village, en dessous de la route montant à Doblillo.

Grande entrée de 15 m. de long, puis petite porte donnant accès à la grotte servant à faire du fromage genre Roquefort, couloir étroit de 8 m. de long s'ouvrant sur une grande salle.

De là, une faille haute et étroite mène à une grande grotte stalagmitée dont l'extrémité est bouchée par de hautes cascades de tufs.

La faune est assez riche dans l'entrée, très abondante dans la partie servant de réserve au fromage, nulle dans la vaste grotte terminale.

Matériel. — Araignées (*Troglohyphantes*, *Meta*). Opilions (*Ischyropsalis*, *Liobonum*, *Nemastoma*). Myriapodes. Pseudo-scorpions. Coléoptères (*Speonomus*, *Ceutosphodrus*).

9-VIII-52.

Cueva de boja. — comm. de Beges.

En bordure de la route de Beges à Doblillo (côté droit), faille de quelques mètres de profondeur.

Matériel.—Araignées (*Meta*). Opilions (*Ischyropsalis*).

10-VIII-52.

Hoyo de la Espina.—comm. de Doblillo.

Peu avant le village de Doblillo, entre la route de Beges à Doblillo et la route de Doblillo aux mines d'Aurora.

Aven de 3 m. de diamètre, palier à—6 m., rebord vers—10 m., les pierres donnent des rebonds et finissent sur un cône d'éboulis (—30 m.?). Nous ne l'avons pas descendu. Une charogne y avait été précipitée quelques jours avant.

Cuevas de las Cañadas.—comm. de Doblillo.

Sur la route après Doblillo, à 200 m., en continuant vers les mines d'Andara, et en contrebas, dans la falaise, nous avons fait plusieurs grottes, voisines, peu profondes. On y arrive par des vires herbeuses.

Matériel.—Araignées (*Meta*, *Leptyphantes*). Opilions (*Ischyropsalis*). Isopodes. Pseudo-scorpions.

10-VIII-52.

Hoyo orca.—comm. de Doblillo.

Avant l'entrée du village, au-dessus du chemin, à 15 m. environ de la première maison de gauche, se trouve un petit puits bouché par une dalle. Nous n'y avons pas pénétré.

Observé sous la dalle une grosse *Meta* et un *Troglohyphantes* (?) Araignée.

10-VIII-52.

Cueva de la Peña.—(ou de los Peines).—Comm. de Momeñe.

Une petite grotte est visible de la route menant de Samano à Momeñe, sur les pentes du Mont, à droite de la route, près d'un bouquet d'arbres. C'est une grotte sans nom, sèche, de 15 m. de profondeur.

Matériel.—Coléoptères (*Sponomus*). Araignées (*Meta*).

La cueva de la Peña se trouve à droite de celle-ci et un peu

plus haut; entrée très réduite, couloir descendant, puis accès à des salles de dimensions variables; le parcours est assez compliqué et comporte de nombreux passages bas. On accède enfin à une rivière souterraine, profonde, et coulant, tranquille, entre des parois verticales. Il n'est pas possible de suivre son cours sans bateau.

Matériel. — Araignées (*Tegenaria*). Opilions (*Ischyropsalis*; *Sabacon*). Coecospheroma. Myriapodes. Coléoptères (*Breulia*).

7-VIII-52.

Cueva de Samano. — Comm. de Samano. Guide: Mr. VALENTIN, à Samano.

Elle se trouve au pied d'une falaise assez haut dans la montagne; entrée majestueuse; la grotte est fermée par une grille et est énorme, avec des concrétions remarquables.

La faune y est riche mais localisée; Myriapodes (*Typhloblaniulus?*) partout et très nombreux (bois pourris répandus dans toute la grotte; ni araignées, ni opilions, ni campodea dans la partie profonde, constituée par le fond d'une énorme salle où l'on arrive par des paliers successifs.

Dans les coins et recoins de l'énorme entrée se trouvent plusieurs galeries de 10 à 20 m. de profondeur; dans l'une d'entre elles pris des opilions (*Ischyropsalis*); dans l'entrée, araignées (*Meta*, *Troglobyphantes*). Coléoptères: nombreux Bathyscinae sous une branche pourrie avec moisissure en mousse, les autres sur des bois, quelques-uns sur des stalagmites humides.

Matériel. — Araignées (*Meta*, *Troglobyphantes*, *Iberina*). Opilions (*Ischyropsalis*, *Nemastoma*) Myriapodes. (*Caecospheroma*). Isopodes. Coléoptères (*Breulia*, *Speocharis*, *Pristonychus*).

7-VIII-52.

Cuevas X... — Comm. de Caranceja (?).

Sur la route de Torrelavega à San Vicente de la Barquera, plusieurs petites grottes sur le bord de la route, peu avant d'arriver à Caranceja. Nous les avons visitées, elles sont peu profondes et

n' offrent que peu d'intérêt au point de vue biospéologique.

Matériel. — Araignées (*Meta*). Acariens (*Ixodes*).

8-VIII-52.

Cueva del Pendo. — Comm. d' Escubedo de Camargo.

Très grande grotte descendante, s'ouvrant au flanc inférieur d'une vaste doline. Le fond se rétrécit et continue par des diverticules rapidement impénétrables.

La faune est très pauvre dans la grotte et dans le fond (*Nemastoma*); elle paraît localisée près de l'entrée, dans des petites chambres où nous avons récolté des Coléoptères, des Araignées (*Meta*, *Traglohyphantes*), des Opilions (*Ischyropsalis*), des Acariens (*Ixodes*).

Au fond de la doline se perd un ruisseau, non actif à notre visite; nous avons pénétré dans l'étroiture qui mène à une chambre aux blocs coincés; il n'est pas possible de poursuivre.

Matériel. — Araignées (faciès de *Porrhoma*).

Opilions (*Nemastoma*). — Coléoptères (*Speocharis*).

19-VIII-52.

Cueva de Cullalvera. — Comm. de Ramales. Biosp. n.º 166.

Enorme grotte s'ouvrant dans le fond de la vallée à proximité de Ramales; le porche a une quinzaine de mètres de largeur et une quarantaine de mètres de hauteur. Le parcours est plat, coupé de chaos rocheux et nous l'avons suivi pendant environ un kilomètre. Sur tout le parcours et probablement beaucoup plus loin, cette grotte conserve une section énorme; dans le pays, les gens disent que cette grotte aurait une longueur de 4 kilomètres.

La faune est localisée dans l'entrée, laquelle a une grande partie de sa longueur en zone éclairée; le passage de l'éclairément à l'obscurité n'est pas brutal, mais il semble que la partie de pénombre est la plus riche.

Matériel. — Araignées (*Tegenaria*, *Amaurobius*, *Leptyphantes*, *Meta*, *Pholcus*). Opilions (*Ischyropsalis*, *Gyas*). Myriapodes. Coléoptères (*Trechus*, *Pterostichus*).

20-VIII-52.

Cueva del Mul.—Comm. de Ramales.

Dans la falaise, sur la route de... (?), à gauche de la route. L'aménagement d'une grotte préhistorique située plus haut permet de joindre la cueva del Mul par un muletier. Grande entrée, avec puits semi-vertical après passage bas sur la droite; descente de 25 m. à la corde; plusieurs galeries montantes et tournantes, bouchées au communiquant.

Faune très réduite (recherches non poussées). Araignées (*Meta*) à l'entrée.—Coléoptères (*Speocharis*).

PROVINCE D' OVIEDO

Cueva del Pindal.—Comm. de Pimiango, Biosp. n.º 154.

Très voisine de la mer, qu'elle domine d'une cinquantaine de mètres. Elle est très vaste et se rétrécit dans le fond où l'on peut suivre le cours d'une rivière souterraine qui paraît en activité intermittente. Fermée par une grille, la grotte reçoit de nombreux visiteurs (guide à proximité) mais elle n'est pas aménagée.

Matériel capturé: Araignées (Troglohyphantes). Coléoptères (*Breulia*, *Speocharis*).

19-VIII-52.

Cueva de la Herreria.—Comm. de la Pereda, à 3 km. au Sud de Llanes.

Grande grotte à proximité du village de la Pereda; facile à trouver. Elle paraît très ancienne et est fortement érodée (concrétions très dégradées), encombrée de pierrailles; la partie inférieure que parcourt une galerie très nette et propre, est argileuse.

Matériel capturé: Araignées (*Meta*), pas d'araignées dans la pierraille. Opilions: observé des couples de *Gyas* au plafond du porche d', entrée (in copula?); nous les avons laissés en place.—Coléoptères (*Breulia*).

18-VIII-52.

Cueva del Redondo.—Comm. de la Pereda.

S'ouvre dans un pré avec pommiers, à proximité du village. C'est une petite grotte dont l'entrée descendante est encombrée de feuilles mortes et de pierrailles.

Matériel.—Araignées (*Meta*, *Tegenaria*). Opilions (*Gyas*, *Namas-toma*). Coléoptères (*Breuilia*).

18-VIII-52.

Cueva del Covaron.—Comm. de la Pereda.

Grande grotte à très grand porche avec galerie montante débouchant sur le plateau supérieur. Étudiée par le Dr. LLOPIS de l'Université d'Oviedo.

Près du porche coule la rivière que s'engouffre dans une autre grotte qui abrite un moulin. Le plan d'eau arrête la prospection en zone de pénombre.

Matériel.—Araignées (*Meta*, *Tegenaria*, *Leptypbantes*). Opilions (*Gyas*). Coléoptères (*Staphilins*, *Trechus*, *Ceulosphodrus*).

18-VIII-52.

Cueva Requeixu.—Comm. de la Pereda.

S'ouvre dans une diaclase en haut d'un lapiaz. Entrée descendante, grotte assez vaste, décrite par LLOPIS LLADO (*Speleon*, T. I, fasc. 3-4, p. 149).

Matériel.—Araignées (*Meta*). Myriapodes. *Campodea*. Opilions à l'entrée. Coléoptères (*Trechinae*, *Breuilia*).

18-VIII-52.

Cueva del Crespo.—Comm. de Llonin.

Entrée dans la falaise calcaire, à une cinquantaine de mètres au-dessus de la route. Couloir horizontal d'une quinzaine de mètres de profondeur.

Matériel.—Araignées (*Leptoneta*, *Meta*). Opilions (*Ischyropsalis*). Myriapodes. Pseudo scorpions, Acariens (*Ixodes*). Coléoptères (*Breuilia*, *Speocharis*).

Cueva del Agudu.—Comm. de Llonin.

Située au-dessus de la Cueva del Crespo (env. 15 m.) et un peu à gauche (env. 60 m.). Entrée réduite se prolongeant par un couloir d'une vingtaine de mètres, débouchant sur un apic de 12 mètres (échelle) qui descend sur un palier d'où l'on rejoint facilement le fond d'une très grande salle remplie de splendides concrétions stalagmitiques.

Matériel.—Araignées (*Meta*). Opilions (*Ischyropsalis*). Isopodes Coléoptères (*Breulia*, *Speocbaris*).

8-VIII-52.

A Llonin on nous signale un grand puits sur la crête de la Peña de Cuera, et une grotte appelée Cueva negra existe sur el Cueto de Pendendo.

Cueva del Hoos.—Comm. de Ortiguero.

Très grand porche suivi d'une grande salle remplie d'éboulis et servant d'abri aux Moutons; dans le fond, au point le plus bas, carcasse de mouton; crottes de mouton partout.

Matériel.—Araignées (*Meta*, *Leptyphantes*). Opilions (*Ischyropsalis*). Coléoptères (*Pterostichus*, *Ceutosphodrus*, *Breulia*).

17-VIII-52.

Cueva Cinchos.—Comm. de Ortiguero. Speleon, T. III, fasc. 1-2, p. 82.

Grande grotte s'ouvrant par une très petite entrée dans le haut d'une immense doline où se trouve également mais en face, la grotte précédente. Découverte par des bergers il y a sept mois environ, elle est très vaste avec de grandes salles, des concrétions, des laisses d'eau. Elle forme un biotope merveilleux pour les cavernicoles lesquels paraissent absolument absents.

Matériel.—Araignées (*Meta*), dans la région voisine de l'entrée.

17-VIII-52.

Pour ces deux grottes (Hoos et Cinchos) nous avons pris un guide que nous avait désigné Mr' LLOPIS de l'Université d'Ovie-

do; ce guide habite Ortiguero. Une troisième grotte se trouve dans le même massif, sur le lapiaz de la crête; l'entrée en est très petite et le guide ne put la retrouver; nous n'avons pas noté son nom.

