

## PREMIO DE PERIODISMO

# "SANTA BARBARA"

CONVOCATORIA PARA 1969

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio "SANTA BARBARA" para 1969, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la importancia que el conocimiento de la Geología tiene para el desarrollo económico de los países.

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al premio se precisa que el trabajo se haya publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas entre las revistas, aquellas que sean técnicas y entre los autores quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Departamento de Publicaciones e Información del Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1970.

La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar dentro del mes de febrero de 1970.

Ríos Rosas, 23

MADRID-3



**EMPRESA NACIONAL "ADARO"**

DE INVESTIGACIONES MINERAS S.A.

ESTUDIOS GEOLOGICOS

INVESTIGACION DE CRIADEROS MINERALES

SONDEOS HASTA DE 4.500 MTS. DE PROFUNDIDAD

LABORATORIOS DE PETROGRAFIA, METALOGENIA,  
MICROPALEONTOLOGIA, QUIMICO, TESTIGOS,  
LIDOS, CEMENTOS, PREPARACION MECANICA  
DE LAS MENAS.

DOMICILIO SOCIAL.— SERRANO Nº 116, MADRID (6). TELEFONO 2-61-79-02

OFICINAS Y LABORATORIOS.— K.12 CARRETERA DE ANDALUCIA.  
TELEFONOS 2-37-17-00, 1-2

# INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO

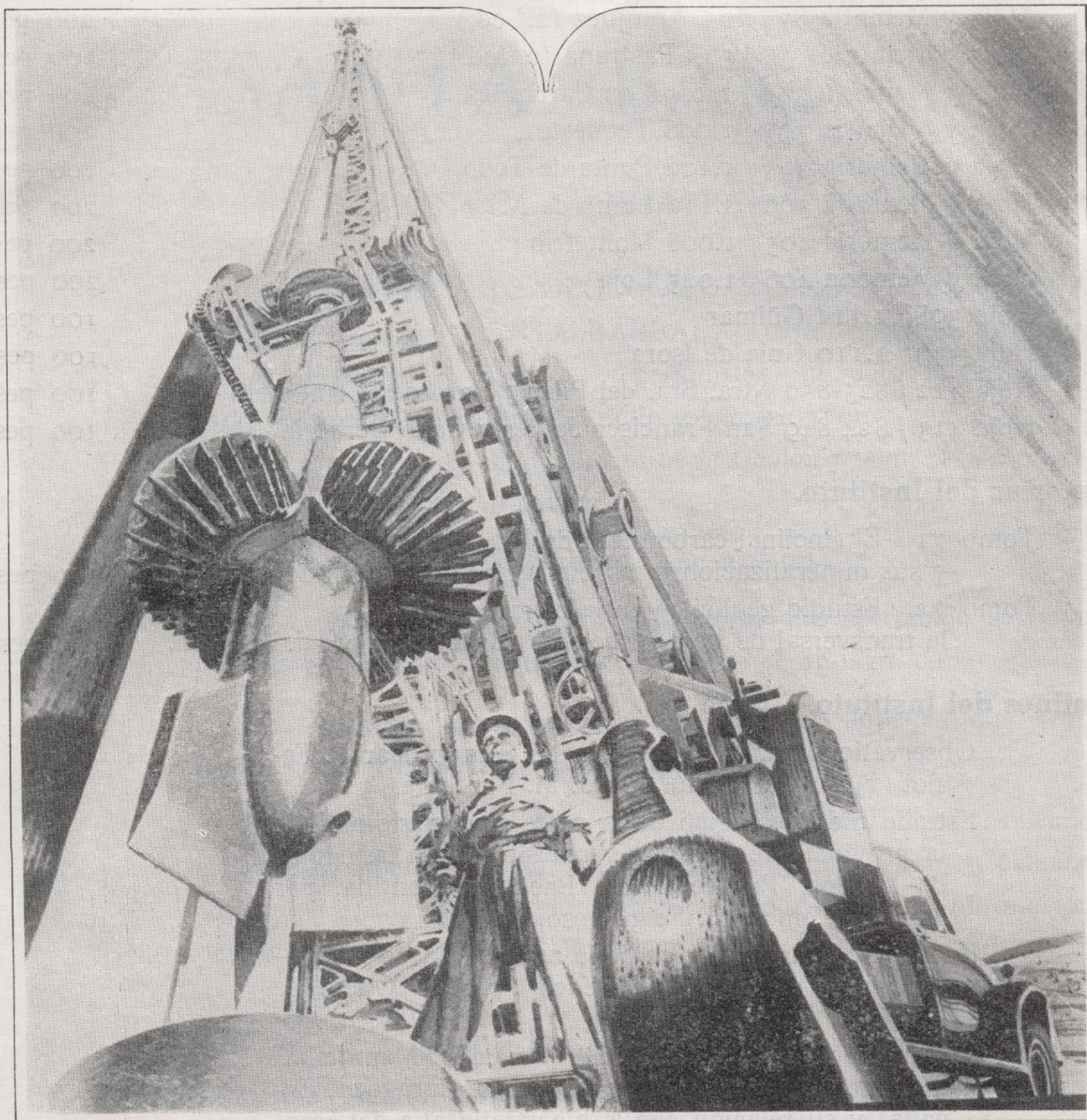
Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

MADRID-3



**Vegarada...**  
**y brotó el agua con fuerza!**  
**¡con potencia!**



potente maquinaria  
en  
manos expertas.



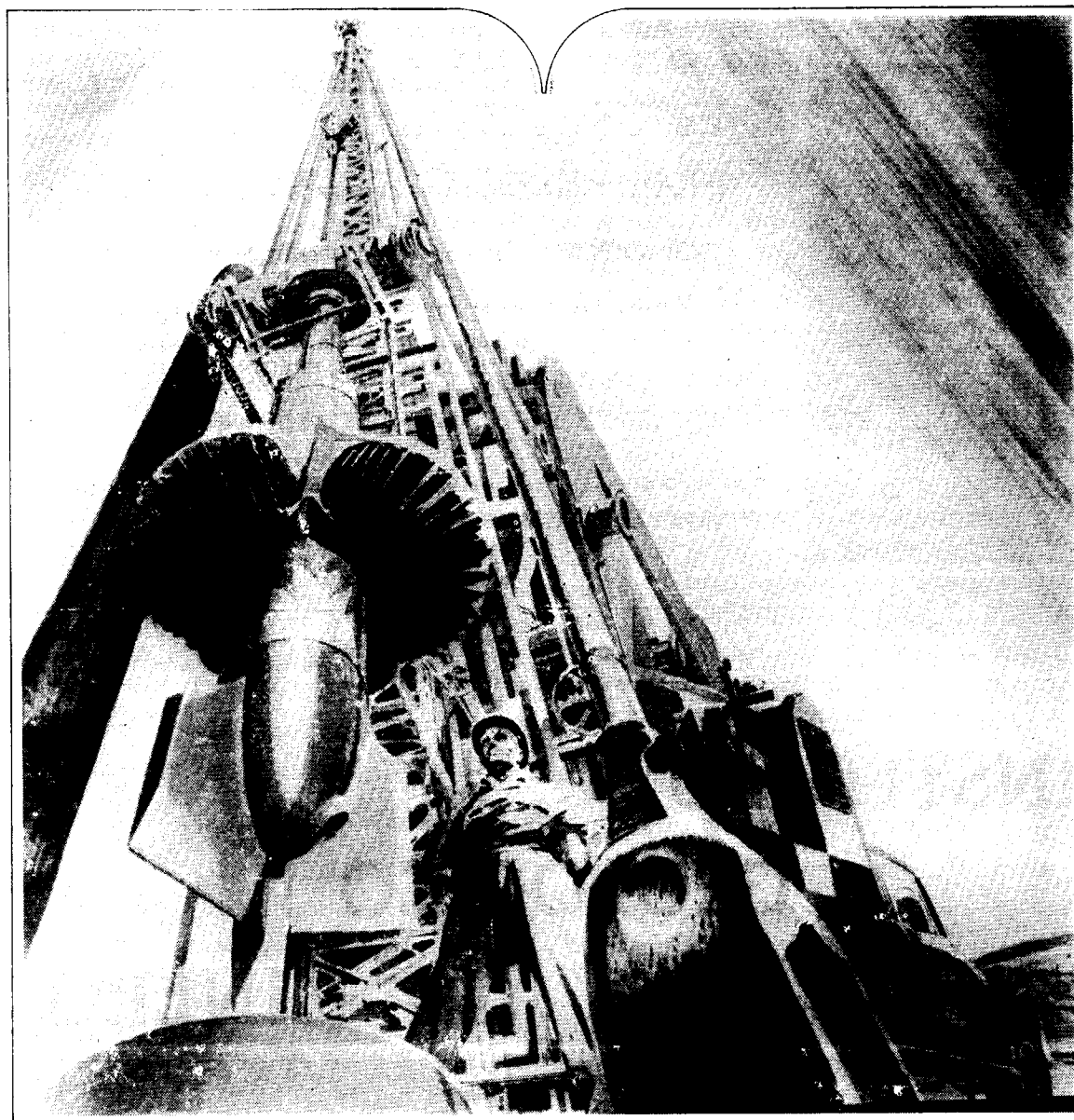
**Vegarada**  
perforaciones

parque de las naciones • c/ guzmán el bueno, 121  
tel. 2534200 • madrid - 3.

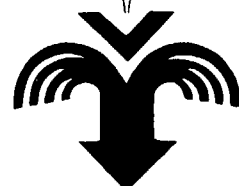
CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS



**Vegarada...**  
y brotó el agua con fuerza!  
¡con potencia!



potente maquinaria  
en  
manos expertas.



**Vegarada**  
perforaciones

parque de las naciones • c/ guzmán el bueno, 121  
tel. 2534200 • madrid - 3.

CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS

TOMO LXXX

Fascículo VI

NOVIEMBRE - DICIEMBRE 1969

ista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 - 4.<sup>a</sup> serie

#### COMISION DE REDACCION

**ELA SAMPER, Antonio.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.

**ARADO ARRILLAGA, Manuel María.**  
Instituto Geológico y Minero de España (Geología).

**NGUREN SABAS, Félix.**  
Servicios Generales. Ministerio de Industria.

**TRAND Y BERTRAND, Carlos.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.

**NED SOPENA, José Antonio.**  
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid.

**TOS FIGUEROLA, José.**  
Instituto Geológico y Minero de España.

**USAFONT PAIRO, Miguel.**  
Facultad de Ciencias de Barcelona.

**ETSCH SUNDHEIM, Jorge.**  
Instituto Geológico y Minero de España (Minería).

**NTBOTE, José María.**  
Facultad de Ciencias de Granada.

**TER CASAS, José María.**  
Instituto "Lucas Mallada", de Investigaciones Geológicas.

**LVEZ CAÑERO, Augusto de.**  
Instituto Geológico y Minero de España (Aguas).

**MEZ ANGULO, Juan Antonio.**  
Instituto Geológico y Minero de España.

**MEZ DE PABLOS, Manuel.**  
Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid.

**RNANDEZ-PACHECO, Francisco.**  
Museo Nacional de Ciencias Naturales.

**PEZ DE AZCONA, Juan Manuel.**  
Comisión Nacional de Geología.

**LENDEZ Y MELENDEZ, Bermudo.**  
Universidad de Madrid.

**NGARRO MARTIN, Francisco.**  
Facultad de Ciencias de Madrid.

**RCIA VIUDAS, Andrés.**  
Instituto Nacional de Colonización.

**TI SERRANO, Carlos.**  
Consejo de Minería y Metalurgia.

**RGA PONDAL, Isidro.**  
Laboratorio Geológico de Lage. Coruña.

**NTADO FE, Francisco.**  
Instituto Nacional del Carbón. Oviedo.

**BA ANDERIU, Orlol.**  
Universidad de Zaragoza.

**OS GARCIA, José María.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.

**ENZ GARCIA, Clemente.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos. Madrid.

**LE SABARIS, Luis.**  
Instituto Nacional de Geología. Barcelona.

**RGILI RODON, Carmina.**  
Facultad de Ciencias de Madrid

REDACTOR JEFE

LUIS BADILLO DIEZ

# boletín geológico y minero

## INDICE

### PÁGINAS

#### Geología

- O. RIBA, P. ARÉVALO y A. DE LEIVA: Estudio sedimentológico de calizas páramo del Terciario de la cubeta del Tajo... 525
- J. ROSEL SANUY, A. OBRADOR y B. MERCADAL: Estudio sedimentológico y estratigráfico de la Isla del Aire (Menorca) ... 538
- CLAUDE VIGUIER: Presiones acerca del Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla) ... 545

#### Minería

- E. RAMÍREZ: Estudio geológico de los yacimientos uraníferos de «Mesas de Poyato» y «Hoya del Lobo», La Serena (Badajoz) ... 547

#### Aguas subterráneas

- A. ERASO: La corrosión climática en las cavernas ... 564

#### Estudio de minerales y rocas

- J. L. DÍAZ FERNÁNDEZ: Propiedades ópticas de los medios homogéneos anisótropos ... 582

#### Información

- Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas.—Sección Informativa de revistas ... 590
- Indices del tomo LXXX ... 627

EDITADA POR EL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. MADRID-3 (ESPAÑA)

El Instituto Geológico y Minero de España  
hace presente que las opiniones y hechos  
consignados en sus publicaciones son de la  
exclusiva responsabilidad de los autores  
de los trabajos.

---

Los derechos de propiedad de los trabajos  
publicados en esta obra fueron cedidos por  
los autores al Instituto Geológico y Minero de  
España.

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

---

#### EXPLICACION DE LA PORTADA

Fábrica de cemento en Oural (Lugo)  
De Cementos Noroeste, S. A.

Depósito Legal M. 5.279.-1958

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCIA MORATO, 122, TELÉFONO 233 06 19.—MADRID



## Estudio sedimentológico de calizas páramo del Terciario de la cubeta del Tajo

por O. RIBA (\*), P. AREVALO (\*\*) y A. DE LEIVA (\*\*\*)

### RESUMEN

Se ha realizado el estudio petrográfico en lámina delgada y residuo insoluble en ácido, y el análisis químico de veintidós muestras de calizas pertenecientes al páramo del Terciario continental de la cubeta del Tajo.

Estas calizas se han clasificado según Folk, predominando las micritas y los biolíticos, las primeras localizadas en la zona adosada a la Sierra de Altomira, estándolo los segundos en las de Guadalajara-Villalvilla (Alcalá), Arganda, etcétera. Este diferente tipo de sedimentación se puede atribuir a un cambio del régimen endorreico a un exorreísmo de la cubeta.

Existen formas lenticulares pseudomórficas de yeso en algunas de las muestras, debidas a una sedimentación singenética del yeso con el carbonato cálcico y un posterior reemplazamiento por la sílice en el sentido: yeso  $\rightarrow$  calcita  $\rightarrow$  sílice.

La sílice se presenta en diversas variedades: calcedonia, cuarzo pseudomórfico, idiomórfico y en asociación, aparte del cuarzo detrítico común en sedimentos.

Con los datos químicos se han delimitado zonas según las proporciones Ca/Mg, Sr,  $Al_2O_3$  y  $SiO_2$ , relacionándolos con el contenido mineralógico y biológico de las muestras.

### SUMMARY

This paper deals with the study of twenty two samples of limestones, carried out by means of a) thin section; b) insoluble residue in acids, and c) chemical analysis of the samples located in a «paramo» of continental Tertiary in the Tajo Basin.

Following Folk's classification we observed the predominance of micrites and biolithites, the former located in zones closed to «Sierra de Altomira» the latter in those of Guadalajara-Villalvilla (Alcalá), Arganda, etc.

In some of the samples pseudomorphic forms of gypsum due to a syngenetic sedimentation of gypsum with calcium carbonate and to the ulterior replacement by silica in the following order gypsum  $\rightarrow$  calcite  $\rightarrow$  silica have been observed.

This different type of sedimentation can be attributed to the change from endorreical to exorreical regimen of the basin.

Silica is present under different forms: amygdaloid and microcrystalline chalcedony and pseudomorphic, idiomorphic and associated quartz, together with detrital quartz common in sediments.

The application of chemical data has made possible the establishment of zones which are related with the mineralogical and biological contents of the samples according to the values of Ca/Mg, Sr,  $Al_2O_3$  and  $SiO_2$ .

Se han estudiado veinte muestras de calizas de los páramos procedentes de distintos puntos de la cubeta del Tajo, y pertenecientes al Terciario

continental, localizado entre la Sierra de Altomira, Montes de Toledo y Conjunto Guadarrama.

El tránsito de los niveles yesíferos a las calizas de los páramos ha sido explicado de distintas formas por diversos autores, bien por cambios climáticos, bien por variación geoquímica de las aguas que confluían en la cubeta de sedimentación.

(\*) Univ. de Barcelona.

(\*\*) C. S. I. C. y Empresa Nacional «Adaro».

(\*\*\*) C. S. I. C.

Conocido es el endorreísmo de la cubeta del Tajo, siendo la naturaleza de sus materiales calizas, yesos y margas yesíferas, sales solubles, arenas, arcillas y conglomerados; formando las calizas el techo de la formación, encontrándose más desarrolladas al Este de los ríos Jarama y Henares, extendiéndose al Sur hacia La Mancha, formando bancadas de uno o dos niveles y yaciendo, en general, en posición horizontal, con una potencia variable que oscila desde el medio metro a los doce-quinze metros.

La estratigrafía clásica del Terciario, de la cubeta del Tajo, colocaba a las calizas de los páramos en el Ponticense, pero los cambios laterales de facies y el hallazgo de fósiles, considerados como típicos del Ponticense, en los yesos inferiores, hizo que M. Crusafont Pairó y J. F. Villalta Comella (1954), propongan la división del hasta ahora llamado Ponticense en dos niveles: uno inferior o Vallesiense con *Hipparion* y elementos arcaicos, y otro superior Ponticense o Pannoniense con fauna moderna.

Las condiciones climáticas habidas en la cubeta, han sido objeto de diversas interpretaciones, en cuanto al ambiente sedimentario, atribuyéndose al Ponticense (s. l.) un clima de más humedad, con un cierto grado de aridez, y formaciones lacustres principalmente en el reborde occidental de la Sierra de Altomira y Cordillera Ibérica, debiendo ser éste el reborde más tranquilo y peneplanizado de la cubeta, con aportes de aguas muy carbonatadas, como para permitir la formación de las bancadas calizas y la existencia de fauna y flora tal como gasterópodos, lamelibranquios, caráceas, etc.

#### TÉCNICAS EMPLEADAS

La parte experimental de este trabajo comprende dos apartados: I) Estudio petrográfico, y II) Análisis químico.

#### I.—Estudio petrográfico

El estudio petrográfico se divide en dos partes: a) estudio óptico de las rocas en lámina delgada y clasificación de las mismas, y b) estudio de la fracción arena del residuo insoluble en ácido.

a) Las láminas delgadas se confeccionaron de la forma ordinaria, tiñéndose un 50 por 100 de la superficie de la misma, antes de ser cubiertas, con rojo de alizarina 5, con el fin de poder observar mejor la composición y textura.

Se ha aplicado la clasificación de Folk (1962).

b) El residuo insoluble en ácido de estas calizas se ha obtenido tratándolas con HCl al 50 por 100, en baño de arena, lavando después por de-

cantación los tamaños más finos (limo y arcilla) y operando sobre las fracciones comprendidas entre 0,5 y 0,2 mm., las cuales se han tratado también posteriormente, después de lavadas con HNO<sub>3</sub> al 50 por 100 para terminar de privar a los granos de la rubeficación.

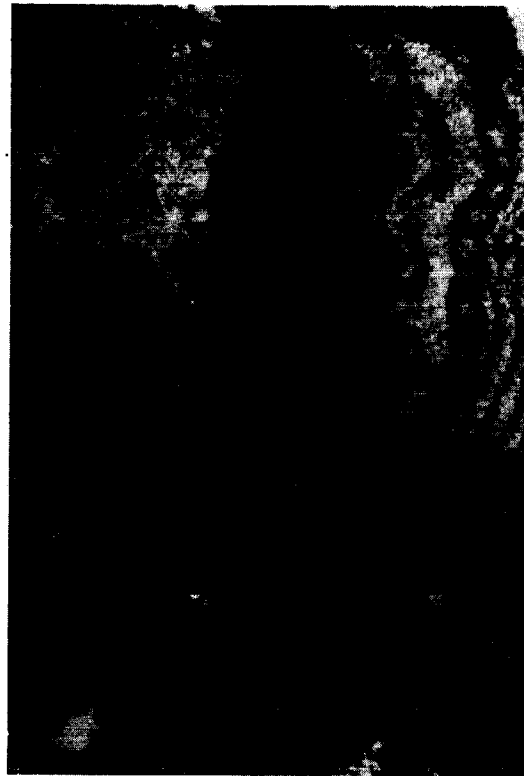


Foto 1.—P. 5-M. 8. Biolito de algas, obsérvese la textura de algas cianofíceas incrustantes.  $\times 10$ . N =

El contenido en fracción arena de estas muestras, es en general muy bajo. Cuando ha sido posible, se ha realizado una separación posterior por densidades mediante bromoformo, pero en la mayoría de los casos esto ha sido impracticable dada su escasez, en cuyo caso se ha montado una preparación del conjunto para su estudio. En muchos casos la porción de fracción arena obtenida, ha sido sólo suficiente para montar una preparación en bálsamo del Canadá.

Se dan a continuación los resultados obtenidos en este estudio petrográfico:

#### P.1-M.15 g.—Guadalajara.

Roca mixta. Hay que distinguir dos zonas, una de ellas es un biolítico de algas y la otra una micrita fosilífera.

Las algas son del tipo caráceas, la microfauna no puede ser bien identificada.

Las cavidades interalgares están total o parcialmente rellenas de un carbonato de recristalización.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: muy escaso; fundamentalmente cuarzo.

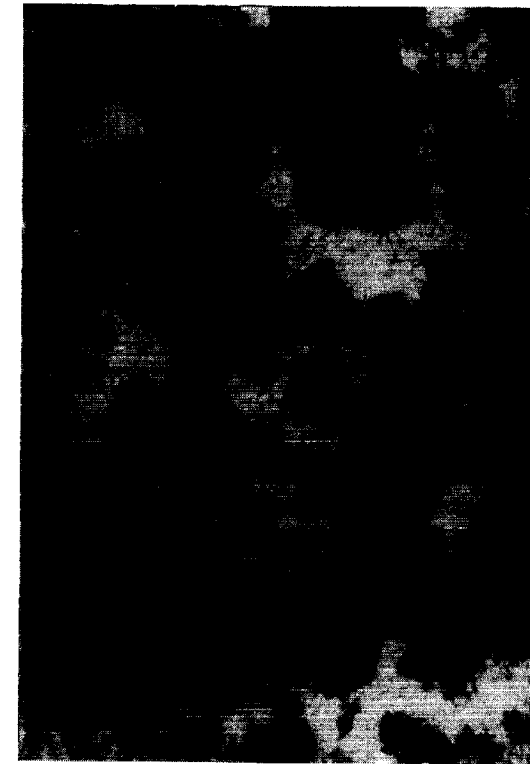


Foto 2.—P. 7-M. 1. Pelmicrita con abundantes algas.  $\times 10$ . N =

#### P.1-M.15 c.—Guadalajara

Siguiendo a Folk y a Stauffer, hemos clasificado esta roca como una microesparita. Tamaño de grano máximo (0,0412 mm.), mínimo (0,032 mm.), presenta contactos curvos entre los granos.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: granos de cuarzo angulosos, algún grano de feldespato, turmalina, circón, biotita, calcedonia, epidota?, silicatos de Al?

#### P.2-M.1.—Villalvilla

Microesparita con pseudoesparita. Pequeños nódulos sin teñir, al parecer carbonatos.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: Cuarzo lo más abundante, agregados calcedónicos, algún grano de circón, microclina, opacos, granate.

#### P.2-M.2.—Villalvilla

Roca de tipo ortoquímico. Dismicrita procedente de un biolito de algas. Según la teoría de Folk, se ha formado por crecimiento de la esparita entre espacios libres de acumulaciones de algas. Aunque la textura de algas está muy borrada, podría clasificarse como un biolito de algas con esparita.

Se puede observar el crecimiento del tamaño del grano hacia el centro de las secciones de esparita, la claridad del grano, y el tamaño superior a 0,01 milímetro. Alguna pequeña sección de calcedonia.

Elementos terrígenos: muy escasos.

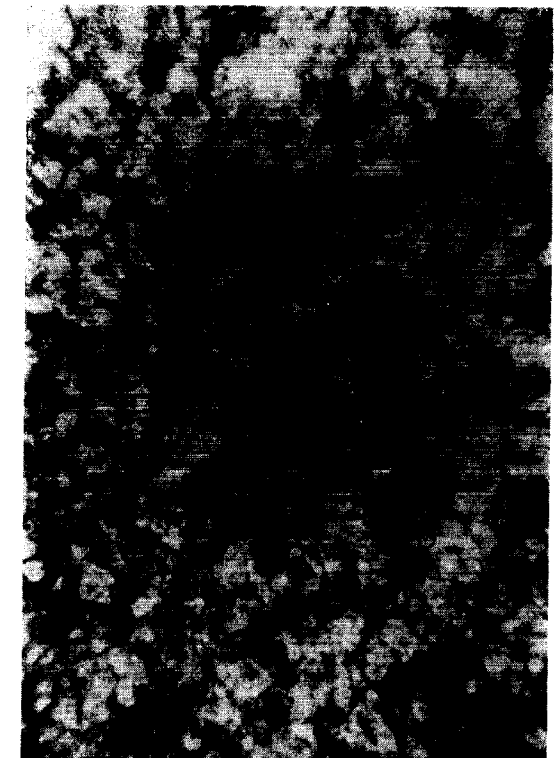


Foto 3.—P. 2-M. 1. Microesparita con pseudoesparita.  $\times 4$ . N =

Residuos insolubles: como en la mayoría de estas muestras, escasísimo; calcedonia, cuarzoes, unos angulosos y otros con tendencia al idiomorfismo e incluso a la asociación como veremos más adelante, feldespatos, circón, turmalina, estaurocita, y algunos agregados que parecen calcedónicos.





Foto 1.—P. 5-M. 8. Bioherm de algas, obsérvese la textura de algas cianofíceas incrustantes.  $\times 10$ . N =



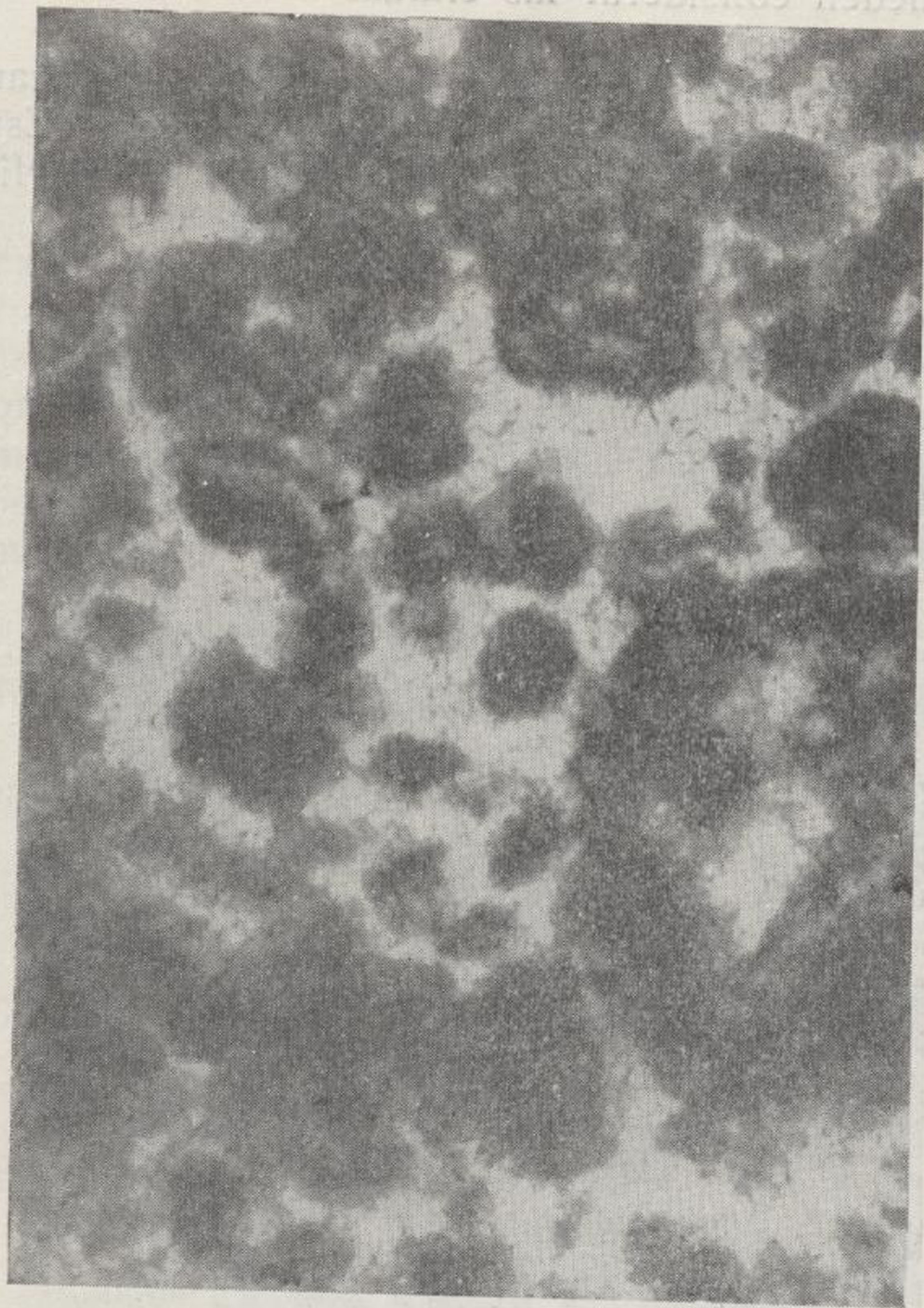


Foto 2.—P. 7-M. 1. Pelmicrita con abundantes algas.  
× 10. N =



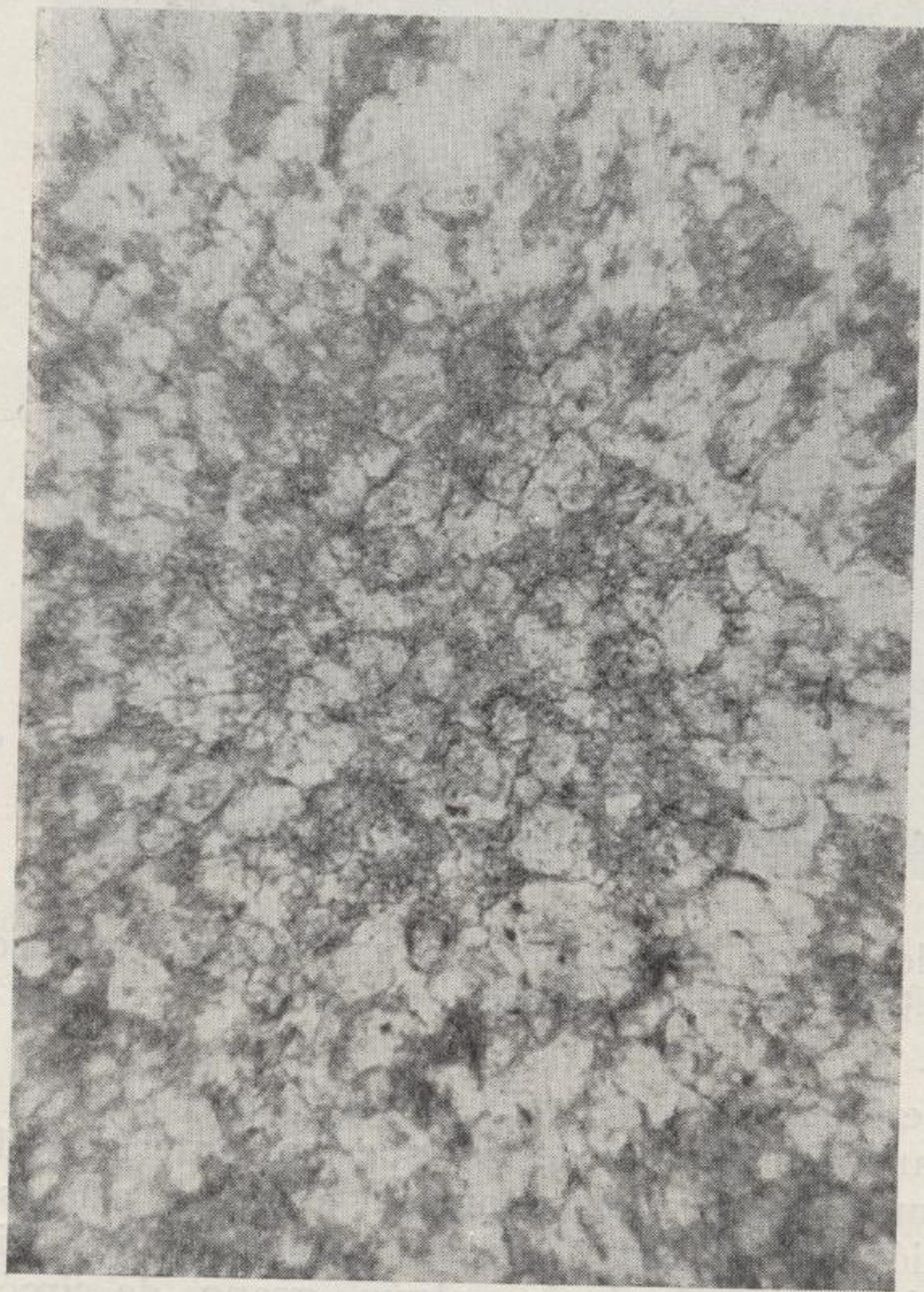


Foto 3.—P. 2 M. 1. Microesparita con seudoesparita.  
× 4. N =



*P.2-M.3.—Villalvilla*

Biolitito de algas en el que se observan secciones de calcedonia (foto 4).

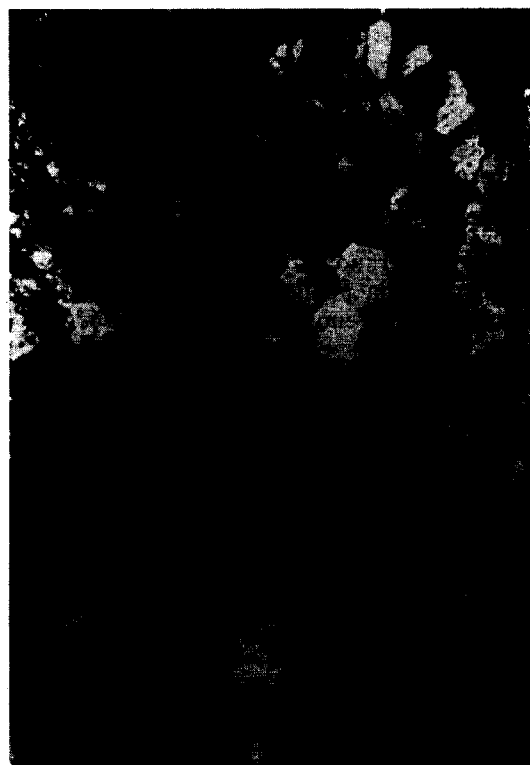


Foto 4.—P. 2-M. 3. Sección amigdaloides de calcedonia en un biolito de algas.  $\times 4$ . N =

Elementos terrígenos: la calcedonia no puede considerarse como tal, ya que es de formación *in situ*.

Residuo insoluble: Cuarzo de mayor tamaño y rodamiento que los de las muestras anteriores del mismo perfil; cuarzos con una tendencia a la asociación idiomórfica, feldespatos, microclina principalmente, calcedonia, algún grano de circón, turmalina y estauroлита.

*P.3-M.13.—Fuentidueña*

Micrita con elevado contenido de cuarzo de forma rombo lenticular y en asociación (foto 7). Hay una zona de la preparación donde estas formas se van perdiendo en favor de un cuarzo granoblastico que aún conserva en muchas secciones dibujadas aquellas formas.

Las formas presentadas por el cuarzo no son características de este mineral y recuerdan secciones romboedrales de yeso; sin embargo, el estudio óptico y por rayos X demuestran ser totalmente de cuarzo. Más adelante, discutiremos esta textura al hablar de la interpretación de los resultados.

Elementos terrígenos: muy abundantes (si así se pueden considerar las citadas formas lenticulares de cuarzo).