Cueva de Cosagre (?)

Sur la route d'Ortiguero à Posada, et avant d'arriver à Meré, sur la droite, s'ouvre une énorme grotte, avec rivière souterraine, que nous pensons être la Cueva de Cosagre. Nous ne l'avons pas visitée.

Cuevas del Culebre.—Comm. de Mestas de Con.

Le lieu dit «la cantera de su cuevas» comprend 3 cavités voisines faisant partie du même système. La résurgence, non pénétrée, mais paraissant pénétrable, débouche près de la route. et il en sort un ruisseau. La grotte s'ouvre dans la broussaille à quelques dizaines de mètres de là; elle est rapidement bouchée et rendue impraticable par un plan d'eau profond (voûte mouillante). Pierrailles humides de l'entrée au plan d'eau, mais zone mi-éclairée.

Matériel.—Araignées (*Meta*). Coléoptères (*Trechus*, *Actenipus*).

Au-dessus de la grotte, dans la pente, s'ouvre un puits difficile à trouver et peu profond; il descendait beaucoup plus bas, mais il a été bouché pour éviter que les moutons n'y périssent. Il fait actuellement 5 m. de profondeur, entrée latérale, avec prolongement supérieur; au fond, un chien crevé.

Matériel.—Araignées (*Meta*).

16-VIII-52.

Cueva de las Campanas.—Comm. de Onis (?). Speleon, T. III, fasc. 1-2, p. 81.

Sur la route de Mestas à Onis, après le rio que l'on passe sur un pont, se trouve sur la droite une maison. A 300 m. environ de cette maison bordant la route, s'ouvre, dans le bois, une goule circulaire de 1 m. 50 env. de diam.; couloir descendant sur une

vingtaine de mètres et se terminant sur une galerie inondée bifurquée.

Matériel.—Araignées (*Meta*, *Tegenaria*). Opilions (*Gyas*). Pseudoscorpions. Coléoptères (*Pterostichus*, *Breulia*, *Speocharis*, *Quedius*).
15-VIII-53.

Cueva del Escosu.—Comm. de Mestas (?).

De la maison dont il est parlé pour la Cueva précédente, traverser la route, le pont et suivre le ruisseau sur la gauche. Se tenir près du bord supérieur du plateau, lequel est environ à 10 m. au-dessus du niveau du ruisseau.

La grotte s'ouvre par un porche de 2 m. 50 par 10 m. de large et 10 m. de profondeur; elle se poursuit par une galerie sinueuse de hauteur variable. La galerie est parsemée de laisses d'eau, le ruisseau paraît en activité et doit couler par intermittence.

On ne peut poursuivre plus avant lorsque le ruisseau, profond de 50 cm. s'engage sous une avancée, la galerie paraissant remonter par une étroiture (non faite); aux alentours de cette avancée, des amorces de galeries à droite et à gauche sont rapidement impénétrables.

Matériel.—Araignées (*Meta*). Acariens. Ixodes. Coléoptères (*Breulia*).

15-VIII-52.

Rivière souterraine du Río de Dobros.—Comm. d'Ortiguero.

Sur la gauche de la route conduisant de Mestas de Con à Ortiguero, après l'embranchement de gauche sur Posada, se trouve une immense doline. Nous y sommes descendus afin d'examiner la perte du ruisseau. C'est une rivière souterraine parfaitement pénétrable et que nous avons suivie sur plusieurs centaines de mètres; nous n'avons pas poursuivi parce que non équipés, mais la rivière continue et, d'après les renseignements recueillis à Ortiguero, certains affirment (?) qu'elle aurait plusieurs kilomètres de longueur.

Elle se développe sur un lit rocheux avec des galets, de la pierre et du gravier, et au moment de la visite, elle avait de 20 à 30 cm. de hauteur d' eau.

Nous n' en avons pas recueilli la faune.

16-VIII-52.

Cuevas del Monte oscuro.—Comm. de Con (ou Mestas de Con ?).

Grotte 1.—S' ouvre en plein bois de Châtaigniers, entrée de 2 m. de haut sur 1 m. de large. C' est un boyau sinueux d' une dizaine de m. de profondeur; l' entrée, descendante, est encombrée de pierres et de feuilles; l' ensemble est relativement sec.

Matériel.—Araignées (*Meta*). Opilions. *Campodea*.

Grotte 2.—Dans le bois, un peu plus haut, s' ouvre un petit puits qui mène à une chambre basse; développement total de 10 m. env., sec; ossements au fond. Peu d' intérêt.

Matériel.—Araignées (*Meta*).

16-VIII-52.

Cueva Buxu.—Comm. de Cardes, près de Cangas de Onis. Grande grotte décrite et étudiée par des préhistoriens (La Prehistoria Asturiana, D. FERNANDO CARRERA-DIAZ, IBARGUEN. Oviedo, 1951)

Matériel.—Araignées: *Meta* dans toute la grotte, mais peu nombreuses; *Pholcus* dans l' entrée.—Coléoptères (*Actenipus*, *Speocharis*). (*Amaurobius*, *Leptyphantes*, *Robertus*).—Myriapodes- Isopodes- Opilions.

14-VIII-52.

Cueva Nariz del Perro.—Comm. de Cardes.

Dans le même massif que la Cueva Buxu, mais dans la falaise en-dessus et plus près du village. s' ouvrent deux trous contigus, visibles du chemin et menant à un boyau de 1 m. x 1,50 m. sur 12 m. de long.

Matériel.—Araignées (*Pholcus* dans la chambre du fond). Opilions.

14-VIII-52.

Le matériel capturé dans ces deux grottes a été mélangé.

Les trois grottes suivantes se trouvent dans le massif des Picos de Europa, dans la partie N. O., région des lacs de Enol et de la Encina (probablement commune de Covadonga).

Cueva del Porro Cavañona.—(Cavañona est un lieu dit, connu seulement des naturels ou des bergers des alpages environnants).

Au-dessus de Covadonga, dans les derniers lacets avant d'arriver au Lac de Enol, et visible sur la droite de la route, s'ouvre une petite doline; dans le fond s'ouvre une petite grotte. Elle se trouve dans le prolongement d'une faille, à côté d'un gros hêtre, à environ 30 m. de la route et est constituée de plusieurs niches peu profondes. Feuilles mortes à l'entrée, pierrailles.

Matériel.—Araignées (*Meta*).—Campodea.—Myriapodes.—Iso-podes. Coléoptères (*Trechus*, *Choleva*).

15-VIII-52

Puits de Cavañona.

Se trouve de l'autre côté de la route et un peu plus bas que la cueva del Porro Cavañona. Embouchure ronde, entre des blocs rocheux, prof. 15 m. Diaclase terminée par un palier pierreux où coule un ruisseau; le fond a une quinzaine de mètres de développement.

La galerie se termine en aval par un effondrement qui constitue la perte du ruisseau. En amont, la galerie s'élève et 2 trous non explorés s'ouvrent dans la partie haute.

Matériel.—Araignées (*Meta*). Opilions (*Ischyropsalis*). Coléoptères (*Speocharis*).

15-VIII-52.

Grotte Perte des deux dolines.

Du Lac de Enol. en redescendant vers Covadonga et dans les premiers lacets, on trouve: à gauche, à 30 m. de la route la Cueva del Porro Cavañona; un peu plus bas, sur la droite, dans un bouquet d'arbres et dans un chaos rocheux, le Puits de Cavañona, en

continuant à descendre, le côté à droite de la route se creuse de dolines dont une, très vaste, est contiguë à d'autres plus réduites. Deux de ces dolines sont contiguës et séparées par un mur rocheux; dans le fond de chacune d'elles s'ouvre un passage et ces passages communiquent; c'est là la perte d'un ruisseau. Nombreuse faune dans la pierraille posée sur le sol humide de la grotte, dans les feuilles et les débris végétaux.

Matériel. — Araignées (*Meta*, *Leptyphantes*, *Dysdera*, *Tegenaria*). Opilions (*Ischyropsalis*). Coléoptères. (*Trechus*).

15-VIII-52.

RÉSUMÉ

Description de plusieurs grottes de la région cantabrique avec énumération spéciale de la faune trouvée.

SUMMARY

Description of several caves in the Cantabrian region, with list of the fauna found in them.

Lo que sabemos sobre los Bathysciitae de la región asturiana.—(Col. Catopidae)

POR

FRANCISCO ESPAÑOL C.

Los catópidos cavernícolas de la subfam. *Bathysciitae* vienen representados en la Región asturiana por un cierto número de formas, estrechamente relacionadas entre sí y repartidas entre las tres agrupaciones genéricas que forman actualmente la serie filética de los *Speocharis*: *Speocharis* Jeann., *Oresigenus* Jeann. y *Breuilia* Jeann., todos ellos localizados en la zona cantábrica y netamente definidos por la quilla mesosternal prolongada, hacia atrás, sobre el metasternón y por la armadura basal del saco interno del órgano copulador con un estilete impar o una serie de grandes espinas en posición dorsal. Caracteres, éstos, extraños a los restantes *Bathysciitae* ibéricos, pero presentes en *Hoffmannella* y otros géneros egeídicos; prueba evidente, según Jeannel, de que ambos troncos, cantábrico y oriental, son los restos de una remota fauna que pobló la Mesogeida a principios del Eoceno. Su distribución actual notablemente discontinua constituye, a juicio del citado autor, uno de los muchos ejemplos de segregación centrífuga que nos muestra la Región mediterránea.

Por encontrarse el dominio subterráneo de los Picos de Euro-

pa pendiente actualmente de estudio por parte de mis colegas señores Nègre y Dresco, nada nuevo puedo decir hasta tanto no se publiquen los resultados de tales investigaciones. El comentario se limitará pues a los representantes ya conocidos de los cuales daré una breve descripción, tomada de la obra de Jeannel, indicando, al mismo tiempo, las cavidades donde han sido recogidos.

GÉN. S P E O C H A R I S JEANN.

Encierra una veintena de especies de facies batiscioide, talla pequeña, las antenas gráciles, la quilla mesosternal alta y redondeada, el órgano copulador terminado en punta ancha y roma, con los estilos estrechos, afiliados y armados en el ápice de tres sedas bien desarrolladas, y con el saco interno diferenciando un estilete basal. Unos pocos son muscícolas, la mayoría cavernícolas concentrados en los Montes cantábricos salvo el *cisnerosi* que habita la cueva del Reguerillo en uno de los contrafuertes de la S.^a de Guadarrama.

Cinco representantes han sido observados en la Región asturiana, repartidos entre las secciones II y III de las tablas de Jeannel:

S. perezí Sharp. Definido por la forma general grácil y muy atenuada posteriormente; las antenas largas, alcanzando los dos tercios de los élitros en el macho, los artejos 8.^o, 9.^o y 10.^o aproximadamente dos veces tan largos como anchos, el 11.^o oval y muy alargado, casi tres veces tan largo como el 1.^o, en el indicado sexo; los lados del protórax redondeados, estrechándose en la base; los élitros cuneiformes, sin estría sutural y con la puntuación no alineada de través; los protarsos masculinos más estrechos que la extremidad de la tibia; el órgano copulador alargado y fuertemente sinuoso en su parte dorso-apical. Long. 1'8 — 2 mm.

Especie cavernícola dividida en dos colonias, localizadas respectivamente en los relieves calizos de la vecindad de Panes y en una cueva del litoral junto al límite entre las provincias de San-

tander y Asturias; Cueva de la Peña Mellera, Panes; cueva de la Cabañuca, Panes; cueva del Sell, Panes; cueva de la Loja, El Marzo; cueva del Nogal, junto a la desembocadura de Tina Mayor, en el lado de Santander.

S. breuili Jeann. Difiere del precedente por los pretarsos masculinos más anchos que la extremidad de la tibia, por las antenas más cortas, apenas sobrepasando, en el macho, la mitad del protórax, con los artejos 8.º, 9.º y 1.º sólo un poco más largos que anchos, el 11.º estrangulado en el medio; y por el órgano copulador menos alargado, más regularmente arqueado en el lado ventral, no sinuoso en la cara dorsal y con el saco interno armado, en su región media y por encima del estilete basal, de dos grandes paquetes de espinas largas y numerosas. Long. 2 — 2'2 mm.

Recogido únicamente en la cueva del Pindal, Pimiango, cerca del faro de Tina Mayor.

S. occidentales Jeann. Próximo a *breuili* del que copia la talla, la forma del órgano copulador y la dilatación de los protarsos masculinos, pero el cuerpo es más grácil y más atenuado hacia atrás, las antenas más largas, alcanzando, en el macho, los dos tercios de los élitros, los protarsos masculinos son asimismo más largos y con los artejos más separados; el saco interno sin el tipo de espinas tan característico de *breuili*. De *perezi* la aleja la talla algo mayor y, sobre todo, los protarsos del macho netamente más anchos que el ápice de la tibia.

Se trata del representante más occidental, hasta hoy conocido, del género, propio de Asturias y escindido en dos razas geográficas:

Subsp. *occidentalis* s. str., con los lados del protórax más redondeados posteriormente y estrechados en los ángulos posteriores, el 8º artejo de las antenas apenas doble tan largo como ancho, el 9º y 10º dos veces, el 11º tres veces tan largos como anchos en el macho. Señalada de las siguientes cavidades: Cueva de Balmori, cueva de Entrecuevas y cueva de Quintanal, las tres en Balmori,

cueva de Tres Calabres, en Quintana, Posada, cueva de Cucabrón, Porrúa; y cueva del Bolao, Llanes.

Subsp. *obermaieri* C. Bol., con los lados del protórax menos redondeados posteriormente, no estrechados en los ángulos posteriores, el 8º artejo de las antenas doble tan largo como ancho, 9º y 10º más de dos veces, el 11º cuatro veces tan largos como anchos en el macho. Sólo conocida de la cueva de La Verde, en Porrúa.

S. sellai C. Bol. Bien aislado de las especies anteriores por las antenas cortas, sin alcanzar la mitad del cuerpo en el macho, y con los artejos 9º y 10º no más largos que anchos. La forma general del cuerpo es más rechoncha, más convexa y poco atenuada hacia atrás; el protórax no estrechado en la base y tan ancho como los élitros; éstos con escultura fuerte; los protarsos masculinos apenas tan anchos como la tibia, con los artejos poco separados. Longitud 1,8 — 2,2 mm.

Dos razas geográficas:

Subsp. *sellai* s. str., caracterizada por la talla media, mayor (de 2 a 2,2 mm.), la forma general del cuerpo más oval y los lados del protórax más fuertemente redondeados. Señalada de las siguientes cavidades situadas en los alrededores de Nueva, término municipal de Llanes: Cueva de la Carretera, cueva de la Playa y cueva del Penical.

Subsp. *henrici* Jeann., de talla algo menor (1'8 a 2 mm.) forma más atenuada por delante y por detrás y con los lados del protórax poco arqueados. Descrita de la cueva de San Antonio en Rivadesella.

S. Pachecoi C. Bol. Pertenece a la III sección de Jeannel y por tal motivo separado de los otros *Speocharis* ya comentados (todos ellos incluidos en la II sección) por los élitros con estría sutural y por el último artejo de las antenas todo lo más dos veces tan largo como el penúltimo, en el macho (casi tres veces tan largo como el penúltimo en las especies de la II sección). Son en él característicos el aspecto globuloso del 8º artejo de las antenas, la forma corta y

gruesa de los artejos terminales de las mismas que sobrepasan la base del protórax, el cuerpo cortamente ovoide, convexo y poco atenuado hacia atrás, los lados del protórax fuertemente redondeados y la estría sutural borrada posteriormente. Longitud 1'8—2 mm.

Insecto cavernícola sólo conocido de la cueva de la Peña, en San Román de Candamo.

GÉN. ORESIGÉNUS JEANM.

Género monotípico notable por su talla gigante y representando en la serie filética de los *Speocharis* un estado evolutivo comparable al de *Bathysciella* en la de los *Speonomus*. Cuerpo ancho, elíptico; protórax más estrecho que los élitros, con la máxima anchura en la base y sinuado ante los ángulos posteriores que son agudos y salientes hacia atrás; las antenas y patas finas y largas; los élitros sin estría sutural, un tercio más largos que anchos y con la máxima anchura en su cuarto anterior, atenuados, después, gradualmente hasta el ápice; la quilla mesosternal muy alta, redondeada por delante y prolongada por detrás sobre el metasternón; protarsos masculinos anchamente dilatados y con el primer artejo alargado y más ancho que el extremo de la tibia; órgano copulador proporcionalmente pequeño, con los estilos mazudos en el ápice y armados de tres sedas; estilete del saco interno muy evolucionado, sin vestigios de faneras elementales e inserto sobre una placa en forma de concha.

Por sus caracteres generales y muy especialmente por la falta de estría sutural y por la estructura del órgano copulador se relaciona con *Speocharis* de la sección II y en particular con los *S. arcannus* Schauf. y *S. occidentalis* Jeann., a los cuales se enlaza filogenéticamente.

Su único representante, el *O. jaspei* Jeann., de 4'5 mm. de longitud por 2 mm. de anchura, ha sido descubierto en la cueva del Reguerin, próxima a Covadonga.

GÉN. BREUILIA JEANN.

Cavernícolas extendidos por los Montes cantábricos desde Asturias hasta Vizcaya. En toda esta Región conviven con representantes del gén. *Speocharis*, a los cuales se encuentran tan próximos por la morfología externa que, en determinados casos, la separación entre ambos géneros sólo puede conseguirse mediante el examen del órgano copulador masculino, con caracteres particulares en cada uno de ellos. Así en *Breulia*, y contrariamente a lo que ocurre en *Speocharis*, dicho órgano se termina en punta aguzada, los estilos son muy voluminosos, gruesos, siempre más largos que el lóbulo medio y presentando en el ápice diferenciaciones diversas, más o menos complicadas, entre las que cuentan tres o cinco sedas desiguales, destacándose una ventral a menudo más gruesa que las otras o modificada en su forma; el saco interno carece, de ordinario, de estilete basal y, en su lugar, diferencia un grupo de espinas análogos a las de la región media del saco.

Como se ha dicho los caracteres externos tienen en estos dos grupos de *Bathysciitae* escaso valor diferencial, ello no obstante en *Breulia* el cuerpo es más convexo por delante, más brillante, los élitros fuertemente estrechados en ángulo, los protarsos masculinos siempre muy dilatados, casi doble tan anchos como la extremidad de la tibia, etc.

Un solo representante conocido en la Región asturiana:

B. triangulum Sharp. Bien aislado de las restantes *Breulia* por su talla proporcionalmente grande (de 2'8 a 3'5 mm.), los élitros cu-neiformes, truncados en el ápice y sin estría sutural, la escultura muy fina, el órgano copulador con los estilos ensanchados hasta el ápice, comprimidos lateralmente, terminados en un pequeño pico ganchudo en posición ventral y armados de cinco sedas, el saco interno provisto de dientes cortos sin orden alguno.

Cavernícola muy difundido en el partido de Llanes, común en las numerosas cuevas que se abren entre los ríos Bedón y Deva; en ellas convive con los *Speocharis*, ya estudiados, de la sección II.

Cueva de la Peña Mellera, Panes; cueva de la Cabañuca, Panes; cueva de la Loja, El Mazo; cueva del Pindal, Pimiango; cueva de Suprevidre, Abandames; cueva de El Bolao, Llanes; cueva de la Herrería, Bolado; cueva de la Verde, Porrúa; cueva de Cucabrón, Porrúa; cueva de los Canes, Niembro; cueva de Jobolegua, La Llera; cueva de Balmori, Balmori; cueva de Quintanal, Balmori; cueva del Calvo, Balmori; cueva de Entrecuevas, Balmori; cueva del Norte, Lledías; cueva del Pindal, Lledías; cueva del Pecado, Piedra; cueva de Cullamosa, Piedra; cueva de la Bronca, Piedra; cueva de Tres Calabres, Quintana; cuevón del Prado, Quintana; cueva Rodríguez, Posada; cueva del Castaño, Posada; cueva de la Riera, Posada; cueva de Samoreli, Rales.

Observado también en Santander en la cueva del Nogal, Val de San Vicente, en la orilla derecha de la desembocadura de la ría de Tina Mayor.

RÉSUMÉ

Etude descriptive des Bathysciitae cavernicoles trouvés jusqu'à présent dans les Asturies, avec indication des cavernes d'origine, d'après les recherches du professeur Jeannel principalement.

SUMMARY

Description of the cavernal Bathysciitae discovered up till now in Asturias, and the caves in which they were found, taken principally from the researches of Professor Jeannel.

BIBLIOGRAFIA

- Bolívar C.*—*Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* XV, 1915, p. 401.
Bolívar C.—*Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* XXIII, 1923, 4. 426, 427.
Español F.—*Pirineos*, VI, n. 15 y 16, 1950, p. 81-122.
Jeannel R.—*Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* IX, 1910, p. 464-468.
Jeannel R.—*Rev. Bathys.* 1911, p. 295-318.
Jeannel R.—*Mon. Bathys.* 1924, p. 52-73.
Jeannel R.—*Notes Biospeol.* 1948, fasc. II, p. 73, 74.
Sbarp. D.—*An. Soc. Esp. Hist. Nat.* I, 1872, p. 268-269.

Le réseau souterrain et les phénomènes de capture

PAR

J. CHOPPY

Le mot de réseau se trouve déjà dans Desnoyers. P. Chevalier a donné toute l'importance désirable à l'idée, d'abord parce que les régions qu'il eut l'occasion d'explorer, ces deux grands massifs des préalpes françaises que sont la Chartreuse et le Vercors offrent, excepté dans les hauts niveaux, une karstification récente, où la sédimentation est à peine intervenue, si l'on excepte les cônes d'éboulis, et où la notion de réseau se dégage de l'exploration même.

En face de vocables de valeur relative comme les mots grotte et aven, en face de l'insuffisance de tout ce que l'on peut dire d'une cavité considérée isolément, se dresse le système hydrologique complexe, dont la compréhension globale semble bien la condition d'un exposé correct des phénomènes souterrains.

La meilleure représentation que l'on puisse se faire d'un réseau souterrain, c'est le bloc-diagramme permettant de montrer les relations entre les cavités d'une part, entre celles-ci et les phénomènes géologiques (essentiellement tectoniques) d'autre part. Comme tel, le réseau est un ensemble complexe de zones d'infiltration, éventuellement de pertes, de gouffres et de galeries, de

rivières souterraines, de résurgences. Il est aisé de comprendre que certains fragments de vallées maintenant aériennes devront être compris dans le réseau, tandis que les vallées fossiles ou actives ayant donné naissance à une série de cavités plus ou moins indépendantes verront leur étude servir d'introduction à celle de la formation de ces cavités.

Ainsi compris, le réseau peut être considéré comme une unité n'évoluant pratiquement qu'en fonction des déplacements possibles des résurgences. Il n'est donc pas étonnant que l'on puisse établir des lois et une typologie des réseaux souterrains.

Nous définirons trois types de réseaux:

—Le réseau de *court-circuit* (réseau alochtone de Llopis Llado), dans lequel une perte de rivière aérienne a permis de court-circuiter le cours de la rivière ou un confluent (Mas d'Azil en Ariège—Réseau Lombrives, Niaux, Sabart en Ariège). Ebrard décrit, à propos des grottes de Pierre la Treiche, un curieux complexe: réseau de court-circuit et capture classique subaérienne. De tels réseaux se creusent actuellement (perte du Doubs qui forme la Loue). Ces réseaux sont en général les plus vastes. Le type le plus simple est celui qui se caractérise par une vallée sèche encadrée par une perte et une résurgence; la circulation souterraine et la paléocirculation subaérienne peuvent être superposées.

Dans un tel réseau, il n'y a le plus souvent qu'un étage unique, presque jamais d'étages supérieurs (il y en a un de surpression à la grotte de la Balme—Isère), et les étages inférieurs, dûs à la ré-utilisation d'une cavité fossilisée et à l'enfouissement, sont de toutes façons très modestes. La présence de zones labyrinthes d'érosion sous-aquatique et de galeries affluentes dépend des conditions locales.

Ce type de réseau présente, sous une forme active, une fréquence tout à fait remarquable au Laos (province de Cammon), puisqu'on en trouve sept exemples, dont trois ont été parcourus de bout en bout (P. Macey), avec des dimensions de galeries considérables sur la plus grande partie de la cavité.