Residuo insoluble: muy abundante. Importante excepción respecto a las demás muestras. Está integrado por cuarzo con tendencia al idiomorfismo, y las formas en asociación citadas.

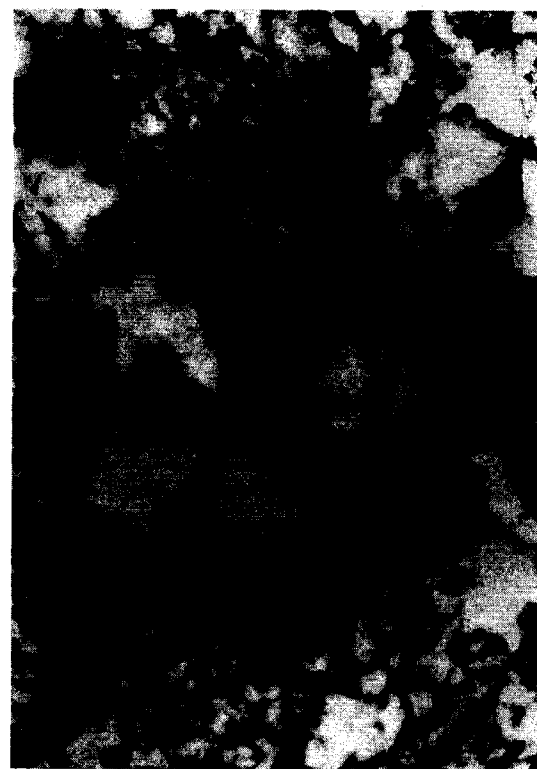


Foto 5.—P. 3-M. 14. Roca compuesta totalmente por calcedonia.  $\times 10$ . NX.

*P.3-M.14.—Fuentidueña*

Roca compuesta principalmente por calcedonia, en bellas formas esferulíticas radiadas (foto 5), puede clasificarse como una calcedonita.

*P.4-M.1.—Villarrubia de Santiago*

Biomicrorita conteniendo ostrácodos, fragmentos de gasterópodos y otros restos orgánicos no identificables.

Elementos terrígenos: escasos, algo de cuarzo y feldespatos.

Residuo insoluble: cuarzo rodado bastante grande. Hay alguno con tendencia al idiomorfismo, feldespatos, algo de calcedonia.

*P.4-M.2.—Villarrubia de Santiago*

En esta roca pueden distinguirse dos zonas, una corresponde a una micrita, integrada por secciones de esparita sobre un fondo de micrita.

Los cristales de esparita parecen llenar huecos existentes, viniendo de interespacios en el interior de organismos o fuera de ellos al acumularse éstos. En las secciones de esparita se observa una orientación preferente de los cristales y un aumento del tamaño del grano hacia el interior, y una perpendicularidad de la longitud en el borde, disminuyendo en la otra orilla de forma simétrica.

La otra parte de la roca se la puede considerar como una micrita fosilífera, con reunión de equinidos, radiolas, que contiene también esparita.

Elementos terrígenos: cuarzo bastante abundante.

Residuo insoluble en ácido: análoga a la anterior.

*P.5-M.6.—Arganda*

Micrita fosilífera de algas. Las formas orgánicas, muy borradas, no permiten la identificación.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzo bastante abundante: lo siguen en cantidad feldespatos calcosódicos y microclina, calcedonia y agregados arcillosos? Hay algún grano de epidota, piroxeno, estauroлита, silicato de aluminio?, titanita?, clorita.

*P.5-M.8.—Arganda*

Biolitito de algas; se observan bellas texturas de algas cianofíceas incrustantes, caráceas y ostrócodos (foto 1). La parte de la preparación teñida con rojo de alizarina muestra numerosos nódulos sin teñir, al parecer de carbonato también, sobre los que volveremos a hacer pruebas de reconocimiento.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzos de pequeño tamaño, rotos y angulosos. La característica más acusada es, sin embargo, la presencia de unas partículas formadas por carbonato, pero a las que una capa envolvente de color negro y cuya naturaleza ignoramos, las ha hecho insolubles en ácidos; pre-

sentan formas redondeadas, algo alargadas; se podrían definir como intraclastos de carbonato.

*P.5-M.9.—Arganda*

Se puede considerar como un biolito de algas cuya textura está muy borrada, teniendo algo de esparita.

Elementos terrígenos: muy escasos.

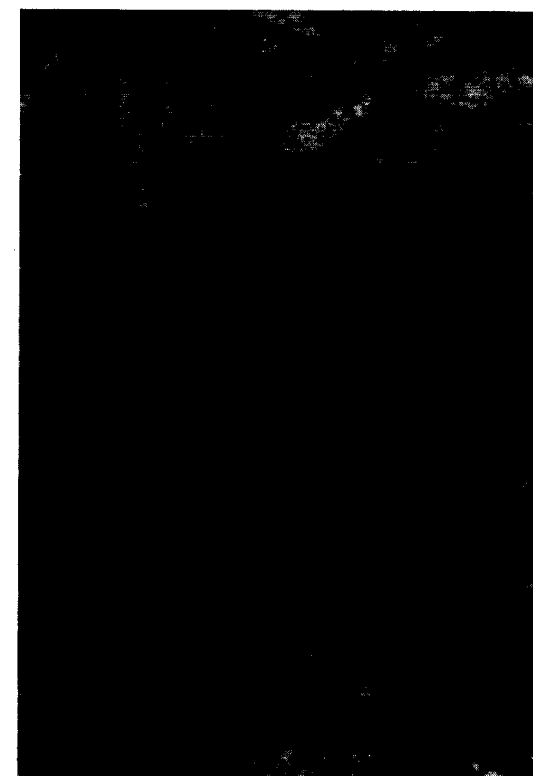


Foto 6.—Textura observada en la muestra P. 7-M. 6 y parcialmente en la P. 6-M. 17 (véase explicación).  $\times 10$ . N =

*P.6-M.17.—Toledo*

Biomicrorita en su mayor parte, con una zona que muestra la textura de la muestra P.7-M.6.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzo transparente y bastante anguloso. Partículas como las citadas como intraclastos en la P.5-M.8. Feldespatos y algún grano de circón, turmalina y epidota.

*P.7-M.1.—Horch*

Pelmicrorita con abundantes algas o biolito de algas con abundantes pelets; es difícil saber lo que más abunda.





Foto 4.—P. 2-M. 3. Sección amigdalóide de calcedonia en un biolito de algas.  $\times 4$ . N =



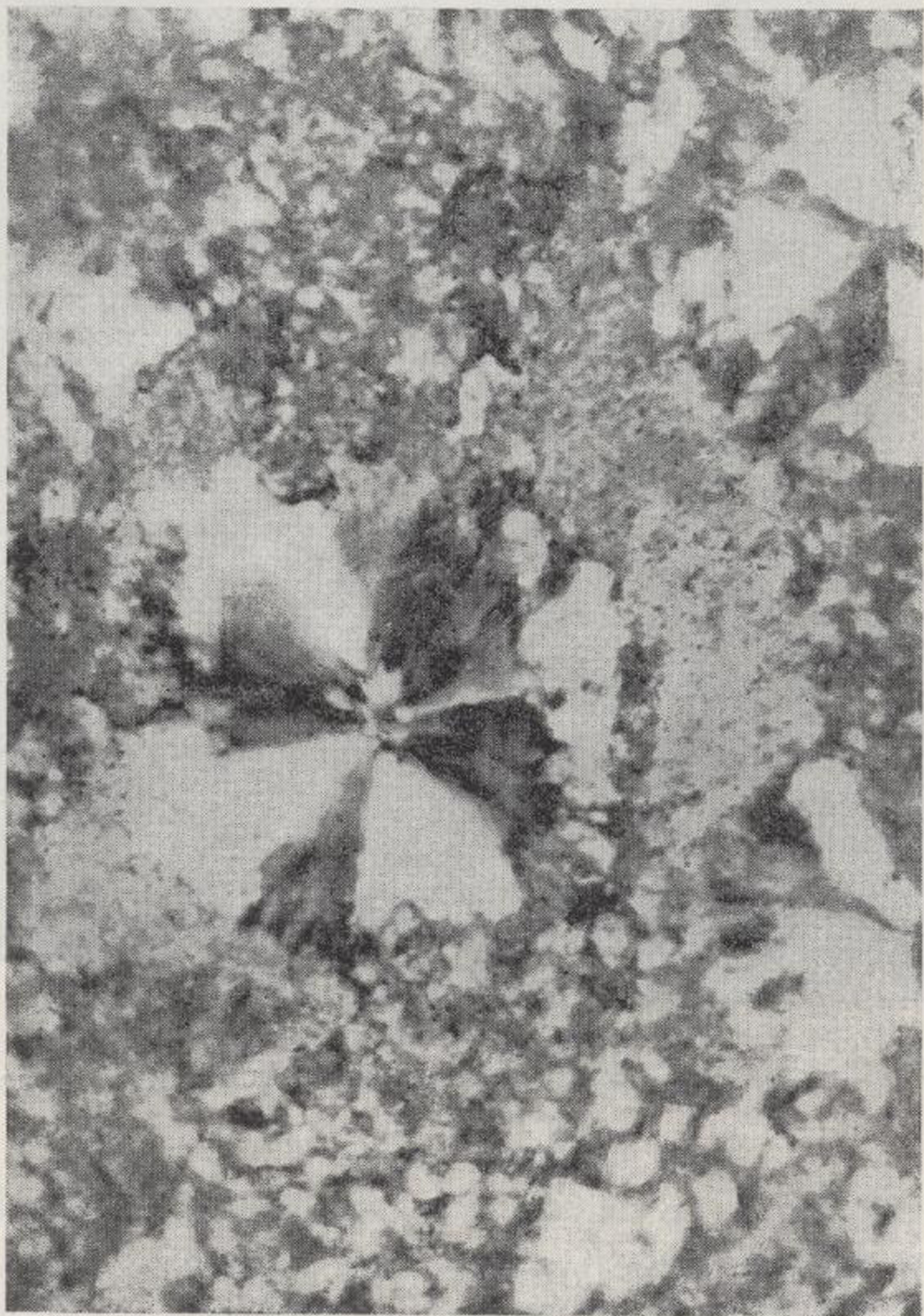


Foto 5.—P. 3.-M. 14. Roca compuesta totalmente por calcedonia.  $\times 10$ . NX.





Foto 6.—Textura observada en la muestra P. 7-M. 6 y parcialmente en la P. 6-M. 17 (véase explicación).  $\times 10$ . N =



Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: abundan los agregados de tipo calcedónico (Chert).

*P.7-M.6.—Horche*

Esta roca presenta una textura sumamente curiosa (foto 6). E. Moreno ha encontrado dicha textura en el Luteciense superior, en Montblanch, Taragona, y Rey y Nouet lo citan en el Domerien-

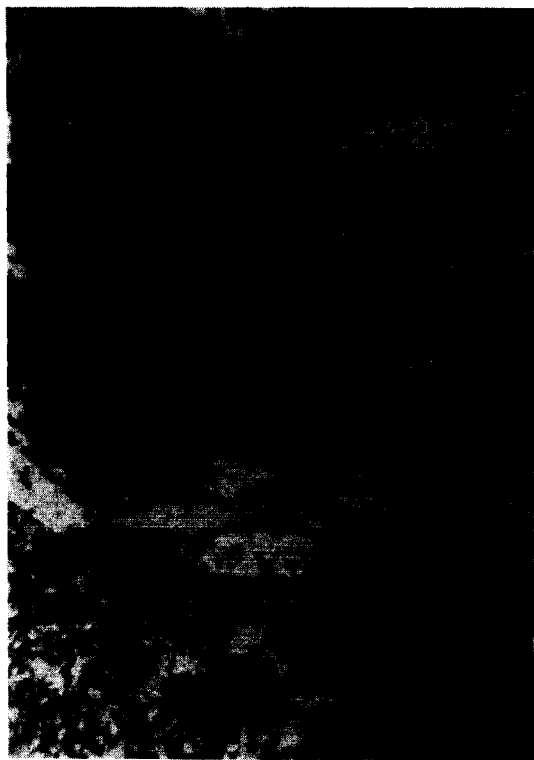


Foto 7.—P. 3-M. 13. Cuarzos lenticulares en asociación (ver explicación).  $\times 10$ . N =

se medio de Oued Slibouilat, cerca de Sidi-Fili, considerándolo como un reemplazamiento de yeso por calcita esparítica. A. Vatan cita esta textura de un sílex nectico en el Bartonense de St. Ouen-Sur-Sein, considerando que proviene de la silicificación del yeso.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzos angulosos y cuarzos en asociación, agregados arcillosos, algún grano de granate, hiperstena, estauroлита, distena y circón.

*P.7-M.15.—Horche*

Micrita fosilífera.

Elementos terrígenos: secciones de cuarzo no abundante.

Residuo insoluble: cuarzo abundante, con rodamiento medio, feldespatos en bastante cantidad, estauroлита.

*P.8-M.9.—Añover*

Micrita fosilífera arenosa. Contiene fragmentos de caráceas y diminutos restos orgánicos no clasificables, en su mayoría de origen vegetal.

Elementos terrígenos: cuarzo, bastante abundante.

Residuo insoluble: secciones de cuarzo, en general de tamaño grande, feldespato bastante alterado, circón y turmalina.

*P.9-M.6.—Tarancón*

Biomícrita: se aprecian ostrácodos y otros restos irreconocibles. La textura de algas no está clara.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzo rodado de pequeño tamaño, algo de turmalina y minerales opacos

*P.9-M.1.—Tarancón*

Biolitito de algas.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzo con tendencia a las formas en asociación; formas idiomorfas y otras en las que se dibuja la «lenticularidad», algún mineral opaco y turmalina.

*P.10-M.1.—Pastrana.*

Biomícrita, algo peletífera, con caráceas. Secciones de gasterópodos, ostrácodos (?), aunque parcialmente puede ser considerada como un biolitito de algas.

Elementos terrígenos: ninguno o muy escasos.

Residuo insoluble: algo de cuarzo y los intraclastos citados en otras muestras.

*P.11-M.1.—Cifuentes*

Micrita, con restos de caráceas y ostrácodos.

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzo de pequeño tamaño. Los intraclastos citados en otras muestras, siempre de gran tamaño.

*P.11-M.3.—Cifuentes*

Micrita fosilífera, incipiente recristalización microparita en zonas. En la masa micrítica hay salpicadas numerosas secciones, formadas por carbonato cálcico, de forma lenticular, que recuerdan a las de la P.7-M.6 citadas, aunque aquí se presentan totalmente individualizadas y no en asociaciones como en aquella. Pirita (?).

Elementos terrígenos: muy escasos.

Residuo insoluble: cuarzo más o menos anguloso o hialino, opacos, feldespatos, circón.

## II. Análisis químico

Debido a que se buscaba una posible correlación estratigráfica, que podría ser marcada por cualquiera de los elementos presentes, hemos creído más conveniente realizar el análisis químico sobre el conjunto de la roca que sobre los extractos calizos, que hablarían más bien de la composición de los carbonatos presentes.

### Métodos analíticos empleados

Se han empleado en general técnicas fotométricas, volumétricas y una gravimétrica.

**CaO.**—Determinado por complexometría con IIHSNN (ácido calconcarboxílico) como indicador. Las pequeñas cantidades de Fe y Mn, se han enmascarado con trietanolamina.

**Mgo.**—Por encontrarse en pequeñas proporciones, en exceso de CaO, la valoración complexométrica por diferencia no es muy exacta, por lo que hemos preferido emplear el procedimiento colorimétrico de Umland y Hoffmann (1957), basado en la extracción del Mg en forma de oxinato en presencia de butilamina a valores de pH 10,5-13,6, midiendo la extinción a 380 mμ. El procedimiento va muy bien para valores comprendidos entre 0 y 27 a 30 γ, por lo que hay que operar en dicho rango. Aparato empleado así como para las demás determinaciones colorimétricas: fotómetro Elko II de Zeiss.

**Sr.**—Por absorción atómica, empleando el aparato Perkin-Elmer, modelo 290, del Instituto de Edafología. Las condiciones empleadas son las siguientes: Intensidad, 8 ma; rendija, 7 Å, quemador, tipo Boling; ajuste de llama, 12. El margen de trabajo ha estado comprendido entre 2 y 20 ppm, para el que la respuesta del absorciómetro es completamente lineal.

Se ha estudiado la influencia de interferencias de otros elementos, principalmente en lo que se

refiere al Ca, empleando la técnica de adición de Sr a un problema cualquiera, los valores obtenidos han demostrado no estar visiblemente influenciados por los demás elementos, principalmente en lo que se refiere al Ca, elemento dominante. Agradecemos al Dr. Ortega su valiosa colaboración, así como al Instituto Geológico, que nos ha proporcionado la lámpara de Sr.

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**—Método de Milner y Woohead, muy mejorado por Weibel, basado en la valoración complexométrica por retroceso con sulfato de cinc del

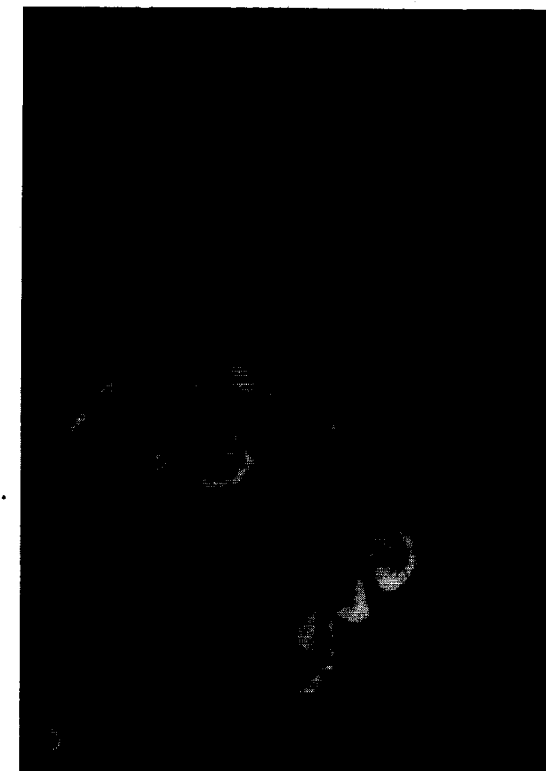


Foto 8.—P. 3-M. 13. Cuarzos del residuo insoluble. Obsérvese la forma en asociación que presenta.  $\times 10$ . NN.

complexonato de aluminio, después de haber sido eliminadas las interferencias por extracción con cupferrón en cloroformo.

**SiO<sub>2</sub>.**—Colorimétrico. Medida de la extinción del color del azul de molibdeno a 750 mμ. Curva patrón realizada para cada serie de determinaciones con SiO<sub>2</sub> espectroquímicamente puro (Johnson Matey).

**Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**—Colorimétrico, empleando α-α'-dipiridilo y midiendo el color rojo producido a 522 mμ.

**MnO.**—Colorimétrico. Determinación como permanganato. Medida de la extinción a 525 mμ.





Foto 7.—P. 3-M. 13. Cuarzos lenticulares en asociación (ver explicación).  $\times 10$ . N =

se medio de Oued Slibouilat, cerca de Sidi-Fili.





Foto 8.—P. 3-M. 13. Cuarzos del residuo insoluble. Obsérvese la forma en asociación que presenta.  $\times 10$ . NX.



Análisis químico de las calizas páramo (1)

	15 P1-M15c %	13 P1-M15g %	6 P2-M1 %	7 P2-M2 %	8 P2-M3 %	13 P3-M13 %	1 P4-M1 %	3 P4-M2 %
SiO <sub>2</sub> ... ..	0.29	0.69	2.01	1.80	3.70	9.70	2.01	2.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0.60	0.12	0.50	1.68	0.25	0.50	0.96	1.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0.09	0.05	0.15	0.15	0.11	0.12	0.41	0.59
FeO ... ..	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
MnO ... ..	0.00 <sub>0</sub>	0.00 <sub>0</sub>	0.00 <sub>2</sub>	0.00 <sub>3</sub>	0.00 <sub>4</sub>	0.01 <sub>5</sub>	0.01 <sub>4</sub>	0.02 <sub>1</sub>
MgO ... ..	0.31	0.85	0.71	0.63	0.34	0.82	0.58	0.55
CaO ... ..	54.53	55.10	53.55	53.74	51.86	49.77	52.36	52.40
Na <sub>2</sub> O ... ..	0.05	0.40	0.10	0.17	0.12	0.02	0.12	0.12
K <sub>2</sub> O ... ..	0.17	0.01	0.15	0.13	0.09	0.09	0.13	0.21
H <sub>2</sub> O+ ... ..	0.78	0.70	1.08	0.96	1.10	0.64	1.48	1.62
TiO <sub>2</sub> ... ..	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00 <sub>0</sub>	0.02	0.03	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03 <sub>3</sub>	0.07	0.01	0.02
Sr ... ..	0.01 <sub>2</sub>	0.03 <sub>7</sub>	0.02 <sub>5</sub>	0.02 <sub>5</sub>	0.03 <sub>1</sub>	0.09 <sub>9</sub>	0.03 <sub>7</sub>	0.03 <sub>7</sub>
P. por cal. ... ..	42.53	42.46	41.98	40.98	42.26	38.23	41.16	40.28
(1)								
M. Org. ... ..	0.33	0.14	0.06	0.06	0.06 <sub>4</sub>	0.07	0.26	0.26
(2)								
	99.73	100.58	100.37	100.37	99.95	100.15	99.55	99.58

(1) Desconta'o el H<sub>2</sub>O+ y la m. o.  
(2) Los valores de la materia orgánica han sido determinados por la Sección de Humus del Instituto de Edafología.

Análisis químico de las calizas páramo (2)

	9 P5-M6 %	10 P5-M8 %	11 P5-M9 %	4 P7-M1 %	5 P7-M6 %	2 P7-M15 %	14 P8-M9 %
SiO <sub>2</sub> ... ..	0.31	1.61	0.35	1.70	0.31	3.92	4.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0.63	1.17	0.12	1.27	1.14	2.05	0.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0.19	0.09	0.12	0.05	0.06	0.50	0.34
FeO ... ..	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
MnO ... ..	0.00 <sub>5</sub>	0.00 <sub>3</sub>	0.00 <sub>0</sub>	0.00 <sub>1</sub>	0.00 <sub>2</sub>	0.00 <sub>0</sub>	0.00 <sub>0</sub>
MgO ... ..	0.86	0.65	0.44	0.32	0.36	1.95	0.93
CaO ... ..	54.57	52.88	55.09	53.43	54.17	48.88	51.17
Na <sub>2</sub> O ... ..	0.34	0.20	0.12	0.07	0.40	0.40	0.27
K <sub>2</sub> O ... ..	0.07	0.09	0.09	0.09	0.13	0.32	0.09
H <sub>2</sub> O+ ... ..	0.86	0.94	0.80	0.68	1.08	2.90	2.02
TiO <sub>2</sub> ... ..	0.03	0.02	0.02 <sub>0</sub>	0.00 <sub>5</sub>	0.02	0.04	0.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0.05	0.01	0.04 <sub>5</sub>	0.00 <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.01
Sr ... ..	0.01 <sub>8</sub>	0.02 <sub>5</sub>	0.01 <sub>2</sub>	0.01 <sub>2</sub>	0.02 <sub>5</sub>	0.04 <sub>3</sub>	0.03 <sub>7</sub>
P. por cal. ... ..	42.71	42.82	41.94	42.07	38.63	39.25	40.48
M. Org. ... ..	0.13	0.19	0.00 <sub>0</sub>	0.84	0.13	0.13	0.33
	100.76	100.56	100.02	100.40	99.91	99.77	99.80

Análisis químico de las calizas páramo (3)

	16 P9-M1 %	17 P9-M6 %	18 P10-M1 %	19 P11-M1 %	20 P11-M8 %
SiO <sub>2</sub> ... ..	1.15	0.35	0.53	0.29	0.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0.89	0.12	0.05	0.12	0.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... ..	0.21	0.09	0.09	0.09	0.12
FeO ... ..	nd	nd	nd	nd	nd
MnO ... ..	0.00 <sub>0</sub>	0.00 <sub>5</sub>	0.00 <sub>8</sub>	0.02 <sub>5</sub>	0.00
MgO ... ..	0.25	0.54	0.51	0.59	0.39
CaO ... ..	53.27	54.73	54.53	55.26	53.83
Na <sub>2</sub> O ... ..	0.02	0.22	0.10	0.02	0.20
K <sub>2</sub> O ... ..	0.15	0.09	0.11	0.09	0.11
H <sub>2</sub> O+ ... ..	1.58	0.68	1.00	0.78	1.79
TiO <sub>2</sub> ... ..	0.07	0.03	0.02	0.05	0.05
F <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01 <sub>5</sub>
Sr ... ..	0.03 <sub>7</sub>	0.03 <sub>7</sub>	0.05	0.03 <sub>7</sub>	0.03 <sub>1</sub>
P. por cal. ... ..	40.48	42.72	42.48	42.04	41.09
M. Org. ... ..	1.36	0.48	0.26	0.52	1.31
	99.48	100.09	99.73	99.86	99.52

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.—Colorimétrico. Como fosfomolibdato, medida de la extinción a 430 mμ.

TiO<sub>2</sub>.—Colorimétrico. Empleando el método de oxidación con peróxido de hidrógeno y midiendo la extinción a 430 mμ.

Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O.—Por fotometría de llama. Aparato: fotómetro de llama EEL.

H<sub>2</sub>O+.—Método de Penfield, gravimétrico.

La pérdida por calcinación, una vez restado el agua y la materia orgánica, da una idea bastante aproximada del contenido en CO<sub>2</sub>, pero no debe ser considerada como un valor muy exacto del mismo.

Como puede observarse, hay una tendencia a ser más altos los contenidos en CaO, del que las pérdidas por calcinación indican, si éstas se las considera como representativas del contenido en CO<sub>2</sub>. Hay que tener también en cuenta que los análisis no están hechos sobre los extractos calizos, lo que indicaría, como ya se ha dicho, la composición de los carbonatos, sino sobre el conjunto de las rocas, con sus correspondientes contenidos en materiales no calizos, posibles portadores de CaO.

Algunas muestras dan valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, superiores a los correspondientes a SiO<sub>2</sub>, lo que podría tener explicación pensando en un principio de laterización.

Las muestras contienen en general muy pequeñas cantidades de Cl' y SO<sub>4</sub>'', que no han sido determinadas cuantitativamente.

Consideraciones sobre los resultados

Como puede observarse, se trata en general de biomicritas o micritas fosilíferas con restos orgánicos, muchas veces no bien identificables, entre los que pueden observarse ostrácodos, gasterópodos, etc. Los restos orgánicos vegetales son las algas caráceas. En segundo término de abundancia están los biolitos de algas. Como ejemplo más representativo véase la foto 1.

Otros ejemplos de pelmicritas, dismicritas y microesparitas citados son menos abundantes, y parecen ser poco representativos.

Queremos citar aparte la textura encontrada en la muestra P.7-M.6, y parcialmente en la P.6-M.17. Ya hemos dicho que parece haber sido un reemplazamiento de yeso por calcita, como la citan Rey y Nouet, Vatan y Moreno, bajo unas condiciones diagenéticas no bien conocidas. La presencia insistente a lo largo de estos sedimentos, de formas rómbicas bien sean de cuarzo o de carbonato cálcico, bien sean presentándose en formas aisladas o en asociaciones (foto 7), nos hace pensar en una posible relación entre estas diferentes formas, relación que parece estar regida por el equilibrio yeso → calcita → cuarzo.

En lo que se refiere al residuo insoluble en ácido (fracción arena), poco hay que decir en cuanto a la fracción de d > 2,9, ya que es muy escasa y está compuesta por algún grano aislado de los minera-



les que se han citado en la descripción y que por su cantidad no son significativas.

Más interesante es la fracción ligera  $d < 2,9$ . Puede observarse que son relativamente abundantes los feldespatos, tanto potásicos como calcosódicos; se presentan muchas veces alterados, aunque también los hay de apariencia fresca, como las microclinas del perfil 1.

Como una de las notas más características de estos sedimentos, señalaremos las diversas formas de presentarse la sílice.

Aparte de los granos más o menos rodados de cuarzo, comunes en todos los sedimentos, hemos observado las formas siguientes:

#### Calcedonia tipo A

Se observa ya en lámina delgada. Se presenta llenando cavidades amigdaloides; la muestra P.3-M.14 es una pura calcedonia, calcedonita en la que se observan perfectamente las típicas formas esferulíticas radiadas sobre un fondo (foto 5), igualmente de calcedonia.

La calcedonia se forma por cristalización del ópalo, al que está frecuentemente asociado. I. I. Ghinzburg o I. A. Roukavichnikova (1951), así como otros investigadores, han observado que la presencia de la calcita favorece el paso de ópalo a calcedonia y otras variedades de sílice cristalina. A este hecho está ligada la marcada predominancia en las calizas de formas cristalinas de la sílice, calcedonia y otras, mientras que el ópalo amorfo es relativamente raro.

#### Calcedonia tipo B

Son agregados finísimos microcristalinos. Esta forma de calcedonia puede muy bien tener un origen orgánico (tipo chert o flint).

#### Formas de cuarzo pseudomórficas, idiomorfas y en asociación.

Ya hemos hablado de estas formas. En la muestra P.3-M.13, se hacen bien patentes ya en lámina delgada, pues son en ella particularmente abundantes. Una apreciación rápida podría hacer pensar, por su forma, en la existencia de yeso; con un examen detenido se ve que son formas 'enticulares' de cuarzo, pero lo verdaderamente interesante es que estas partículas tienden a una forma en asociación (foto 7) y (foto 8) que recuerdan formas orgánicas, aunque ninguno de los especialistas a los que hemos consultado, se han definido por este criterio; por otro lado resulta poco probable

la presencia de formas orgánicas junto a yeso, si bien está reemplazado. No es difícil pensar, como ya hemos dicho, que exista una relación entre estas formas, por sustitución pseudomórfica por carbonato cálcico y posteriormente por sílice del yeso.

Aparte de las asociaciones citadas de pseudomórfico de yeso, pueden observarse, tanto en la muestra de calcedonia de Fuentidueña (P.3-M.14), como en el residuo insoluble de las muestras que contienen este mineral, unos crecimientos cruzados de individuos de cuarzo idiomorfo, que se producen por crecimiento sobre agregados radiados de calcedonia, como resultante de líneas de direcciones de crecimiento sobre dichos agregados, según ha expresado esquemáticamente Lemlein (en Kostov).

#### Representaciones gráficas

En los gráficos 1, 2, 3, y 4, se expresan los resultados siguientes:

Gráfico 1: Se exponen los valores de algas, feldespatos, calcedonia, cuarzos idiomórficos y en asociación, y agregados calcedónicos.

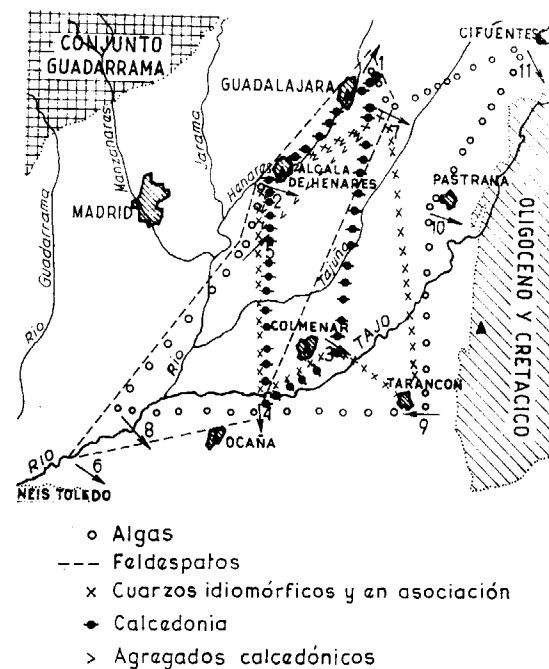


Gráfico 1

Se observa que las algas son prácticamente comunes a todos los perfiles. Los feldespatos están muy generalmente presentes, aunque más locali-

zados en la dirección NE.-SW. de la zona estudiada, lo que hace pensar que provienen de la Cordillera Central.

La calcedonia y cuarzos en asociación, que como hemos visto provienen de la sustitución pseudomórfica del yeso, bajo unas condiciones especiales, y los cuarzos idiomórficos en crecimiento entrecruzado, que se forman en la recristalización de la calcedonia, ocupan la parte central del área estudiada, y no presentan orientación NE.-SW., por ser de formación *in situ*.

Gráfico 2: Están representados los valores de las relaciones Ca/Mg. El área A corresponde a los valores más bajos de 120, y la B a los que están por encima de este valor.

Como se ve, es más magnésiana la parte W., o bien menos rica en  $\text{CaCO}_3$ , en tanto que la

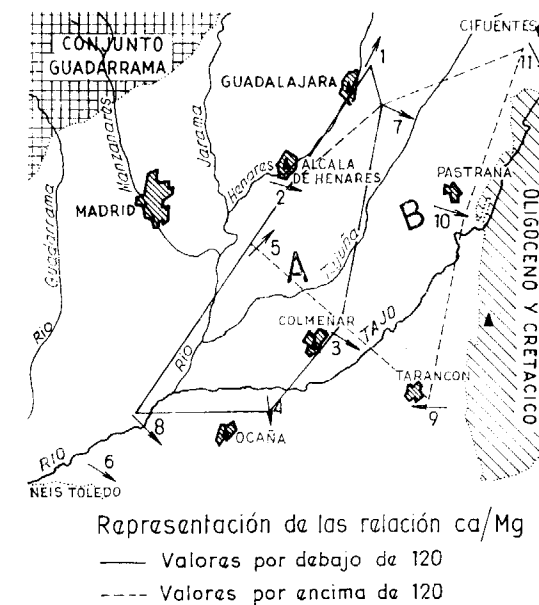


Gráfico 2

zona E forma la parte más rica, que coincide bastante estrechamente, como se verá más adelante, con el área de los biolilitos. A este respecto no hay que olvidar, sin embargo, como ya hemos indicado, que los análisis están hechos sobre el total de la roca y no sobre los extractos del ataque ácido. Naturalmente, los aportes de Mg, procedentes de la Cordillera, han influido en estos resultados: la Sierra de Altomira ha actuado de área madre aportadora de Ca.

Gráfico 3: Se representan los contenidos de Sr. Como puede verse, estos valores son bastante constantes en toda la zona estudiada, con un re-

lativo enriquecimiento en la de Colmenar-Pastrana, y una disminución en la parte N. para algunos niveles, y algo de la W.

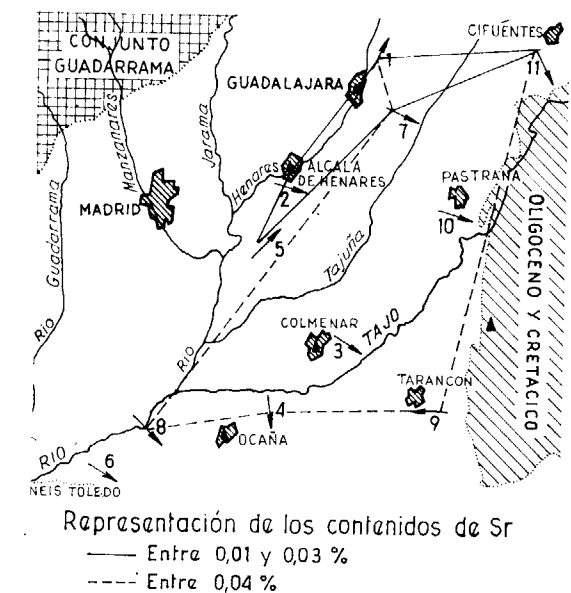


Gráfico 3

Gráfico 4: Están expresados los biolilitos, los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por encima de 1 por 100, y los de  $\text{SiO}_2$  superiores al 2 por 100.

Ya hemos dicho antes que la zona de los biolilitos, que coincide en general a las cotas más altas

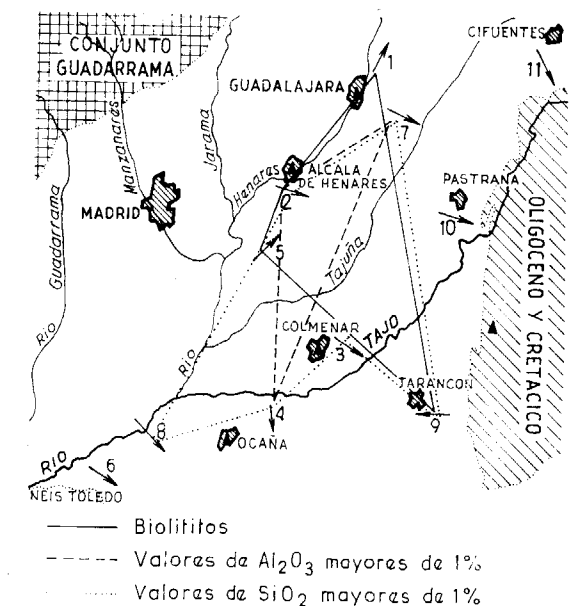


Gráfico 4



de los perfiles, se corresponde con la de contenidos Ca/Mg más altos y con la zona de calcedonia y cuarzos en asociación, mas si se tiene en cuenta que la muestra 1 del P.10 de Pastrana, debido a su textura muy borrada, cabe la duda de que pueda mejor ser clasificada como un biolilito.