Un *réseau exsurgent isolé* (type Dent de Crolles) est un ensemble complexe de cavités où les eaux pluviales et nivales recueillies par un bassin d'alimentation limité ont un rôle prépondérant: elles déterminent des galeries de relativement faible dimension, et des étages nombreux afin de suivre le creusement rapide des vallées subaériennes. On trouve en effet de tels réseaux dans un karst de montagne (Llopis Lladó). Le drainage *per descensum* étant intense, les puits sont nombreux.

Par contre, dans un *réseau exsurgent de type Padirac*, la rivière souterraine bénéficie d'un bassin d'alimentation étendu et d'une faible érosion subaérienne (ou d'un lit imperméable); elle a pu creuser une galerie pratiquement unique et de dimensions importantes.

Nous énonçons la proposition suivante:

Les réseaux conservent les reliefs qui les contiennent.

On ne peut en trouver de meilleure preuve que la présence, assez fréquente, d'un aven au sommet d'une montagne (Gouffre du Signal 1730 du Djebel Aaoua—Impuzzer du Kandar—Maroc). De même, le porche du Scialet de la Combe de Fer (Corrençon-Isère) a permis la conservation d'un fragment de relief en discordance avec le plan du lapiaz dans lequel s'ouvre ce scialet. Martel a donné de même (p. 166) quelques exemples de cavités situées sur des crêtes.

Les principales lois qui conditionnent la formation et l'allure des réseaux sont les suivantes:

1.^o Selon F. Trombe, «l'enfouissement progressif des eaux souterraines est un résultat de la corrosion.

2.^o Loi du jalonnement des eaux souterraines par une série d'avens ou de dolines; cette loi, due à l'abbé Paramelle, fut souvent discutée. On en connaît des exemples incontestables, en particulier une série de dolines jalonnant une ancienne grotte sur le plateau de Glandasse (Drôme).

Cependant, il faut convenir que, le plus souvent, ce sont des fractures tectoniques qui sont ainsi jalonnées. C'est ainsi que dans

la région de Tauplitz (Autriche), H. Bock a trouvé 7 séries d'ovens de profondeur variable alignés selon des droites parallèles (décrits par W. Krieg).

3.° Les lignes de partage des eaux en surface et dans le réseau sont absolument sans rapports; les courants superficiels et profonds ne sont pas superposés en général. Le phénomène est particulièrement net lorsqu'il y a réutilisation par l'eau de cavités anciennes (ces notions furent exprimées en particulier par O. Lehmann). Le Trou Fumant de l'Olivier (Hérault) passe sous l'Hérault; le parcours inconnu de Piaga Bella (Italie) passe sous le thalweg.

4.° Des réseaux enchevêtrés en plan, aux résurgences très proches même, peuvent être rendus indépendants par des lits imperméables; cependant les réseaux traversent fréquemment des couches imperméables de faible épaisseur.

5.° Dans les réseaux à plusieurs étages, les étages inférieurs sont de dimensions plus modestes (Martel).

6.° Les changements brusques de direction des galeries de cavernes doivent être imputés en général aux diaclases, soit qu'elles servent de drain, soit, au contraire, qu'elles favorisent la venue d'un affluent.

7.° Dans de nombreux cas, le parcours des galeries suit servilement le pendage des strates (Trou qui Souffle—Méaudre—Isère). La situation des résurgences est, en général, en application de cette loi. Néanmoins, G. Trevisen décrit la grotte de Ponikve (près Copriva-Istrie), qui est entièrement creusée à contre-strates (pendage 25°).

C'est en vertu des considérations précédentes, entre autres, que nous ne pouvons adhérer au principe défendu par de nombreux auteurs, le dernier en date paraissant être Sweeting, selon lequel les cavités s'ouvriraient dans chaque région à des niveaux caractéristiques; seul un massif strictement tabulaire peut donner lieu à un phénomène de cet ordre.

8.° La topographie des réseaux est commandée par la loi des

oubliettes: Les cavités souterraines sont constituées très généralement par des étages successifs reliés par des gouffres qui sont les agents de l'enfouissement du courant liquide (Martel).

Cette loi n'est, du reste, qu'une expression du phénomène de capture, qui se présente sous terre sous deux formes différentes:

Phénomène de capture vrai.—Deux cours vifs coulent à des niveaux différents et, soit qu'ils suivent la même ligne de diaclase, soit qu'ils se coupent, possèdent en plan un ou plusieurs points communs. Le cours inférieur forme drain jusque dans les strates supérieures tant qu'un niveau imperméable ne vient pas contrarier cette action; le cours inférieur parvient à capturer une partie, puis la totalité des eaux du cours supérieur par creusement d'un gouffre.

Phénomène d'enfouissement.—Un cours vif érode puissamment son lit; un incident topographique local permet la création d'une marmite de géants. Le phénomène gagne en profondeur et l'eau trouve plus bas un joint de stratification où une infiltration plus ou moins intense peut se produire; le creusement se poursuit en surpression au niveau inférieur, et bientôt, tout le cours supérieur s'enfouit par un gouffre; celui-ci formera drain et un cours vif inférieur pourra se creuser en amont: le schéma général sera en définitive le même.

Il est bien évident que la vue que nous donnons de ces phénomènes est un peu simpliste et que leur aspect réel peut différer assez notablement de ce schéma.

Le phénomène de capture souterraine obéit aux mêmes lois que le phénomène de surface:

1.^o L'eau cherche toujours à s'enfouir, à la recherche d'un niveau de base.

2.^o Toute discontinuité topographique constitue un drain, dont un des effets est le phénomène de «remontée de la source».

3. Les captures successives se font en remontant vers l'amont.

RÉSUMÉ

Après avoir énuméré les différents éléments qui constituent le réseau souterrain, l'auteur définit trois types de réseau: 1. Réseau de court-circuit (alochtone de Llopis Lladó), d'ordinaire à étage unique. 2. Réseau exsurgent isolé, au bassin d'alimentation limité; 3. Réseau exsurgent de type Padirac, au bassin d'alimentation étendu et dont le développement vers le bas est limité.

Après l'énoncé de la proposition générale selon laquelle les réseaux conservent les reliefs qui les contiennent sont rappelés ou définies un certain nombre de lois concernant les réseaux souterrains et en particulier la «loi des oubliettes» de Martel. Cette loi, n'étant que l'expression souterraine du phénomène de capture, ce dernier est étudié sous ses deux formes: phénomène de capture vrai et phénomène d'enfouissement par une perte souterraine.

SUMMARY

After describing the different elements constituting the subterranean system, the author defines three types of such systems: 1) The short-circuit system (alochtonous of Llopis Lladó), normally on a single level; 2) Isolated exsurgent system, with a limited feed basin; and 3) Padirac exsurgent type, with extended feed basin in which the development towards the base is limited.

After stating the general proposition that systems keep the reliefs that contain them, a certain number of laws concerning subterranean systems, and particularly Martel's «loi des oubliettes», are recalled and defined. The latter, being only the expression of the phenomenon of collection in subterranean systems, is studied under its two aspects; true collection, and disappearance by subterranean loss.

BIBLIOGRAPHIE

P. Chevalier. Hydrogéologie de la Dent de Crolles (Compte-Rendu à l'Académie des Sciences, 14 Avril 1947).

M. Desnoyers. Recherches géologiques et historiques sur les cavernes. (Ext. Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle de d'Orbigny. Paris 1845).

Ebrard. Notes sur l'origine et la formation des grottes de Pierre-la-Treiche (Bull. Section Vosgienne du C. A. F. 1938).

W. Krieg. Die Tauplitz-Schacht-Expedition 1951 (Die Höhle 1952 Heft 3/4 pages 37-46).

O. Lehmann. Die Hydrographie des Karstes (Enzyklopedie der Erdkunde-Leipzig-Wien 1932).

N. Llopts Lladó. Sobre algunos principios fundamentales de morfología y hidrología carstica (Estudios geograficos n.º 41, nov. 1950 pages 643-679).

P. Macey. Cours d'eau souterrains du Laos (Spelunca Mémoires VII 52 Juin 1908).

E. A. Martel. Nouveau Traité des Eaux Souterraines (Paris, 1921)

abbé Paramelle. L'art de découvrir les sources (Delamont 1856).

Sweeting. Erosion cycles and Limestone caverns in th Ingleborough District (The Geographical Journal-mars 1950 pages 63-78).

G. Trevisen. La caverne di Ponikve (Draga). (Il Tourista 1898, n.º 6).

F. Trombe. Traité de Spéléologie. Paris, 1952.

Los bathysciitae (Col. Catopidae) de la Provincia de Barcelona

POR

ANGEL LAGAR M.

La provechosa labor científica desplegada en el transcurso de los años por eminentes bioespeleólogos ha ido marcando poco a poco el conocimiento de los coleópteros troglobios de la fauna cavernícola de nuestra Península, que atesora en sus entrañas no pocas especies interesantes; merecido premio con el que la Naturaleza obsequia a quienes, guiados por su entusiasmo, se atreven a traspasar el umbral del reino de las tinieblas, que la fantasía popular ha sabido dotar de fabulosas leyendas terroríficas.

La historia biospeleológica de la provincia de Barcelona comienza el año 1869 en el que Diek describe su *Adelops kiesenwetteri*, con material procedente de la «cova de Collbató» (Salitre). Le sigue E. Reitter dando a conocer en 1908 el *Troglophytes (Troglocharinus) ferreri*, descrito con tres ejemplares recogidos por Mn. Faura en el Avenc d' en Roca, en 1907. Continúa la labor de exploración el Dr. R. Jeannel, quien en 1910 realiza una interesante campaña por Cataluña, recolectando material en una serie de cavidades hasta entonces inéditas. En 1917 el Dr. Zariquiey fijó su atención en

la zona del macizo de Garraf, próximo a la ciudad de Barcelona, que dió por resultado el conocimiento de varias cuevas colonizadas por *Troglocharinus ferreri*; en años sucesivos dicho señor continuó estudiando la mencionada zona, contribuyendo notablemente a dar a conocer la extensión colonizada por el referido insecto. Casi sin interrupción prosigue la exploración de localidades poco conocidas y de otras completamente nuevas; el Dr. Zariquey realiza en los macizos de Montserrat y Sant Llorens, por el año 1922, una campaña que completa definitivamente el establecimiento de límites de las especies *Speopbilus kiesenwetteri* y *patracoi*, al par que estudia otros lugares interesantes, con resultado satisfactorio. En 1934 el Sr. F. Español visita una zona situada al O. del macizo de Garraf y al N. de la depresión del Panadés, consiguiendo capturar en numerosas cavidades una especie nueva del género *Troglocharinus*; desde 1934 hasta 1948 una sistemática y reiterada serie de campañas llevadas a cabo por el mencionado señor en los relieves calizos de Garraf, así como en los restantes macizos de la provincia, amplía decisivamente la labor iniciada por Jeannel y Zariquey, arrojando como balance una importante cantidad de cavidades, en colaboración algunas de ellas con diferentes señores interesados en esa clase de estudios.

A estas actividades, señalaremos las realizadas por nosotros durante los años 1950 a 1954, por el macizo de Garraf y las sierras del Panadés, visitando las siguientes cavidades inéditas.

Zona de Torrellas de Foix:

Cova d' Obreda

- » de Foix
- » de l' Eure

Avenc de Foix

- » de Can Mateu
- » dels Castellans

Zona de Olèrdola (Villafranca del Panadés):

Forats de Sant Miquel
» del Castell de Sant Miquel
Cova del Castell de Sant Miquel
» de Ca l' Antoni
Avenc d' Olèrdola

De ellas solo hemos obtenido *Bathysciitae* en los «avencs» de Foix y de Olèrdola.

Todavía cabe añadir la labor de exploración llevada a cabo por los señores N. Llopis, A. Villarrubia, J. Montada, J. Villalta, J. Mateu y del distinguido geólogo Font y Sagué, además de diferentes miembros del Club Montañés Barcelonés, sin olvidar las copiosas recolecciones del que fué colector del Museo de Barcelona, Sr. S. Novellas.

Los *Bathysciitae* que colonizan la provincia de Barcelona se dividen en dos series: la primera integrada exclusivamente por el género *Bathysciola*, contiene especies muscícolas y endogeas, que se colectan debajo de las piedras en lugares húmedos; la segunda encierra especies cavernícolas comprendidas en los géneros *Spronomus*, *Speophilus* y *Troglocharinus*, que se encuentra siempre en las zonas más profundas y húmedas de las cavidades subterráneas, aunque excepcionalmente se las observe en cuevas donde la obscuridad no es absoluta y el grado higrométrico sea inferior al 95 por 100.