En la zona comprendida entre Arganda-Horche-Tarancón, donde concurren las tres características citadas, es decir, es un área con biolilitos con elevada relación Ca/Mg y con la presencia de calcedonia, cuarzos en asociación pseudomórficos de yeso y cuarzos idiomórficos procedentes de la calcedonia. También en el perfil de Horche, aparecen las formas de  $\text{CaCO}_3$  procedentes de la pseudomorfosis de yeso.

### CONCLUSIONES

Las muestras estudiadas son en general biomicritas o micritas fosilíferas y biolilitos de algas. Los demás tipos encontrados, como pelmicritas, dismicritas y microesparitas, son poco abundantes y representativos.

En algunas muestras se ha observado total o parcialmente una textura formada por carbonato cálcico pseudomórfico de yeso (Horche, Toledo).

Existe una zona comprendida entre Arganda-Horche-Tarancón, en que se presenta marcadamente la calcedonia, a veces con cierta potencia, así como formas de cuarzo (muy abundantes en el Perfil de Fuentidueña), que por su hábito parecen ser pseudomórficas de yeso.

De los puntos 2 y 3, se desprende que existe una relación de sustitución pseudomórfica en estas muestras, en el sentido:

yeso  $\rightarrow$  carbonato  $\rightarrow$  cuarzo

Los feldespatos son relativamente abundantes en toda la cubeta, más abundantes en la franja paralela a la Sierra y con dirección NE.-SW.

Los biolilitos tienden a ocupar las cotas más altas de los perfiles y parecen guardar relación con calcedonia y con los contenidos más elevados de Ca/Mg.

Los porcentajes de estroncio son bastantes bajos y uniformes a lo largo de una franja paralela y cercana al Conjunto Guadarrama.

En las micritas y biomicritas, los valores de la relación Ca/Mg, son menores de 120, cosa que no ocurre en los biolilitos en los que dicha relación es  $> 120$ .

Es significativo en estas calizas las diferentes formas de presentarse la sílice: cuarzo detrítico, calcedonia amigdaloides con formas esferulíticas

radiales, seguramente proviniendo de la cristalización del ópalo; agregados calcedónicos microcristalinos, posiblemente de origen orgánico, cuarzos idiomorfos en asociación, resultado del crecimiento siguiendo direcciones determinadas sobre calcedonia, y cuarzo en forma lenticular por sustitución pseudomórfica de yeso. Todo ello indica la importancia de la sílice en la génesis de estas calizas.

El cambio del tipo de sedimentación, en el tránsito de los materiales yesíferos a las calizas de páramo, las variaciones de las mismas en función del lugar de deposición, bien en forma de esparitas, micritas, etc., así como la presencia de las formas pseudomórficas de yeso citadas, pueden deberse a efectos tectónicos, en que una vez extendida sobre grandes áreas peninsulares la penillanura finipontense, Riba (1966), el endorreísmo de la cubeta se interrumpiera en esta época, cesando con ello el depósito de evaporitas, cuyas sales se evacuarían al mar, precipitándose sólo los carbonatos más insolubles, y en ocasiones con ellos los yesos.

Dicho cambio del tipo de sedimentación ya fue citado para la cubeta del Ebro por J. Quirantes, mediante una interrupción del endorreísmo al exorreísmo con una consiguiente mayor movilidad de las aguas.

Queremos expresar nuestro agradecimiento por su colaboración, a los profesores y doctores T. Febrel, E. Perconig, C. Virgili e I. Zamarreño.

### BIBLIOGRAFÍA

1. CHILINGAR, G. V.; BISSELL, H. S., y FAIRBRIDGE, R. W. (1967): «Carbonate Rocks». Elsevier.
2. CRUSAFONT PAIRÓ, M., y VILLALTA COMELLA, J. F. (1954): *Ensayo de Síntesis sobre el Mioceno de la Meseta Castellana*. «R. Soc. Esp. His. Nat.». Vol. homenaje a E. Hernández-Pacheco.
3. FOLK, R. L. (1959): *Practical Petrographic classification of Limestones*. «Bull. Am. Ass. Petro. Geol.», 43, págs. 1-38.
4. GHINZBURG, I. I., y ROUKAVICHNIKOVA, I. A. (1951): *Minéraux de l'écorce d'altération de l'Oural*. «Act. Sci.», U. R. S. S.
5. KOLSTOV, I. (1968): «Mineralogy». Oliver and Boyd.
6. QUIRANTES, J. (1966): *Calizas continentales, criterios genéticos de clasificación*. «Ac. Geol. Hisp.». Año 1, n.º 2, págs. 15-18.
7. QUIRANTES, J. (1966): *Estudio sedimentológico de las calizas del Terciario Continental*. 4.ª Reunión Grup. Esp. Sedim. Oviedo, 1966.
8. REY, M., y NOUET, G.: *Microfacies de la Région Pré-rifaine et de la Moyenne Moulouga*. Leiden, 1958.

9. RIBA, O. (1966): Comunicación oral 4.ª Reunión Grup. Esp. Sedim. Oviedo, 1966.
10. STAUFFER, K. (1962): *Cuantitative Petrographic Study of Paleozoic Carbonate Rocks, Caballo Mountains, New México*, 32, 357-396.
11. STRAKHOV, N. M. y alum. (1958): *Methodes d'Etude des Roches Sedimentaires*. Traducción del ruso por J. Piétrisson de Saint Aubin. «Ann. Serv. Inf. Geol.» del B. R. G. M.
12. UMLAND, F. J. y HOFFMANN, W. (1957): *Über die Verteilung von Metall — 8 — Oxyschmelzen — Verbindungen Zwischen Wasser und organischen Lösungsmitteln*. 3. Mill. *Photometrische Bestimmung des Magnesium nach Extraktion seines Oxidates mit Chloroform bei Gegenwart von Aminen*. «Anal. Chim. Act.», 17, págs. 234-246.
13. VATAN, A.: *Manuel de Sedimentologie 1967*. «Technip.». París.
14. WEIBEL, M. (1961): *Die Schnellmethoden der Geotextanalyse*. «Schweiz. Min. Petro. Mitt.», Band 41. Heft 2
15. WEIBEL, M. (1962): *Die Aluminiumbestimmung in der chemischen Silikat Analyse*. «Z. Analyt. Chem.», 184, págs. 322-327.
16. ZAMARREÑO, I. (1963): *Estudio petrográfico de las Calizas de la formación Rosablanca de la Región de la Mesa de los Santos (Cordillera Oriental, Colombia)*. «Bol. Geol. Univ. Ind. de Santander». Bucaramanga, 15, páginas 5-34.



# Estudio sedimentológico y estratigráfico de la Isla del Aire (Menorca) (\*)

por J. ROSELL SANUY, A. OBRADOR y B. MERCADAL

## RESUMEN

La Isla del Aire se encuentra situada al SE. de Menorca (Baleares). La mayor parte de sus sedimentos están constituidos por calcarenitas de grano medio (localmente fino o grueso), bien clasificadas, con laminación de color y textural, en las que se observa muy claramente un *large scale cross bedding*.

Desde el punto de vista sedimentológico, esta Isla puede dividirse en tres unidades: La septentrional e inferior, netamente marina, probablemente corresponde a un medio de bahía o estuario. La central debe ser atribuida a un medio sedimentario eólico formado por un conjunto de dunas. Y la meridional, separada de las dunas por un nivel de rubefacción con fauna terrestre, ha sido caracterizada como una posible barra de *foreshore*, o sea, depositada en un medio sedimentario de playa. La macrofauna y microfauna indican, aunque con ciertas reservas, por la falta de especies características, que estos materiales se depositaron probablemente al comienzo del Cuaternario, estableciéndose un límite superior en el Tirreniense medio.

## SUMMARY

The Isla del Aire is situated in the SE of Menorca Island (Baleares). Most of its sediments are formed by medium grain size calcarenites (sometimes fine or coarse) well sorted, with colour lamination and textural laminations, in which a large scale cross-bedding, can be clearly seen.

From the sedimentary point of view this island can be divided in three units. The Septentrional and lower unit, is clearly marine, and it may probably belong to a bay or estuary environment. The Central unit may belong to an eolian sedimentary environment formed by a dune system. The Meridional unit, separated from the dunes by a rubefaction level with terrestrial fauna, has been defined as a possible foreshore bar, that is to say, that it has been deposited in a sedimentary nearshore environment. The macrofauna and microfauna indicate, though with certain restriction, due to the lack of characteristic (typical) species, that the materials were deposited there probably at the beginning of the Quaternary having, in any case a premiddle-Thirrenian age.

La isla del Aire se halla situada en el extremo sudoriental de Menorca, y separada de ésta por un canal de una milla de anchura. Posee poco más de 0.5 km<sup>2</sup> de superficie, y una longitud y anchuras máximas de 1.300 metros y 200 respectivamente. En su punto más elevado alcanza los 16 metros sobre el nivel del mar, y es, en este punto, donde se localiza el faro que lleva el mismo nombre que la isla.

Debido a la carencia casi total de suelo, de vegetación y de sedimentos cuaternarios modernos, los afloramientos son extraordinarios, y ello ha facilitado la elaboración del presente estudio sobre el medio sedimentario y la génesis de los materiales que integran su subsuelo.

## OBSERVACIONES DE CAMPO

Se han realizado tres cortes en dirección aproximada N.-S. (fig. 2 y situación en figura 1), de

(\*) Trabajo presentado en la V Reunión del Grupo Español de Sedimentología. Pamplona-Zaragoza, 1969.

los que se detalla a continuación la naturaleza litológica de cada uno de los niveles que los componen:

## I. Corte del Cap de Llevant

Este corte se ha realizado en los alrededores de S'Illot des Cap de Llevant, y finalizado en el extremo más oriental de la isla, al E. del faro. De arriba a abajo pueden distinguirse los siguientes niveles:

1. 6 m. calcarenitas de grano fino-medio bien clasificado.
2. 0,20-0,30 m. nivel de rubefacción constituido por calcarenitas de grano medio, que indentan con limos rojo ladrillo con abundante fauna terrestre, entre la que hemos reconocido *Iberellus minoricensis*, Mitre; *Tudorella ferruginea*, Lmk.; *Helix* (*Helicella*) sp.

Este nivel aumenta de potencia hacia el W.

3. 5 m. calcarenitas de grano bien rodado de tamaño fino y a veces medio. Localmente es muy intensa la actividad *burrowing*.

4. 3 m. nivel de erosión compuesto principalmente por limos rojo ladrillo, que indentan con algunas capas de calcarenitas de grano fino-medio. Engloba gran cantidad de restos fósiles, entre los que hemos recogido: *Helix* (*Helicella*) sp.; *Iberellus minoricensis* Mitre; *Tudorella ferruginea* Lmk., junto a numerosos fragmentos de algas y coprolitos (?). El contacto superior es neto buzando al S. con 9° de inclinación. Este nivel disminuye progresivamente de potencia hacia el W.

5. 2 m. visibles calcarenitas de grano medio, compactas, que afloran tan sólo al nivel del mar. En la parte alta, en el contacto con el nivel 4, son frecuentes las coladas cársicas.

## II. Corte del Recó de S'Estancia

Este corte se ha levantado entre el embarcadero de la isla (Es Moll) y el paraje conocido por Es Recó de S'Estancia, en la costa S. de la isla y al W. del faro. De arriba a abajo pueden observarse los siguientes niveles:

1. 7 m. calcarenitas de grano fino redondeado y cemento esparítico. Abundan los bioclastos, especialmente de algas. Entre éstos se ha reconocido (\*\*): fragmentos de lamelibranquios (a), fragmentos de equinodermos (c), algas coralíneas (ma), gasterópodos (r), ostrácodos (mr),

(\*\*) Las determinaciones micropaleontológicas han sido realizadas por J. Ferrer (ma. = muy abundante; a = abundante; c = común; r = raro; mr = muy raro).

*Operculina?* (mr), miliólidos (mr), rotálidos (r), *Planorbulina?* (mr) y *Cibicides* (mr).

2. 1 m. calcarenitas de grano medio. Indentan con limos arcillosos rojo-ladrillo, en los que se intercalan delgados niveles de coladas cársicas. El plano superior es erosional; en el Recó de S'Estancia el buzamiento de este plano es al S. con 12° de inclinación. Incluyen la siguiente fauna: *Helix* (*Helicella*) sp., *Tudorella ferruginea* Lmk., *Iberellus minoricensis* Mitre.

3. 6 m. calcarenitas de grano fino bien rodado, cuando aumenta ligeramente de tamaño es bastante porosa, con acusada homometría de los granos, cemento esparítico. La mayoría de los granos son bioclastos, en los que abundan los derivados de algas. En estos bioclastos se han reconocido los siguientes fósiles (fot. 1): equinodermos (a), gasterópodos (r), lamelibranquios (a), briozoos (c), algas coralíneas (ma), *Cibicides?* (c), *Planorbulina* (r-c), rotálidos (r), *Elphidium* (r-c), texturados (r) y miliólidos (mr). A ellas se intercalan delgados niveles de limos rojos, en los que es extraordinariamente intensa la actividad *burrowing* (*root cast?*). La superficie limitrofe entre este nivel y el nivel 2 se halla fuertemente rubificada.

4. 0,65 m. nivel de erosión compuesto por limos rojo-ladrillo algo arcillosos y coladas cársicas; localmente incluyen nódulos, calizos y lentejones de calizas micríticas, que en la parte alta pasan a calizas con intraclastos de gran tamaño (varios mm.), de caliza micrítica incluidos en una masa caliza rojiza. Los limos incluyen abundantes *root cast*.

5. 1 m. visible, calcarenitas con cemento algo rojizo, granos de tamaño medio muy rodados y fracción insoluble, escasa pero presente.

## III. Corte del Cap de Llebeig a S'Olleta.

Este corte se ha realizado en el extremo occidental de la isla. Los niveles superiores, en líneas generales, poseen las mismas características que los del corte de S'Estancia. No obstante, es éste el único corte en el que aflora, aunque en reducidas dimensiones, el nivel estratigráficamente más bajo de la isla.

De arriba a abajo pueden distinguirse los siguientes niveles:

1. 7 m. calcarenitas de grano bien rodado de tamaño fino-medio y cemento esparítico. Una elevada proporción de los granos son bioclastos entre los que dominan los derivados de algas coralíneas; entre ellos se han reconocido las siguientes formas: equinodermos (a), gasterópodos (r), lamelibranquios (c), briozoos (r), algas coralíneas



(ma), *Cibicides* (r-c), rotalidos (r), textuláridos (mr) y miliólidos (mr). Existen raros granos de glauconia bien rodados. Entre los granos de caliza se observan fenómenos de recristalización. Intercalan algunas coladas cársticas que indentan con limos arcillosos.

Hacia el E., en una de estas intercalaciones de

porosas. Están atravesadas por algunas coladas cársticas.

4. 0,70 m. nivel de carstificación compuesto por limos rojos que indentan con calcarenitas de grano medio. Incluyen coladas cársticas que alcanzan incluso 30 cm. de espesor. En los limos son frecuentes las estructuras de *root cast*.

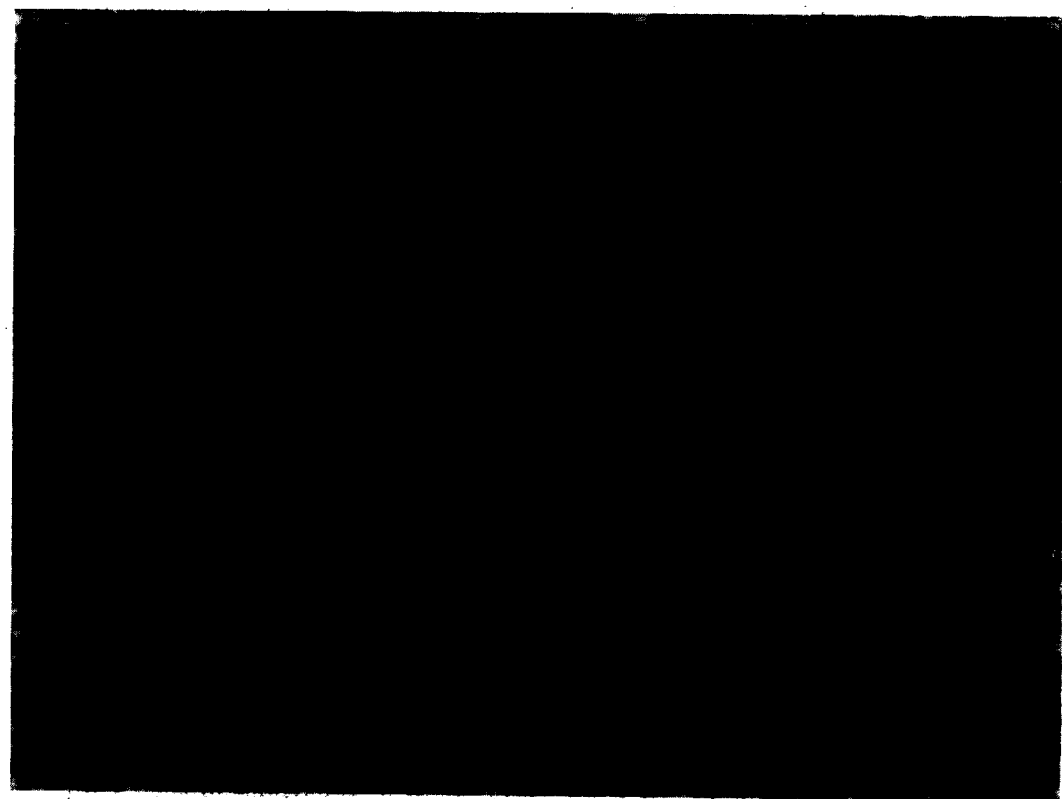


Foto 1.—Microfacies de las calcarenitas. La mayoría de granos oscuros corresponden a bioclastos derivados de algas.

limos arcillosos de unos 15 cm. de potencia existen algunos gasterópodos terrestres, entre los que se ha determinado *Iberellus minoricensis* Mitre.

2. 0.80 m. calcarenitas de grano medio, que indentan con limos arcillosos rojo-ladrillo, y que se hallan atravesadas por algunas coladas cársticas. Este nivel es claramente visible en S'Olleta, y al mismo nivel del mar en un amplio sector de la costa entre S'Olleta y el Recó de S'Estancia.

La superficie de contacto entre este nivel y el inferior es erosional, con características análogas a las del corte de S'Estancia, con buzamiento al S e inclinación de unos 10°.

3. 6 m. calcarenitas de granos muy bien rodados de tamaño fino y localmente medio, bastante

5. 1,5 m. calcarenitas con cemento algo rojizo y granos rodados de tamaño grosero.

6. 0,70 m. calcarenitas con cemento rojizo, que indentan con limos rojo-ladrillo, en los que existen abundantes *root cast* (localmente incluyen algunos cantos angulosos de calcarenita de grano grueso de 5-7 cm de diámetro). Son frecuentes las intercalaciones de coladas cársticas. Incluyen *Tudorella ferruginea* Lmk.

7. 0,80 m. calcarenitas de grano medio, porosas, con algunas muy débiles intercalaciones de limos rojos que tiñen localmente la roca.

8. 1 m. calcarenitas de grano medio y limos arcillosos de color rojo-ladrillo. Las calcarenitas poseen una coloración ligeramente rojiza por presentar algunos granos una pequeña película de



los grupos



N - S

nivel del mar

cap de llevant

nivel del mar

CORTE I

NNW - SSE

puerto de la isla

nivel del mar

es recó de s'estancia

nivel del mar

0 10 20m

CORTE II

NW - SE

cap de llebeig

nivel del mar

s'olleta

nivel del mar

CORTE III

Figura 2.—Cortes geológicos con representación de los principales grupos de láminas.



óxidos de hierro. Incluyen *Tudorella ferruginea* Lmk. Los granos están bien rodados, y entre ellos abundan los bioclastos, entre los que se ha reconocido la siguiente fauna: equinodermos (a), gasterópodos (r), briozoos (r), lamelibranquios (a), algas coralíneas (a), *Cibicides?* (r) *Elphidium?* (r) y miliólidos (mr).

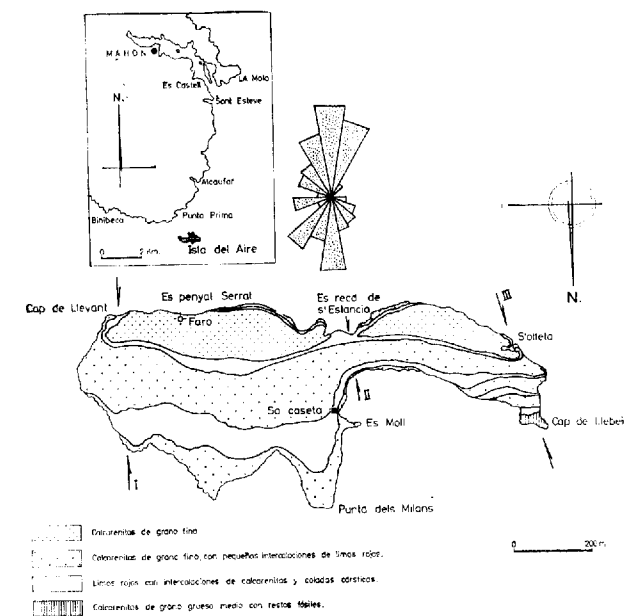


Figura 1.—Mapa de situación de la isla del Aire respecto a la de Menorca. Mapa litoestratigráfico de la isla del Aire con situación de los cortes. Rosa de paleocorrientes.

El cemento es esparítico. La mayoría de los granos poseen los bordes rediseñados o «pseudocorroides».

9. 1 m. visible calcarenitas de grano grueso-medio, bastante rodados, con restos fósiles marinos en estado de molde. En la parte baja incluye un nivel con cantos de caliza bien rodados de tamaño modal 5-6 cm con algunos cantos aislados de hasta 10 cm. Localmente se pone de manifiesto una laminación distorsionada probablemente originada por pequeños «slumping». Incluyen *Cardium tuberculatum* L., *Tellina (Arcopagopsis) balaustina* L., predominando considerablemente el primero de ellos.

#### ESTRUCTURA INTERNA DE LOS ESTRATOS QUE INTEGRAN LA ISLA. ESTUDIO DE LA LAMINACIÓN

Para la descripción de la estructura interna de las capas, vamos a diferenciar tres unidades sedimentológicas distintas alineadas de E. a W., que

separan tres franjas, de las cuales la más septentrional es la más inferior y la meridional la superior (fig. 1):

1. La inferior (nivel 9), netamente marina, con restos de fósiles, aflora tan sólo en el Cap de Llebeig, quedando en el resto de la isla por debajo del nivel actual del mar.

2. La unidad intermedia y central (niveles 2-8 inclusivos del corte del Cap de Llebeig y 2-5 de los cortes des Cap de Llevant y Reco de S'Eslancia, fig. 2) esta formada por capas con laminación cruzada a gran escala (utilizando las ideas propuestas por Allen, 1963). Esta laminación se pone de manifiesto bien por producirse saltos granulométricos entre una y otra lámina, o por existir un cambio en la coloración del cemento que une los granos de carbonato. De estos dos tipos de laminación, textural y de color, predomina, no obstante, la primera.

El ángulo máximo de inclinación de las láminas respecto a la horizontal es de 38°, y los más frecuentes se hallan comprendidos entre los 15° y los 25°.

El sentido de la inclinación es, en la gran mayoría de los casos, constante, y hacia el N., NE. y S. (véase rosa de paleocorrientes en la figura 1).

Las láminas poseen las siguientes características: forman *sets* agrupados (fotos 2, 3 y 4), laminación cruzada a gran escala (según Allen, 1963, cuando los *sets* alcanzan dimensiones superiores al dm.) con una longitud que oscila entre 1 y 5 metros, y la anchura entre 0,5 m. y 1 m., superficies inferiores erosionales, las láminas tienden a ser asintóticas respecto a la superficie inferior (figura 3); la forma de las láminas es del tipo *scoop-shaped* (ahuecada) (Allen, 1963), la relación angular entre los *sets* es discordante y litológicamente las láminas son homogéneas. Estas carac-

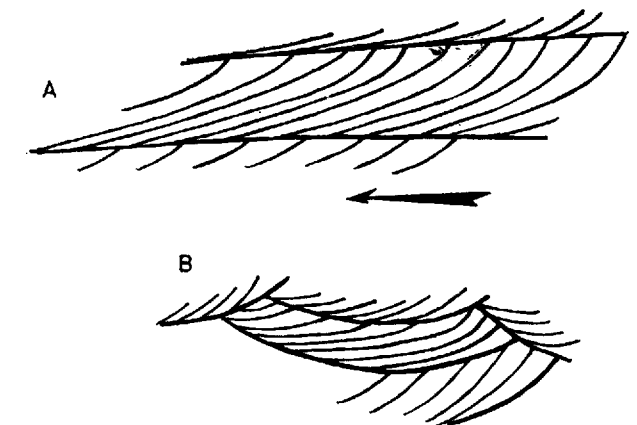


Figura 3.—A) Grupo de láminas indicando la dirección del viento (compárese con foto 4). B) Grupo de láminas perpendiculares a la dirección del viento (compárese con foto 2).



terísticas conducen a considerar a la laminación de esta unidad como del tipo *pi-cross-stratification* (páginas 110-111 de Allen, 1963).

3. La estructura interna de los estratos, que integran la unidad superior o meridional (nivel 1 de los tres cortes), es localmente distinta a la anterior, a pesar de que existe uniformidad litológica en toda la formación.

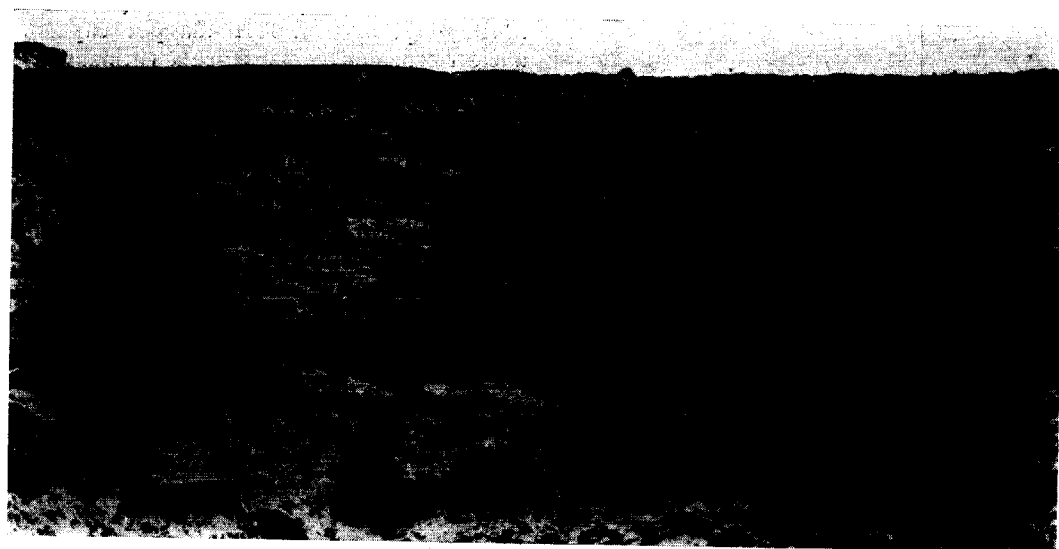


Foto 2.—Grupo de láminas cortadas perpendicularmente a la dirección del viento.

Mientras en los extremos E. y W. de la isla las características de la laminación son idénticas a las descritas para la unidad intermedia, en la parte central es diferente. Aquí, concretamente en el Recó de S'Estancia, existe, sobre la superficie de erosión que separa ambas unidades, una masa de calcarenitas compactas con una laminación cruzada a muy gran escala del tipo planar. Los ángulos de esta laminación son de 23° hacia el NE., y de 10° hacia el SW. respecto a la horizontal. En conjunto se trata de un solo *set*, con las láminas curvadas hacia el NE. y SW.

Dentro de la clasificación de laminaciones cruzadas propuesta por Allen (1963) queda incluida dentro del grupo que denomina de *gamma-cross-stratification*.

#### CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En la unidad central o intermedia, la presencia de grupos de láminas del tipo *pi-cross-stratification* de Allen, la manifiesta uniformidad litológica en toda la masa rocosa, la buena clasificación de los

granos de carbonato en las calcarenitas, la presencia de fauna terrestre en las superficies erosionales que separan los *sets*, y la carencia absoluta de macrofósiles marinos y una relativa escasez de microfósiles —que en este caso deben ser considerados como *remaniées*, por su estado de conservación—, nos induce a considerar a esta unidad como un conjunto de dunas. Por otra parte, esta

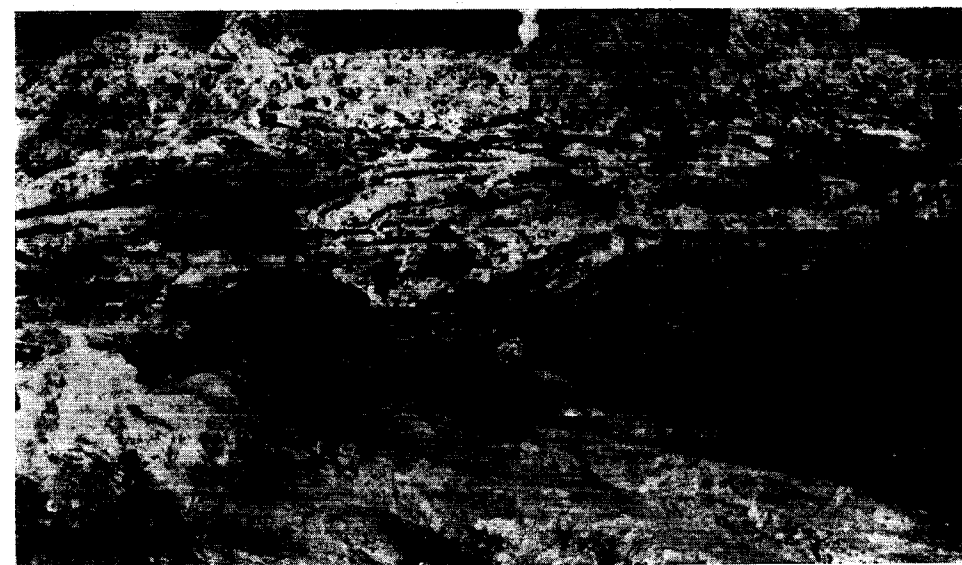
concepción se halla en total acuerdo con la interpretación genética dada por las ideas expuestas por Allen (1963) para este tipo de laminación cruzada a gran escala.

En la unidad superior y meridional, la explicación sobre cuál ha sido el medio sedimentario en el cual se depositó esta unidad es mucho más compleja. Ahora bien, el tipo de laminación que poseen estas capas, o sea, laminación a muy gran escala, del tipo planar con un ángulo muy suave hacia el SW (10°) y más abrupto hacia el NE (23°), la presencia de un solo *set*, homogeneidad litológica, y ángulos relativamente suaves de inclinación de las láminas, en Es Recó de S'Estancia, induce a pensar con reservas, utilizando las ideas expuestas por Conybeare & Crook (1968, págs. 32-34 y lám. 26), y por el propio Allen (1963), para estos materiales y estructuras, en una sedimentación de playa.

Apoyado en el hecho de que no existen restos fósiles ni tan sólo rodados o fracturados, estos materiales debían sedimentarse en una parte muy proximal de una playa. Y si a ello añadimos además el que la laminación posee una doble vergencia, el depósito tenía originariamente forma de

barra. En esta barra, las láminas menos inclinadas se orientan al SW. en donde debía situarse el mar, y las más inclinadas al NE. donde se situa-

critas para la unidad central o intermedia. En las zonas de transición se caracteriza por que en la base de los *sets* existe un delgado nivel de con-



Fotos 3 y 4.—Grupos de láminas según las direcciones dominantes del viento.

ba la línea de costa. Probablemente el submedio en el cual se depositaron estos materiales era una barra de *foreshore*. Esta barra pasa hacia el E. y W. (cortes I y III) a dunas, como lo demuestran las laminaciones existentes en Es Cap de Llevant y S'Olleta, con características análogas a las des-

glomerados brechoides intraformacionales (claramente visibles en el nivel 7 del corte III).

Las palcocorrientes indican una dirección de aporte, salvo raras medidas aberrantes o procedentes del N., NE. y S.; el viento que originó estas dunas poseía una componente principal procedente de tramuntana, gregal y migjorn (ver fig. 1).