El género *Bathysciola* comprende numerosas especies muscícolas y endogeas repartidas por la cuenca mediterránea occidental y constituye el tipo menos evolucionado del filum; su colonización en Cataluña tuvo lugar a fines del Mioceno.

El género *Spronomus* también poco evolucionado y primitivo, viene representado en el dominio subterráneo de la provincia de Barcelona por dos especies; su colonización es más reciente que la de los dos géneros que siguen, probablemente durante los períodos glaciares.

Los *Speophilus* y *Troglocharinus* forman, con los *Antrocharidius* de la provincia de Tarragona, los tipos más evolucionados de la serie y, por consiguiente, su colonización debió realizarse antes del glaciario.

De las obras del Dr. Jeannel «Les fossiles vivants des cavernes» y «La genése des faunes terrestres» hemos extractado los comentarios que anteceden.

Antes de pasar a enumerar y comentar las especies deseamos hacer constar nuestro agradecimiento al Dr. Zariquiey por habernos permitido examinar su interesante colección como base de estudio; a D. Francisco Español, que debo el estudio del material del Museo, además de su colaboración personal; y por último a los amigos J. Rosell y J. M. García, con quienes he realizado interesantes campañas.

Catopidae subfam. Bathysciitae

BATHYSCIOLA ZARIQUIEYI C. Bol.

Bull. Inst. Catal. Hist. Nat., p. 18, 1919.

Montseny, 8-VI-16 (Zariquiey).

Villafranca del Panadés, 24-VI-17 (Zariquiey).

Vallvidrera, IV-25 (Zariquiey).

BATHYSCIOLA MADONI Jeann.

Bull. Soc. ent. Fr., p. 104, 1923.

Montesquiu, X-34 (Español).

Puig sa Calm, 22-VII-51 (Montada).

SPEONOMUS (s. str.) DELAROUZEEI Fairm. (s. sp. CATALONICUS Jeann)

Arch. Zool. Exp., (5), 1910.

De acuerdo con el punto de vista sostenido por el Sr. Español, la forma *catalonicus* Jeann. apenas difiere de los típicos ejemplares

de *dalarouzeei*, hasta el punto de hacerse muy difícil el aislamiento categórico de ambas formas.

Cova Bora fosca, en Tabertet, 20-VII-34 (Español).

Cova Tuta, en Castellar de Nuch (Zariquiey).

SPEONOMUS (s. str.) FUGITIVUS Reitter

Verb natf. Ver. Brunn., XXIII, p. 35, 1885.

Especie fantasma, citada de la «cova de Montserrat» (Salitre), en donde nadie la ha encontrado, debe tratarse de un error de procedencia.

SPEONOMUS (s. str.) VILARRUBIAI Zariq.

VI Congr. Intern. Ent., Madrid, p. 532, 1935.

Interesante especie localizada en una cueva del macizo de Guilleries.

Cova Feixeses, en La Salut, en los confines de las provincias de Barcelona y Gerona; (Villarrubia); 10-VIII-34 (Español); 24-IX-47 (J. Mateu).

SPEOPHILUS KIESENWETTERI Dieck

Berl. ent. Zs., XIII, pág. 350, 1869.

S. sp. sunt-llorensi Zariq., *Treb. Mus. Ciènc.*

Barcelona, IV, n.º 7, 1924; (*castellsaperai* Zar.), l. c.

Cavernícola exclusivo de las sierras de Montserrat, Sant Llorens y relieves intermedios, que ocupa todas las numerosas cuevas y simas, presentándose a menudo abundante. Se le suele observar errante sobre las formaciones estalagmíticas o refugiado debajo de piedrecitas, en lugares húmedos.

La raza de Sant Llorens de Munt y sierras situadas al O. de la riera de Les Arenes, se separa de la forma tipo por el pronoto más transversal, menos estrechado en la base y por la quilla mesosternal más alta, a menudo formando un ángulo casi recto. La forma

castellsaperai Zar., propuesta para las cavidades situadas al O. de la riera de Les Arenes, es prácticamente imposible de aislar, debido a la variabilidad que presenta la forma de la quilla mesosternal, único carácter señalado para separarla de *sant-llorensi* Zar., motivo por el cual preferimos prescindir de ella, refiriendo a la s. sp. *Kiesenwetteri* s. str., las localidades ubicadas al O. del río Llobregat (Montserrat) y la s. sp. *sant-llorensi* todos los fenómenos kársticos situados al E. de dicha corriente fluvial (nacizos de Sant Llorens y Serra de l'Obac).

Subsp. *Kiesenwetteri* s. str.:

Cova Salitre, en Collbató, tipos de Dieck; 23-VII-10 (?); 10-X-22 (Novellas-Zariquiey); 8-IV-42 (Español); 6-IV 52 (O. Andrés).

Cova Freda, en Collbató, 23-X-22 (Novellas).

Cova Mansueto, en Collbató, V-33 (Español-Vilarrubia).

Avenc sin nombre, en el camino de Collbató al Monasterio, XII-22 (Zariquiey).

Avenc dels Ponetons, en Collbató (Español).

Avenc Costa Dreta, X-22 (Novellas).

Cova del Pas, en Castellolí, X-22 (Novellas).

Subsp. *sant-llorensi* Zar.:

Cova de Manel, 3-XII-22 (Novellas); XI-32 (Español); 5-X-52 (O. Andrés); IV-42 (J. Montada).

Cova Simanya, 3-XII-22 (Novellas); 15-XII-32 (Español); XI-23 (Novellas).

Cova St.^a Agnés, 3-XII-22 (Novellas); XII-32 (Español).

Cova dels Obits, 1-XI-22 (Novellas).

Avenc del Club, XI-22 (Novellas).

Avenc de Can Pobla, XI-22 (Novellas); 1-XI-32 (Español).

Cova de les Animes, 1-XII-22 (Novellas).

Cova del Frare, 1-XI-22 (Novellas); IX-44 (Montada); IV-46 (Vives).

Cova Nova, 1-XI-22 (Novellas).

Avenc Codoleda, 12-V-35 (Español),

Avenc del Daví, XI-22 (Novellas); 16-XI-52 (O. Andrés).

(*Castellsaperai* Zar.)

Avenc de Castellsapera, 12-X-13 (Codina); 25-IX-22 (Novellas).

Avenc de Pinasses, 3-XII-22 (Novellas).

Avenc de Sant Jaume, 15-XI-22 (Novellas).

Cova fosca de Matarrodona, 25-XI-22 (Novellas); 12-III-34 (Español).

Balmes de Mura, 1-XI-25 (Mn. Faura); 4-III-34 (Español).

SPEOPHILUS PATRACOI Zariq.

Butll. Inst. Catal. Hist. Nat., XXII, p. 162, 1922.

Descrito por el Dr. Zariquiey como raza de *kiesenwetteri*, fué elevado poco después por el Dr. Jeannel a la categoría específica, criterio que encontramos plenamente justificado.

Cova Patracó, cerca de Esparraguera, 10-X-22 (Segarra, Novellas y Zariquiey); 26-XI-50 (Lagar-J. M. García); 15-II-53 (O. Andrés.)

TROGLOCHARINUS FERRERI Reitt

Wiener ent. Zeitg. XXVII, 1908; tipo: A. d'en Roca (*jeanneli* Zar): *Jr. Inst. Catal. Hist. Nat.*, 1917, tipo: C. Fou Montaner:

(*zaríquieyi* Jeannel) *Jr. Mus. Ciènc. Nat. Barcelona*, IV, n.º 8, 1924, tipo: Avenc de la Funiosa.

(*fonti* Zar.): *Jr. Mus. Ciènc. Nat. Barcelona*, IV, N.º 7, 1924. tipo: Avenc de Vermell.

(*codinai* Zar): *Jr. Inst. Catal. Hist. Nat.*, 1917; tipo Cova fosca de Gavá.

Cavernícola exclusivo de los relieves kársticos situados al O. del río Llobregat, que coloniza las innumerables cuevas y simas de las montañas conocidas por «macizo de Garraf».

Las razas establecidas por los Sres Jeannel y Zariquiey son a nuestro juicio, difíciles de sostener, dada la extremada variabilidad que presentan los caracteres asignados por los referidos autores (formas del tórax de la quilla mesosternal y tamaño), que en una misma cueva presentan todos los casos de transición, por lo que se hace sumamente laborioso el aislamiento subespecífico de las formas propuestas, como hemos podido comprobar ultimamente al estudiar numerosísimos ejemplares recogidos a lo largo y ancho de todo el indicado macizo. Sin desdeñar, desde luego, la labor de tan meritísimos maestros, preferimos nosotros por ahora prescindir de tales razas, dada la inestabilidad de sus caracteres, y referir al complejo *ferreri* (sensu lato) todo el material que conocemos. Aparte de lo expuesto, la abrumadora densidad de los fenómenos kársticos, hacen imposible toda separación geográfica que pueda establecer límites más o menos precisos entre las subespecies antaño creadas.

En la ordenación geográfica de las cavidades que conocemos material hemos seguido el criterio del Sr. Termes Anglés: «Catálogo espeleológico de la región de Garraf», en SPELEON, tomo III, n.º 3, 1952.

Avenc Terradelles, 10-VI-34 (Español).

Avenc del Vallés, III-24 (Zariquiey).

Avenc Caietá, 2-XII 34 (Español); 13-IV-47 (Español, Montada).

Cova fosca de Gavá, X-1910, restos (Jeannel-Rakovitza); 14-X-17. (Zariquiey); 17 II-35 (Español); 11 XI-50 (Lagar-J. M. García); 1-12-50. (Lagar-Rosell); 21 III-51 (Lagar-F. Calva); 29-VIII-51 (Lagar-Nieto).

Avenc del Clòs, 1-III-36 (Español).

Avenc de Mas Trabal, I-1936 (Español); 19-I-35 (Zariquiey).

Avenc de la Troneda, 13-VI-47 (Español); 9-XI-52 (O. Andrés).

Avenc de Sant Roc, III-24 (Zariquiey); 1-III-36 (Español).

Arenc petit de Sant Roc, o de les Valls. (R. Amat); III-36 (Español).

Arenc del Vermell, 16-XII-22 (Zariquiey).

Arenc de la Riera de Begues, (Español).

Arenc de la Ferla, V-19149 (Col. Museo).

Arenc de l, Escarrá, V-48 (Vicens).

Arenc Grévola, 9-XII-34 (Español).

Arenc Puigmoltó, 26-I-36 (Español).

Arenc de les Pedres (Español).

Arenc de Can Sadurní, 30-IX-35 (Español).

Cova de Can Sadurní, 30-IX-35 (Español).

Arenc del Marge del Moro, XI-36 (Rovira).

Arenc del Serrat de la Cova Bonica, 17-I-37 (Español).

Arenc del Pinet (Zariquiey).

Arenc Pla de les Bassioles, 17-I-37 (Español).

Arenc gran de la vinya d'en Tita, XI-36 (Español).

Arenc de les Bombes, XII-36 (Español).

Penya esquerdada o Esquerda de Mas de les Fonts, VIII-36 (Llopis).

Cova de Lladoner, 20-V-34 (Zariquiey); 17-VI-34 (Zariquiey); 10-II-35 (Español); 10-I-36 (Español); 7-V-36 (Español); IX-36 (Rovira); 13-VII-47 (Español-Montada); 20-III-48 (Español).

Cova Coll de Verdaguer, 2-V-36 (Español); II-37 (Español).

Cova de Pla de les Comes, 10-I-37 (Español).

Arenc de Penya Blanca (Español).

Cova de la Fou de Montaner, X-1910 (Jeannel-Rakovitza); 26-X-17 (Zariquiey); 20-XII-24 (Zariquiey); 7-V-36 (Español); 29-IX-36 (Llopis) 9-XI-41 (Español); 12-X-50 (Lagar. J. M. García); 39-V-51 (Lagar).

Arenc Clar n.º 2, VIII-24 (Español).

Arenc Claperons gran, XII-36 (Español).

Arenc Claperons petit, XII-36, restos (Español).

Cova-avenc del Pla de Comes, VIII-44 (Español).

Avenc Llaurer, 30-V-35 (Español).

Avenc Fou de Montaner (Español).

Avenc de l'Arcada o Font i Sagué, 21-II-37 (Español); 4-IV-37 (ídem).