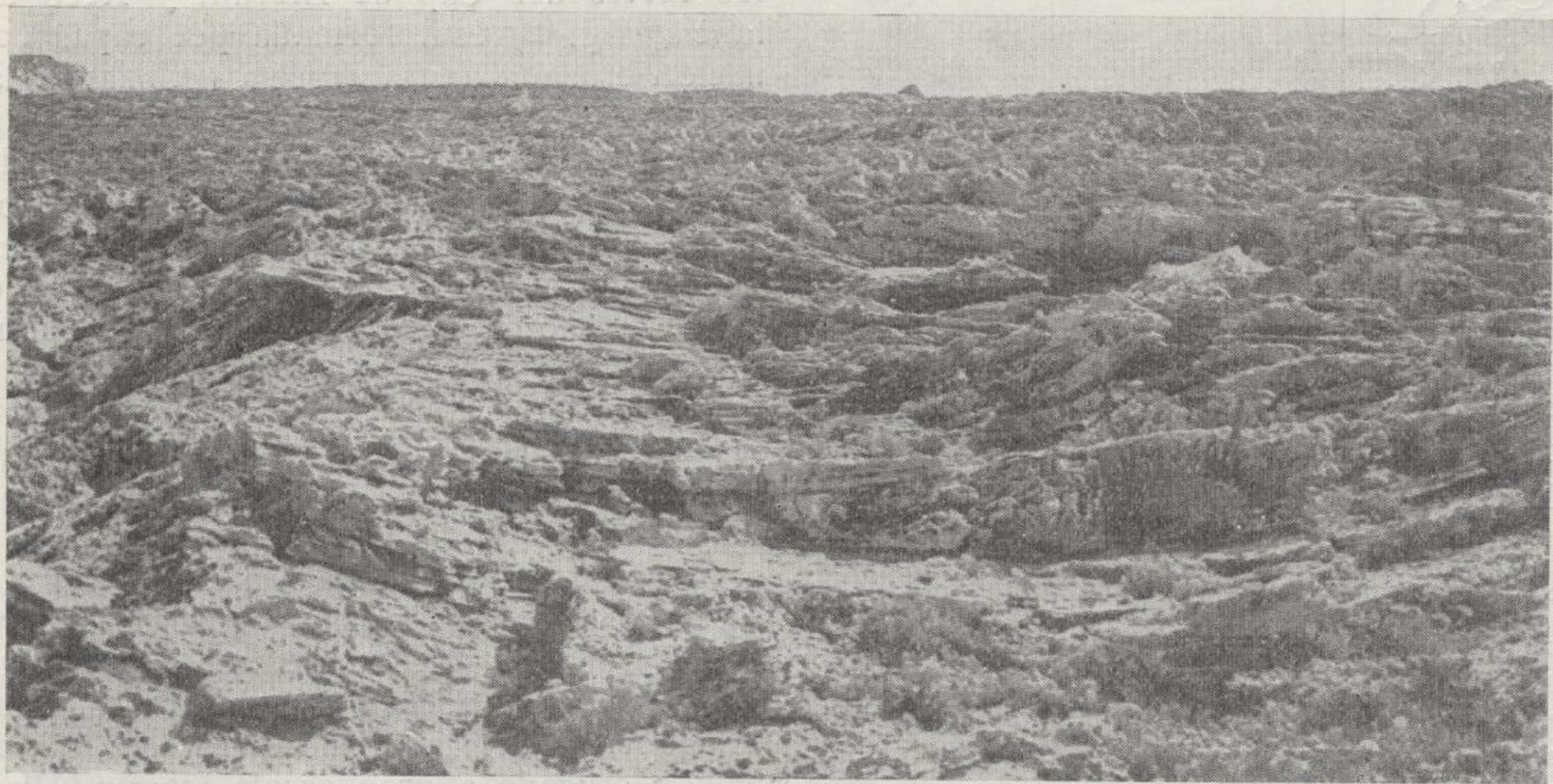
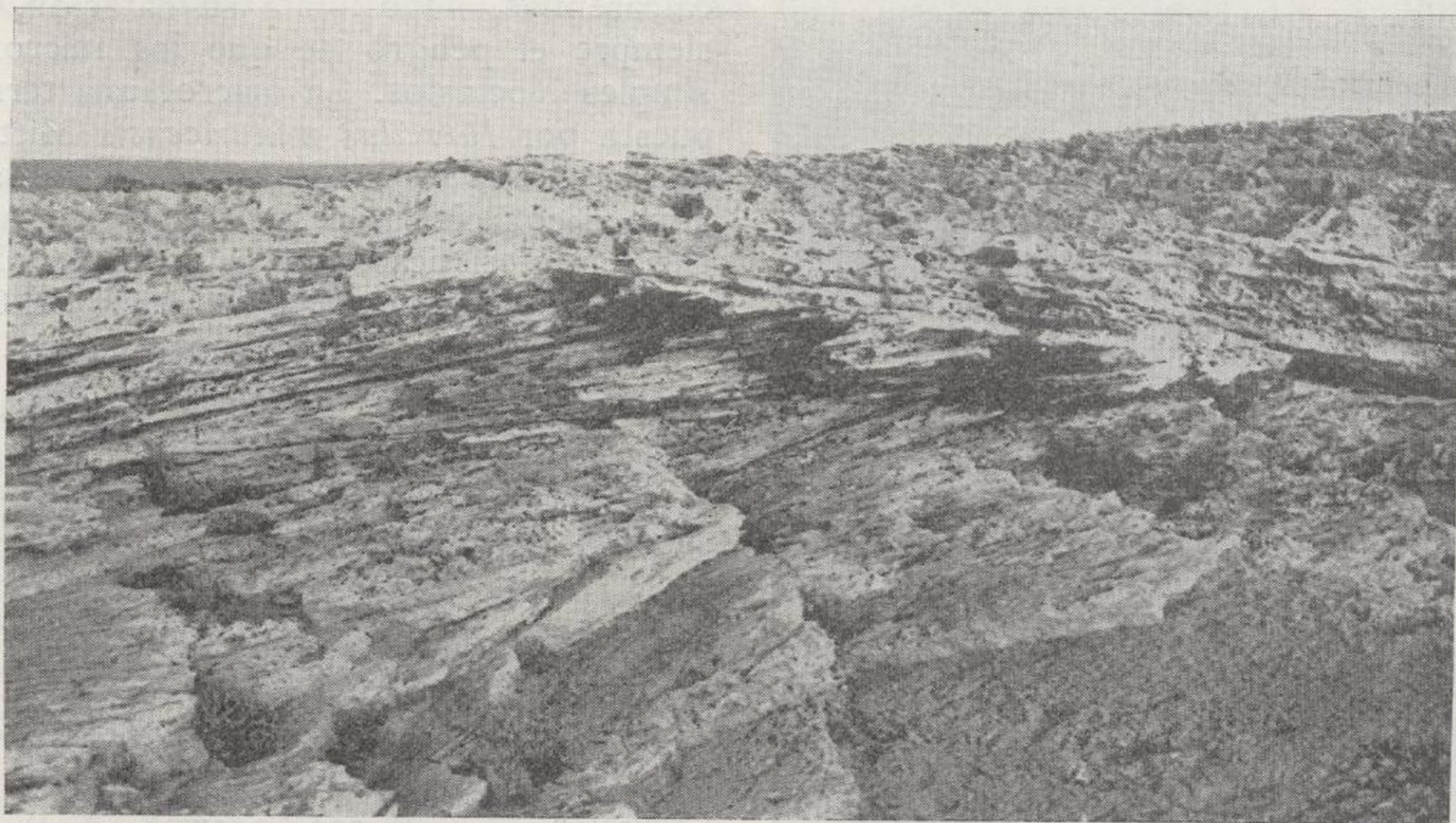


Foto 2.—Grupo de láminas cortadas perpendicularmente a la dirección del viento.





Fotos 3 y 4.—Grupos de láminas según las direcciones dominantes del viento.



Los sedimentos de esta isla han ido considerándose, desde Fallot (1923), como pertenecientes

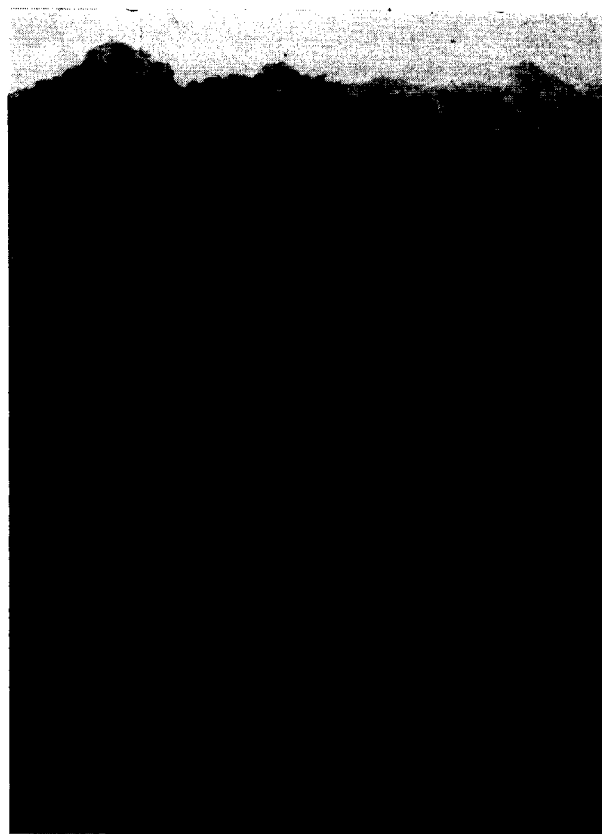


Foto 5.—Cap de Llevant. Grupos de láminas correspondientes al nivel superior (nivel 1 del corte I) (en la parte inferior de la fotografía puede observarse el nivel 2 del mismo corte donde se sitúa un yacimiento de gasterópodos terrestres).

al Mioceno, aunque sin argumento paleontológico en el que apoyar la datación y basándose tan sólo en la similitud de facies con el Mioceno menorquín. La carencia casi absoluta de microfósiles en las calcarenitas, imposibilita su datación, pues existe siempre el peligro de que los microfósiles sean simples bioclastos. La macrofauna terrestre, compuesta por *Iberellus minoricensis* Mittre, *Tudorella ferruginea* Lmk., *Helix* (*Helicella*), sp., indican, aunque con ciertas reservas, por la falta de especies características, que estos materiales se depositaron probablemente al comienzo del Cuaternario, estableciéndose un límite superior en el Tirreniense medio, ya que existen restos de esta playa sobre los niveles, estratigráficamente más altos, descritos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, J. R. L. 1963. *The classification of cross-stratified units. With notes on their origin*, «Sedimentology», vol. 2, págs. 98-114, 4 figs., 1 tabla, Amsterdam.
- CONYBEARE, C. E. B. and CROOK, K. A. W. 1968. *Manual of Sedimentary Structures. Commonwealth of Australia. Department of National Development*, «Bureau of mineral resources, geology and geophysics», Bull. núm. 102, 327 páginas, 108 láms., 5 figs., 12 tablas, Canberra.
- FALLOT, P. 1923. *La problème de l'île de Minorque*, «Bull. Soc. Géol. Fr.», 4e. sér.), t. XXIII, págs. 3-44, 7 figs., 4 láms., París.
- McKEE, E. D. 1966. *Structures of dunes at White Sands National Monument, New Mexico (and a comparison with structures of dunes from other selected areas)*, «Sedimentology», vol. 7, págs. 1-69, 8 láms. fots., 7 figs., Amsterdam.

Recibido: 24 VI-69.

## Precisiones acerca del Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla)

por CLAUDE VIGUIER (\*)

La estratigrafía del Neógeno Superior en el Este de Sevilla se conoce muy bien desde los trabajos recientes de Perconig, especialmente los que dio a conocer en el Congreso del Neógeno Mediterráneo de Berne (Perconig, 1964).

Entonces fue cuando describió la serie del Alcor, que se alarga en unos cuarenta kilómetros, desde Carmona en el NE., hasta Dos Hermanas en el SO., en el E. y cerca de Sevilla.

Recordemos resumidamente lo esencial: abajo, margas azules de edad Tortoniense Superior; encima, margas verde grisáceas del Plioceno Inferior; en medio, una base de arenisca con cemento calcáreo, de edad Mioceno terminal, para la cual Perconig ha propuesto el término «andaluciano». Añadamos, que los cortes estratigráficos corresponden, aproximadamente, a los cortes litológicos (Perconig, 1964).

Acerca de la región de Sevilla podemos añadir unos detalles que amplían estos resultados.

#### ESTUDIO DE LOS AFLORAMIENTOS (FIG. 1)

Gran parte de la ciudad de Dos Hermanas está edificado sobre la arenisca de cemento calcáreo del Mioceno terminal. Dicho Mioceno se puede estudiar en un afloramiento de varios metros de altura, en una cantera situada en las inmediaciones de la carretera de Alcalá de Guadaira, saliendo del pueblo, frente a la señal «Dos Hermanas» (fig. 1, A).

En la parte alta de la cantera, la arenisca está rematada por dos metros de arcilla «pelitique», de color verde, con intercalaciones de bancos decimétricos de arenisca de granos finos y medianos (el diámetro puede alcanzar 0,22 mm.). En las arcillas verdes se intercalan bancos no muy espesos de caliza blanca desmenuzable.

Una muestra de esta formación arcillosa «pelitique», recogida a unos centímetros por encima de la arenisca de cemento calcáreo, ha revelado

una microfauna de afinidades Plioceno Inferior, con la asociación siguiente: *Globorotalia hirsuta*, Col. cf. *Crassaformis*, *Globigerinoides obliquus*, *Astrarigerina planorbis*, *Elphidium complanatum*, *El. crispum*, *Nonion* af. *sol.* (1).

Pobre en individuos, esta fauna bastante rica en especies demuestra un ambiente de sedimentación marino, poco profundo, pero, no cabe duda, de mar libre.

Por lo tanto, se trata aquí del Plioceno Inferior descrito por Perconig.

El corte de dicho Plioceno puede proseguirse, con bastante facilidad, en las terrazas de la carretera N-IV, que une Sevilla y Cádiz, señaladamente junto al kilómetro 553,90 (fig. 1, B). La facies casi no es distinta de la anterior. Se puede observar, en un tramo de tres metros, una alternancia de fajas de 20 a 50 centímetros de arcilla verde grisácea «pelitique», y de arena fina «a pelites» (el diámetro de los granos más gruesos es 0,22 milímetros). Una muestra recogida a 30 centímetros por encima del nivel de la carretera ha revelado microfauna pobre, pero ha corroborado la edad Plioceno Inferior de la anterior con: *Globorotalia hirsuta*, G., f. *martinezi*, *Gl. crassacrotensis*, *orbulina universalis*, *asterigerina planorbis*, *ast. aff. menardii*, muy escaso.

La formación abarca aquí también numerosos elementos de caliza blanca, entre los cuales los hay acaso que no tienen origen pedológico.

Los depósitos de Plioceno inferior se caracterizan, pues, por la acumulación rítmica de elementos detríticos finos y arcillosos, depositados en ambiente francamente marino, pero de poca profundidad, como lo señala la microfauna.

Por otra parte, esta facies presenta gran extensión lateral en el Bajo Guadalquivir; tal vez haya que pensar en primer análisis, en la existencia de un período de «biostasio» sobre el continente para explicar su depósito.

El factor climatológico —más fácil de estudiar

(\*) Laboratorio de Hidrogeología y de Geología Dinámica, Facultad de Ciencias de Burdeos.

(1) Determinaciones de J. MAGNÉ: *Esso Rep. Bégles*, a quien estamos muy agradecidos.



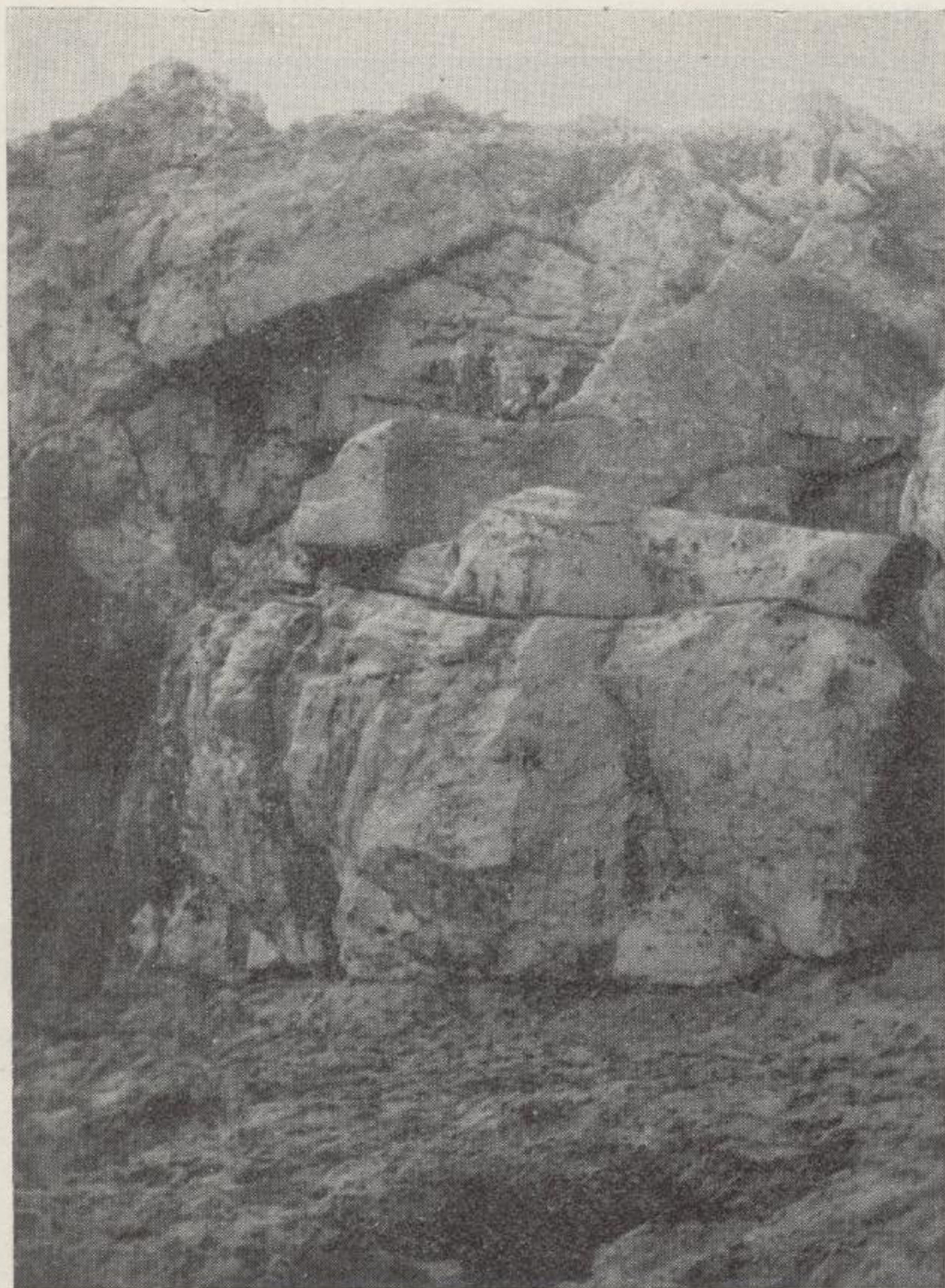


Foto 5.—Cap de Llevant. Grupos de láminas correspondientes al nivel superior (nivel 1 del corte I) (en la parte inferior de la fotografía puede observarse el nivel 2 del mismo corte donde se sitúa un yacimiento de gasterópodos terrestres).



que el fondo—, permitiría comprender la estructura del sedimento.

El Plioceno se prosigue, hacia lo alto, por el olivar que bordea la carretera. La arcilla gris verdosa, no tan neta, se encuentra, sin embargo, en la superficie llevada por los arados. A menudo se mezcla con cantos desmoronados. Proviene de un nivel de aluviones cuya base se sitúa aproximadamente en la cota + 55, y con una potencia de diez metros. No cabe duda que el Plioceno sostiene directamente los aluviones de una terraza cuaternaria.

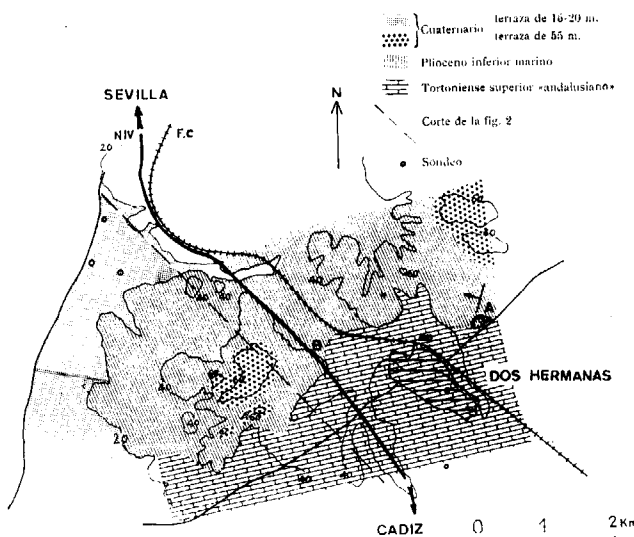


Fig. 1.— Mapa geológico de Dos Hermanas.

#### ESTABLECIMIENTO DE UN CORTE LOCAL (FIG. 2)

Las observaciones sobre el terreno han sido completadas útilmente por los cortes de los sondeos en busca de agua, instalados en la región estudiada (fig. 1) (2).

Las netas diferencias de facies entre los diferentes pisos del Neógeno terminal, permiten dar algún crédito a las descripciones de los sondeos para determinar los cortes estratigráficos, faltando los argumentos micropaleontológicos.

En efecto, recordemos que las variaciones de facies se marcan sobre las sucesiones de faunas. Merced a estos datos y al buzamiento de la arenisca del Mioceno terminal, medido en la carre-

(2) Los cortes han sido recogidos por los servicios del «Proyecto del Guadalquivir», de la FAO-IGME. Mucho nos alegra poder dar las más expresivas gracias a los señores directores del proyecto por su siempre cordial acogida.

tera A: N. 16° E, 2 a 3° hacia el O. El buzamiento más repetidamente indicado en los mapas es NE.-SO., lo que no puede ser porque en la dirección NE.-SO., el «andaluciano» admite un buzamiento relativo neto entre Carmona y Dos Hermanas.

Es posible establecer el corte de la figura 2, que se armoniza del todo con la estructura regional.

En esta región de Dos Hermanas, acerca de la cual no existen sino muy pocos documentos donde referirse, no nos pareció inútil restablecer el monoclinial de buzamiento O.-NO. de los pisos del Neógeno terminal.

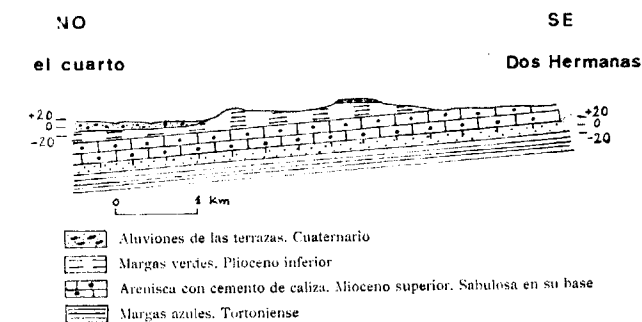


Fig. 2.— Corte de Dos Hermanas al Cuarto.

#### BIBLIOGRAFÍA

- F. DE LAS BARRAS DE ARAGÓN (1899): *Apuntes para una descripción geológico-mineralógica de la Provincia de Sevilla*, Imp. Alonso e Hijos, Palencia, 360 págs., 1 pl., 10 figuras.
- S. CALDERÓN (1893): *Movimientos pliocenos y postpliocenos en el valle del Guadalquivir*, «An. Soc. Española Hist. Nat.», tomo XXII, págs. 5-18, 1 fig.
- Instituto Geológico y Minero de España (1933): *Memoria explicativa de la Hoja número 1002, Dos Hermanas*.
- A. LOMBAR (1956): *Geologie sédimentaire. Les séries marines*, 1 vol., 722 págs., Masson & Cie., Paris-Liège.
- E. PERCONIG (1964): *Sull'esistenza del Miocen superiore in facies nella Spagna meridionale*, «Com. on medit. neogene strat. Proceeding of the third session in Berne», Leiden, 1966, págs. 288-302, 2 pl.
- E. PERCONIG (1967): *Biostratigrafia della sezione di Carmona (Andalucía, Spagna) in base al foraminiferi planetonici*, «Com. on Medit. Neogene Strat. 4th International Congress», Bologna.

Proyecto del Guadalquivir: Nous ne saurions oublier l'abondante documentation mise à notre disposition à Seville par ce service et les nombreuses discussions avec Mrs. CHAPOND et S. CELLA que la géologie du Bas Guadalquivir.

Recibido: 1-VII-69.

## Estudio geológico de los yacimientos uraníferos de "Mesas de Poyato" y "Hoya del Lobo", La Serena (Badajoz) (\*)

por E. RAMIREZ (\*\*)

#### RESUMEN

Se describen un conjunto de yacimientos uraníferos localizados en una formación metasedimentaria, con recubrimientos pliocenos y cuaternarios, marginal al borde meridional de los granitos de La Serena (Badajoz). Después de estudiar éstos y las series litológicas; el metamorfismo que las afecta, las alteraciones en ellas operadas, la tectónica comarcal, la morfología estratiforme que adoptan estas mineralizaciones y los métodos de investigación aplicados se concluyen en la posible génesis de estos yacimientos mediante una lixiviación natural de los granitos, en los que también se encuentran índices uraníferos, que exprime el uranio en ellos contenidos, a favor de una tectónica de intensidad media, para ser transportado mediante soluciones ambientales y depositado en un medio de características reductoras adecuado, favorecidas por el efecto «cierre» de paquetes de cuarcitas existentes.

#### ANTECEDENTES

La división en Sectores mineros que la Junta de Energía Nuclear estableció de algunas regiones del suelo de la Península se fundamentaba, entre otros hechos, en los datos, muy escasos, que la bibliografía aportaba, o bien en los hallazgos efectuados a primera hora. Así fue como surgieron los Sectores Cáceres-Badajoz y Andújar.

Entre uno y otro quedaban territorios de imprecisa adjudicación, que eran englobados en uno u otro Sector, teniendo en cuenta diversas razones: de trabajo, conjunto de formaciones geológicas, zonas de reserva, etc.

Estas últimas razones fueron las que decidieron que fuese el Sector de Andújar con sus equipos de prospección el que realizara el reconocimiento sistemático del gran eje hercínico granítico, y sus áreas de metamorfismo exomórfico, que desde Venta de Cardena, por Pozoblanco e Hinojosa del Duque, penetran hasta la comarca de La Serena, en la provincia de Badajoz.

(\*) Publicado con permiso de la Junta de Energía Nuclear.

(\*\*) Geólogo Jefe del Sector Cáceres-Badajoz de la Junta de Energía Nuclear.

Los yacimientos uraníferos que se estudian constituyen un tipo diferenciado de los que se localizan en metasedimentos de borde de todo el W. peninsular. Su descubrimiento se debe a los equipos de prospección de la J. E. N., que dependían del Sector de Andújar, los cuales realizaron prospección a pie y motoportada, utilizando scintilómetros tipo C. A. E., de la Canadian Aviation Electronic Lmt'd, y Ha'ross modelo 839 de la Ha'ross Instruments C. L., con una densidad de itinerarios relativamente grande. Esta prospección tuvo como resultado el encuentro de una serie de índices que jalonan más densamente el borde S. de los granitos de La Serena, índices que se encuentran tanto en la formación plutónica como en el metamórfico en que encajan estos granitos. En la figura 1 está representada esa constelación de índices que no se aleja mucho del borde granítico meridional.

Los yacimientos están enclavados, geográficamente, en la gran comarca natural de La Serena y a ellos se llega por la carretera que desde Don Benito se dirige a Quintana de la Serena, para, en este sentido, inmediatamente después de atravesar el río Ortega, desviarse hacia el S. por un camino provisional establecido para el servicio de las minas, figura 1.





Figura 1.--Mapa geológico-estructural con la situación de los yacimientos de «Hoya del Lobo» y «Mesas de Poyato», Campanario (Badajoz).

El estudio sistemático de estos índices se realizó en este caso (1) con las técnicas ya conocidas; levantamiento de un plano radiométrico, con malla de 5 x 5, a escala 1 : 500, cuya interpretación y estudio permite la implantación de una campaña de calcatas que, en los ejemplos que nos ocupan, pusieron de manifiesto el interés, al menos superficial, de estas mineralizaciones. Ello decidió continuar la investigación con una serie de sondeos de corona, cuyos resultados no fueron excesivamente optimistas, pensándose, no obstante, en la explotación del yacimiento.

plejidad tectónica. La interpretación de uno de los planos radiométricos de superficie, figura 2, por ejemplo, no estaba de acuerdo con los resultados obtenidos con los sondeos en aquella primera compulsación de datos. Ante tales hechos se decidió completar la investigación con sondeos Wagon-drill, que ayudaron mucho a la interpretación de estas mineralizaciones. Los datos obtenidos dibujaban una repartición en la mineralización más irregular y más extensa —que en cierto modo recordaba los límites del

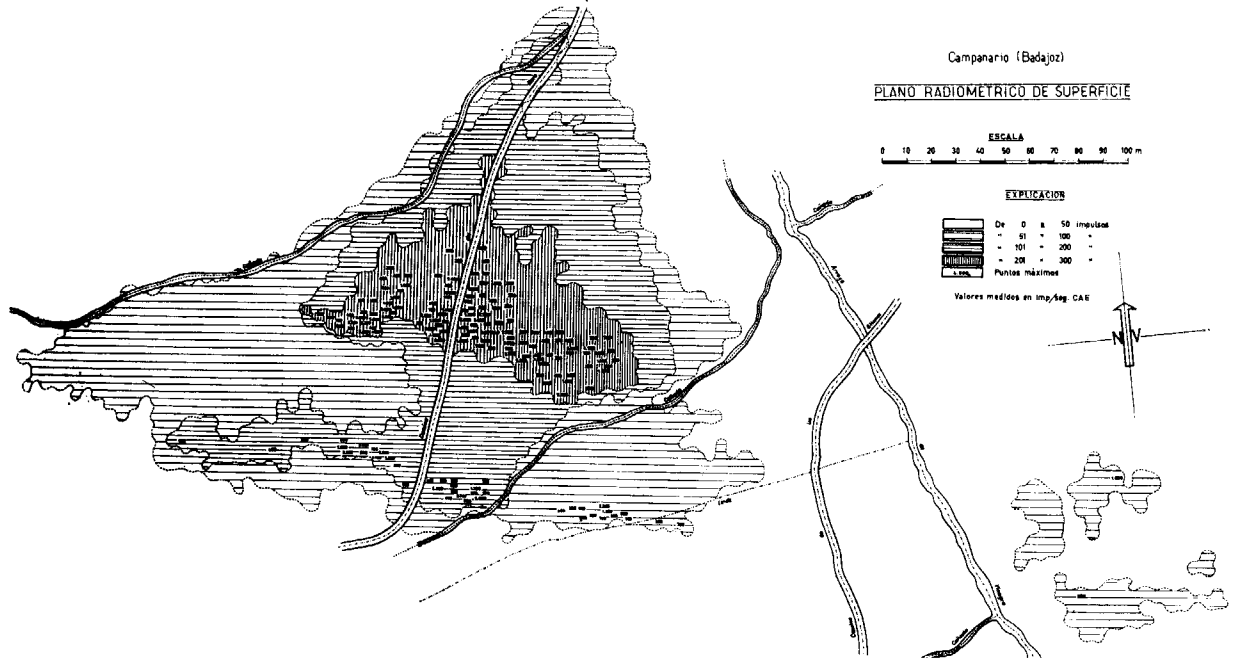


Fig. 2.

La interpretación de los datos obtenidos no era demasiado fácil, porque al carácter simplista que cabía deducir en un primer análisis de datos se opone la complejidad de las mineralizaciones en metasedimentos y aquí, además, la aplicación de la prospección geofísica (2) con el método de resistividades ponía de manifiesto una cierta com-

plano radiométrico— que la prevista en un primer momento, hechos que posteriormente se confirmaron con una de las canteras de explotación. Una idea más concreta de la mineralización se obtuvo con la ejecución de varios pocitos de sección 2 x 1, al nivel — 10. Estos pocitos permiten tanto el estudio directo de la mineralización y su evolución como el desmuestre sistemático y representativo tomando el todo-uno, o desmuestres parciales por rozas, medidas radiométricas sistemáticas en profundidad, etc.

Posteriormente, una segunda campaña de sondeos de corona consiguió extender el yacimiento considerablemente al E. y al O. de los límites conocidos, al considerar o dar nueva interpretación a los datos existentes, especialmente radiométricos, que presentaban valores bajos y poco continuos.

(1) Deseamos expresar aquí a los señores don Ricardo Arteaga y don José Luis Rebollo. Ingenieros de Minas, nuestro agradecimiento por los datos de gran interés que sobre las investigaciones preliminares realizadas nos han proporcionado.

(2) Realizada por los equipos de geofísica de la J. E. N., a cuyo jefe, don Fernando Zuriaga Coll, Ingeniero de Minas, mostramos nuestro sincero agradecimiento por los resultados que nos proporcionó.



Estas investigaciones se limitaron en un principio al paraje denominado «Mesas de Poyato», atravesado por el arroyo Vinagre. Pero del estudio de las condiciones morfológicas, litológicas y tectónicas del yacimiento, se dedujo pronto —considerando la posición de otros índices existentes más algunos que aparecieron posteriormente en algunas ocasiones como simples anomalías puntuales, como consecuencia de una prospección más detallada y con material nuevo, scintilómetros de la casa SRAT, de gran sensibilidad, modelo SPP-2—, que todos ellos se localizaban dentro de la formación de borde meridional de los granitos de la Serena, que presentan cierta uniformidad en su constitución.

Ello abre unas perspectivas muy interesantes a este conjunto de yacimientos, no ya sólo por la importancia que en sí encierran, sino porque tales condiciones pueden ser extrapoladas a otras formaciones geológicas que reúnan características análogas. En resumen, pueden constituir tales datos una buena guía para la prospección de otras áreas peninsulares.

La banda donde se ubican tales índices y anomalías alcanzan más de 8 kms. de corrida, comprendiendo parajes tales como los de «María Lozano de Vargas», «El Pedregal», «Los Llanos», «Cañada Gil», «Los Casares», «Las Moruchas», etcétera, además de los mencionados de «Mesas de Poyato» y «Hoya del Lobo». Existen en esta corrida serios obstáculos para una correcta valoración de tales índices, inconvenientes que pueden ser referidos a la existencia de recubrimientos importantes de la formación pizarrosa y constituidos por un Plioceno groseramente detrítico o un Cuaternario residual, que llega a alcanzar 4 ó 5 metros de espesor, o bien que algunas veces no hay relaciones entre la intensidad de las anomalías de superficies y las mineralizaciones en profundidad, etcétera.

Todo ello contribuye, pues, a crear una serie de problemas que han sido cuidadosamente estudiados e investigados, o se está en curso de hacerlo, habiendo ya aportado unos resultados y unas realidades muy alentadoras.

La explotación del yacimiento en canteras a cielo abierto, con mecanización bastante completa, significa la obtención de unos costos realmente excepcionales, y por ello unos rendimientos que entran dentro del marco de una economía muy depurada.

## II. EL MARCO GEOLÓGICO-TECTÓNICO

Describimos seguidamente las formaciones objeto de este estudio y en él debe ser resaltado el hecho de que la posición de estos yacimientos e índices

dentro de la geología comarcal, muy poco conocida, es crítica en cuanto se refiere, especialmente, al eje granítico existente de gran significación en la arquitectura de todo el SW. de la Península.

### 1. Características geológicas y petrográfico-litológicas

Los yacimientos se localizan en el borde S. del gran macizo granítico de La Serena, de alineación general NW-SE., que constituye un tramo importante del eje hercínico antes indicado concordante con toda la estructura de SW. peninsular.

Considerada morfológicamente la comarca de La Serena, queda definida por el gran desarrollo que tiene la penillanura fraguada sobre materiales paleozoicos; rocas granitoideas, pizarras y cuarcitas. En ella destacan relieves residuales silúricos cuarcitosos, orientados de NW. a SE., por erosión diferencial, que constituyen testigos de los ciclos erosivos que modelaron el país.

La comarca pertenece a la cuenca del Guadiana, siendo el río Ortega el colector que drena el área más próxima al yacimiento.

La penillanura se ha rejuvenecido morfológicamente por el encajamiento de la red fluvial, siendo éste más evidente, río Zújar, cuando esta red discurre sobre materiales pizarrosos. Tal encajamiento puede ser debido a un levantamiento general del país.

Sobrepuestos al Paleozoico de la comarca existen, aunque muy discontinuamente, materiales sedimentarios eminentemente detríticos, que pueden ser calificados en tres tipos; niveles residuales de rañas, derrubios cuaternarios más o menos evolucionados de escaso espesor, que recubren especialmente áreas periféricas a los relieves cuarcitosos, y masas de aluviones de poco desarrollo en algunos cauces de arroyos. Más al N. queda el amplio valle del Guadiana, en el que se albergan sedimentos terciarios, que dan origen a una llanura bien definida, por la que discurre el río con cauce poco evolucionado.

Las formaciones integrantes, pues, de esta zona son las siguientes, según el orden en que las describimos:

Los granitos, granodioritas y pórfidos con sus diferenciaciones locales.

Las series paleozoicas, de las cuales están ampliamente representadas las del Cámbrico y Silúrico y más confinadamente las del Devónico.

Los materiales detríticos datables como terciarios, pliocenos y cuaternarios, que por su pequeño desarrollo sólo mencionaremos de pasada por los problemas que plantean.

Las rocas granitoideas que forman esta alineación se caracterizan por sus tendencias porfiríoides

desde las más ácidas, granitos, a las básicas, pórfidos dioríticos de Zalamea y Malpartida de la Serena. Esta facies porfiríode más concretamente en el macizo que nos interesa, se muestra más desarrollada en los bordes; granito de La Haba, borde N. hacia Magacela; borde S. junto al yacimiento, etc. En el centro de este macizo domina más un granito de grano medio poco porfiríode.

Los granitos más porfiríoides son rocas de grano grueso con dos micas, dominando la biotita, con alteración media o a veces intensa. La biotita muchas veces se muestra cloritizada. Los porfiroblastos se ven claramente orientados en algunos parajes. Dominan las plagioclasas de tipo básico, por lo cual la roca debe ser considerada mejor como una granodiorita (3).

La evolución hacia tipos granodioríticos es muy clara hacia Quintana de la Serena, donde la roca se muestra más homogénea, de grano grueso o medio, con gabarros frecuentes, existiendo ya hacia Zalamea y Malpartida de la Serena, como se indicó, masas de relativa amplitud integradas por rocas de mayor basicidad: pórfidos dioríticos. Hacia el S., Valle de La Serena, se encuentran granitos neísicos o neises deformados cataclásticamente.