Avenc dels Esquirols, 14-V-37 (Rovira); 25-IV-37 (Español).

Avenc d'En Roca, 4-XI-17 (Zariquiey, Guimjuan, Rosés); IV-37 (Español).

Avenc Nou, 8-XII-35 (Zariquiey).

Avenc de l'Esberla, 26-IV-36 (Español).

Avenc de la Funiosa (Zariquiey).

TROGLOCHARINUS ESPAÑOLI Zar.

SPELEON, tomo I, núm. 3-4, 1950.

SPELEON, tomo III, núm. 1-2, 1952.

Cavernícola descubierto en 1934 por D. Francisco Español en las sierras situadas al N. de la depresión del Panadés y repartida también ampliamente en los macizos calcáreos que se adentran en la provincia de Tarragona.

Especie sumamente variable, para la que se han propuesto una serie de razas geográficas difíciles de precisar, por estar basadas en caracteres poco constantes, que varían inclusive en individuos dentro de la misma cueva, como hemos tenido ocasión de comprobar al examinar detenidamente numerosos ejemplares de todas las cavidades; si se comparan dos tipos extremos, por ejemplo *español* s. str. con *portai*, se observan diferencias precisas en la forma general del cuerpo, esbelta en el primero y robusta en el segundo, así como los tórax, ángulos humerales diferentes y antenas; pero entre ambos extremos encontramos todos los intermedios y pasos de transición, que hacen de estas razas prácticamente inseparables. Por otra parte, el factor geográfico no se puede tener en cuenta, al no existir entre las diversas cuevas límites precisos, que permitan considerar a estas formas como verdaderas razas geográficas.

Una campaña realizada por nosotros en febrero de 1951 a la parte de Olèrdola, dió por resultado el hallazgo de esta especie en zona bastante apartada, concretamente al S. de la depresión del Panadés, no lejos de Vilafranca del Panadés.

De la provincia de Barcelona se conoce material de las siguientes cavidades:

Avenc d'Ancosa (*español* s. str.), en Pontons, IX-34 (Español); cova de la Serra de C'an Virella, en Orpí, IX-34 (Español).

Avenc de Foix (*rosell* Lagar), en la sierra de Foix, térm. de Torrellas; 30-XII-51 (Lagar-Rosell); 3-II-52 (Lagar-Rosell). La sima «avenc de Foix» se halla ubicada en la vertiente meridional del Pujol de Foix; su topografía es irregular y bastante accidentada.

Cova del Bolet (*portai* Zar.), en la sierra de Fontrubí, término de San Quintín de Mediona, 18-II-34, restos (Zariquiey); 24-XII-34 (Español); 12-XI-50 (Lagar-Rosell); 7-I-51 (Lagar-Rosell); 18-IX-51 (Lagar); 27-V-53 (Lagar). — Cova gran de Santa Ana, en la montaña de Clivelleres, 24-XII-34 (Español). La cova de Bolet, abierta en caliza triásica, tiene una longitud de unos sesenta metros; de la primera sala, bastante amplia, se penetra al interior por una estrecha galería; la cueva, en general, es bastante seca y los *Troglocharinus* se encuentran muy raros en los escasos rincones húmedos que posee la cavidad.

Avenc d'Olèrdola (*olerdolai* Lagar), junto al castillo de Sant Miquel, al S. de Vilafranca del Panadés, 11-II-51 (Español-Lagar). El avenc de Olèrdola es una pequeña sima de unos 12 m. de profundidad, sin zona oscura ni humedad constante. Los *Troglocharinus* se encuentran en la parte más profunda, refugiados bajo una masa de piedras procedentes del exterior, algunas de regular tamaño, que dificultan la búsqueda, debido también a la estrechez del fondo.

RÉSUMÉ

Dans cette note on fait une étude commentée des Bathysciitae qui colonisent les massifs calcaires de la Province de Barcelona (Espagne).

Ils sont représentés par deux séries: muscicola-endogés et cavernicoles. Les premiers correspondent au genre *Bathysciola* que l'on ramasse sous les pierres dans les champs. Les cavernicoles appartiennent aux genres *Speonomus*, peu évolué et primitif, *Speophilus* et *Troglocharinus* qui représentent les types les plus évolués de la série.

En 1869 Dieck commença les explorations scientifiques, elles furent suivies par celles de Faura y Sans, Jeannel, Zariquiey, Español et d'autres encore jusqu'à nos jours. On fait un commentaire bref de ces colonisations en se basant sur les ouvrages réputés du Dr. Jeannel. Enfin on donne une liste détaillée des espèces connues avec la cataloguisation complète des cavités explorées jusqu'à ce jour et habitées par des Bathysciitae.

SUMMARY

This note contains a study of the Bathysciitae that colonize the limestone massifs of the province of Barcelona (Spain). These represent two series: endogenous muscicola and cavernous. The former correspond to the *Bathysciola* gathered under stones in the fields. The cavernous belong to the more primitive and slightly evolved genus, *Speonomus*; and the more advanced types of the series, *Speophilus* and *Troglocharinus*.

In 1869, Dieck initiated scientific investigations, which were followed by those of Faura y Sans, Jeannel, Zariquiey, Español, and others, down to the present time. The brief commentary on these colonizations is based on the well-known works of Dr. Jeannel. Finally, a detailed list is given of the known species, with a complete catalogue of the caves explored to date in which Bathysciitae have been found.

BIBLIOGRAFIA

- R. Jeannel.—Rev. Bathysciinae, 1911.
- R. Zariquiey.—Treb. Inst. Catal. Hist. Nat., 1917.
- R. Zariquiey.—Treb. Mus. Ciènc. Nat. Barcelona, vol., 4.º, 1924.
- R. Jeannel.—Treb. Mus. Ciènc. Nat. Barcelona, vol., 4.º, 1924.
- R. Zariquiey.—VI. Congr. Intern. Ent., Madrid, pág. 532, 1935.
- R. Jeannel.—Monographie des Bathysciinae. 1924.
- R. Zariquiey.—Nueva especie del gén. *Troglocharinus*, SPELEON, tomo I, número 3-4, 1950.
- A. Lagar.—SPELEON, tomo III, núm. 1-2. 1952.

SECCION DE EXPLORACIONES

CATALUÑA

Observaciones aéreas en las Costas de Garraf.—El día 21 de mayo, gracias a la colaboración entre el Grupo de Exploraciones Subterráneas del C. M. Barcelonés y el Aero-Club de Barcelona-Sabadell, se efectuaron interesantes observaciones aéreas sobre las Costas de Garraf, que contribuirán al mejor conocimiento de la hidrología kárstica de aquella zona. La expedición tuvo por objeto la búsqueda y exacta localización de resurgencias submarinas: se realizaron tres vuelos, uno a 400 m. de altura, otro a 150 m. y finalmente uno rasante sobre las aguas, viéndose coronados por el éxito. En efecto, aparte el descubrimiento de 8 nuevas resurgencias (n.º 1 y n.º 2 de Punta Ginesta, n.º 1 y n.º 2 de Penyes Rojes, de Punta Ferrosa, n.º 1, n.º 2 y n.º 3 de la Punta de la Cova del Pebre) se hicieron importantes observaciones, que una vez integradas a las investigaciones navales y submarinas en curso (realizadas en colaboración por el

Grupo de Exploraciones Subterráneas del C. M. Barcelonés y el E. R. E. de la A. E. de Cataluña), es probable contribuyan al esclarecimiento de las causas del extraño régimen hídrico de la resurgencia de La Falconera. La expedición estuvo constituida de la manera siguiente: Director y observador fotógrafo, Joaquín Montoriol; observadores visuales, Francisco Vicens y Francisco Barceló; piloto, Jorge Solé. Se empleó una avioneta Stinson cedida desinteresadamente para tales investigaciones por el Aero-Club de Barcelona-Sabadell.

G. B. S. DEL C. M. B. (Barcelona)

BALEARES

Expedición a la península de S' Albufereita (Menorca).—Durante los días 6 al 12 de agosto, y organizada en común por el E. R. E. de la A. E. de Cataluña y el Grupo de Exploraciones Subterráneas del C. M. Barcelonés, se desplazó a la isla de Menorca una expedición con el

objeto de estudiar los fenómenos kársticos de la península de S'Albufereta (Fornells, Mercadal). La expedición quedó constituida de la siguiente manera: por el G. E. S. del C. M. B.: señores Joaquín Montoriol, Jaime Assens, Fernando Termes y José M.^a Armengou; por el E. R. E. de la A. E. C.: señores Antonio Ballester, Francisco Sibila, Srta. Julia Calzada y Agustín Tonietti.

La más importante de las cavidades exploradas fué la Cova de Na Polida, que ofrece la particularidad de presentar tres lagunas subterráneas. Mediante el empleo de escafandras autónomas a circuito abierto, se logró recorrer multitud de galerías sumergidas, así como descubrir una entrada submarina a la caverna. Se efectuó asimismo el descenso al Avenc de S'Albufereta, que presenta un profundo lago terminal; y, tras forzar un sifón submarino con el empleo de escafandras autónomas, se descubrieron importantes cavidades en la Cova dels Anglesos. Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo serán objeto de una publicación en la presente revista.

G. E. S. E. R. E. (Barcelona)

ASTURIAS

Exploración de la cueva de D.^a Urraca.— Por los Sres. M. Julivert, J. Ortíz y A. Fernández-Corugedo, el día 28 del pasado mes de noviembre, se realizó la exploración de esta cueva, situada en El Torno (Concejo de Grado), en el kilómetro 13 de la carretera a Restiello. Está formada por dos galerías superpuestas, por el piso inferior discurre un curso de agua, el superior es seco. El curso de agua resurge 10 m. por debajo de la entrada de la cueva. En épocas de gran pluviosidad llega a salir el agua por la entrada, es decir que ésta tiene el carácter de resurgencia trop-plein. El recorrido total de la cueva es de 60 m., si bien en las épocas de mínima circulación pueda, tal vez, remontarse el río hipogeo. Se han encontrado algunos ejemplares de coleopteros.

A. FDEZ.-CORUGEDO

BIBLIORGRAFIA

KARPOFF, (R.)—**Observations préliminaires sur l'hydrologie du Bas-Sahara.**—Congr. Géol. Int., C. R. de la XIX emme session, Alger 1925, section VIII (fsc. VIII), L'Hydrogeologie des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 200-231, 8 figs., Alger 1953.

Existe un vasto problema en cuanto al origen de las aguas localmente abundantes en los terrenos de relleno continental del Bajo Sahara. Empieza el trabajo con un estudio estratigráfico regional, al que sigue el estudio hidrológico, A la vista de los datos geológicos, el origen del agua subterránea puede buscarse en infiltraciones del agua de los «oueds», en épocas de crecida. También puede haber alimentación por aguas ascendentes del substrato secundario y más especialmente del cretácico continental. Esta segunda hipótesis ofrece menos garantías que la primera. Los plegamientos recientes juegan un papel preponderan-

te, ya que explicarían las diferencias notables que existen entre algunas grandes cuencas, artesianas a no.

M. JULIVERT (Oviedo)

EDELMAN, J. H. Y TSCHBLTZOFF, O.—**Hydrogéologie de la zone cotière du Rharb Marocain.**—Congr. Geol. Int., C. R. de la XIX emme session, Alger 1952, section VIII (fasc. VIII). L'Hydrogeologie des Régions Arides et Sub-Arides, págs. 189-200, 7 figs., Alger 1953.