La composición mineralógica y textural responde a los siguientes tipos:

a) Los granitos marginales, de borde, en general están compuestos de cuarzo, ortosa, plagioclasas y biotitas, o ésta y moscovita, como minerales esenciales, existiendo apatitos y circón como minerales accesorios. La textura es holocristalina, hipidiomorfa, y la estructura granuda de grano medio o grueso, porfídica. Hecho destacable es que los megacristales de ortosa son tardíos. Las inclusiones de circón en las biotitas son muy abundantes. La alteración, no siendo intensa, origina sericita y clorita. Cuando es más intensa, sobre todo de tipo hidrotermal, la ortosa está caolinizada y se originan productos titanados en el proceso de cloritización de las biotitas. Aparece, además, esfena y andalucita entre los minerales accesorios. Cuando la alteración predominante es la meteórica, aparecen productos limoníticos. La roca puede ser clasificada como una granodiorita, respondiendo por su composición a granitos calcoalcalinos.

b) En los amplios afloramientos de Quintana y La Guarda, la granodiorita está mejor definida conteniendo hornblenda entre sus minerales accesorios, algunas plagioclasas están zonadas, el

(3) El estudio petrográfico al microscopio se realizó, sobre muestras enviadas por nosotros, en el Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N.

grano es medio, la alteración poco intensa, siendo la roca de textura holocristalina hipidiomorfa, y a veces mirmequítica, conteniendo también apatito como mineral accesorio. En estas granodioritas aparece, en ocasiones, casiterita como mineralización.

c) Las rocas del borde meridional, junto al yacimiento, presentan texturas holocristalina, hipidiomorfa o aplítica poiquilitica, con estructura de grano grueso porfídica. Existen diques de grano fino. Aquellas rocas corresponden a adamellititas, contienen dos micas y también los fenocristales de ortosa son de génesis posterior a los minerales que incluyen. La alteración es intensa algunas veces, con sericita y clorita o limonita, siendo las inclusiones en las biotitas abundantes.

d) Los pórfidos dioríticos de Malpartida y Zalamea de la Serena presentan texturas microcristalinas, estructura microgranuda porfídica. Su composición mineralógica es de fenocristales de plagioclasas y minerales máficos transformados en epidotas como minerales primarios. Accesorariamente existe circón y cuarzo. La matriz microcristalina está formada por clorita, sericita, feldespato y epidota.

e) Hacia el N., y marginalmente a la banda cristalina principal, figura 1, existe una apófisis relativamente extensa, superficialmente separada de aquella, granito de Magacela, en la que domina el tipo de grano medio.

Las diferenciaciones se refieren a la existencia de manchones menos porfídicos, diques de microgranitos o aplitas y algunos tipos pegmatoides con mayor cantidad de mica blanca y turmalina, que en el mismo yacimiento se observan claramente, diques de gran alteración de tipos rocosos graníticos no porfiríoides, de grano fino, o bien pegmatitas que atraviesan la formación del mismo yacimiento de forma irregular unas veces, y otras a manera de sills.

Un conjunto filoniano encaja en el granito. Estos filones son esencialmente cuarcíferos y de orientación NE., predominantemente. Su potencia oscila desde 0.2 a 3 metros, y las alteraciones laterales a tales filones, con productos limoníticos, son frecuentes. Las venillas de cuarzo son abundantes.

La separación, al menos superficial, entre los granitos que describimos por La Guarda y Castuera está constituida por metasedimentos, en general muy alterados, fig. 1.

De las series paleozoicas sólo vamos a estudiar las que corresponden al Silúrico, ya que atribuimos a esta edad toda la formación encajante al S. de los granitos de La Haba-Campanario-Magacela.

El Cámbrico, que queda más al N., es fundamentalmente pizarrosos, y en él encajan rocas vol-



cánicas, a manera de diques, constiuidos, por pórfidos riolíticos al N. de Magacela, parajes de los Picos y los Quintos, figura 1, y el Devónico está representado en Magacela y la Guarda por una formación de calizas muy magnesianas, incluso verdaderas magnesitas, de poco desarrollo. En los contactos con el granito se observan skarns, que a veces incluyen núcleos piritosos.

El Silúrico está constituido por las clásicas series cuarcítico pizarroso-areniscosas, tan características del Ordovisiense. Los potentes niveles de cuarcitas quedan más al S. del yacimiento; sierra del Recorvo y del Arrozao, o más al N., al otro lado de la banda granítica, Magacela. Los espesores pueden llegar a más de 100 metros.

La serie pizarrosa la componen: pizarras micáceas, pizarras arcósicas, pizarras grafitosas, términos arcillosos, areniscas y niveles de cuarcitas intercalados en estas pizarras de 0,3 a 5 metros de potencia. Otras veces son episodios de cuarcitas de dos o más centímetros de espesor, que alternan con las pizarras dando origen a unas facies flysch muy característica. Sin embargo, hay que hacer constar que correspondiendo en conjunto esta serie a materiales detríticos, y siendo las cuarcitas niveles representativos de oscilación de un litoral próximo, su potencia y continuidad varían mucho en su corrida. Las coloraciones de las pizarras son variadas, en general de tono oscuro, estando estos colores relacionados con el grado de alteración de la roca y con la cantidad de productos grafitosos que llevan. A veces contienen materias carbonosas en lechos de poco espesor.

Estos materiales pizarrosos marginales a los granitos se ven afectados por un metamorfismo de contacto muy uniforme en una banda de límites irregulares. La serie metamórfica está constituida por cornubianitas, de muy poco desarrollo en los parajes de las minas; algo más desarrollada hacia el O, y en profundidad, cornubianitas cálcicas. Las pizarras mosqueadas presentan una anchura en superficie de 100 a 400 metros, y las pizarras sericiticas se sitúan más externamente a los granitos.

El metamorfismo térmico, de grado medio, ha operado sobre secuencias pelítico-arenoso-carbonosas, o en algún caso, paraje «María Lozano de Vargas», sobre secuencias pelítico-calcáreas o calcáreas, Magacela, dando origen a los tipos que entre otros enumeramos seguidamente:

Pizarras mosqueadas andalucíticas.  
Pizarras mosqueadas cordieríticas.  
Pizarras mosqueadas sericiticas.

La composición mineralógica de estas pizarras varía en función de la resultante de la composición de la secuencia afectada por el metamor-

fismo. Como minerales esenciales encontramos: sericita, andalucita y moscovita en unos casos, o los anteriores y biotitas, muchas veces desferri-cadas, en otras, con cuarzos o bien interviene también la tremolita, denotando la presencia de carbonato cálcico en las series metamorizadas. Como minerales accesorios aparecen esfena, turmalina, circón, materia organógena, clorita, rutilo, y otras veces minerales opacos, pirita, etc. La andalucita se muestra en porfiroblastos, y la matriz de la roca se compone de biotita, cuarzo y grafitoide. La andalucita, en la que nos fijaremos especialmente, responde algunas veces a la variedad quistolita, que aparece en forma de porfiroblastos que llevan inclusiones de micas y grafito en agregados pulverulentos. Otras veces se muestra sericitizada.

Para nuestro estudio tiene más interés que resaltemos el hecho de que con gran frecuencia aparece la andalucita con gran abundancia de inclusiones de materia carbonosa. La sericita es muy abundante. En algunas muestras de profundidad hemos encontrado nódulos de fosforita con inclusiones carbonosas. En otros casos es apatito.

La textura de estas rocas es granolepidoblástica y la estructura pizarrosa o esquistosa, dominando a veces el cuarzo de origen detrítico.

Las cuarcitas intercaladas en las series pizarrosas se muestran como ortocuarcitas con el 90 por 100 de cuarzo y biotita, circón, esfena, sericita, ilmenita, cloritas o apatito como minerales accesorios. La textura es granoblástica y la estructura microgranuda compacta.

Son frecuentes en estas series de contacto venillas de cuarzo o nódulos de cuarzo hidrotermal, que engloban apatitos y sulfuros. En las fisuras de la roca aparece otras veces, especialmente en profundidad y más abundante hacia el O., paraje «María Lozano de Vargas», calcitas y piritas e incluso también clorita fisural.

Aun a costa de adelantar ideas, expondremos que al metamorfismo de contacto sigue un proceso de cataclasis seguido de la deposición de pirita en fisuras. A esta deposición sigue otra de sílice en filoncillos y posteriormente, en el orden que expondremos, se deposita calcita en las fisuras.

Todos estos materiales descritos presentan un proceso de alteración en masa, relativamente profunda, con cierta continuidad, alteración que tanto debe ser atribuida al hidrotermalismo como a la meteorización. A esta alteración se debe la aparición de limonitas, tanto indígena como transportada, que colorea más profusamente algunos niveles litológicos y la caolinización, que tiene como consecuencia la aparición de arcillas en proporción relativamente grande.

Además de hematización y caolinización parece

advertirse en profundidad un proceso de silicificación y más superficialmente se advierte una sericitización. La cloritización de las biotitas puede autorizarnos a indicar una cloritización que se muestra clara en los metasedimentos alterados.

El Devónico se compone esencialmente de calizas metamórficas, que dan origen a skarns, que generalmente presentan facies magnesianas, dando origen incluso a verdaderas magnesitas, hasta 42 por 100 de MgO.

A veces llevan núcleos piritosos hematizados, o bien existen episodios con mayor cantidad de hierro, que destacan por sus coloraciones. La potencia del Devónico se ha estimado en 200 metros, existiendo infrayacentemente areniscas o pizarras arenosas de poco espesor. Se localiza en Magacela-La Haba, y en las proximidades de La Guarda, figura 1.

Las formaciones detríticas que recubren estas series pizarrosas las clasificamos en tres tipos: niveles residuales de rañas y derrubios cuaternarios, unas veces como aureolas de aquéllas o bien como materiales procedentes de la destrucción de niveles de cuarcitas. Aluviones de poco desarrollo completan el cuadro de los materiales detríticos.

Unos y otros se encuentran poco consolidados y sólo en algunos puntos puede hablarse de una brecha sedimentaria cementada por arcillas. La constituyen cantos de cuarcitas entremezados con otros de cuarzo con arcillas o arenas arcillosas. Los aluviones poco diferenciados y de la misma constitución están más localizados en los cauces de arroyos o riachuelos. El espesor de estos elementos alcanzan 3 ó 5 metros; en todo caso este espesor es muy irregular.

Los caracteres metalogénicos de la región se refieren a la existencia de yacimientos de wolframita (Campanario, Valle de La Serena), cuya paragénesis es compleja. Sólo parcialmente citamos de ella: ganga sílicea brechoide con rellenos filonianos, compuesto por escorodita y material arcilloso. Entre los minerales más frecuentes mencionamos: mispíquel, calcopirita, covelina, tenorita, molibdenita, fluorina y su variedad antozonita y bismutina.

Algunas mineralizaciones cupríferas, Zalamea de la Serena-Magacela, con ganga barítica y otras de la asociación B. P. G., Castuera, yacimientos de Miraflores, antiguamente explotadas; Orellana la Vieja, etc.

Los yacimientos de wolframita se localizan en la posición clásica de ellos, las mineralizaciones B. P. G., o bien obedecen a formaciones filonianas con ganga sílicea encajando en pizarras, o bien con esta misma morfología están en relación,

Castuera, con gran dique granítico que corta toda la serie cámbrica al N. de Castuera.

## 2. El cuadro tectónico

Los ragos estructurales más destacados están ligados a la presencia de las masas graníticas existentes que han condicionado la tectónica regional y su evolución. La edad de estos granitos, probablemente hercínica o posthercínica, contribuye a aclarar lo indicado.

La banda granítica más septentrional, fig. 1, se muestra concordante con las formaciones paleozoicas encajantes a las que metamorfoza. Sigue la dirección de los ejes variscos ocupando posiciones que pudieran corresponder a zonas dentro de la formación paleozoica, en una banda de profundidad, como en parte queda demostrado por el carácter porfiroide dominante. Los granitos de Quintana, en cambio, no siempre son concordantes, borde N., con los metasedimentos.

La simetría de las formaciones silúrico-devónicas al N. y al S. de la banda granítica es evidente, existiendo en la parte meridional, aunque con menos desarrollo —calizas de La Guarda— los materiales devónicos correspondientes a los de Magacela (fig. 1). La serie pizarrosa se adapta bien al granito con inflexiones longitudinales y con buzamientos y vergencias, de acuerdo con la presencia del macizo cristalino.

La estructura, en conjunto, del Paleozoico, responde a series plegadas intensamente en régimen apretado. Estos plegamientos serían relativamente violentos, y con cierta disarmonía, como se evidencia por el sinclinal volcado y los desgarres de la alineación cuarcítica de la Serrata de Magacela. Como siempre, son los niveles de cuarcitas los que marcan la pauta y sirven de ejes-guías a este plegamiento.

Los buzamientos y las vergencias responden a un anticlinorio de gran estilo, 4-5 kilómetros de radio total, que habría sido barrido por la erosión y constituiría en algún momento el techo del granito.

Está desarrollada tanto en el campo granítico como en el metasedimentario, la tectónica de fractura que tiene caracteres diferenciales en uno y otro terreno. En efecto, sobre el mapa geológico, figura 1 (4), se advierten claramente cuatro sistemas de fracturas, que en conjunto muestran más densidad en los granitos por su carácter más rígido, que en el Paleozoico encajante. Algunas

(4) Levantado con ayuda de la fotogeología en el Servicio fotogeológico de la J. E. N., especialmente en el mosaico estructural, por la señorita Carmen Marín Benavente.



de estas fracturas de los bordes están a caballo sobre las dos formaciones, siendo más frecuente, de este carácter, el sistema N.-NW. y N.-NE. Una de ellas, siguiendo el Arroyo Vinagre, atraviesa prácticamente el yacimiento que estudiamos.

El sistema filoniano encajante en el granito lleva dirección NE., o a lo más N.-NE., que es en conjunto el sistema de diaclasas más desarrollado, N.-20-25° E. El de Shear corresponde aquí a la dirección W.-NW. Otros accidentes tectónicos parece que han rejugado posteriormente, como se demuestra parcialmente por sus rellenos arcillosos o rocas no consolidadas.

Habría, pues, que intentar diferenciar una tectónica hercínica fundamental y otra terciaria, corolario de la anterior, ligada espacialmente a la hercínica.

A la tectónica hercínica correspondería tanto el plegamiento con sus ejes de dirección neta NW.-SE., así como la intrusión granítica muy desarrollada en una primera fase, a la que seguiría otra segunda con la formación de los diques graníticos de grano medio o fino, gran dique de Castuera, diques del mismo yacimiento y otros de rocas básicas (Campanario).

A una fase posthercínica correspondería, con estilo cortante, tanto los desenganches bien evidenciados en los niveles de cuarcitas y la aparición de los filones de cuarzo mineralizados o estériles. A manera de ensayo podríamos intentar atribuir los filones cuarzosos de alta temperatura, mina «Rosita» y otros de Campanario y Magacela, con wolframita y mspíquel, etc., a una primera etapa de esta fase posthercínica, y a una segunda podríamos hacer responsable de las mineralizaciones B. P. G. Castuera, Orellana y filones estériles con otros que llevan barita y minerales cupríferos, Magacela, paraje «Los Casares» (Campanario), etc.

A la tectónica alpina, ya como contragolpe en esta región habría que atribuir, esencialmente, los rejuegos de antiguos accidentes, de estilo cortante, dando origen a fallas, como las que se descubren en los yacimientos de tipo desenganche, con rellenos arcillosos.

El que a veces tales fallas coincidan con antiguos diques de microgranitos, no hace más que corroborar lo expuesto, figura 3.

III. LOS YACIMIENTOS

1. Morfología

La localización de los yacimientos corresponde a la posición que pudiéramos decir clásica, dentro de la aureola de metamorfismo de contacto y muy próximo a el borde granítico. Esta serie metamór-

fica ha sido estudiada anteriormente de manera general. Describiremos como tipo uno de los yacimientos, el de Mesas de Poyato, y establecemos las variantes que se observan en otros de los existentes.

Consideramos, para fines de exposición, dos formaciones mineralizadas (fig. 3). Una que corresponde a los niveles litológicos más próximos al granito con la disposición, rumbos y buzamientos, que se estudian posteriormente, y otra formación más a techo de ésta, y con separación de 30 a 60 metros entre una y otra, siguiendo la normal a la dirección de las pizarras. Esta segunda formación la constituyen igualmente niveles litológicos con la dirección general, pero entre éstos se intercalan paquetes de cuarcitas que condicionan en conjunto, como veremos más adelante, la morfología del yacimiento.

Así pues, esta morfología, en general y superficialmente, es alargada siguiendo en líneas generales el contacto del granito y el rumbo de la formación metamórfica. En profundidad tenemos que aceptar, con los datos que después se aportan, que la forma sigue la estructura tectónica general. Responde, pues, el yacimiento a un tipo con morfología estratiforme. Por estos rasgos morfológicos y otros caracteres que se describen, se diferencia de otros yacimientos en metasedimentos existentes tanto en la zona de Salamanca como en Portugal. Teniendo en cuenta el interés que para la prospección y en metalogénia tiene el concepto tipo de yacimiento, proponemos para éste la denominación «Tipo La Serena», por la comarca donde se ubica.

2. Las rocas encajantes

La denominación de rocas encajantes es aquí, no totalmente exacta en la acepción que de este término metalogénico se tiene, porque si bien hay aquí rocas encajantes, otras que acompañan a éstas forman parte de la serie que se estudia, son en realidad las rocas mineralizadas. El paso de unas a otras no es muy definido, y muchas veces lo que en unos puntos son rocas encajantes, pasa a ser mineralizada en otros, etc.

La serie litológica del yacimiento, que en parte ha sido descrita anteriormente, consta esencialmente de términos pizarroso-areniscosos con intercalaciones de episodios de cuarcitas o paquetes mejor definidos que tienen mucho interés para nuestro estudio, figura 4. Las pizarras pueden ser de tipo grafitoso carbonoso, pizarras limoníticas, pizarras arcillosas. Las areniscas son de tipo arcóscico o términos de tránsito hacia cuarcitas. Las coloraciones varían desde tonos muy oscuros, negros o rojo oscuros, aquél por la materia carbo-

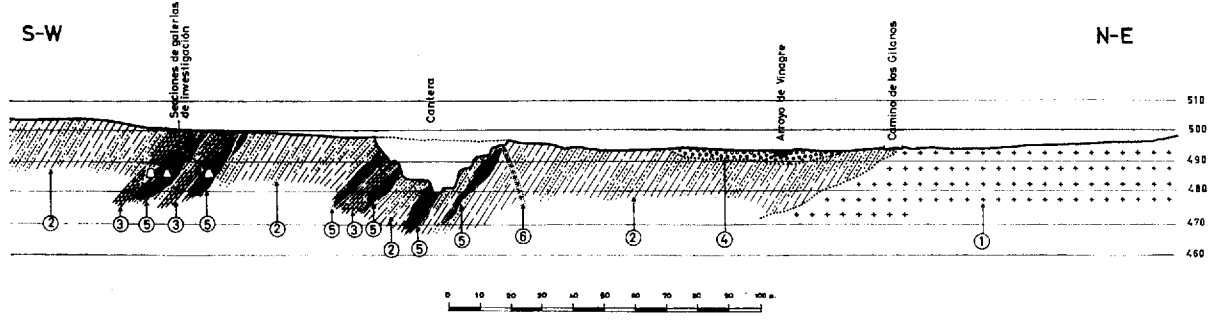


Figura 4.—Corte geológico E-49,25-N. Explicación a través del yacimiento de «Hoya del Lobo».

nosa y grafitosa que las impregna, ésta por la mayor o menor cantidad y tipo de limonita que llevan.

La composición del conjunto de ellas, y más especialmente de los paquetes mineralizados, responde a la siguiente según un análisis mineralógico cualitativo:

Andalucita, materia carbonosa, o grafitosa, goethita, cuarzo, sericita, moscovita, biotita, turmalina, magnetita, carbonatos, pirita, calcopirita, bornita y covelina, además de minerales de la arcilla, que son del grupo de la montmorillonita.

Estos se encuentran en las siguientes proporciones, según sus análisis cuantitativos (5):

	%
Fracción más fina, 0,03 mm.	71,—
Andalucita	10,—
Materia carbonosa y grafitosa	6,—
Goethita	4,40
Cuarzo	4,—
Sericita	3,—
Moscovita	0,40
Biotita	0,30
Turmalina	0,10
Magnetita	0,1
Carbonato	0,1
Pirita	0,1
Calcopirita	0,1
Bornita	0,1
Covelina	0,1

Los pigmentos limoníticos y la limonita son indígenas en gran proporción y transportados como era de esperar, ya que en algunos niveles de

(5) La muestra para estos análisis, realizados en el Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N., proceden de su lote grande, más de 20 toneladas, tomado del mineral extraído de la mina.

cuarcitas la pirita, más o menos oxidada, es abundante. La goethita es con la limonita el principal mineral de hierro.

Las cuarcitas se disponen, o bien en forma de niveles claramente definidos, con potencia de 2 a 4 metros, o bien como episodios intercalados de 0,02 a 0,10 metros, en la serie pizarra-areniscas, fotografía 3. Otro paquete más próximo al granito, por tanto a muro de la mineralización, es mucho más discontinuo, pero localmente de mayor potencia, hasta 20 metros.

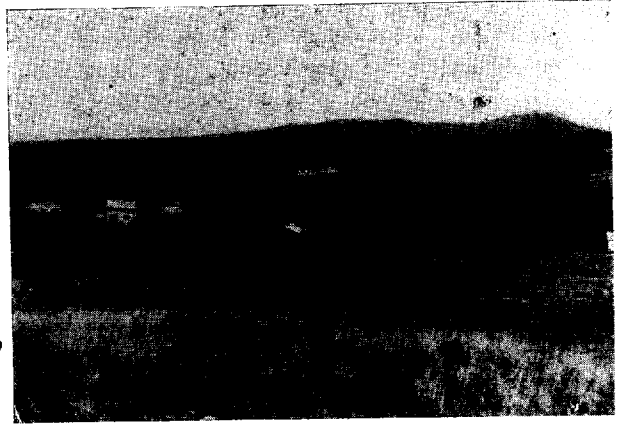


Foto 1.—Vista general del yacimiento. En primer término, el castillete para la investigación del denominado «nivel del dique». En segundo término, la cantera. Sobre la arboleda, el dominio de los granitos. Al fondo, los relieves silíceo-cuarcíticos de Magacela.

Su composición, aparte de sus relaciones con la mineralización uranífera y los sulfuros asociados, es la normal para una roca de este tipo, sobre 90 por 100 de cuarzo, con mayor o menor proporción de hierro (color más o menos claro), y otros elementos oscuros, ilmenita, biotita, además de circón, esfena, sericita, cloritas y apatito, como minerales secundarios. El paquete más discontinuo es mucho



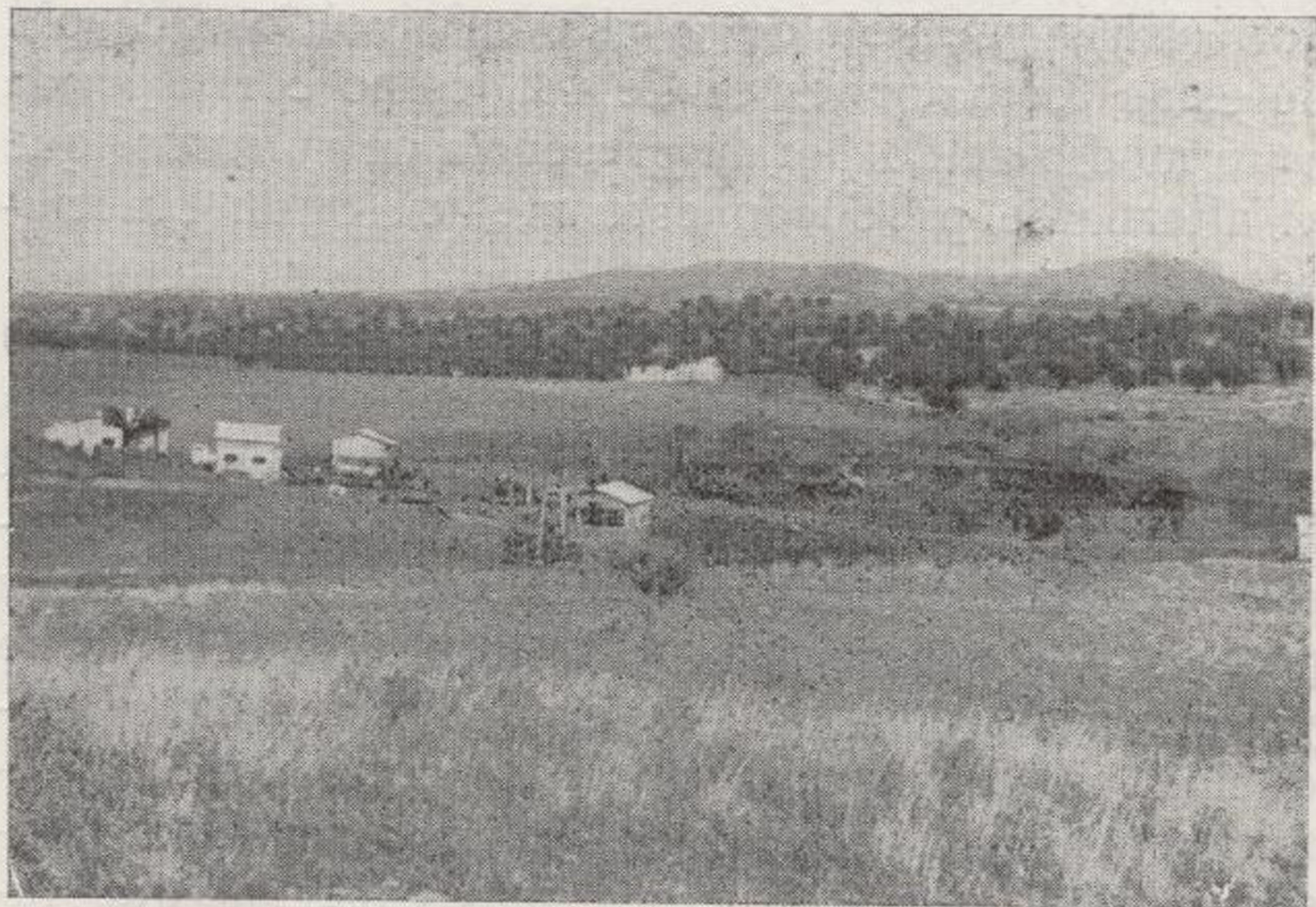


Foto 1.—Vista general del yacimiento. En primer término el castillete para la investigación del denominado «nivel del dique». En segundo término, la cantera. Sobre la arboleda, el dominio de los granitos. Al fondo, los relieves silúrico-cuarcitosos de Magacela.



más cuarcífero, de colores blancos, a veces es un cuarzo de recristalización que lleva turmalina.

Un carácter de gran importancia para nuestro estudio lo constituye el que exista una alteración en masa que contribuye, en cierto modo, a una homogenización de la mineralización dentro de ciertos ámbitos. Esta alteración origina una pigmentación limonítica de tonos diversos de algunos niveles litológicos, tonos que van desde el pardo oscuro al ocre claro, y que da origen a que a simple vista pueda ser distinguida, con cierta experiencia, cuáles son las bandas mineralizadas y las estériles dentro de la cantera (fotografías 3 y 4).

A esta alteración, predominantemente meteórica, contribuyen transformaciones ya indicadas, como la sericitización, cloritización, etc.

El medio litológico que describimos muestra un cierto grado de oxidación, en general grande, lo cual se pone de manifiesto porque una buena parte de los óxidos de hierro aparecen en forma de limonita indígena, como procedente de la oxidación de los sulfuros preexistentes. Estos se han formado en más de una generación, ya que existen unas muy frescas, que apenas tienen relaciones con los minerales de uranio, al lado de otras muy oxidadas.

Se han determinado los valores del potencial redox (Eh), que son de + 420 minivoltios. El pH de estas formaciones es de 4,2, como corresponde a un medio ácido por la presencia de sulfuros, que al alternarse producen este medio según reacciones bien conocidas.

La porosidad de las rocas es el 16,29 por 100 del volumen de la misma; esta porosidad elevada se debe tanto a la constitución de la roca como a la alteración y fisuración de las mismas. Tendremos en cuenta estos datos al estudiar la génesis posible y la repartición de la mineralización, pero ya podemos adelantar que el ámbito reductor producido por la materia orgánica condicionó selectivamente la deposición del uranio, así como episodios con microestructura más abiertas que facilitan el desarrollo de acciones supergénicas formándose y depositándose fosfatos de uranio y óxidos de hierro. Pero, sin duda, en la deposición del uranio ha jugado un gran papel tanto los lechos carbonosos anteriormente indicados, así como geles limoníticos y arcillosos.

3. Estructura de los yacimientos

El contacto granito-metamórfico está recubierto en todo el borde de la gran corrida donde se encuentran los yacimientos que estudiamos. Los recubrimientos se deben a los niveles residuales de rañas o derrubios, o bien localmente —en el yaci-

miento de «Mesas de Poyato»—, a los aluviones del Arroyo Vinagre, o bien a otras pequeñas formaciones aluvionares de arroyos como el de los Pilonos, del Madroñal, etc.

Puede decirse, juzgando por la disposición tectónica de las series pizarrosas, que se trata de un contacto concordante.

El límite entre granitos y metasedimentario es neto, conocido por sondeos, y la serie mineralizada se apoya, con el buzamiento que se indica, sobre los granitos del que irradian los diques satélites citados, figuras 2 y 3. Disposición, pues, normal en un contacto de este tipo.

Todo el conjunto presenta un buzamiento medio de 50-55° al S., ya que el rumbo de estas capas es aproximadamente E-W, figura 4. Se ve atravesada tal serie por diques de granito alterados de grano medio o fino, o bien pegmatitas de menor desarrollo. Tales diques tienen forma irregular, pero a veces toman el aspecto de sills, y tienen relaciones estrechas con la repartición de la mineralización, fotografía 3.

La tectónica regional impone su sello al yacimiento e incluso se ve reflejada en una microtectónica de detalle, porque dentro del yacimiento, que llamamos principal, «Mesas de Poyato», se observan pequeños accidentes del mismo estilo constante que aquella arquitectura comarcal indicada. En efecto, existe un conjunto de fallas, algunas determinadas con sondeos, dando origen a pequeños desplazamientos o inflexiones que se refleja en la posición de la mineralización a un lado y otro de ella. Además de las inflexiones en la horizontal y en la vertical, buzamientos y vergencias, normales en una zona de borde de un macizo granítico había que indicar aquí que muchos de estos pequeños accidentes son contemporáneos o poco anteriores a la intrusión, porque se ven ocupados estas fracturas algunas veces por los diques de granitos (fig. 3).

Hay que mencionar, dentro del ámbito de los yacimientos, una serie de brechificaciones y cataclasis, a veces con silicificaciones, que se observan bien en el estudio de las pizarras y cuarcitas al microscopio, y a veces a simple vista. Guardan estrecha relación con el fenómeno mineralizador.

4. La mineralización uranífera y la acompañante

La constituye esencialmente: pechblenda, coffinita, basetita, fosfuranilita, autunita y torbenita. A ellos acompañan los sulfuros: pirita, marcasita, melnicovita, calcopirita, calcosina y covelina. A estos minerales hay que añadir ilmenita, magnetita dispersa en la roca en profundidad, apatito en nódulos de cuarzo hidrotermal, nódulos

los de fosforita con inclusiones carbonosas encontrados en los testigos de sondeos al nivel — 63, y limonitas indígenas y transportadas y malaquita.

No es posible intentar exponer la proporción de unos y otros minerales no uraníferos, que en parte quedan reflejados en el análisis anteriormente expuesto.

La pechblenda se ha depositado en microfracturas, que de una manera general son subnorma-

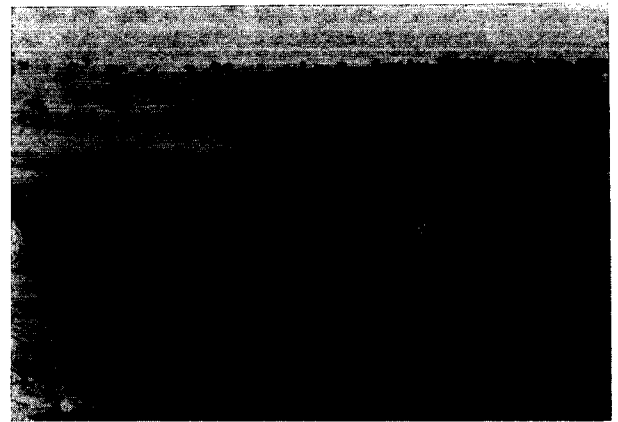


Foto 2.—La cantera de explotación. Se observan los buzamientos de la formación pizarrosa con vergencias hacia el granito, al fondo a la izquierda.

les a las estructuras pizarrosas, simultáneamente con los sulfuros de hierro. Las basetitas han sido determinadas por Rayos X (6).

Parece que la fosfuranilita y la autunita se concentran más en las pizarras sericiticas además de estar absorbidas, tanto fosfuranilita como autunita, en los productos limoníticos y lechos carbonosos, dando origen o no a minerales discretos de uranio (fotografía 4). Esta adsorción es a veces tan selectiva que mientras los lechos carbonosos se ven cargados de mineralización, otros laterales detríticos apenas si la contienen.

La coffinita aparece muchas veces, además de acompañar a la pechblenda, en reemplazamiento y fisural. La torbenita es menos abundante, y se ve ligada a la presencia de carbonatos de cobre.

Algunas muestras de cuarcitas de los diques indicados presentan núcleos de óxidos de hierro uraníferos juntamente con pirita, productos negros de uranio y basetita.

(6) Estos datos y algunos de los que siguen proceden de muestras que, o bien han sido enviadas por nosotros, o de lotes mayores remitidos a la División de Materiales y estudiadas en el Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N. por don Enrique Mingarro y don Moisés Martín, a quien queremos agradecerlo.

Los productos de uranio están constituidos por pechblenda con alto grado de oxidación, con poder reflector bajo y microdureza que es débil (92 grados Vickers); su deposición se ha realizado preferentemente en el contacto de la roca encajante (cuarcita) y las masas negras pizarrosa-ferruginosa. En estos tramos existe con bastante constancia una falla de despegue bien neta y ostensible.

Las masas están constituidas básicamente por óxidos de hierro que llevan abundante uranio, como se ha puesto de manifiesto por autorradiografías y cromatografía de contacto.

Vistas al microscopio no se ven minerales de uranio dispersos en las masas ferruginosas. Por ello hay que suponer que el uranio pudiera estar en la forma de pechblenda o coffinita submicroscópicas, o bien en forma de otros compuestos sin que den origen a minerales discretos.

Por otra parte, hemos de indicar que en algunas fisuras se ven algunos cristales tabulares de fosfatos de uranio que pudieran ser basetitas o términos intermedios de la serie basetita-saletitas ferríferas.

El análisis espectrográfico semicuantitativo (7) realizado sobre las masas ferruginosas da los siguientes resultados, advirtiéndose que no se ha hecho el análisis químico de uranio:

	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,4
As .....	0,5
CaO .....	0,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	30
MgO .....	0,02
MnO .....	0,04
M <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,06
NiO .....	0,04
PbO .....	0,01
SiO <sub>2</sub> .....	1
TiO <sub>2</sub> .....	0,05
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,04
WO <sub>3</sub> .....	0,4

Tiene gran influencia en la repartición de la mineralización la brechificación y cataclasis anteriormente indicadas, que dan origen a numerosas microfracturas, que se ven más acusadamente según los planos de esquistosidad, pero también en otras direcciones; en ellas se ha depositado con preferencia los minerales de uranio, asociados a los componentes ya indicados: óxidos de hierro, minerales de la arcilla, lechos carbonosos, etcétera.

(7) Realizado por la División de Química de la J. E. N.





Foto 2.—La cantera de explotación. Se observan los buzamientos de la formación pizarrosa con vergencias hacia el granito, al fondo a la izquierda.



Teniendo en cuenta los conocidos diagramas Eh-pH de Garrels en relación con la estabilidad de algunos minerales de uranio, se puede definir un ambiente de inestabilidad para la pechblenda, y por el contrario, de estabilidad de los minerales de uranio exavalentes, hechos que están de acuerdo con la realidad, según veremos posteriormente.

Comparando el valor del ambiente reductor aquí existente con el de otros yacimientos españoles, Zona de Ciudad Rodrigo, se deduce, según E. Mingarro, que existe en las pizarras de Salamanca un medio bastante más reductor.

Es lo que hace comprender que sólo se encuentren núcleos aislados de pechblenda o de sus productos próximos de alteración, óxidos negros tanto en una como en otras formaciones. Y por otra parte, que sea en profundidad relativa donde más frecuentemente aparecen los minerales primarios.

### 5. Disposición de la mineralización

Esta aparece dando origen a «niveles» mineralizados que tienen una posición determinada en relación con los paquetes o episodios de cuarcitas. En efecto, se comprueba que estos «niveles» —nos referimos a niveles litológicos— aparecen más frecuentemente a muro de las cuarcitas o muy relacionados con ellas (fot. 3). Estas solamente aparecen impregnadas de mineralización fisural por proximidad a los «niveles» mineralizados. Sin embargo, parece que en algún caso se pudiera hablar de reemplazamiento dentro de la cuarcita (8).

Las cosas suceden como si estas cuarcitas hubieran actuado como «diques» de contención para las soluciones transportadoras del uranio, aparte de que éste, para depositarse, necesite unas condiciones, un medio físico-químico, ya descrito. El hecho es a veces tan patente que cuando existen dos niveles de cuarcitas, la mineralización se localiza, fotografía 3, figura 4, a muro del más inferior y entre los dos, pero no a techo del más superior. Incluso existiendo dos capas de cuarcitas muy próximas, si entre ellas queda una capa de pizarras, ésta se encuentra mineralizada.

El papel asumido por las cuarcitas pueden detentarlo algunos diques de granitos como nos parece observarlo en otros parajes de esta formación «María Lozano de Vargas», en donde debajo de los diques se localiza la mineralización al faltar niveles de cuarcitas.

En la cantera hasta el momento más avanzada, se confirma esta observación incluso en diques de

granito de disposición horizontal. No obstante, en algunos casos, tales diques e incluso otros de pegmatitas aparecen cargados e impregnados de mineralización.



Foto 3.—La disposición de la mineralización, claramente observable, a muro de los paquetes de cuarcitas. En parte inferior de la fotografía, sólo visible muy parcialmente, existen otros niveles mineralizados, a muro del segundo nivel de cuarcitas.

No quiere esto decir que tales paquetes de cuarcitas sean totalmente impermeables para las mineralizaciones, ni que más alejadamente a techo no se encuentren otras independientes de la presencia de capas de cuarcitas, que de hecho se encuentran, pero el hecho descrito se observa con gran continuidad y regularidad.

Estos «niveles» mineralizados, geométricamente considerados, no tienen siempre forma de banda, sino que a veces se producen «escapes» que originan ensanchamientos locales, lo cual aumenta considerablemente la potencia local y, por ende, el tonelaje de mineral a extraer.

La potencia de tales paquetes mineralizados es de 0,5 a 4 metros, pero en los «escapes» puede llegar a 8-10. Groseramente, pues, la mineralización sigue el buzamiento y dirección de las capas, con los valores ya indicados, siendo muchas veces evidente el control que sobre ella ejerce alguna facies de limonita, de tal manera que, siguiendo la dirección de las capas, es muy ostensible cómo la mineralización se localiza sobre los segmentos hematizados y de colores y tonos definidos (fotografía 4).

La forma del plano radiométrico de superficie, figura 2, denota, considerando las contaminaciones y efectos de transporte superficiales, groseramente esta influencia de los paquetes de cuarcitas y sólo se refleja la forma descrita de la mineralización en las alineaciones de máximos radiométricos coincidentes, *groso modo*, sobre uno de

los paquetes mineralizados más desarrollado y adyacente y a muro de los afloramientos de cuarcitas. Esto cuando los planos radiométricos de superficie son representativos, porque muchas veces no hay relación entre los valores radiométricos superficiales y las mineralizaciones en profundidad, debido a las influencias que ejercen los recubrimientos existentes, la presencia de masas de aluviones en el Arroyo Vinagre, arcillas, derrubios o la repartición de la mineralización (figura 2).

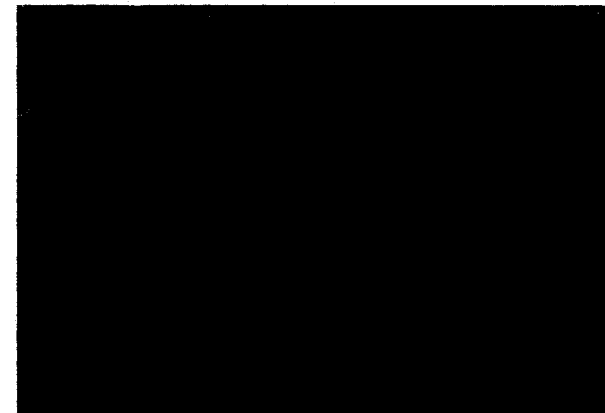


Foto 4.—La mineralización está ligada muchas veces a una facies limonítica de color pardo claro sobre las pizarras alteradas. Obsérvense los colores amarillentos de la mineralización. La actividad, y sobre estos niveles, es muy elevada, del orden de 2.000 a 3.000 ch/seg. del gammámetro GMT-14.

Tanto en el paraje «Mesas de Poyato», como en los demás indicados, parece advertirse la presencia de dos conjuntos de niveles mineralizados, uno más directamente relacionado con los paquetes de cuarcitas más potentes y de mayor continuidad, y otro más a muro y separado de aquél 50-60 metros en superficie. En realidad, a lo largo de la corrida de estas formaciones esta separación es ficticia, y lo que sí puede afirmarse es que tal corrida de cuarcitas constituye el «techo» de todas las mineralizaciones, de tal manera que hasta el momento, todas las anomalías que se encuentran están situadas a muro de ellas, a partir de las cuales se pueden definir una serie de niveles hasta el contacto con el granito.

La continuidad de estos «niveles» se ve a veces localmente interrumpida por los diques de granito o fallas existentes, continuando o no al otro lado de ellas o estrechándose en su corrida, aguzándose, con los límites ahora conocidos, etc. Estas interrupciones no parecen definitivas, y por ello, en cada uno de los yacimientos en estudio, son

objeto de investigaciones para buscar su continuidad.

En resumen, y en una corrida de más de ocho kilómetros, existen paquetes de cuarcitas de gran continuidad que muchas veces no afloran, que constituyen el techo de una serie de índices, algunos en estado avanzado de investigación o de explotación, que corresponden a «niveles» de pizarras con mineralización bien patente y riqueza, leyes, muy estimables con las irregularidades morfológicas y discontinuidades expuestas. Estas mineralizaciones en profundidad persisten, con caracteres de explotabilidad, hasta niveles que oscilan entre —35 y —45 metros, si bien a mayores profundidades se encuentran «episodios mineralizados», pero ya con mucha mayor discontinuidad e irregularidad. Estos se interpretan como si fueran las «raíces» de la mineralización existente, y su limitación en profundidad parece ser debida a la mayor compacidad, dureza, silicificación y cornificación de las pizarras a niveles más profundos. Es verdad que los sondeos no han puesto de manifiesto la presencia de corneanas con continuidad clara, y solo localmente se han cortado, pero aún existiendo condiciones receptoras, presencia de materia orgánica, etc., las mineralizaciones en profundidad decrecen en cantidad y en leyes.

Otros minerales acompañantes persisten en profundidad, nivel —60, si bien no sea muy significativo el hecho, ya que en todo caso no se trata de niveles demasiado profundos.

### IV. LOS MÉTODOS Y LABORES MINERAS PARA LA INVESTIGACIÓN DE LOS YACIMIENTOS

Los métodos utilizados en la investigación del yacimiento no difieren esencialmente de los empleados en otros en cuanto a ellos en sí, pero sí en lo que se refiere al orden en que se han sucedido. Por tratarse de un yacimiento de morfología estratiforme, con las características descritas anteriormente, que le asemejan un poco a los en masa, se hacía preciso estudiar qué métodos de investigación serían los más adecuados.

Es una cuestión que tiene o debe tener su planteamiento previo ante cada caso o ejemplo para buscar aquellos que consiguiendo la mayor cantidad de información posible se haga a unos precios los más bajos. Es lo que sucede con la elección del método de explotación buscando unos costos, compatible con la necesaria seguridad, y, por tanto, unos rendimientos mejores.

La aplicación del método radiométrico tropieza aquí con grandes dificultades en superficie por los recubrimientos existentes; no obstante, se ha hecho uso de él en gran amplitud. Se pensó que

(8) Dato del Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N.





Foto 3.—La disposición de la mineralización, claramente observable, a muro de los paquetes de cuarcitas. En parte inferior de la fotografía, sólo visible muy parcialmente, existen otros niveles mineralizados, a muro del segundo nivel de cuarcitas.



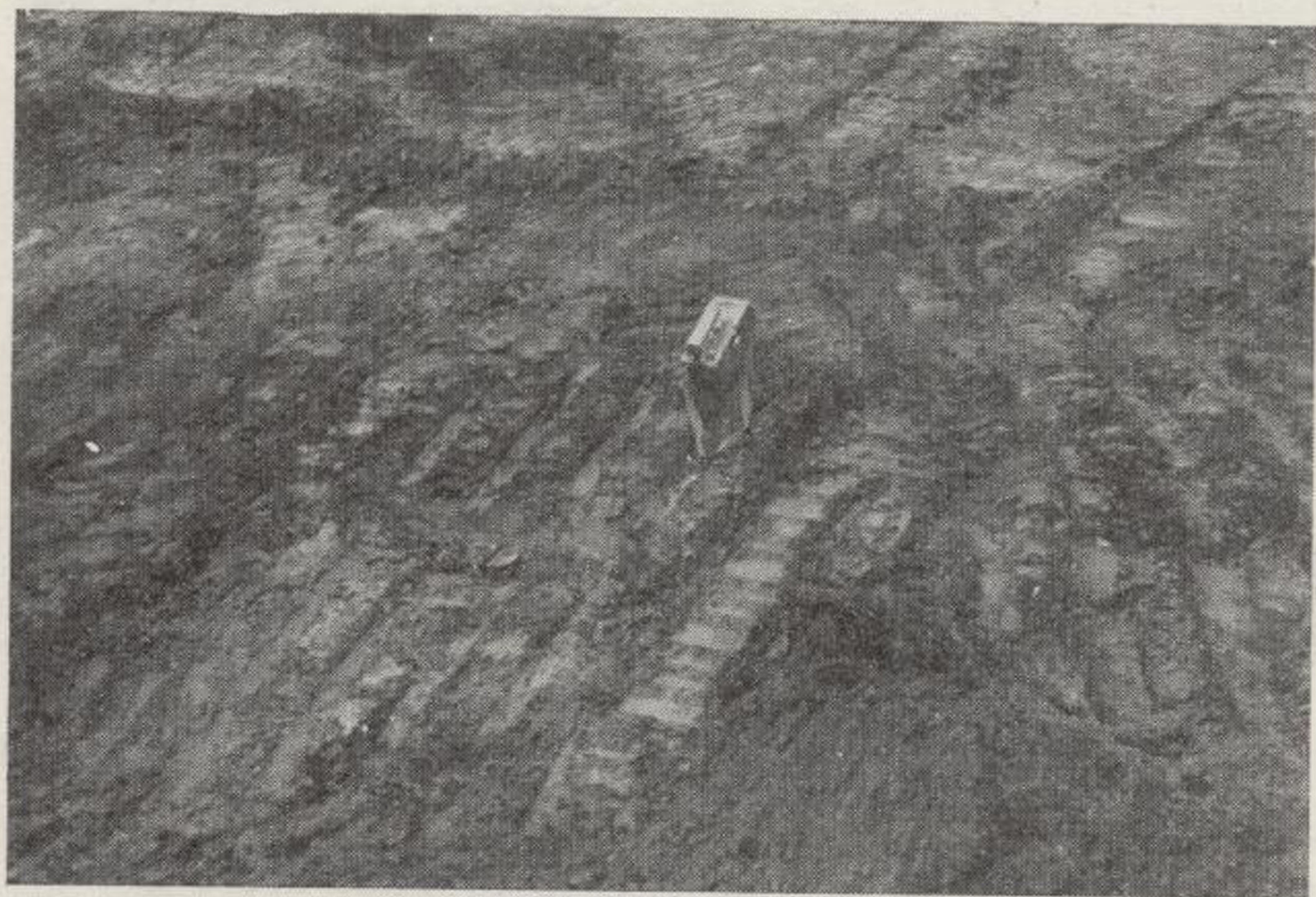


Foto 4.—La mineralización está ligada muchas veces a una facies limonítica de color pardo claro sobre las pizarras alteradas. Obsérvense los colores amarillentos de la mineralización. La actividad, y sobre estos niveles, es muy elevada, del orden de 2.000 a 3.000 ch/seg. del gammámetro GMT-14.



no sería útil aplicar técnicas de prospección geoquímica, porque los suelos y sedimentos de superficie son alóctonos y transportados. Ante el hecho de la existencia de guías estructurales, paquetes de cuarcitas, de gran utilidad, se hacía preciso buscar un método que determinara la posición de estos niveles de cuarcitas en aquellos tramos que no afloran por estar recubiertos por los derrubios o niveles de rañas. Este método podría ser la prospección geofísica, empleando el de resistividades al tener en cuenta que las cuarcitas, al menos cuando son masivas, presentan una resistividad superior a los paquetes de pizarras entre las que están intercaladas.

El método de calicatas se empleó con éxito incluso en áreas donde la radiometría de superficie no daba valores significativos, a condición de que el recubrimiento no fuera excesivamente grande (existencia de aluviones o derrubios). Sin embargo, para definir la morfología en principio se pensó que irían mejor los sondeos de corona implantados convenientemente, espaciados semi-regulares, inclinación de acuerdo con el buzamiento de las capas, niveles a definir relativamente superficiales, — 20 — 30, conjugación de sondeos para el reconocimiento de paquetes sucesivos en niveles en los cuales razonablemente se debe esperar mineralización, etc. Si bien estos sondeos dan resultados muy de tener en cuenta, no explican una serie de irregularidades que se observan en la distribución de la mineralización. Tratándose de un medio alterado en masa puede haber existido una removilización de la mineralización, dando origen a núcleos irregularmente dispuestos aunque existan «niveles» con la morfología regular indicada. La solución para ello es la de implantar una malla de sondeos Wagon-drill, convenientemente conjugada con la de sondeos de corona para no repetir en puntos conocidos. Convenientemente estudiados los resultados, y aun teniendo en cuenta las dificultades de interpretación que tienen estos sondeos, más el conocimiento de la correlación radiometría-ley, ya que el análisis de los «cuttings» no dan datos representativos y sólo indicativos, se puede obtener una mayor información para interpretar la verdadera forma del yacimiento y la repartición de la mineralización. Datos que serán de gran utilidad a la hora de proyectar el método de explotación del yacimiento.

Una información complementaria y un contraste decisivo de leyes, potencias, etc., se obtienen con la implantación de pocitos de sección  $2 \times 1$ , y doble compartimento, verticales, para llegar con ellos a un nivel — 10. En estos pocitos se realiza desde un control radiométrico completo y sistemático, hasta una toma seriada de muestras me-

diantes rozas en los costados y en el fondo, y del todo-uno, a medida que se profundiza.

Para dilucidar otros problemas, y ante la forma que adopta la mineralización, se han implantado otros pozos de  $2,40 \times 1,40$  de sección libre, con compartimento de bajada y extracción y con los cuales se han realizado ya labores de más desarrollo: galerías, cruceros, recortes, etc., a niveles comprendidos entre — 15 y — 25 metros. En

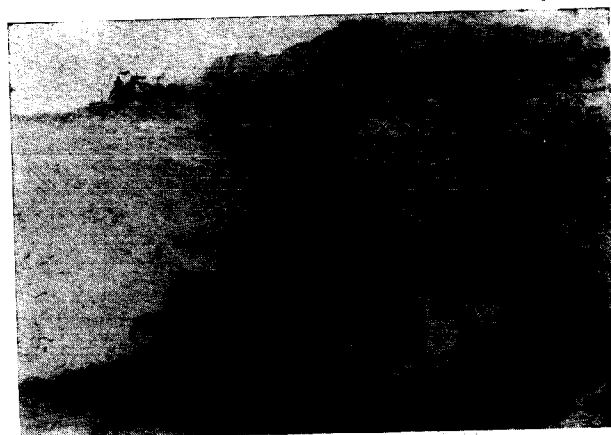


Foto 5.—El control radiométrico es continuo sobre el mineral arrancado directamente por la pala y cargado sobre camión en cantera.

algún caso las longitudes de estas galerías, de sección  $1,80 \times 2,30$ , han llegado a más de 200 metros. En estas labores, lo mismo que anteriormente, se ha efectuado un continuo control geológico y estructural, además de realizar un desmuestre sistemático. Nos encontramos aquí con que con frecuencia la potencia mineralizada desborda la sección de la galería, y para determinar ésta se ha recurrido a dos métodos: Cerrojos, con más frecuencia a muro, y sondeos percutantes a muro y a techo, realizados con martillo Lyon, de la casa «Atlas Copco», tipo BBC 22 W, para perforación de barrenos profundos de diámetro 36 ó 42 milímetros, en los cuales se efectúa el correspondiente radio-sondeo. Tales labores permiten definir, contrastar, etc., los caracteres más importantes de explotabilidad, etc.

Por los caracteres definidos con uno u otro tipo de labores, pozos con galerías o pocitos, se tienen datos suficientes para proyectar el método de explotación mediante canteras a cielo abierto, con lo cual los costos bajan considerablemente.

Bien es verdad que estas canteras están limitadas en profundidad, especialmente por las potencias explotables, lo cual define en el proyecto la relación mineral estéril. Como las mineralizaciones, según se ha dicho, bajan el nivel, — 35 — 40,

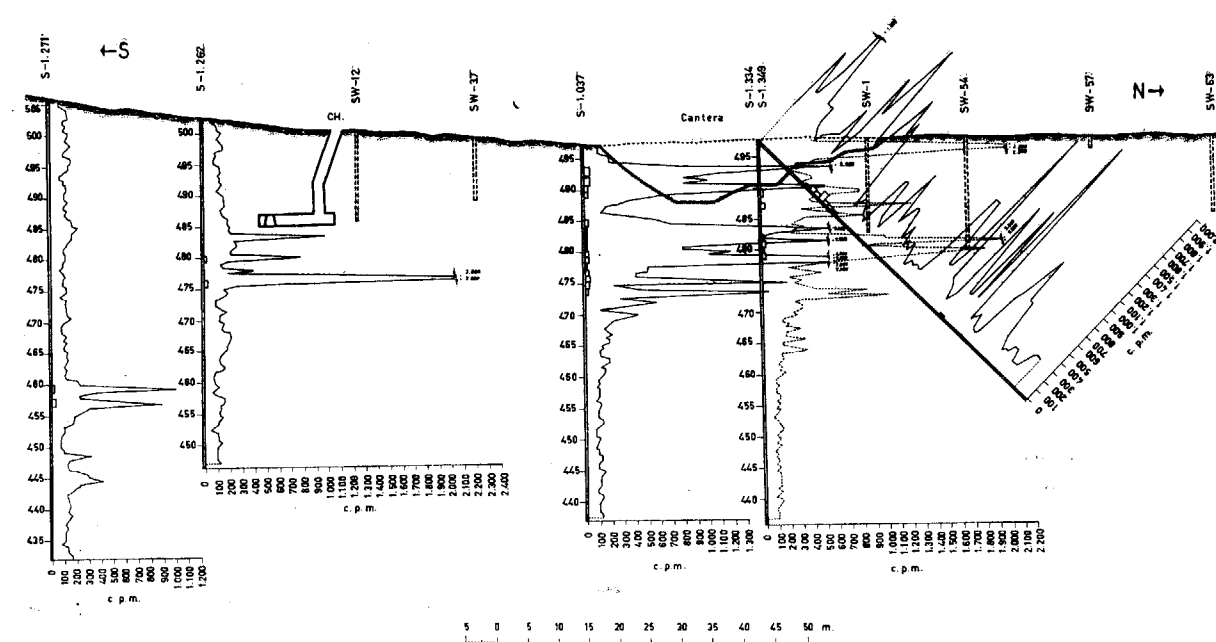


Figura 5.—Sección transversal mostrando algunos de los sondeos ejecutados. Los diagramas de los correspondientes radio-sondeos determinan la posición de los «niveles» mineralizados.

ya con menores potencias, se hace preciso proyectar labores de interior para la explotación de este mineral más profundo.

La cantera, con calles descendentes y un foso central para drenaje, mantiene una buena relación de mineral a estéril. Los costos con ellos son bajos porque esta relación, hasta ahora, se mantiene en 1 : 1, o a lo más 1 : 3.

#### V. ALGO SOBRE LA GÉNESIS DEL YACIMIENTO

Si intentamos explicar la posible génesis de este yacimiento hemos de tener en cuenta una serie de datos de observación de índole muy diversa: Morfológicos, estratigráficos, tectónicos, mineralógicos, físico-químicos, etc. Es evidente que desconocemos otros muchos factores, que la jerarquización que establecemos de ellos no es la más real, etc.

Existe una topografía muy peculiar, que no se refleja en el mapa que presentamos, consistente en la existencia de una serie de pequeñas depresiones; a ello alude el nombre de «Hoya del Lobo», a lo largo de la gran corrida estudiada. Es en estas hondonadas donde, con más frecuencia, aparecen las anomalías más importantes y las mineralizaciones mejor definidas. Por otra parte, no puede olvidarse la proximidad de todos los yaci-

mientos al borde granítico, si bien, como queda indicado, las mineralizaciones encajan en las pizarras metamórficas de este borde.

El metamorfismo ha planteado siempre a la Metalogenia el problema de la situación dentro de sus dominios de yacimientos de tipos diversos, sin que se haya explicado, de manera satisfactoria, lo que éste representa en cuanto a factor contributivo a la génesis de aquellos yacimientos. Para el uranio, las cosas se presentan de manera parecida, y siempre nos hemos preguntado por qué la mayor parte de los yacimientos en pizarras se sitúan dentro de estas aureolas. Tenemos un nuevo dato a la vista que pudiera contribuir a aclarar esta cuestión.

Entre los minerales más frecuentes en las series metamórficas se encuentra, como se ha puesto en evidencia, la andalucita, muy abundante en los yacimientos, que se transforma por alteración en agregados de moscovita, sericita y caolín, pudiéndose llegar a una total caolinización. En sus granos son muy frecuentes, como se indicó, las inclusiones carbonosas. La estauroлита es más resistente, pero en su alteración puede pasar a clorita. Abunda, como todos los minerales propios del metamorfismo, en inclusiones carbonosas.

Es indudable que esta materia carbonosa debe proceder de los mismos sedimentos transformados por el metamorfismo. No conocemos en qué



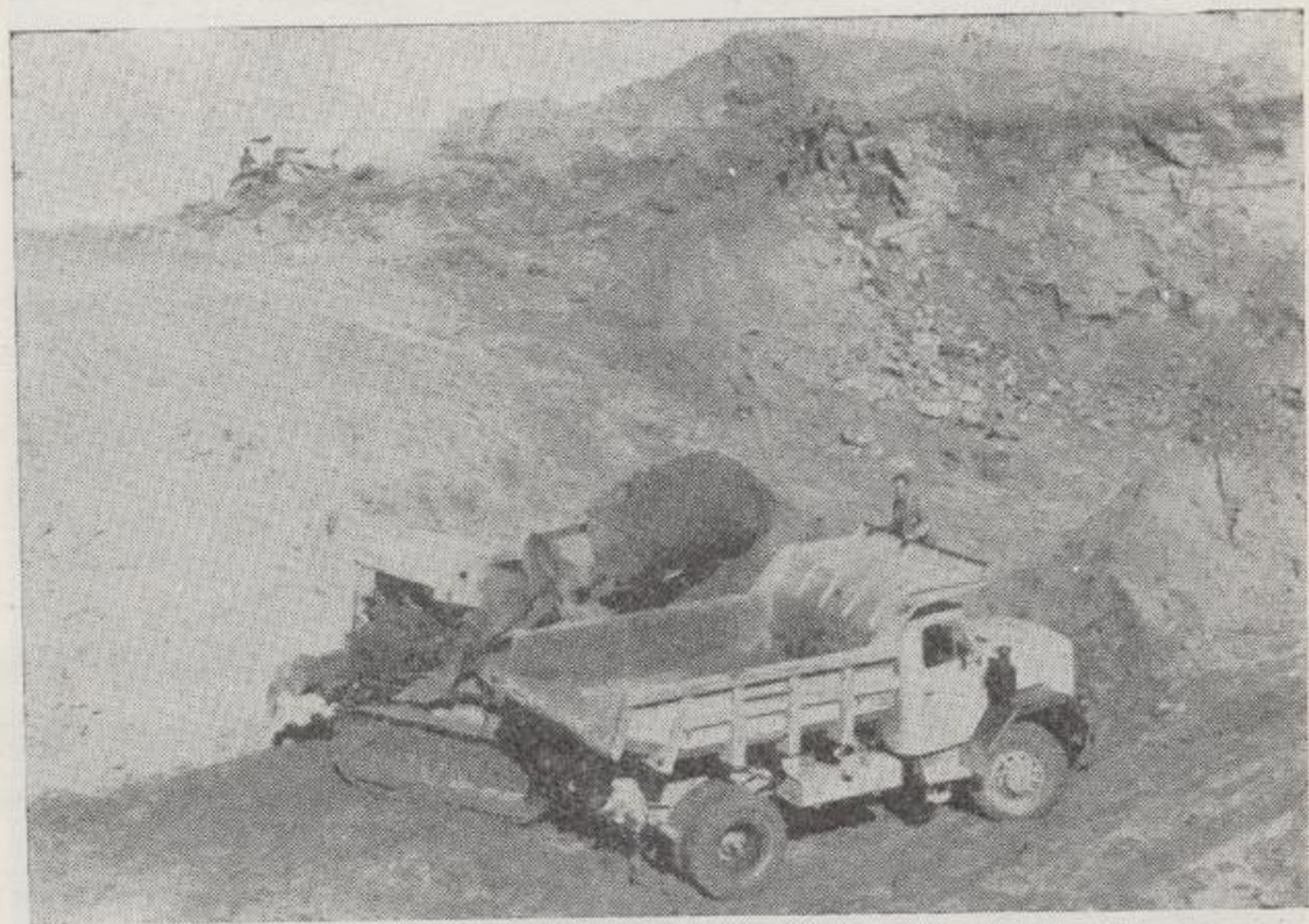


Foto 5.—El control radiométrico es continuo sobre el mineral arrancado directamente por la pala y cargado sobre camión en cantera.



proporción se encuentra liberada durante la alteración, por ataque o por fisuración, pero es dato interesante de anotar las transformaciones que pueda haber sufrido y la proporción en que queda en los metasedimentos. No insistimos en la más que frecuente presencia de materia carbonosa en los yacimientos de uranio, pero sí queremos poner de manifiesto esta abundancia de inclusiones en los minerales del metamorfismo y las relaciones que pueda tener con los yacimientos de uranio.

Teniendo en cuenta los tipos estructurales predominantemente porfiroides de los granitos, su alteración y tectonización indicadas, la alteración en masa de los materiales metamórficos en los que se intercalan los niveles de cuarcitas, las inclusiones frecuentes en biotitas graníticas, etc., todo hace pensar que la mineralización aquí depositada es la resultante de los productos de lixiviación natural del granito, dentro del cual, como se indicó, se encuentran también índices uraníferos superficiales, depositados a favor de la presencia de filones de cuarzo cuyos hastiales impregnan. Es decir, es como si el uranio hubiera sido expuesto, por lixiviación, a partir del granito.

Hemos de considerar, por otra parte, los niveles residuales de rañas que quedan en las lomas, de aquí el nombre de «Mesas de Poyato», siguiendo el borde de contacto, que, probablemente, ha jugado algún papel en la posible conservación de la mineralización, puesto que tal formación tendría una mayor extensión en otro momento.

Citamos aún un fuerte desequilibrio positivo; es decir, que la actividad radiométrica es muy inferior a la normal, teniendo en cuenta el contenido en uranio. No se ha efectuado el análisis isotópico completo, pero se puede deducir que existen dos épocas de mineralización de, aproximadamente, unos 40.000 años (9).

Tampoco se ha analizado si cada una de estas dos mineralizaciones está constituida por minerales supergénicos distintos o, si por el contrario, se debe considerar un mineral reciente y otra mineralización más reciente por alteración de aquél.

De todas formas, parece más verosímil creer que la mineralización es relativamente reciente y la presencia de pechblenda habría que explicarla como pechblenda de neoformación formada, pues, a favor del ambiente reductor que crea tanto la materia orgánica depositada en las pizarras, como la presencia de sulfuros, algunos de cobre, en las pizarras y cuarcitas. En líneas generales esta pechblenda domina más en niveles más profundos

y hasta cabría pensar, por los testigos de sondeos, que las «raíces» de estos «niveles» mineralizados están constituidos por minerales primarios.

Para intentar una interpretación genética más completa habría que realizar tanto un análisis morfológico y morfogenético como un estudio de la evolución tectónica de la comarca durante el terciario, para complementar datos que ahora no se exponen. Esta reconstrucción de la evolución morfológica, tanto como de la climatología y de las condiciones de sedimentación durante el Terciario, podría darnos datos de gran interés para intentar explicar la génesis de estas mineralizaciones.

Nos encontramos, pues, con dos grupos de datos que podrían tener distinta interpretación según las ideas del metalogenista que los estudiara; de una parte, proximidad del granito, diques emitidos por él cortando las pizarras, «raíces» con pechblenda en profundidad, asociación mineralógica uranífera y no uranífera, sulfuros, etc., alteraciones —algunas de tipo hidrotermal—, etcétera, todo ello nos llevaría a un hidrotermalismo de baja temperatura, epitermal. De otra parte, la distribución de la mineralización en sí, su control estructural, su edad aproximada, la presencia de impregnaciones superficiales en los granitos, la abundancia de inclusiones en las biotitas, la posición de los índices a todo lo largo del contacto, las condiciones receptoras que definimos como «una gran trampa» del medio mineralizado, las características de los granitos con sus «fondos» relativamente bajos, la morfología de este borde, etc. Todo ello nos lleva a considerar esta mineralización como la resultante de una lixiviación natural del granito, como «fuente» del uranio, su transporte por aguas meteóricas superficiales y subterráneas, y su deposición en el medio descrito.

Las condiciones del transporte, el carácter de las soluciones, el mecanismo de la deposición, la existencia de apatito como mineral accesorio en los granitos, las condiciones del medio receptor, el estudio comparativo con otros yacimientos españoles y portugueses, con carácter análogo a los estudiados, no serán aquí objeto de más consideraciones.

Pero si nos inclinamos abiertamente a favor de la idea de formación de este yacimiento en condiciones ambientales normales, invocando tanto el meteorismo intenso de estas formaciones como el hecho del mismo control de la mineralización expuesta.

No se deben olvidar ni las ideas de la metalogenia clásica aplicada a estas circunstancias ni las especiales condiciones geoquímicas del uranio para ser movilizado, transportado y depositado en

ambientes muy parecidos al que se ha descrito y en épocas relativamente recientes.

La presencia de fosfatos, en forma de fosforita y apatito, en las series metasedimentarias contribuye a explicar la formación de fosfatos de uranio por precipitación de las soluciones transportadoras directamente o a partir de las alteraciones de los minerales primarios.

Es evidente que serán obtenidos nuevos datos de observación a medida que los trabajos para la investigación y explotación del yacimiento continúen. Datos que podrían completar la interpretación que ahora se hace de la posible génesis y hasta hacer cambiar puntos de vista ahora establecidos. No obstante, los expuestos parecen tener consistencia, pero en todo momento intentamos tener el suficiente realismo y las ideas aquí expuestas podrían verse confirmadas o modificadas.

#### VI. BIBLIOGRAFÍA

- Hoja 778 del Mapa geológico nacional a escala 1 : 50.000  
Don Benito. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid 1951.  
Hoja del Mapa geológico nacional a escala 1 : 50.000, núme-

ro 779. Villanueva de la Serena. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid 1953.

HERNÁNDEZ PACHECO, F. *Ensayo de morfogénesis de la Extremadura Central*. «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», número 17, Madrid 1947.

— *Las cuencas terciarias de la Extremadura Central*. «Bol. R. Sociedad Española Historia Natural». Tomo extraordinario, 75 Aniversario, Madrid 1949.

— y RAMÍREZ RAMÍREZ, E. *Estructura tectónica y estratigráfica de la sierra silúrica de Magacela (Badajoz)*. «Est. Geol.», números 29 y 30, T. XI. Madrid 1956.

ROUBAULT, M. *Geologie de l'uranium*. «Masson», París 1958.

— *Les minerais uraníferes français et leur gisements*. T. I, II y III. «Institut. Natural des Sciences et Techniques Nucléaires», Saclay 1962.

GEFFROY, J. *Conditions de gisement et associations de l'uranium en France. Place dans la province horcy niennne Ouest-Européenne*. «Bull. d'Information Scient et Techn.», C. E. Atomique, número 88, París 1964.

ROUTHIER, P. *Les gisements metalliferes*. París 1963.

LIMPO FARIA, F. *Gites d'uranium portugais dans des formations metasedimentaires*. «Comunicacoes dos Servicos Geologicos de Portugal», T. L, Lisboa 1966.

Recibido el 10-IX-69.

(9) Datos obtenidos en el Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N. por E. Mingarro.



# La corrosión climática en las cavernas

por A. ERASO (\*)

## RESUMEN

En este trabajo se estudian las características climáticas diferenciales entre el aire exterior y el del interior de las cavernas, encontrando que el primero responde a un equilibrio del tipo radiación-turbulencia, mientras que en el segundo dicho equilibrio es del tipo difusivo.

Como los contenidos en anhídrido carbónico y vapor de agua son más elevados en el aire del interior de las cavernas que en el exterior, el autor estudia los fenómenos de humidificación y su aspecto endotérmico. De resultados de ello, se producen descensos térmicos que desembocan en cambios de estado representados tanto por condensaciones como por formación de hielo.

El comportamiento del CO<sub>2</sub> en esos cambios de estado, objeto del estudio, justifica la existencia de corrosiones en la masa caliza que ocasionan morfologías determinadas cuya causa es exclusivamente de origen climático.

## SUMMARY

In this work, the climatic differences between the air outside the caverns and inside, have been studied; and it is seen that the former react to a state of turbulent-radioactive equilibrium; while in the latter the equilibrium is diffusive.

As the levels of carbon-dioxide and water vapour are greater inside the caverns than outside, the author has studied the humidity effects from the point of view of its endothermic aspects. These produce cooling of the air, which manifests itself in such radical changes, as condensation and the formation of ice.

The behaviour of the carbon-dioxide, subjected to these formation changes, and which is the object of this research, proves that the limestone is corroded, producing a certain type of morphological formation, whose origin is due solely to climatic effects.

## 1. INTRODUCCIÓN

Comenzaremos por desarrollar sumariamente la teoría de la corrosión clásica en el karst, ya que el tipo de corrosión particular que vamos a estudiar en el transcurso de estas líneas, se fundamenta en el fenómeno clásico, que no podemos silenciar sin riesgo de perder claridad en nuestra exposición.

Las rocas calizas, donde los fenómenos kársticos se dan con una profusión casi selectiva, se componen de carbonato cálcico en mayor o menor grado de pureza y son rígidas tectónicamente fracturándose ante los empujes, de manera que por la fisuración resultante, el agua meteórica

puede progresar en profundidad, según el mecanismo particular de la *permeabilidad por fracturas*.

El carbonato cálcico, al ser un compuesto muy poco soluble, no explica por la sola acción del agua las profusas morfologías y elegantes fenómenos de disolución tan variados y frecuentes en el seno de las cavernas (a temperatura ambiente, tan sólo unos pocos miligramos pueden ser disueltos por un litro de agua).

Las calizas son, pues, *rocas físicamente insolubles*.

La explicación de las morfologías kársticas de disolución la encuentra la teoría clásica de la corrosión demostrando que las calizas son *química-mente solubles* al estudiar la solubilidad de los car-

bonatos en soluciones acuosas en función de la acidez del medio.

Haciendo intervenir el producto de solubilidad del carbonato cálcico y la ley de acción de masas relativa a los equilibrios de los tampones carbonato-bicarbonato y carbónico-bicarbonato, mediante un mecanismo que no vamos a detallar, se llega a la siguiente expresión:

$$\sigma = \sqrt{P_s} \cdot \sqrt{1 + \frac{[H^+]}{K_1} + \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2}} \quad (1-1)$$

en la que

$\sigma$  = solubilidad del carbonato cálcico;

$P_s = 10^{-8.3}$  molt/lit. (Producto de solubilidad del CaCO<sub>3</sub>);

$K_2 = 10^{-10.2}$  (constante de acción de masas del equilibrio a 18° C, CO<sub>3</sub>" + H<sup>+</sup> ⇌ HCO<sub>3</sub>') ;

$K_1 = 10^{-6.4}$  (constante de acción de masas del equilibrio a 18° C, HCO<sub>3</sub>' + H<sup>+</sup> ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ;

$H^+$  = concentración en el agua de hidrogeniones (acidez del medio) cuya forma gráfica es la siguiente (fig. 1-1).

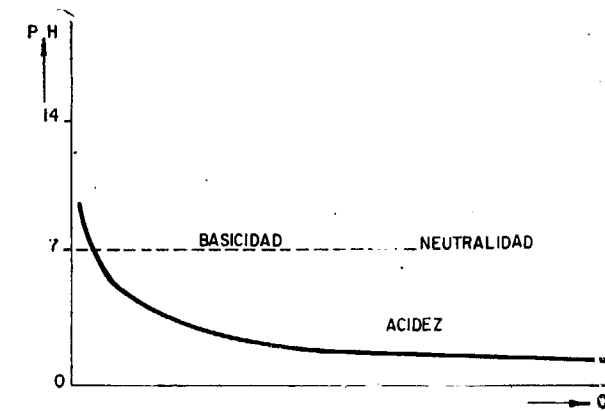
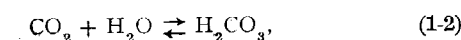


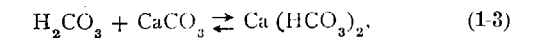
Fig. 1-1.