Se estudia una zona caracterizada por la presencia de dos capas de agua superpuestas: salada y dulce. En razón a la complejidad de este sistema hidrológico, y lo poco conocido de su teoría, esta nota va precedida de una parte teórica. A ella sigue el estudio de la región del Rharb. En ella se distinguen cinco zonas paralelas: el mar, las dunas W., las merdjas objeto de estudio, las dunas E.

y las merdjas E. La superficie de separación entre el agua dulce y salada se encuentra a -160 m. en las dunas E., a -110 m. en el límite W. de las merdjas, y a -65 m. en las dunas W. Entre ambas capas de agua se encuentra una zona intermedia, con un espesor del orden de los 10 m. El agua salada está en reposo. Respecto a la circulación de las aguas subterráneas, puede limitarse al estudio de la infiltración del agua dulce. Debajo de las dunas W. se encuentran areniscas permeables. Debajo de las dunas E., alternancia de margas y arenas, y bajo las merdjas E. arcillas impermeables. No se conoce con precisión el límite W. de las alternancias. El subsuelo de las dunas W. está formado completamente por materiales permeables, pero no forma un medio homogéneo, una o varias capas de areniscas deben ser poco o nada permeables, creando mantos cautivos, como se deduce de las observaciones realizadas en uno de los sondeos. De las cinco zonas existentes, dos tienen niveles freáticos impuestos. El mar, las merdjas estudiadas y las merdjas E. Las regiones de dunas tienen planos abombados bajo la influencia de las infiltraciones fluviales. Las aguas de infiltraciones infiltran al principio en profundidad, luego ascienden hasta las merdjas o el mar. Actualmente hay en las merdjas canales de drenaje. Hace unos años estaban aun en su estado natural y el agua se evaporaba depositando, su contenido en sal, que aunque muy débil, (se trata de aguas dulces) se acumuló en el transcurso del tiempo. A este

fenómeno se superpone otro, el de las inundaciones periódicas de las aguas del Sebou y M'da, el agua se evapora igualmente dejando pequeñas cantidades de sal. En consecuencia las merdjas son actualmente saladas. En el subsuelo de las merdjas existe una impregnación de sal. Esta salinidad puede explicarse por dos hipótesis: por difusión de la sal contenida en las merdjas, o por aporte de agua salobre por las corrientes de agua dulce que circulan en las proximidades de la interfase.

M. JULIVERT (Oviedo)

A. BONNET, I. DU CAILLAR, I. COUDERC ET J. BARTHEZ.—**La Tonne au Diable.**—Annales de Spéléologie, T. VII, fasc. 4, pp. 147-152, 4 figs.—París 1952.

Las bocas de la cavidad se hallan alineadas en un talweg que desciende del Col de la Glacière (Massif des Bornes), siguiendo un décrochement entre las masas urgonienses del anticlinal de los Rochers de Leschaux y la continuación de este mismo anticlinal en dirección de Mont-Saxonnnes.

La caverna se halla constituida por un conjunto de rampas y pequeños pozos que llevan a los -166 m., siguiendo luego una gran sima de 95 m. y otra menor, por la que se alcanza la profundidad máxima de -277 m. Entre los -136 m. y los -166 m. se desarrolla un inestable caos de bloques que forma la parte superior del pozo de 95 m. La formación

carece prácticamente de formas litogénicas, faltando asimismo los depósitos arcillosos, a excepción del pozo terminal; los materiales clásticos son el único depósito observable. Las acciones erosiva y de disolución son visibles en toda la cavidad.

El origen de la caverna se halla íntimamente relacionado con el décrochement, sobre el que ha actuado la erosión y la disolución, no apreciándose en ningún punto un vacío tectónico. La ausencia de depósitos arcillosos hay que relacionarla con lo acusado del relieve, que provoca un rápido drenaje hacia los valles profundos. Mas interesante es la ausencia de procesos reconstructivos, que sería debida al gran caparazón glaciar alpino que recubría la casi totalidad del citado macizo. En efecto, las cavidades sirvieron de conductos de evacuación de las aguas de escurrimiento subglaciares, y luego drenaron el agua de fusión durante el retroceso de la gran masa de hielo. Todas estas aguas eran especialmente pobres en CO_2 , debido a la ausencia de una capa de humus que las enriqueciera, y, en consecuencia, incapaces de poderse cargar fuertemente de bicarbonato y poderlo luego depositar.

J. MONTORIOL PONS (Barcelona)

JEAN GOCUEL. — **Données techniques sur l'effondrement des cavités souterraines.** — Annales de Spéléologie, T. VIII, fasc. 1, pp. 1-8, 8 figuras. — París, 1953.

Se estudia el mecanismo de los hundimientos que se producen en las galerías artificiales subterráneas. Para ello es necesario analizar previamente la repartición de los esfuerzos que, en ausencia

de toda cavidad, se transmiten a través de las rocas. Hay razones para creer que bajo un suelo horizontal, existe una repartición hidrostática de las presiones. Si originalmente ello no fuera así, las compresiones que a la larga deben producirse en toda roca, llevarían la repartición hacia el citado sistema hidrostático. Por el contrario, bajo un suelo inclinado no es posible tal repartición, ya que no se hallaría en equilibrio con los esfuerzos exteriores: en las zonas alejadas de la superficie las presiones se repartirían uniformemente, pero cerca de las pendientes habría un máximo, que tendería a ser paralelo a ellas, y un mínimo en dirección perpendicular.

Supongamos, para simplificar, que en un terreno con sistema hidrostático de repartición se abre un túnel circular. Si consideramos una serie de anillos concéntricos alrededor del túnel, veremos que en el inmediato el empuje radial es mínimo, mientras que el tangencial es enorme; al tratar de anillos sucesivamente alejados, va disminuyendo el gran empuje tangencial y aumentando el radial, hasta que, a una cierta distancia, las presiones se reparten uniformemente igual que antes. En una roca muy dura tal disposición podría subsistir largo tiempo, pero ello no puede ocurrir en una roca capaz de adaptarse, aunque sea un mínimo. En tal caso, el anillo interior, más cargado, se aplasta disminuyendo su radio ligeramente, de tal manera que la presión tangencial se reduce extraordinariamente. Este efecto se transmite proporcionalmente amortiguado a los anillos vecinos, hasta una cierta distancia. Luego, al final del fenómeno, nos hallamos con que primero, al alejarnos del túnel, va en aumento la presión tangencial hasta cierto límite, disminuyendo después en forma normal y, a su

ficiente distancia, se alcanza la distribución hidrostática. Si la roca es muy poco coherente (arenas, por ejemplo), no puede subsistir la oquedad a menos que provoquemos una presión radial artificial, que haga funcionar el conjunto de las partículas como los elementos de una bóveda.

Si la galería no es circular, lo que es el caso corriente, los anillos que tienden a funcionar como bóvedas se organizan a su alrededor presentando grosores y radios de curvatura muy diferentes. En los contornos poligonales, los lados rectilíneos poseen una débil carga tangencial, tendiendo, por el contrario, a empujar hacia la galería. En el caso de que fuera trapezoidal, lo corriente sería que el suelo tendiese a elevarse (ello demuestra que no se trata de una presión según la vertical, sino que hay distribución hidrostática en todas direcciones).

Puede ocurrir que, por sucesivos desprendimientos de bloques, el perfil vaya regularizándose, tendiendo a aguantar mejor los esfuerzos. En efecto, las masas que penden de la bóveda, se hallan sólo sometidas a muy bajas presiones tangenciales, con lo que podrán más fácilmente fisurarse y desprenderse. Puede ocurrir incluso que la acción de la presión tangencial transmitida por la bóveda, haga aparecer fuerzas de extensión en la parte colgante, que caerá rápidamente, bien sea por fisuración o por alteración. (Según observaciones de Cagarrn, las porciones de roca sometidas a fuertes presiones se alteran menos que las que no se hallan sometidas a tales fuerzas, lo que podría ser debido a que la presión «cierra» las fisuras microscópicas por las que penetran los agentes de alteración). Como ejemplo de la evolución citada, pueden mencionarse los gigantescos puentes graníticos de Utan

(llegan a 100 m. de abertura), que por evolución natural han alcanzado un perfil que se aparta poco del calculado por un ingeniero).

Muy interesante es el caso que se observa en las minas de carbón, situadas, por lo común, en terrenos de débil resistencia mecánica. Durante su explotación se aguanta artificialmente el techo hasta algunos metros del frente de corte, dejándose que se fracture por detrás del citado sostén. La experiencia demuestra que la tal fracturación no afecta más que a los estratos inmediatamente superiores al carbón, mientras que los más elevados se inflexionan progresivamente, reposando sobre los restos de los primeros. Así pues, los estratos quedarían «despegados», y la presión de los terrenos más elevados no se transmitiría hasta el fondo. Se produciría, pues un efecto de bóveda. Ahora bien esta distribución no debe considerarse definitiva, ya que por las progresivas inflexiones, los estratos vienen a apoyarse unos sobre otros y el fenómeno acaba repercutiendo al exterior, según dos áreas delimitadas por la intersección con el terreno de dos superficies cónicas, cuyas generatrices presentan una inclinación que se determina empíricamente. En el área circular central hay sólo desplazamiento vertical; más o menos igual, mientras que en la anular exterior éste varía y aparecen esfuerzos de extensión considerables.

El caso analizado es sólo válido para rocas poco resistentes mecánicamente; si son duras no pueden llegar a apoyarse sobre los materiales fracturados. En tal caso se produce un desprendimiento sucesivo de bloques, dando una forma en campana, cuya base se halla ocupada por los restos de roca desprendidos.

Cuando el extremo se aproxima a la

superficie, la repartición de los esfuerzos debe tender a modificarse. La llave de la bóveda puede finalmente hundirse y la cavidad desembocar al exterior. A partir de tal momento el agujero puede ensancharse rápidamente, cayendo los restos dentro del pozo y llegando a cagarlo. Al final, tomará el aspecto de una depresión superficial (cuyo volumen deberá tener cierta relación con el de los materiales desaparecidos al formarse la cavidad inferior), cuyas pendientes presentarán el ángulo según el cual se rompe progresivamente la roca. En todo caso no debe confundirse el aspecto superficial del hundimiento, que parece producirse según superficies inclinadas hacia el interior del agujero, y su desarrollo profundo que siempre corresponde al ensanchamiento progresivo de una especie de cúpula.

J. MONTORIOL Pous (Barcelona)

ALBERT LACROIX.—**Contribution à l'étude de la formation des perles des cavernes.**—*Annales de Spéléologie*, T. VIII, fas. 2, pp. 65-69, 3 figs.—París 1953.

La presencia de perlas de las cavernas en las minas, ya señalada por Cailleux, es de gran interés, puesto que, contrariamente a lo que ocurre en las cavernas naturales, son cavidades de edad conocida. El estudio de documentos y planos relativos a la mina «des Espeyroux» pone de manifiesto que la edad de los nódulos en ella hallados en 1952, no excedía de 33 años. A pesar del débil espesor del terreno (no sobrepasa los 50 m.), y de la presencia de dos capas dolomíticas prácticamente insolubles, éste ha proporcionado la cantidad suficiente de carbonato cálcico. Ello podría

ser debido a la presencia de una capa de mineral de hierro oolítico que hubiera puesto en circulación sales solubles de cal almacenadas por epigénesis: en efecto, parece ser que el óxido de hierro hidratado puede hallarse disuelto en el agua por intermedio del gas carbónico (pueden intervenir también otros ácidos); esta solución presenta la propiedad, al encontrarse con calizas, de precipitar el óxido de hierro a cambio de llevarse una cantidad equivalente de cal. Sería pues necesario admitir el depósito, en el techo de la capa, de notables cantidades de sales solubles, y por ello debemos descartar la hipótesis.

Dos hechos explican, no obstante, la formación acelerada de las concreciones: 1) Una serie de hundimientos en la zona de explotación—de amplitud decreciente de N. a S.—han producido un conjunto de fracturas por las que han podido penetrar las aguas pluviales. Estas aguas circulan pues por fisuras recientes, y por rocas que desde que se depositaron nunca habían entrado en contacto con un disolvente. 2) El coeficiente de solubilidad de un sólido dado, de un determinado disolvente, depende ante todo de la temperatura. Durante los temporales de final de verano, las aguas de lluvia tibias entran en contacto con las rocas sobrecalentadas, por lo cual el coeficiente de solubilidad alcanza elevados valores. Al desembocar en las galerías de la mina, mucho más frías, las soluciones saturadas precipitan.

Es de notar que si bien algunas galerías presentan el piso recubierto por una capa de calcita, las estalactitas son muy raras y las estalagmitas inexistentes; que bajo algunos puntos de degoteo existen nidos (muchos con perlas cuyo tamaño oscila entre una cabeza de alfiler y un huevo de palomo); y que en algunos pun-

tos las oquedades en donde se han formado las perlas han sido invadidas por depósitos, tan rápidamente que han quedado primeramente inmovilizadas y luego recubiertas.

J. MONTORIOL PONS (Barcelona)

LUCIO PIPAN.—**Sulla livellazione aneroidica sotterranea.** — Rassegna Speleologica Italiana, anno VI, fasc. 1, pp. 17-24, 2 tab.—Como 1954.