Expresando clásicamente que al descender el pH del agua, haciéndose ésta más ácida, su poder de disolución sobre la roca caliza aumenta extraordinariamente.

La acidez del agua meteórica se explica por la presencia de anhídrido carbónico en el seno de la atmósfera (en proporción de 0,03 %), el cual es parcialmente disuelto por la lluvia en su caída, resultando una solución diluida de ácido carbónico según el equilibrio:

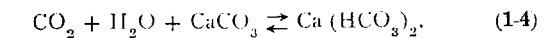


pudiendo de esta suerte actuar sobre la masa caliza disolviéndola a expensas de formar bicarbonato cálcico:



producto que al ser mucho más soluble que el carbonato, puede ser transportado por el agua en su recorrido hacia la profundidad.

Mediante la combinación de los equilibrios (1-2) y (1-3) llegamos a



que constituye para nosotros el equilibrio fundamental de la karstología, toda vez que cuando se desplaza hacia la derecha, constituye el fenómeno de la *corrosión clásica*, cuyo mecanismo hemos someramente repasado, mientras que si lo hace hacia la izquierda, justifica los fenómenos de recristalizaciones (estalactitas, estalagmitas, etc.) de las cavernas.

Nos interesa señalar que al hablar de equilibrios químicos entendemos que en todos los casos éstos son *dinámicos*, lo que equivale a decir que *tantos componentes de un miembro reaccionan para dar los del otro como viceversa*.

Esta condición de reversibilidad implícita es imprescindible para poder recurrir con garantía a los tratamientos termodinámicos necesarios para llegar al fondo del asunto. Prescindiremos de su desarrollo por no encajar en los fines propuestos, pero señalaremos, sin embargo, que para nuestro equilibrio fundamental (1-4), la condición de *mínima energía libre del sistema* es la que rige su tratamiento.

## 2. CONSIDERACIONES FÍSICAS

Puesto que las características diferenciales entre el aire de las cavernas y la atmósfera epigea, desde el punto de vista de su composición, sólo se evidencian en lo relativo a sus contenidos en vapor de agua y anhídrido carbónico, en lo que sigue vamos a considerar al aire en general como puro, cuando se halle exento de ambos componentes citados (sin que en ningún caso ello implique variación en los contenidos relativos de N<sub>2</sub> (nitrógeno), O<sub>2</sub> (oxígeno) y gases nobles). Los conceptos y bases que vamos a implantar a continuación van a ser fundamentalmente condicionados por las proporciones variables existentes de los componentes responsables de las citadas características diferenciales.

Vamos a tomar como base para situar conceptos el kilo de aire puro.

(\*) Presidente del Comité Nacional de Espeleología.



Llamaremos *humedad* al peso en kilogramos de agua al estado de vapor contenido en un kilogramo de aire seco; la designaremos por X.

Se puede expresar X (también denominada humedad absoluta) en función de los pesos específicos o de las presiones parciales y totales, significando que tanto el peso específico del aire puro  $\gamma_a$  como el del vapor de agua  $\gamma_v$ , indican el número de kilogramos de los mismos contenido en un metro cúbico.

Tenemos entonces:

$$X = \frac{V_v}{V_a} \quad (2-1)$$

y mediante la ecuación general de los gases podemos calcular los pesos específicos

$$P V = \frac{P}{\gamma} = R T,$$

de donde

$$\gamma = \frac{P}{R T}, \quad (2-2)$$

ecuación que para que sea homogénea la constante de los gases R debe referirse a un kilo de gas y las presiones deben expresarse en Kgs/m<sup>2</sup>.

Por consiguiente, podemos escribir

$$X = \frac{R_a}{R_v} \cdot \frac{P_v}{P_a} \quad (2-3)$$

siendo, respectivamente,  $R_a$  y  $R_v$  la constante de los gases para el aire puro y el vapor de agua, así como  $P_a$  y  $P_v$  sus presiones parciales.

Si recordamos que, según Dalton, la presión total P de una mezcla de gases equivale a la suma de las presiones parciales de sus componentes:

$$P = P_a + P_v \quad (2-4)$$

la expresión (2-3) se nos convierte en

$$X = \frac{R_a}{R_v} \cdot \frac{P_v}{P - P_v} \quad (2-5)$$

Ahora vamos a definir la *humedad relativa* como la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen determinado de aire y la que contendría si dicho aire estuviera saturado.

Para ello vamos a designar por  $\gamma$ , al peso es-

pecífico del vapor de agua saturado, y  $P_s$  a la tensión de vapor de agua o presión parcial del mismo en condiciones de saturación.

Tenemos entonces

$$\varphi = \frac{\gamma_v}{\gamma_s} = \frac{P_v}{P_s} \quad (2-6)$$

con lo que

$$P_v = \varphi \cdot P_s, \quad (2-7)$$

y reemplazando el valor de  $P_v$  en la expresión (2-5), llegamos a

$$X = \frac{R_a}{R_v} \cdot \frac{\varphi P_s}{P - P_s} \quad (2-8)$$

expresión ésta, que tiene la ventaja de relacionarnos ambas humedades.

En la práctica es frecuente expresar la humedad relativa en tantos por ciento (HR %), para lo que basta multiplicar por cien el valor de  $\varphi$ , que en realidad viene en tantos por uno:

$$100 \varphi = H R \%. \quad (2-9)$$

Mediante las consideraciones precedentes, ya podemos ver, por ejemplo, porqué *el aire húmedo es siempre menos denso que el aire seco*: el peso específico del aire seco es

$$\gamma_a = \frac{P}{R_a T} \quad (2-10)$$

mientras que el del aire húmedo es

$$\gamma = \gamma_a + \gamma_v = \frac{P_a}{R_a T} + \frac{P_v}{R_v T},$$

pero como

$$P_a = P - P_v,$$

queda, finalmente,

$$\gamma = \frac{P}{R_a T} - \frac{P_v}{T} \left[ \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_v} \right],$$

y como

$$R_a < R_v,$$

el término dentro del paréntesis es positivo, viniendo a disminuir en una cierta cantidad el primer coeficiente del segundo miembro, que no es

otra cosa que el peso específico del aire seco (ver 2-10), resultando en definitiva que el peso específico del aire humedecido es menor que el del seco.

Veamos qué ocurre ahora si hacemos intervenir al anhídrido carbónico en los precedentes razonamientos.

Puesto que dicho compuesto es un gas y no un vapor, no hay límite de saturación del mismo en el seno del aire; no obstante, como su peso molecular es mayor que el del aire, afectará a la constante R, variando el peso específico de la mezcla.

Veamos qué ocurre cuantitativamente: si llamamos  $P_{CO_2}$  a la presión parcial del anhídrido carbónico en el aire, la ley de Dalton vendrá ahora expresada así:

$$P = P_a + P_v + P_{CO_2}, \quad (2-12)$$

y la expresión que nos dé el peso específico del aire con vapor de agua y anhídrido carbónico, será

$$\gamma = \gamma_a + \gamma_v + \gamma_{CO_2} = \frac{P_a}{R_a T} + \frac{P_v}{R_v T} + \frac{P_{CO_2}}{R_{CO_2} T}$$

siendo  $\gamma_{CO_2}$  y  $R_{CO_2}$ , respectivamente, el peso específico y la constante de los gases referidos al caso particular del anhídrido carbónico.

Reemplazando ahora el valor de  $P_a$  en la expresión (2-12), podemos escribir

$$\gamma = \frac{P - (P_v + P_{CO_2})}{R_a T} + \frac{P_v}{R_v T} + \frac{P_{CO_2}}{R_{CO_2} T}$$

o lo que es lo mismo:

$$\gamma = \frac{P}{R_a T} - \frac{P_v}{T} \left[ \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_v} \right] - \frac{P_{CO_2}}{T} \left[ \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_{CO_2}} \right]$$

pero como

$$R_{CO_2} < R_a,$$

la expresión anterior queda

$$\gamma = \frac{P}{R_a T} - \frac{P_v}{T} \left[ \frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_v} \right] + \frac{P_{CO_2}}{T} \left[ \frac{1}{R_{CO_2}} - \frac{1}{R_a} \right] \quad (2-13)$$

en la que el primer sumando del segundo miem-

bro (que es el peso específico del aire puro) viene disminuido por otro sumando que afecta al contenido en vapor de agua del aire, y aumentado por un tercer sumando que, a su vez, es función del contenido en anhídrido carbónico del aire.

Si adoptamos para el aire puro el peso molecular de 29, los valores cuantitativos de la constante de los gases referida al aire puro, vapor de agua y anhídrido carbónico, son:

$$R_a = 29,5$$

$$R_v = 47,1$$

$$R_{CO_2} = 18,6.$$

Acabamos de ver cuantitativamente cómo el peso del aire varía de una manera directamente proporcional al contenido de anhídrido carbónico del mismo e inversamente proporcional a la cantidad de vapor de agua existente en su seno. Como quiera que ambos componentes producen efectos contrarios, es evidente que podrá existir un cierto aire que poseyendo el mismo peso específico del aire puro, contenga al mismo tiempo cantidades de vapor de agua y anhídrido carbónico.

Fácilmente se deduce que no hay variación en el peso específico de la mezcla final cuando se cumple la siguiente proporción:

$$\frac{P_{CO_2}}{P_v} = \frac{11}{15}$$

Acabamos de ver de una manera detallada que el peso específico del aire, al adicionarle un componente gaseoso cualquiera varía en proporción inversa al valor de la constante R referida a dicho componente.

En realidad esto ya viene implícito en la ecuación general de los gases expresada en (2-2), la que también nos dice que el peso específico del aire es inversamente proporcional a la temperatura del mismo y directamente proporcional a la presión total.

Insistimos reiteradamente sobre las variaciones del peso específico del aire, ya que ellas son las responsables de las circulaciones, intercambios de masa y mezclas de aires, sin las cuales los interesantes fenómenos, a los que más adelante nos vamos a referir, no tendrían lugar.

### 3. SISTEMA TÉRMICAMENTE AISLADO

Las características más salientes del aire atmosférico desde el punto de vista termodinámico son:



a) El gradiente térmico vertical

$$-\frac{\partial T}{\partial z} = \alpha. \quad (3-1)$$

b) La mezcla muy homogénea de sus diversos componentes hasta niveles muy altos, con la siguiente proporción en masa:

75,5 % de *nitrógeno*.  
23,15 % de *oxígeno*.  
1,28 % de *gases nobles* (especialmente *argón*).  
0,07 % fundamentalmente *vapor de agua* y *anhídrido carbónico*.

Es decir, que la temperatura del aire decrece con la altitud, conservándose, sin embargo, aceptablemente la homogeneidad de la mezcla.

No obstante, por termodinámica sabemos que al mezclar varios gases que no reaccionan entre sí en un compartimiento estanco sometido a la acción de la gravedad, el equilibrio se alcanza por difusión, resultando una temperatura homogénea y una estratificación de componentes ordenados en densidades decrecientes con la altura.

Es evidente, por consiguiente, que en el aire atmosférico no existe equilibrio difusivo, puesto que sus características más salientes descritas son exactamente la inversas.

Las causas que justifican este comportamiento son fundamentalmente tres:

1. *La radiación*, que produce un calentamiento mayor en la superficie del suelo, elevando la temperatura por conducción en las capas de aire más bajas.

2. *La convección*, mediante la cual el aire calentado junto al suelo se eleva transportando energía calorífica. Esta elevación se efectúa hacia regiones de menor presión, enfriándose las partículas por expansión adiabática. Como ocurre lo contrario para las partículas que descienden, y unas y otras intercambian entre sí calor, por mezcla y conducción el resultado será un flujo de calor hacia el suelo.<sup>2</sup>

3. *La turbulencia*, directamente proporcional a la intensidad del viento, producirá tal como la convección, sólo que en mucha mayor proporción, por ser de mayor magnitud que aquella, un flujo de calor hacia el suelo.

El resultado será de un *equilibrio*, que denominaremos *de radiación-turbulencia*, que implantará la homogeneidad de mezcla y el gradiente de temperatura (3-1) decreciente con la altitud.

\* \* \*

Para el aire del interior de las cavernas, o en atmósfera hipogea, las cosas ocurren de muy diferente manera.

En primer lugar, no existe *radiación*, que implicaría un calentamiento preferente de la superficie más irradiada, ni por consiguiente convección, puesto que no hay calentamiento selectivo.

Turbulencia, es decir, corrientes de aire, existen solamente en casos particulares, que más adelante veremos, motivados siempre por el hecho de que la cavidad no está aislada del exterior (vgr.: amplia boca de acceso y poca profundidad de la caverna, existencia de dos bocas a diferentes altitudes, etc., etc.). En consecuencia, si la caverna está aislada del exterior, no existe turbulencia.

Por todo ello, en el dominio de las cavernas existen las condiciones termodinámicas ideales para que se establezcan en su atmósfera equilibrios del tipo difusivo.

Dichos equilibrios se caracterizaban, como ya vimos, por una temperatura constante del medio y por una ordenación de componentes de mayor a menor peso específico.

Efectivamente, la experiencia demuestra que en el seno de las cavernas la acumulación del anhídrido carbónico más denso que el aire, ocurre preferentemente en las zonas profundas y aisladas, donde son normales concentraciones del 0,1 al 1 % frente al 0,03 % de la atmósfera epigea (señalaremos aquí sin detenernos a profundizar que existe una tendencia ligera a enriquecerse en nitrógeno y a empobrecerse el oxígeno del aire hipogeo por la influencia indirecta de los suelos de cobertura).

También es un hecho que las variaciones diurnas de temperatura son prácticamente inexistentes, y que las anuales poseen gran inercia, puesto que oscilan entre pequeños valores (del orden de 1° C), pudiendo llegar de hecho a desaparecer en las zonas profundas.

No obstante, la realidad también nos muestra que en la atmósfera hipogea el contenido en vapor de agua de la misma es notablemente mayor que en el de la epigea, en la mayoría de los casos.

Considerando, como ya vimos, que el vapor de agua es más ligero que el aire, esto parece una contradicción desde el punto de vista del concepto de equilibrio difusivo que estamos tratando.

La explicación la encontramos en las particulares propiedades litológicas de las calizas, que constituyen el reino de implantación de los fenómenos kársticos, de manera que aunque impermeables en su masa, no lo son por sus fracturas, pudiendo el agua percolarse en profundidad de tal manera, que al llegar a conductos profundos tomará contacto con la atmósfera allí existente, manteniendo elevada su humedad relativa al eva-

porarse en su seno, favoreciendo también el arrastre de CO<sub>2</sub>.

Vamos a analizar detalladamente el fenómeno de la humidificación del aire hipogeo por evaporación del agua procedente de degoteos, pero imaginando que nos hallamos en una zona lo suficientemente profunda para que su clima sea rigurosamente independiente del epigeo.

Su temperatura T será constante y vendrá definida por la de la roca (la cual, a su vez, será función de la situación geográfica de la zona, altitud, grado geotérmico, etc.) y los fenómenos de evaporación y humidificación que vamos a tratar, ocurrirán sin aportación de calor externo. Nos hallamos, pues, en un sistema térmicamente aislado y todas las transformaciones ocurridas en su seno serán, por consiguiente, adiabáticas.

Puesto que la evaporación superficial del agua ocurre muy por debajo de su temperatura de ebullición en nuestro caso, los vapores así generados se producen a una presión muy pequeña con relación a la presión total atmosférica. El alejamiento de los vapores formados no puede tener lugar por su fuerza expansiva (convección), sino por difusión exclusivamente, de manera que el *equilibrio difusivo* en cuestión no tiene porqué desaparecer durante el fenómeno, el cual es incapaz de generar corrientes de turbulencia en el aire.

Imaginamos una gota de agua a la temperatura T<sub>H<sub>2</sub>O</sub> (se exige la condición de que dicha temperatura sea inferior a la temperatura de rocío de aire, entendiendo por tal su temperatura de saturación a humedad constante); la temperatura de aire que la rodea es T (fig. 3-1).

Prescindiendo del valor relativo entre T<sub>H<sub>2</sub>O</sub> y T, vamos a ver primeramente qué ocurre con las presiones: rodeando a la gota de agua está la capa de tránsito o capa límite, en la cual la hu-

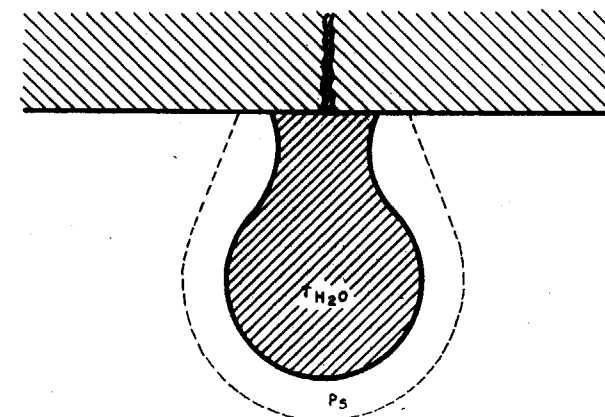


Fig. 3-1.

medad relativa es máxima, es decir, que la presión parcial del vapor de agua en el aire de dicha capa coincide con la de saturación; es decir, vale P<sub>s</sub> y su temperatura vendrá condicionada por la de la gota.

Por el contrario, el aire fuera de la capa de tránsito que no se halla saturado, tiene una presión parcial de vapor de agua P<sub>v</sub> menor que la correspondiente a saturación,

$$P_v < P_s,$$

y como esto supone el establecimiento de un gradiente de presiones de P<sub>s</sub> a P<sub>v</sub>, la consecuencia inmediata es la transmisión de vapor de agua desde la capa límite al aire, transmisión que tiene lugar por difusión.

En el instante *dt*, la cantidad de vapor transmitida es

$$\frac{dw}{dt} = K \cdot A \cdot (P_s - P_v) = W \quad (3-2)$$

(siendo A el área de la gota y K el coeficiente de dicha transmisión).

Es evidente que si desde P<sub>s</sub> se transmite vapor a P<sub>v</sub>, éste irá aumentando, y para que no disminuya P<sub>s</sub>, la gota de agua deberá reponer vapor a la capa de tránsito, lo que sencillamente equivale a decir que *la gota se evapora*.

Al evaporarse la gota consume calor, cuyo valor cuantitativo es

$$\frac{dq}{dt} = Q_1 = r \cdot W, \quad (3-3)$$

siendo W la cantidad de agua y *r* el calor latente de transformación, expresión que al reemplazar W por su valor en (3-2) se transforma en

$$Q_1 = r \cdot W = r \cdot A \cdot K (P_s - P_v) \quad (3-4)$$

Si suponemos ahora que las temperaturas de la gota T<sub>H<sub>2</sub>O</sub> y del aire T son diferentes, tenemos dos posibilidades:

1.ª *La temperatura del aire es mayor que la de la gota.*

$$T > T_{H_2O},$$

entonces la gota recibe calor del aire:

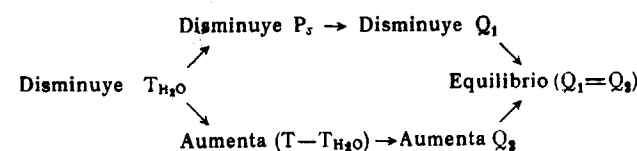
$$Q_2 = h \cdot A \cdot (T - T_{H_2O}) \quad (3-5)$$

(siendo Q<sub>2</sub> el calor recibido por la gota y *h* el coeficiente de transmisión).

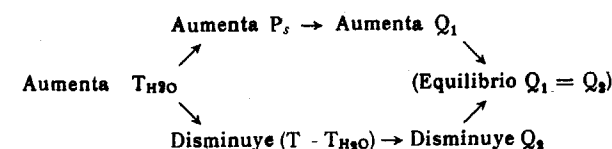


Pero si recordamos que la gota al evaporarse se enfriaba no transmitiendo al aire la cantidad de calor  $Q_1$ , expresado en (3-4) vemos que pueden ocurrir dos casos:

**Caso a:**  $Q_1 > Q_2$ , es decir que el calor perdido por la gota de agua es mayor que el recibido por ésta del aire; por consiguiente, la gota se enfriará ocurriendo lo siguiente:



**Caso b:**  $Q_2 > Q_1$ , es decir, que el calor recibido por la gota es mayor que el transmitido por ella al aire, el resultado es que la gota se calienta, ocurriendo las cosas así:



La segunda posibilidad a tratar es cuando la temperatura de la gota es mayor que la del aire:

$$T_{H_2O} > T.$$

En estas condiciones la gota no recibe calor, mientras que lo transmite ella al aire mediante la conjugación de dos gradientes, presión y temperatura; entonces el sistema evoluciona espontáneamente hasta situarse dentro de la primera posibilidad ya estudiada, que como vimos acababa finalmente en el equilibrio común:

$$Q_1 = Q_2,$$

y dando valores de  $Q_1$  y  $Q_2$ , según las expresiones (3-4) y (3-5) nos queda

$$r K A (P_s - P_v) = h A (T - T_{H_2O}),$$

o de otro modo

$$P_v = P_s - \frac{h}{r K} (T - T_{H_2O}). \quad (3-6)$$

La temperatura del aire durante el proceso de su humidificación descrito descendiendo, alcanzándose su temperatura final al saturarse en vapor de agua. Dicha temperatura no coincide con su tem-

peratura de rocío correspondiente a las condiciones iniciales, puesto que ha ido ganando humedad en el transcurso de la transformación sufrida. Entonces, en atención al carácter adiabático de la transformación habida, se le denomina *temperatura de saturación adiabática*, viniendo representada por  $T_w$ . Por consiguiente, la expresión (3-6) se convierte en

$$P_v = P_s - \frac{h}{r K} (T - T_w). \quad (3-8)$$

y dando valores numéricos a los coeficientes  $K$  y  $h$  y al calor latente de transformación  $r$ , nos queda para el caso particular del equilibrio agua-aire en las cavidades alpinas y pirenaicas:

$$P_v = P_s - 0,8 (T - T_w) \quad (3.8)$$

Esta expresión, junto con la tabla 3-1, suponen la base del cálculo en psicrometría, y vamos a aprovechar la ocasión para mostrar cómo se calcula la humedad relativa del aire por este procedimiento que señalamos; es uno de los más sencillos, perfectamente compatible con la rudeza, a veces necesaria, en práctica de la espeleología.

TABLA 3-1

Valores de  $P_s$  correspondiente a cada  $T_w$ 

$T_w$ °C	$P_s$ mm. de Hg	$T_w$ °C	$P_s$ mm. de Hg	$T_w$ °C	$P_s$ mm. de Hg
0	4,579	16	13,634	32	35,663
1	4,926	17	14,530	33	37,729
2	5,294	18	15,477	34	39,898
3	5,685	19	16,477	35	42,175
4	6,101	20	17,535	36	44,563
5	6,543	21	18,650	37	47,067
6	7,013	22	19,827	38	49,692
7	7,513	23	21,068	39	52,442
8	8,045	24	22,377	40	55,324
9	8,609	25	23,756	41	58,34
10	9,209	26	25,209	42	61,50
11	9,844	27	26,739	43	64,80
12	10,518	28	28,349	44	68,26
13	11,231	29	30,043	45	71,88
14	11,987	30	31,824	46	75,65
15	12,788	31	33,695	47	79,60

El utillaje necesario se limita única y exclusivamente a un psicrómetro, aparato que consta de dos termómetros, uno de los cuales tiene su bulbo enfundado en una tela (termómetro húmedo),

y un dispositivo que puede hacer girar rápidamente en el aire los termómetros accionándolos con la mano.

El procedimiento operatorio es el siguiente:

a) Se humedece la tela del bulbo del termómetro húmedo, teniendo cuidado de no mojar el otro termómetro (denominado también termómetro seco). Se deja ambientar unos minutos, alejándonos de la estación de medida.

b) Se lee la temperatura en el termómetro seco. Así sabemos la temperatura del aire  $T$ .

c) Se gira repetidas veces rápidamente el psicrómetro en el aire hasta que la temperatura del termómetro húmedo no descienda más (es fundamental la precaución de tomar la lectura inmediatamente después de dejar de girar el psicrómetro). De esta manera conocemos la temperatura de saturación adiabática  $T_w$ , denominada también temperatura húmeda.

d) Mediante la tabla 3-1 hallamos el valor de la presión parcial de vapor de agua saturante  $P_s$ , correspondiente a la temperatura húmeda.

e) Por medio de la expresión (3-8) calculamos el valor real de la presión parcial del vapor  $P_v$  en el aire en cuestión.

f) Multiplicando por ciento el cociente entre  $P_v$  y  $P_s$ , conocemos finalmente la humedad relativa en tantos por ciento (2-9):

$$H R \% = 100 \frac{P_v}{P_s}$$

g) Conviene medir la presión total  $P_T$ , ya que si ésta no es la normal (760 Hg), habrá de introducirse en la presión parcial ( $P_s$ ) el siguiente factor de corrección:

$$f = \frac{P_{real}}{760}$$

**Ejemplo:** ¿Cuál será la humedad relativa del aire a una temperatura seca de 8° C y a una temperatura húmeda de 5° C?

$$T = 8^\circ C. \quad T_w = 5^\circ C.$$

Mediante la tabla 3-1 encontramos para  $P_s$  el siguiente valor:

$$P_s = 6,543,$$

y aplicando la expresión (3-8) vemos que  $P_v$  es igual a

$$P_v = 6,543 - 0,8 (8-5) = 4,143,$$

encontrando finalmente para la humedad relativa el valor

$$H R \% = \frac{4,143}{6,543} 100 = 63,0 \%$$

No debe extrañar en las medidas efectuadas en las cavernas encontrar valores de  $T_w$  idénticos a los de la temperatura del aire  $T$ ; esto se debe a que  $P_v$  y  $P_s$  tienen el mismo valor:

$$P_v = P_s - 0,8 (T - T_w) = P_s$$

al anularse el término correspondiente al gradiente térmico  $T - T_w$ . En estas condiciones la humedad relativa toma el valor 100 %, coincidiendo con la de saturación.

La práctica demuestra que en la mayoría de las cavernas, si nos remitimos a zonas profundas de las mismas, las condiciones de humedad reinantes, sean cuales fueren las temperaturas del aire, coinciden con las de saturación.

No hay que olvidar que las condiciones de riguroso adiabatismo utilizadas en nuestros precedentes razonamientos, desaparecen con la sola presencia del explorador, que como elemento extraño al sistema aporta calor externo.

No obstante, cuanto antecede es válido en primera aproximación, considerando que el influjo perturbante es pequeño ante las dimensiones del medio y que el error sistemático operacional es de orden superior al citado influjo externo, puesto que las medidas son reproducibles en la mayoría de los casos observados.

#### 4. CARÁCTER ENDOTÉRMICO DE LA HUMIDIFICACIÓN

En el precedente apartado, al estudiar el fenómeno de la humidificación del aire a expensas de la evaporación del agua, hemos visto que en el proceso se consume una cierta cantidad de calor  $Q$  que era equivalente al producto del calor latente de transformación  $r$  por la cantidad de agua evaporada  $W$ , según vimos en la expresión (3-3). Como ambos multiplicandos tienen diferentes valores para cada temperatura, presentamos gráficamente su función, así como la de su producto  $r W$  en la figura (4-1).

En ella puede verse que  $Q$  puede llegar a alcanzar valores considerablemente altos en kilocalorías por metro cúbico de aire humidificado. El hecho de que en la figura 4-1 hayamos expresado la cantidad de agua evaporada  $W$  coincidente con el vapor necesario para saturar el aire que se humidifica, no quiere decir que el calor absorbido por el sistema ocurra en el momento de la saturación, sino que dicho calor es



el máximo a que se llega durante el proceso, que es gradual.

En realidad, el sistema absorbe calor a todo lo largo del fenómeno en una cantidad que cuantitativamente nos viene dada por

$$Q = \varphi r W, \quad (4-1)$$

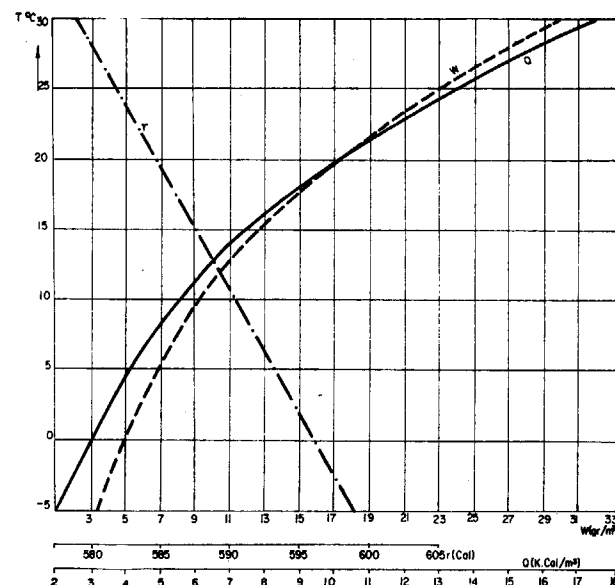


Fig. 4-1.

siendo  $\varphi$ , como siempre, la humedad relativa en tantos por uno, conservándose para  $\varphi$  y  $W$  las mismas unidades que las expresadas en la figura 4-1, que ya venían implícitas en la expresión (3-3).

La conclusión más inmediata, a la que llegamos con cuanto acabamos de decir, es que: si mezclamos dos masas de aire de diferentes grados de humedad, el más seco se humidifica a expensas del de mayor humedad absorbiendo el conjunto una cierta cantidad de calor como consecuencia de la endotermia del proceso, supuesta que no hay aportación de calor exterior al sistema durante el fenómeno.

Es evidente que en todos los casos en los que no exista aportación de calor externo y en el sistema en cuestión ocurran los fenómenos descritos, el calor absorbido en el proceso tiene que lograrse a expensas de descender la temperatura de sus componentes.

En el caso de la mezcla de dos masas de aire a diferentes humedades, si llamamos  $K$  al contenido calórico del que posee una mayor humedad, y  $S$  al contenido calórico del aire cuyo correspondiente valor de humedad sea menor, expresando ambas,  $K$  y  $S$ , en kilocalorías por me-

tro cúbico de aire, los grados de temperatura  $T_D$ , que descende el aire a igualdad de masas mezclantes, vienen dados por

$$T_D = \frac{K - S}{1.000 \cdot C_p \cdot \gamma} \quad (4-2)$$

siendo  $C_p$  el valor específico del aire que se humidifica, y  $\gamma$  su peso específico. Como  $C_p$  viene expresado en calorías por gramos y grado, incluimos el factor 1.000 para homogeneizar la expresión (4-2), puesto que  $K$  y  $S$  se expresan en Kcal/m³. Naturalmente, el peso específico viene dado en kilogramos por metro cúbico.

Como ya hemos visto que una de las diferencias fundamentales entre el aire de las cavernas y el del exterior era la de que el hipogeo se hallaba saturado de vapor, mientras que no el epigeo; si por una circunstancia cualquiera ocurre la mezcla de ambos aires, es evidente que el del exterior, más seco, se enfriará gracias a la humidificación que sufrirá a expensas del de la caverna.

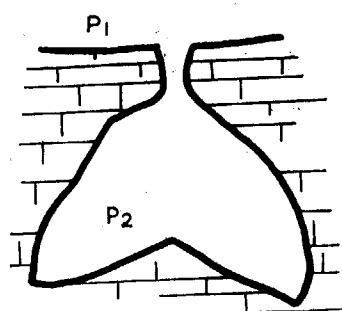
Vamos a prescindir en nuestra exposición de los casos en los que el aire de la caverna sale al exterior, ya que no cristalizan en el fenómeno de la corrosión climática que tratamos de explicar, remitiéndonos exclusivamente a la entrada del aire exterior en las cavernas, fenómeno que, como vamos a ver, se resuelve en la creación de morfologías de corrosión características.

Para ello, lo primero que tenemos que ver es cuándo ocurre el fenómeno en cuestión; analizando algunos casos típicos.

### 1. Barorrespiración.

Imaginemos una cavidad vertical con una sección de boca relativamente pequeña y gran volumen interior comunicado exclusivamente con el

#### BARORRESPIRACION



$P_1 > P_2$  entra aire  
 $P_2 > P_1$  sale aire  
 Fig. 4-2.

exterior por la referida boca. Vamos a llamar  $P_2$  (ver figura 4-2) a la presión total en el interior de la cavidad, y  $P_1$  a la existente en el exterior, haciendo abstracción en nuestros razonamientos de las diferencias de altitud, ya que las conclusiones no van a resultar afectadas.

A igualdad de presiones externas e internas:

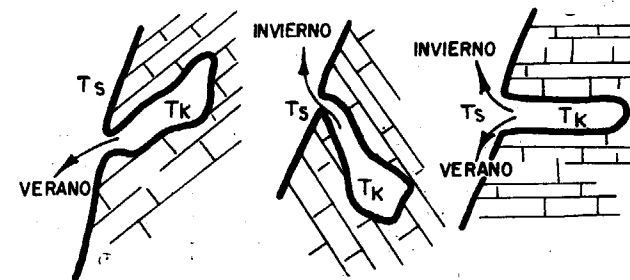
$$P_1 = P_2.$$

Es evidente que existirá equilibrio, pero si la presión exterior  $P_1$  es afectada por influjos meteorológicos, que se resolverán en fluctuaciones de aire entre la cavidad y el exterior, cuyo sentido vendrá definido por el gradiente de presiones creado.

El ejemplo más típico que conocemos es la cavidad de la *Torca del Carlista*, cuya entrada es una sima de 150 metros de vertical con una boca de  $5 \times 2$  metros de área, que incide a cota -55 metros sobre el techo de una inmensa sala de bóveda parabólica, cuyas dimensiones, una vez topografiada (la sala), arrojan las cifras de  $500 \times 250$  metros y una altura de 100 metros.

Al finalizar la exploración de la expedición de Semana Santa de 1959, como consecuencia de un enredo en el tubo vertical entre el tren de escalas, el hilo telefónico y las cuerdas de nylon de seguro del explorador y de recuperación de material, el autor hubo de permanecer varias horas pitonado en una estrecha cornisa a -45 metros, observando, gracias a que el tiempo exterior estaba inestable, fluctuaciones de aire por el tubo de la sima que cuando era descendente formaba una densa niebla hasta el techo de la sala, impidiendo la visión, antes clara, de las luces de carburo de los cascos de los exploradores situados al pie de la escala.

#### TERMOCIRCULACION EN SACO DE AIRE



Cavidad ascendente (caliente):  
 verano  $T_K < T_S$   
 invierno  $T_K > T_S$   
 Cavidad descendente (fría):  
 verano  $T_S > T_K$   
 invierno  $T_S < T_K$   
 Cavidad horizontal:  
 verano  $T_S > T_K$   
 invierno  $T_S < T_K$   
 Fig. 4-3.

### 2. Termocirculación en saco de aire.

Este fenómeno, descrito en la figura 4-3, ocurre en todas las cavidades con una sola boca de comunicación con el exterior, y es tanto más evidenciable cuanto mayor es la cavidad. El renuevo del aire es debido a la diferencia de densidades en el mismo entre la del exterior y el del interior, gracias a las variaciones de temperatura sufridas por aquél en los ciclos climáticos anuales y diarios.

De esta suerte las cavidades ascendentes son también llamadas «calientes», pues en invierno al ser su temperatura más alta que la exterior, el aire de ésta es menos denso que el de fuera, permaneciendo ocluido. Esta circunstancia es muy importante en arqueología, ya que es mucho más frecuente hallar restos antiguos en las cavidades ascendentes que en las de otro tipo, por constituir «habitats» más cómodos.

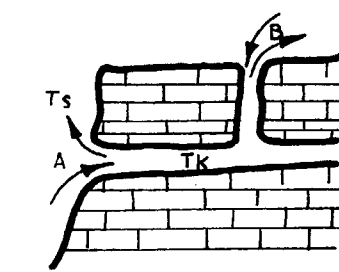
Por el contrario, las cavidades descendentes son también denominadas «frías», ya que en verano, al ser su temperatura más baja que la del exterior y por consiguiente su aire más denso, permanece ocluido en las partes bajas.

Las cavidades horizontales son un caso intermedio entre los dos anteriores, ocurriendo cuando la temperatura exterior es mayor que la interior (verano), una salida de aire a ras del suelo de la caverna, y una entrada simultánea en las proximidades del techo. El fenómeno es inverso cuando la temperatura exterior es más fría que la de la caverna (invierno).