El objeto del trabajo es poner de manifiesto el grado de precisión de la nivelación aneroidica subterránea. Al comenzar las mediciones se tenía la convicción de que las condiciones meteorológicas internas (temperatura y humedad, influyendo sobre el peso del aire; corrientes anemoscópicas, actuando directamente sobre la presión), eran la causa de los errores, hallándose en programa el cálculo de coeficientes de corrección para las fórmulas barométricas. Resultó, no obstante, que las supuestas anomalías residían en el propio mecanismo de los aneroides (anomalías mucho mayores que las producidas por las anormales condiciones térmicas e higrométricas y no proporcionales además a la profundidad, ni del mismo signo).

El modelo de aneroides corriente (con una sola cámara de vacío y transmisión mecánica por ejes) se muestra como totalmente inadecuado para tales operaciones. Si suponemos un desnivel de un metro y operamos con un aneroides cuya cámara de vacío posee un diámetro de 5 cm. 6 cm., la variación bórica (0,1 mm.) provocará un movimiento en las paredes de 0.0005 mm.: tales movimientos infinitesimales quedarán absorbidos por los cinco ejes. Además, la curva del

aparato viene modificada por la alternancia de compresiones y descompresiones, la diferente velocidad de las mismas y los diferentes tiempos de reposo, condiciones todas ellas que son las corrientes durante su empleo bajo tierra.

El modelo de aneroides moderno, con diversas cámaras de vacío en batería, da mejor rendimiento, debido a producirse un movimiento inicial mayor, cuya aplicación es llevada a cabo por un fino engranaje. El autor cree no obstante que el único tipo de aneroides verdaderamente satisfactorio es el de Paulin (que no se halla difundido), en el cual los movimientos de la pared de la cámara de vacío vienen registrados por un índice, fijado a un tornillo micrométrico, que en el momento de la lectura se hace bajar, poniéndose de manifiesto el ligero contacto gracias a un circuito eléctrico en el cual va intercalado un miliamperímetro.

Se hace un detallado análisis de los resultados obtenidos en diversas cavidades (particularmente en la 185 V. G. —Abisso de Opicina Campagna—). Las lecturas se hicieron siempre con el siguiente método: 1) Apoyado el barómetro horizontalmente en el suelo, se dan golpecitos en el vidrio para ayudar al sistema mecánico de amplificación; 2) Esperar cinco minutos; 3) Dar más golpecitos—ahora muy suaves—con la visual perpendicular a la escala; 4) Hacer una segunda y luego una tercera lectura, siempre con el intervalo de un minuto y después de haber golpeado el vidrio. Se toma el valor medio de las tres lecturas redondeado a la décima de milímetro. Reducidas las tres lecturas a idéntica hora, se calculan los desniveles con la fórmula de Babinet,

$$\Delta = 16000 (1 \pm \alpha \text{ tm}) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$$

en la que: p_1 y p_2 = presiones; tm = tem-

peratura media de la columna de aire; $\alpha = 0,003665 =$ coeficiente de la dilatación térmica del gas). Aunque en algunos casos muy favorables se obtuvieron resultados de sorprendente exactitud (en un pozo de 95,90 m; diferencia máxima = -0,28 m., id. media = +0,07 m.), lo corriente es que empleando la nivelación aneroidica subterránea se obtengan errores de ± 4 m. en la media descenso-ascenso y de 5 m.-7 m. en un sólo descenso, siempre que las operaciones se hagan con experiencia. Dentro del límite de algunos centenares de metros este error no es proporcional a la profundidad.

J. MONTORIOL PONS (Barcelona)

CARLO F. CAPELLO.— **La grotta di Bossea.**—Rassegna Speleológica Italiana, anno VI, fasc. 2, pp. 47-67, 27 figuras (2 pl., 25 fots.).—Como 1954.

Diferenciándose de los otros sectores alpinos, el arco occidental no presenta extensas áreas calizas y es por ello que aparecen poco desarrollados los fenómenos kársticos. No obstante, la zona del Monregalese comprendida entre Mondovi el Marguareis y el alto Tanaro es una excepción a ello, presentando toda la gama de manifestaciones kársticas. Uno de tales fenómenos es la Grotta di Bossea, cuyo pórtico de entrada, a 836 m. de altitud, se abre a 150 m. al N43E de Bossea. Los relieves comprendidos entre la dorsal de los Alpi Liguri y la cuenca de Mondovi se hallan constituidos por estratos no muy potentes de calizas grisáceas liásicas, sostenidas por las pizarras pérmicas subyacentes. La caverna se halla instalada cerca de una charnela sinclinal, apareciendo en algu-

nos puntos de ella los materiales pérmicos.

Se trata de una cavidad de 1.317 m. de longitud, con un desnivel interno de +183 m. Morfológicamente deben considerarse dos porciones: la primera zona (600 m.), formada por grandes salas, presenta todos los caracteres de una caverna de hundimiento, anteriormente instalada entre los terrenos triásicos y pérmicos; la segunda, situada a continuación y a nivel más alto, corresponde a una gran fractura principal, orientada E.-W., y otras paralelas a ella, enlazadas todas por fracturas menores transversales. En esta segunda zona se ha desarrollado una fuerte acción erosiva.

Las aguas del torrente hipogeo que recorre la caverna resurgen por ocho puntos, distribuidos a lo largo de 100 m. en el flanco izquierdo del torrente Corsaglia, bajo el Albergo delle Grotte. Presentándose el área del flanco montañoso en que se hallan como insuficiente para explicar su régimen, hay que buscar su origen en las cuencas vecinas del alto valle de Sbornina y Roccia Bianca. En efecto, el río Roccia Bianca aparece completamente seco entre Case Formaggio (más arriba el talweg se halla excavado en cuarcitas) y Case Seccate. Es posible, además, establecer una más lejana procedencia de las aguas en las zonas hidróvoras del Mondole, en donde se presenta un grupo notable de manifestaciones kársticas en el sector Cappella-Balma-Le Truche-Pian dei Gorghi-Colle Prel (cuenca del Mandagna).

En ciertos puntos de la cavidad se han hallado restos de *Ursus spelaeus* y *U. arctos*, que, por su disposición, es de creer fueron dispersados desordenada-

mente por las aguas, a partir de un único punto. Los estudios efectuados han puesto de manifiesto que los restos pertenecen a decenas de individuos de todas las edades y tamaños, lo cual hace suponer que la caverna poseía otra entrada, hoy obstruída, que permitió que penetraran en ella los ejemplares mayores, incapaces de pasar por el camino actual.

J. MONTORIOL Pous (Barcelona)

SALVATORE BOENZI.—La Gravina di Matera e i suoi fenomeni di erosione.—Rassegna Speleológica Italiana, anno VI, fasc. 3, pp. 123-133, 4 fots., 1 plano.—Como 1954.

La Gravina di Matera (con el nombre de «gravina» se designa, en Puglia y Lucania, a los surcos que entallan, superficial o profundamente, la vertiente jónica de la Murge a lo largo de la «fosa premurgiana»), presenta diversos aspectos en el curso de su desarrollo; de escasa profundidad en su primer ramo, se hunde luego hasta 200 m. tomando el aspecto de fantásticos cañones. Las innumerables cavidades que se abren en sus paredes pueden agruparse en tres tipos: 1) Cavidades de origen mecánico; 2) Cavidades de origen químico; 3) Grutas.

Cavidades de origen mecánico—Se desarrollan a diversos niveles, pareciendo no obstante que prefieren las márgenes más altas, llegando al borde de la llanura en donde existe la masa de toba arenosa pliocénica. La mayoría se hallan alineadas paralelamente a la estratificación. A veces aparece en saliente el estrato superior, que puede presentarse

hundido y obstruyendo el acceso. Su profundidad es escasísima en relación con la distancia entre ambos lados de la abertura (en algunas en proporción de 3 a 10). Las paredes y la bóveda son cóncavas, pudiendo la última desarrollarse mucho hacia arriba. Se presentan fenómenos de coalescencia entre cavidades vecinas.

Cavidades de origen químico.—Interesan exclusivamente los estratos calizos, ofreciendo distribución, formas y dimensiones extraordinariamente variables (amplias o minúsculas, aisladas o localizadas en determinadas superficies e incluso extendidas por una ancha zona en donde la roca, profundamente alterada, ha perdido toda traza de estratificación). Existiendo formas intermedias, se puede ver que el estado inicial corresponde a una pequeña depresión irregular, con intensa coloración roja, profundamente diferenciada de la zona que la rodea. El fenómeno se realiza con la máxima frecuencia a lo largo de los planos de estratificación, aumentando con el buzamiento de éstos. Pueden formarse cavidades grandes por fusión de varias oquedades vecinas.

Grutas.—Menos numerosas que los otros tipos, se hallan todas situadas en cota baja. Se localizan en puntos en donde la presencia de corrientes aunaba a la actividad química una potente actividad mecánica. Se describen cinco cavidades, de las cuales las más importantes son la Grotta dei Pipostrelli (desarrollada en un banco de conglomerado calizo, situado entre calizas cretáceas compactas y tobas arenosas pliocénicas) y la Grotta della Fémmina.

J. MONTORIOL Pous (Barcelona)

SOCIEDAD METALURGICA
"DURO-FELGUERA"

==== (COMPañIA ANONIMA) ====

CAPITAL SOCIAL: 125.000.000 DE PESETAS

CARBONES gruesos y menudos de todas clases y especiales para gas de alumbrado :- COK metalúrgico y para usos domésticos :- Subproductos de la destilación de carbones: ALQUITRAN DESHIDRATADO, BENZOLES, SULFATO AMONICO, BREA, CREOSOTA y ACEITES pesados LINGOTE al cok :- HIERROS Y ACEROS laminados :- ACERO moldeado :- VIGUERIA, CHAPAS Y PLANOS ANCHOS :- CHAPAS especiales para calderas :- CARRILES para minas y ferrocarriles de vía ancha y estrecha TUBERIA fundida verticalmente para conducciones de agua, gas y electricidad, desde 40 hasta 1.250 mm. de diámetro y para todas las presiones :- CHAPAS PERFORADAS VIGAS ARMADAS :- ARMADURAS METALICAS DIQUE SECO para la reparación de buques y gradas para la construcción, en Gijón.

Domicilio Social: MADRID :- Barquillo. 1 :- Apartado 529
Oficinas Centrales: LA FELGUERA (Asturias) " 1



FÁBRICA DE
MIERES
SOCIEDAD ANÓNIMA

MIERES - (ASTURIAS) - Apartado 26
Telf. 5 - MIERES - Teleg. "Fabricas" - Mieres

CARBONES - Gruesos, menudos
y finos, para todas las aplicaciones.

COK - Metalúrgico y para uso doméstico.

SUBPRODUCTOS - Sulfato
amónico Alquitran. Brea. Creosotas,
Naftalino. Antraceno. Benzoles y Toluol.

SIDERURGIA - Lingotes de fundición
y de afino Acero Siemens-Martin Palan-
quilla Laminados Vigas, Ue, Angulares, Tees,
Redondas, Cuadrados, etc. Carriles de mina.

METALURGIA - Construcciones
metálicas: armaduras, columnas, postes
y todo clase de estructuras Forja y
Estampación Tornillería Piezas de
hierro fundido Acero moldeado

PROYECTOS Y PRESUPUESTOS



ACADEMIA ALLER

MOREDA (Asturias)

PREPARACION. TECNICOS INDUSTRIALES, BACHILLER,
COMERCIO, TAQUIGRAFIA, CAPATACES Y VIGILANTES
DE MINAS, ETC.

*Toda la correspondencia relacionada con donativos
anuncios, suscripciones, etc., debe ser diri-
gida al Secretariado de Publica-
ciones de la Universidad
de Oviedo*

Número suelto 25,00 pesetas

*Fué impreso en los Talleres Tipográficos de la Imprenta «La Cruz»,
sita en la calle de San Vicente, de
la Ciudad de Oviedo, en el mes
de noviembre de 1954.*

REVISTA DE CIENCIAS

DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO (ESPAÑA)

DIRECCIÓN:

Prof. Dr. Lucas R. Pire

VICERRECTOR

Prof. Dr. Carlos del Fresno

DECANO

REDACCION:

Prof. Dr. Antonio Espurz

Prof. Dr. José Manuel Pertierra

Prof. Dr. N. Llopis Lladó

La suscripción anual es de 50 ptas. para España y de 60 ptas. para el extranjero
(comprendidos los gastos de envío)

La correspondencia y suscripciones deben dirigirse al Prof. Dr. N. Llopis Lladó

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

(ESPAÑA)