### 3. Termocirculación en tubo de viento.

El fenómeno en cuestión precisa para que ocurra que la cavidad posea al menos dos bocas de comunicación con el exterior emplazadas a dife-

#### TERMOCIRCULACION EN TUBO DE VIENTO



verano  $T_S > T_K$  circulación B → A  
 invierno  $T_S < T_K$  " A → B  
 Fig. 4-4.



rentes altitudes, siendo tanto más evidenciable cuanto mayor es dicha diferencia.

Este fenómeno es, con mucho, el más importante de los descritos, ya que en determinadas ocasiones el trasiego de aire motivado puede ser enorme.

Su mecanismo expuesto en la figura 4-4 es, en esencia, el siguiente:

En verano, la temperatura exterior  $T_e$  es mayor que la interior  $T_k$ , siendo, por consiguiente, más denso el aire de la caverna que sale por la boca baja A, lo que condiciona la entrada de aire exterior por la boca alta B.

En invierno el fenómeno es inverso.

El ejemplo más notable para nosotros lo constituye el complejo *Sima de San Martín* (Pierre Saint Martin), *Gouffre tête Sauvage* (Basaburuko ko Leize), todavía en curso de exploración, pero ya con un desnivel máximo topografiado de 1.152 metros, que supone el mayor del mundo en el momento de escribir estas líneas, y con un túnel artificial excavado a 900 metros más abajo que la boca más alta conocida sobre la ladera francesa, para un aprovechamiento hidráulico por Electricité de France, que no pudo llevarse a efecto por los problemas económicos que planteó la excesiva permeabilidad de las calizas del macizo.

El sistema termocirculante implantado entre dicho túnel y la boca de la sima Tête Sauvage, drena volúmenes de aire formidables.

Las temperaturas subterráneas medidas en las diferentes expediciones dan el valor medio de  $4^\circ\text{C}$  con humedades de 100 %; en el año 1964, durante las exploraciones de agosto, con una temperatura exterior de  $13^\circ\text{C}$ , medimos dentro del túnel un caudal de aire saliente de  $50\text{ m}^3/\text{seg}$ .

Si consideramos que la temperatura exterior puede llegar en días soleados a  $25^\circ\text{C}$ , es fácil de comprender que el caudal surgente por el túnel puede llegar a triplicarse.

Los numerosos incidentes ocurridos al abrir o cerrar las puertas metálicas de acceso al túnel son conocidos de todos los que han participado en alguna de las expediciones, aunque por el momento no hayan producido ningún accidente serio.

En la primavera, cuando comienzan los deshielos en la parte alta del macizo, se interrumpe la circulación del aire, pero esto no es debido, como pudiera esperarse, a un equilibrio entre las columnas del aire exterior e interior por igualarse su peso específico, sino a que el caudal del río interior al crecer (hasta  $6\text{ m}^3/\text{seg}$ ) cierra en el paraje conocido por el Túnel del Viento el único camino posible del aire, que aquí coincide con el cauce del río. El espectáculo es vistósimo antes de producirse el cierre, ya que cuando quedan po-

cos decímetros para llegar el agua al techo del referido pasaje, es tal la fuerza del viento, que produce encrespadas olas de hasta un metro de altura en la playa situada frente al túnel.

\* \* \*

No vamos a hacer hincapié en el fenómeno de la aerocirculación, ya que o bien es excesivamente singular o, como en la mayoría de los casos, el aire del recinto sometido al fenómeno no posee personalidad propia, siendo más parecido al del exterior, saliéndose por consiguiente de nuestro objeto.

\* \* \*

En un sistema termocirculante, cuando la corriente de aire es descendente, debemos interpretar que su densidad media subterránea es mayor que la densidad de la columna de aire exterior correspondiente; esto ocurre, como hemos visto, en verano, y el aire cálido aspirado por las fisuras superiores se enfría tendiendo progresivamente a equilibrarse con el subterráneo. En el transcurso de dicho enfriamiento pueden ocurrir dos cosas: o bien se produce una condensación sobre las paredes o, por el contrario, en condiciones especiales que más adelante veremos, se produce una evaporación en las aguas de degoteo. Esto ocurre en la zona de cambio A de la figura 4-5.

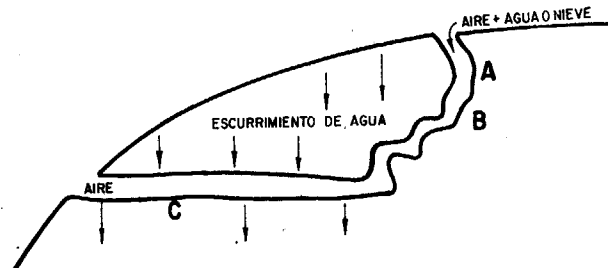


Fig. 4-5.

Al continuar el aire descendiendo, se calienta ligeramente por comprimirse al perder altitud, siendo, por consiguiente, susceptible de evaporar nuevas cantidades de agua en B (siempre pequeñas) antes de salir por la boca baja C.

El caso inverso se plantea en invierno; como el medio subterráneo está más caliente que el exterior, el aire subterráneo es ascendente y el aire entrante C enfriará la caverna, produciendo hielo si su temperatura es inferior a  $0^\circ\text{C}$ . En su recorrido él se calienta progresivamente (es-

pecialmente si el trayecto C es horizontal), y de no existir aportes de agua, su estado higrométrico podrá llegar a ser bastante inferior que el de saturación.

En la zona B el aire al ascender se expande progresivamente y se enfría, pudiendo producir ligeras condensaciones, que se acentuarán en la zona A que en general es fría, entre otras cosas por la acumulación de nieve.

Resumiendo:

1.º) Para un aire ascendente.

Zona C: Deshidratación y formación de hielo a veces.

Zona B: Ligera condensación.

Zona A: Condensación acentuada.

2.º) Para un aire descendente.

Zona A: Condensación y enfriamiento o eventualmente evaporación.

Zona B: Ligera evaporación.

Zona C: Idem o nada.

Los fenómenos citados pueden ser muy importantes, sin que a pesar de ello las importantes variaciones térmicas que entraña afecten a la temperatura de la roca, la que por su gran inercia térmica no resulta afectada.

Citaremos algunos ejemplos verdaderamente curiosos. El primero de ellos tuvimos ocasión de observar en el verano de 1961 en el sistema termocirculante de la cavidad austriaca *Eisriesenwelt*, mientras el aire de la caverna surgía por la boca baja, que supone el acceso normal.

Las condiciones del aire hipogeo eran:

$$T_k = 2.5^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 1 \text{ (humedad relativa a saturación),}$$

al par que las del aire exterior en lo alto del macizo eran

$$T_e = 25^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 0.26$$

de manera que el contenido calórico del aire del karst  $Q_k$  y el del aire superficial  $Q_e$  eran, deducidos de la fórmula (4-1) y de la figura 4-1, los siguientes:

$$Q_k = 0.26 \cdot 582.1 \cdot 23.01 = 3.4 \text{ Kcal/m}^3$$

$$Q_e = 1 \cdot 594 \cdot 5.7 = 3.4 \text{ Kcal/m}^3$$

es decir, prácticamente los mismos.

No hay, por consiguiente, efecto frigorífico asociado, pero es evidente que si el aire exterior se enfría por cualquier causa, su humedad absoluta llegará a saturarse cuando su temperatura alcance precisamente la del valor del aire hipogeo.

Para ilustrar los efectos frigoríficos a los que nos queremos referir, nos parece francamente didáctico el ejemplo citado por Trombe en la gruta de Riusec, que compone con el macizo de Burtetch un notable sistema termocirculante.

Los datos son los siguientes:

$$T_k = 6^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 1$$

para el aire hipogeo, y

$$T_e = 15^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 0.25$$

para el epigeo.

El aire de la caverna contiene en dichas condiciones  $7.2\text{ gr/m}^3$  de vapor de agua:

$$W_k = 7.2\text{ gr/m}^3;$$

por el contrario, el vapor de agua contenido en el aire superficial es para las condiciones dadas,  $3.2\text{ gr/m}^3$ :

$$W_e = 3.2\text{ gr/m}^3.$$

Como las referidas condiciones son en verano y el aire exterior penetra por las fisuras superiores, se podrá cargar en una cantidad de vapor de agua, que vendrá dada por

$$W_k - W_e = 7.2 - 3.2 = 4.0\text{ gr/m}^3,$$

cantidad que puede generar la siguiente cantidad de calor:

$$Q = (W_k - W_e) \cdot 0^\circ\text{C} = 4 \cdot 592.6 = 2.37 \text{ Kcal/m}^3,$$

y como el «factor climático» del aire de superficie (entendiendo por tal a  $1.000 \cdot \gamma \cdot C_p$ ), denominador de la expresión (4-2), es igual a

$$1.000 \cdot \gamma \cdot C_p = 1.000 \cdot 1.05\text{ gr/m}^3 \cdot 0.25\text{ cal/gr} \cdot ^\circ\text{C} = 262\text{ cal/}^\circ\text{C m}^3$$

al absorber el sistema el calor disponible por humidificación, sufre un descenso térmico que vale en grados centígrados ( $T_D$ ) lo siguiente:

$$T_D = \frac{Q}{1.000 \cdot \gamma \cdot C_p} = \frac{2.370}{262} = 9^\circ\text{C},$$



es decir, que el aire exterior primitivamente a 15° C y 25 % HR, al penetrar en el sistema termocirculante Burtetch-Riusec, adquiere exactamente las condiciones del aire de la caverna (6° C y 100 % HR) sin más que absorber el calor disponible en el propio sistema.

La diferencia fundamental entre ambos ejemplos es que en el de la *Eisriesenwelt* ambos aires poseen la misma temperatura de rocío, mientras que los de Riusec poseen la misma temperatura de saturación adiabática.

\* \* \*

En adelante vamos a denominar K al calor absorbido en Kcal/m³ por el aire subterráneo

del karst, y S al correspondiente del aire de superficie.

$$\text{Si } K > S. \quad (4.3)$$

Hay efecto frigorífico asociado a la entrada de aire exterior en la caverna, siendo las *frigorías disponibles* (término utilizado por Trombe, que nos gusta mucho por ser intuitivo), las que condicionarán el calor a absorber en el proceso.

Entonces, del cociente de dividir las *frigorías disponibles* por el *factor climático* (que ya vimos era  $1.000 \cdot \gamma \cdot C_p$ ), encontramos el descenso  $T_D$  sufrido por el aire exterior, que no es otra cosa que la fórmula dada en (4-2).

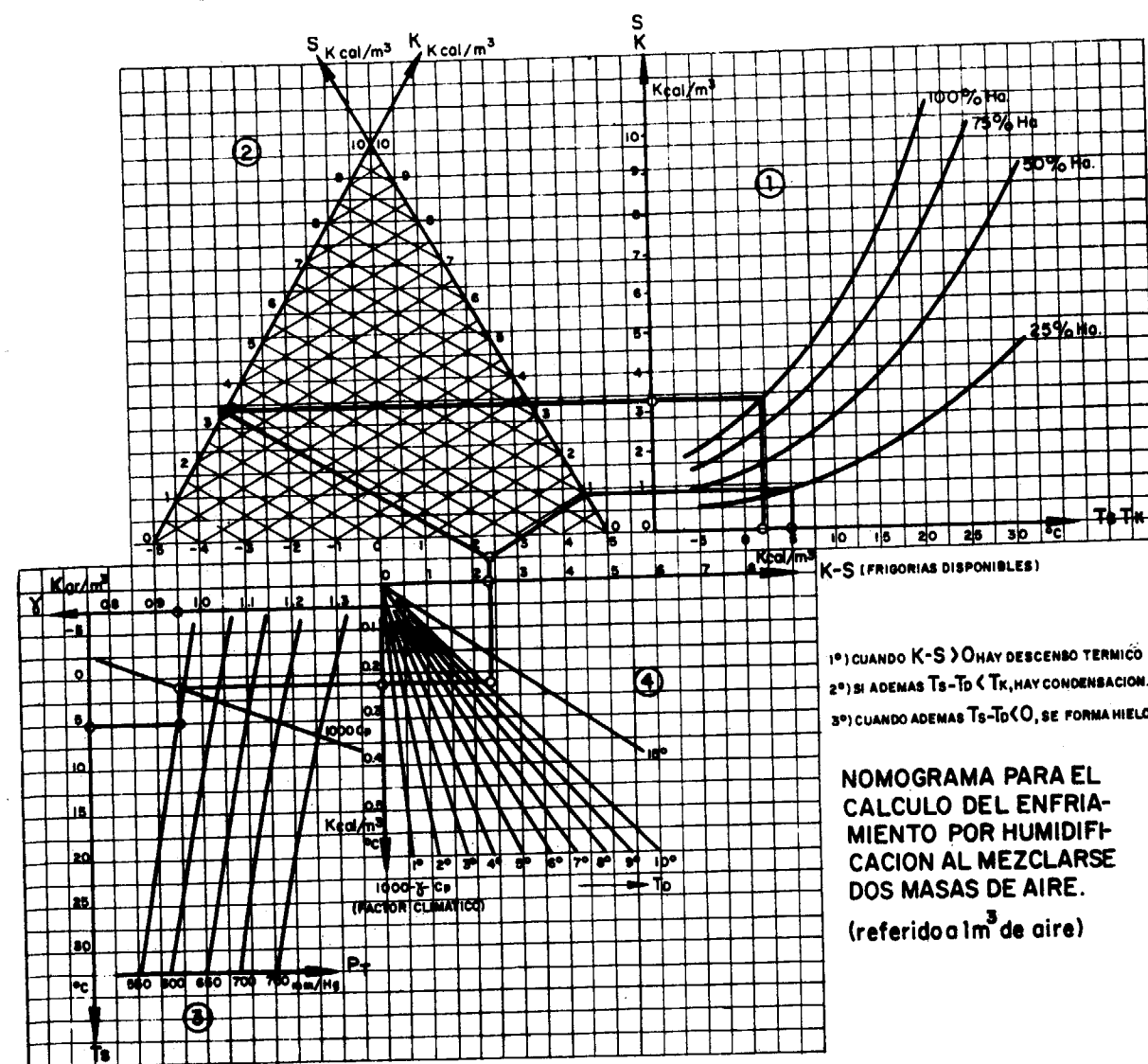


Fig. 4-6.

En la figura 4-6 adjunta mostramos un nomograma para calcular fácilmente todo este tipo de problemas sin más que utilizar como utillaje:

un psicrómetro  
 un barómetro-altímetro.

El referido nomograma consta de cuatro gráficas acopladas, pudiendo leerse en 1 mediante el psicrómetro las temperaturas  $T_k$  y  $T_s$  de los aires hipogeo y epigeo en las funciones gráficas, lo que nos da de rechazo sobre la ordenada los respectivos valores de calor absorbido por el aire subterráneo K y exterior S, en Kcal/m³.

En 2 se nos presenta un diagrama triangular cuya exclusiva función no es otra que aprovechando sus propiedades, dar la diferencia  $K-S$  o *frigorías disponibles* enrasada sobre el origen de ordenadas de 4, en Kcal/m³.

En 3 no se hace otra cosa que hallar el *factor climático*  $1.000 \cdot \gamma \cdot C_p$  del aire exterior, para rebatirlo sobre la abscisa de 4. Como es difícil hallar el peso específico del aire, aquí entra en funciones el barómetro que nos lo da directamente después de conocer su temperatura  $T_s$  mediante el termómetro seco del psicrómetro. Finalmente, mediante la recta de operación  $1.000 \cdot C_p$ , conocemos el referido *factor climático* en Kcal/°C · m³.

El haz de rectas  $T_D$  que parten del origen de 4 no es otra cosa que el descenso térmico sufrido por el aire exterior que se ha humidificado en la caverna, dato que buscamos. En la primera aproximación, 4 se asemeja a un diagrama entalpía-entropía.

El referido monograma (4-6) nos da también cuando ocurre el fenómeno de la condensación sin más que al cumplirse las condiciones

$$\begin{aligned} K - S &> 0 \\ T_s - T_D &< T_k. \end{aligned} \quad (4.4)$$

y asimismo cuando se forma hielo, siendo en este caso las condiciones

$$\begin{aligned} K - S &> 0 \\ T_s - T_D &< T_k \\ T_s - T_D &< 0. \end{aligned} \quad (4.5)$$

sin olvidar para cuanto nos referimos al nomograma (4-6), que la causa es el descenso térmico por humidificación.

Para conocer la cantidad de hielo que se forma mediante el proceso, basta ver las *frigorías disponibles* que quedan todavía cuando el aire externo en humidificación ha descendido ya a

0° C. Dividiendo dicho valor por el calor latente de fusión del hielo, que vale 79,7 cal/gr., encontramos los gramos de hielo que puede aportar cada m³ del aire que sufre el referido proceso.

En los sistemas termocirculantes importantes, situados a relativa altitud, las cantidades de hielo así formadas son muy importantes y constituyen reservas hidrológicas dignas de tenerse en cuenta a la hora de realizar el balance hídrico, ya que no pueden evidenciarse en las estaciones pluviométricas. Los estudios realizados por Chevalier en el macizo de la Dent de Crolles, le han hecho llegar a la conclusión de que un caudal del origen de 20 litros por segundo era debido a las aportaciones por cambio de estado en las partes altas de los sistemas termocirculantes existentes.

El ejemplo que adjuntamos en la figura 4-6 es el que medimos en la cavidad Eiskogel Höhle del macizo de Dachstein; en él veremos cómo se forma hielo a expensas de la mezcla de dos masas de aire a temperatura superior a los 0° C, cuyas características climáticas son las siguientes:

Aire exterior:

$$\begin{aligned} T_s &= 5^\circ \text{C} \\ \varphi &= 0,25 \quad (\text{HR } \% = 25) \end{aligned}$$

y el del interior:

$$\begin{aligned} T_k &= 2^\circ \text{C} \\ \varphi &= 1 \quad (\text{HR } \% = 100), \end{aligned}$$

de manera que

$$\begin{aligned} K &= 3,30 \text{ Kcal/m}^3 \quad \text{y} \quad S = 1,00 \text{ Kcal/m}^3 \\ K - S &= 2,3 \text{ Kcal/m}^3 \quad (\text{frigorías disponibles}). \\ \gamma &= 0,95 \text{ Kgrs/m}^3 \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} 1.000 \cdot \gamma \cdot C_p &= 0,25 \text{ Kcal/}^\circ\text{C} \cdot \text{m}^3 \\ &(\text{Factor climático}) \end{aligned}$$

siendo el descenso térmico  $T_D$ :

$$\begin{aligned} T_D &= \frac{\text{Frigorías disponibles}}{\text{Factor climático}} = \frac{K - S}{1.000 \cdot \gamma \cdot C_p} = \\ &= \frac{2,3}{0,25} = 10,9^\circ \text{C}, \end{aligned}$$

de manera que al cumplirse la condición

$$\begin{aligned} T_s - T_D &< 0; \quad 5,0 - 10,9 = -5,9 < 0 \\ &\text{Se forma hielo.} \end{aligned}$$

\* \* \*



Cuando

$$S > K,$$

entonces, no hay efecto frigorífico asociado y el aire exterior calienta al interior, produciéndose en las partes altas el fenómeno inverso, es decir, desecaciones.

No obstante, al llegar a las zonas profundas del enrejado y entrar en contacto con los degoteos normalmente existentes, se producirán evaporaciones superficiales, que son susceptibles de acarrear condensaciones parietales gracias a que la superficie de la roca conserva la temperatura de equilibrio anterior, es decir, más baja que la del aire causante del citado influjo.

El trasiego de agua sobre las paredes, de resultados del citado fenómeno es el causante de corrosiones climáticas en las partes profundas de un enrejado.

##### 5. CORROSIÓN ASOCIADA A LOS CAMBIOS DE ESTADO

Al explicar el mecanismo de la teoría general de la corrosión en el apartado 1, hemos hecho intervenir al anhídrido carbónico existente en el aire, como responsable de la agresividad del agua de lluvia sobre las rocas carbonatadas, al disolverlo en parte en su recorrido por la atmósfera.

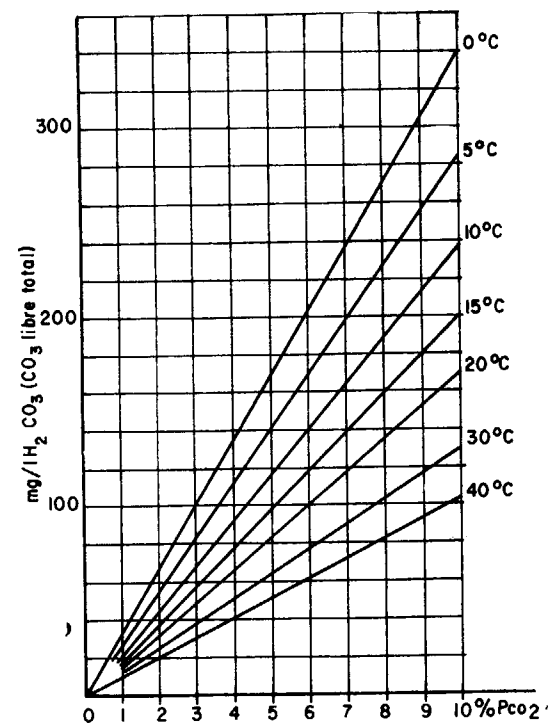
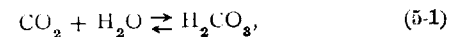


Fig. 5-1.

El equilibrio que rige dicho fenómeno posee carácter de tal a temperatura constante, y su expresión es:



de manera que su condición termodinámica de equilibrio será la de mínima energía libre del sistema.

En la figura 5-1 damos ya calculadas las isoterms del equilibrio (5-1) que definen el reparto del anhídrido carbónico entre el agua y el aire, viniendo en nuestro caso las correspondientes presiones parciales  $P_{\text{CO}_2}$  en tantos por ciento.

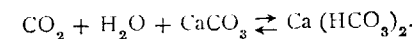
Mediante los mecanismos explicados en los anteriores apartados, hemos visto que el agua puede presentarse en sus tres fases: vapor, líquida y sólida; veamos qué le ocurre al anhídrido carbónico en cada fase y en sus cambios entre sí.

##### a) Vapor de agua y anhídrido carbónico.

Influencia de origen físico por parte del  $\text{CO}_2$  que sólo afecta a la constante  $R$  y aumenta, como vimos, el peso específico de la mezcla final, ya que su peso molecular es más elevado.

##### b) Anhídrido carbónico y agua.

Influencia de origen químico cuantitativamente expresada en el equilibrio (5-1), y la figura 5-1 que lleva inherente un carácter corrosivo sobre la caliza, definido por la ecuación fundamental (1-4) que recordamos:



##### c) Anhídrido carbónico y hielo.

No existe interacción.

Asimismo, los cambios de fase del agua en presencia del anhídrido carbónico en virtud de las diferentes propiedades de éste en el seno de aquéllos, son de importancia tal que constituyen el objeto de cuanto hemos escrito.

Imaginemos que por cualquiera de los fenómenos descritos, una cierta parte de vapor de agua en el seno de una caverna va a condensarse en presencia de anhídrido carbónico. En el momento de ocurrir la condensación el agua va a cargarse automáticamente de anhídrido carbónico a tenor de la temperatura ambiente y de la presión parcial del referido componente en el aire de la caverna. El agua así condensada se vuelve inmediatamente agresiva, siendo capaz de corroer la roca donde se ha depositado.

Si el influjo climático es más fuerte y se produce la congelación, entonces todo el anhídrido

##### 6. APÉNDICE

El objeto perseguido con nuestra exposición ha sido dar al karstólogo y al espeleólogo una herramienta de trabajo al mismo tiempo sencilla y cómoda de manejar, sin dejar por ello de estar exenta de un apoyo científico sólido, en cuanto se refiere a los fenómenos climáticos y sus consecuencias morfológicas. De los numerosos ejemplos en los que venimos utilizando el procedimiento aquí expresado desde 1961, podemos decir que el error operacional no excede del 3 % en el peor de los casos, y las medidas repetidas en diferentes épocas en estaciones determinadas (zonas profundas de las cavernas) han sido siempre reproducibles. Esto da una cierta garantía al método, pero recomendamos al utilizarlo gran cuidado en la realización de las medidas que deben repetirse para convencerse de su validez. Es fundamental identificar las características climáticas de la caverna para la validez de los datos finales al operar sobre el nomograma y sobre todo conviene repetir las medidas en estaciones fijas en diferentes épocas, para definir su comportamiento dentro, al menos, de un ciclo completo anual.

De esta suerte se puede utilizar el nomograma (4-6) para el fenómeno inverso, es decir: una vez conocidas las características climáticas de determinada cavidad y determinadas morfologías de origen climático, poder predecir qué valores de temperatura y humedad relativa poseía el aire exterior generante de dichas formas.

Para quien tenga un mayor conocimiento termodinámico, queremos señalar que las características del fenómeno de la entrada de aire exterior en una caverna son muy particulares, ya que en todo momento los constantes degoteos existentes, conservan a saturación la humedad relativa del aire hipogeo, impidiendo que disminuya a expensas de aumentar la del aire externo. No se trata, pues, de un fenómeno de mezcla de dos aires, sino en realidad de la *humidificación adiabática del aire exterior que ha penetrado, seguida de una mezcla, en el caso en que las condiciones finales de la referida humidificación sean diferentes de la del aire hipogeo. El estado final de la zona profunda de la caverna será invariable, gracias a la inercia térmica de la masa rocosa y al elevado calor específico del agua.*

No queremos terminar sin citar un ejemplo puramente teórico, pues estamos convencidos que no ocurre en la realidad de las cavernas, pero como es muy intuitivo, consideramos que vale la pena.

Imaginemos dos conductos convergentes en una salida única (fig. 6-1) por los que entran aires

carbónico que existía en el agua se separa de ella en el momento de ocurrir ésta. Si la masa de agua congelante es de relativa magnitud, la solidificación ocurre normalmente de una manera lenta y gradual, resultando que la porción de agua no congelada todavía se enriquece en anhídrido carbónico a expensas del que se ha liberado de la porción ya congelada. De esta manera llegamos a corrosiones puntuales que pueden ser muy intensas. El proceso continúa hasta que toda el agua se ha helado, terminando entonces bruscamente.

Si el hielo que se forma mediante el referido proceso lo hace sobre paredes cuya temperatura sea ligeramente superior a  $0^\circ\text{C}$ , se establece una pugna entre la temperatura de la roca y el influjo climático congelante. El resultado produce un constante hielo y rehielo en la zona de contacto, del que resultan corrosiones marcadísimas. Los lapiares subterráneos pueden tener este origen. Cuando dicho fenómeno ocurre en las simas, el hielo suele quedar separado de las paredes, constituyendo un serio peligro para el explorador.

En el proceso inverso cuando el hielo se funde, el agua recién formada se carga automáticamente del anhídrido carbónico del aire, en función de su temperatura y presión parcial. De la misma manera, cuando el agua se evapora, el anhídrido carbónico existente en ella, se separa a la atmósfera, sin más consecuencia que aumentar su presión parcial y el peso específico.

Las morfologías asociadas son variadas, siendo algunas de ellas típicas. Los canales de corrosión de las grandes simas que constituyen bocas altas de sistemas termocirculantes, tienen este origen; los lapiares subterráneos, tan vistosos en algunas cavidades del macizo de Dachstein, son también debidos a fenómenos de hielo y rehielo. (No hay que confundir la formación de hielo por entrada de aire, en las bocas altas, con la acumulación de neviza y nieve en las simas, ya que este último caso es debido a las nevadas invernales.) Las morfologías zenitales que recuerdan a las huellas dejadas por las gotas de clorhídrico sobre una superficie lisa de mármol, son debidas a la condensación. En algunos casos, vgr., *Mairuelegorreta*, las condensaciones debidas a este origen ocurren en una zona en la que existe gran profusión de «mondmilch», desconocemos su origen genético, pero lo citamos como referencia por si el ejemplo se repite, y es dependiente de alguna contingencia climática, pues en nuestro caso coincide con la «zona fría» situada entre la zona de cambio de la entrada (boca aspirante) y la zona profunda con personalidad climática definida.



saturados de humedad y temperaturas diferentes. El resultado es que en la zona de mezcla siempre habrá condensación.

La explicación es bien sencilla, pues mientras que la ley de mezclas es una función que sigue la forma de una recta, la forma de la función que regula la condición de saturación del vapor de agua en el aire en función de la temperatura, tiene una forma exponencial positiva.

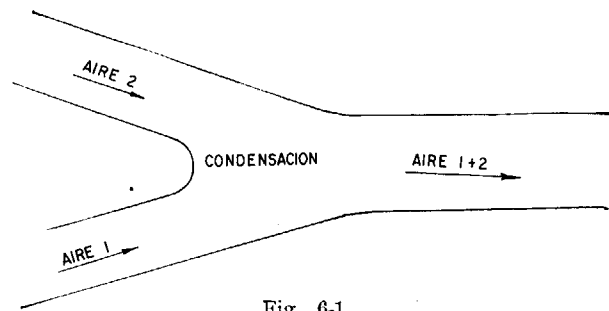


Fig. 6-1.

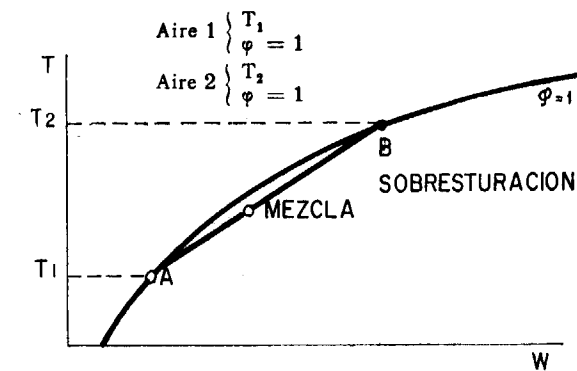


Fig. 6-2.

Es decir, que según la figura 6-2, si los aires en cuestión poseen las condiciones A y B dentro de la función de saturación  $\phi = 1$ , cualquiera que sea su proporción de mezcla caerá dentro de la recta AB y, por consiguiente, dentro de la región sobresaturación. Habrá, pues, condensación y corrosión si aquella ocurre sobre rocas carbonatadas.

Las Palmas-Madrid, febrero 1969.

#### BIBLIOGRAFÍA

##### Obras generales:

- EVERETT, D. H.: *Termodinámica química*. 1 vol., XX, 231 págs. Aguilar. Madrid, 1964.  
GLASSTONE, S.: *Termodinámica para químicos*. 1 vol., XL, 637 págs. Aguilar. Madrid, 1960.

- *Tratado de Química-Física*. 1 vol., 1.080 págs. Aguilar. Madrid, 1953.  
KERN, R. y WETSCHOLD, A.: *Thermodynamique de base pour minéralogistes pétrographes et géologues*. 1 vol., 243 págs. Masson. París, 1964.  
LUCINI, M.: *Termodinámica aplicada*. 1 vol., 261 págs. Labor. Barcelona, 1960.  
PERRY, J. H.: *Manual del ingeniero químico*. 2 vol., 3.076 págs. Uteha. México, 1959.  
TROMBE, F.: *Traité de spéléologie*. 1 vol., 376 págs. Payot. París, 1952.  
VIÁN, A. y OCÓN, J.: *Elementos de ingeniería química*. 1 vol., XV, 1.812 págs. Aguilar. Madrid, 1961.  
ZEMANSKY, M. W.: *Calor y termodinámica*. 1 vol., XIX, 509 págs. Aguilar. Madrid, 1961.

##### Publicaciones espeleológicas aperiódicas:

- Estudios del Grupo Espeleológico Alavés*. Vol. 1, 135 páginas. Diputación Foral de Alava. Vitoria, 1963.  
*Estudios del Grupo Espeleológico Alavés*. Vol. 3, 245 páginas. Diputación Foral de Alava. Vitoria, 1966.  
*Larra Sima de San Martín*. 1 vol., 223 págs. Diputación Foral de Navarra. Pamplona, 1964.  
*Memoria de la Asamblea Regional de Espeleología de Carranza*. 1 vol., 171 págs. Diputación Foral de Navarra. Bilbao, 1959.  
*Problems of the Speleological Research*. 1 vol., 220 págs. Czechoslovak Academy of Sciences. Praga, 1965.

##### Cursos y conferencias:

- CASTÁNS, M.: *Meteorología general*. Conferencia inaugural y clases del curso de hidrología general y aplicada. Instituto de Hidrología, Centro de Estudios Hidrográficos (Unesco). Madrid, 1966.

##### Pequeños artículos monográficos:

- ABEL, G.: *Températures et formation de glace dans les grottes de Salzbourg*. Págs. 321 a 325, tomo III, 1er Congrès International de Spéléologie. París, 1953.  
— *Definizione di concrezioni e di ghiaccio in grotta*. Págs. 41 a 43, tomo III, Symposium Internazionale di Speleologia. Como, 1960.  
CIGNA, A. A.: *Air temperature distributions near the entrance of caves*. Págs. 259 a 268, tomo II, Symposium Internazionale di Speleologia. Como, 1960.  
DUBOIS, P.: *Observation sur les dépôts des cavités du Massif du Mont Perdu*. Págs. 415 a 423, tomo I, II Congrès International de Spéléologie. Bari, 1962.  
ERASO, A.: *Fenómenos superficiales aplicables a microclimas*. Manuscrito. Estella, 1957.  
— *Ensayo sobre la climatología de Mairuelegorreta*. Páginas 59 a 78, tomo III, Bol. Sancho el Sabio. Vitoria, 1959.

- ERASO, A.: *Consideraciones morfogenéticas sobre la cueva de Lazalday*. «Notas y Comunicaciones del I. Geol. y Min.», núm. 59. Madrid, 1960.  
— *Anotaciones sobre la fisico-química del Bussento*. «Rass. Spel. Ital.», anno XV, fasc. 1-2. Como, 1963.  
— *El por qué de las formas en estalactitas y estalagmitas*. «Rass. Spel. Ital.», anno XIV, fasc. 4. Como, 1962.  
— *Introducción al estudio del karst de Ojo Guareña*. «Karst», año II, número 56. Barcelona, 1965.  
GRESSEL, W.: *Zur Speläometeorologie*. Págs. 73 a 75, tomo II, III internationaler kongress für Speläologie. Viena, 1963.  
— *La dynamique dans les grottes alpines*. Págs. 463 a

- 468, tomo I, II Congrès International de Spéléologie. Bari, 1962.  
POLLI, S.: *Tre anni di meteorologia ipogea nella grotta sperimentale «C. Doria» del corso di Trieste*. Págs. 27 a 54 Atti e Memorie della Commissioni Grotta «Eugenio Boegan». Trieste, 1961.  
— *Meteorologia ipogea nella grotta sperimentale C. Doria*. Págs. 449 a 463, tomo I, II Congrès International de Spéléologie. Bari, 1962.  
— *Meteorologia ipogea nella grotta C. Doria del corso di Trieste*. Págs. 79 a 95. Atti e Memorie della Commissione Grotta «Eugenio Boegan». Trieste, 1964.

Recibido: 4-1-69.



## Propiedades ópticas de los medios homogéneos anisótropos

por J. L. DIAZ FERNANDEZ (\*)

## RESUMEN

El estudio de las propiedades ópticas de los medios homogéneos anisótropos ha sido ampliamente desarrollado por diversos autores con un aparato físico-matemático que, en general, no está al alcance de los naturalistas. En este trabajo se han pretendido obtener dichas propiedades con el máximo rigor posible, dentro de las limitaciones de una formación no altamente especializada en física y matemáticas.

Analizamos a continuación la propagación de las ondas electromagnéticas en medios dieléctricos anisótropos homogéneos no absorbentes.

## 1. NOCIONES PREVIAS

Un campo electromagnético está definido por cuatro vectores, que son:

$\vec{E}$ , intensidad de campo eléctrico.

$\vec{H}$ , intensidad de campo magnético.

$\vec{D}$ , inducción eléctrica o desplazamiento eléctrico.

$\vec{B}$ , inducción magnética.

Estos vectores están ligados por las siguientes ecuaciones:

Ecuación de Maxwell-Ampère o primera ecuación de Maxwell:

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (1.1)$$

Ecuación de Maxwell-Faraday o segunda ecuación de Maxwell:

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{i} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (1.2)$$

en la que  $\vec{i}$  representa la densidad de corriente.

Puesto que  $\vec{B} = \text{rot } \vec{A}$ , es decir,  $\vec{B}$  deriva del potencial vector  $\vec{A}$ , se verifica que

$$\text{div } \vec{B} = 0. \quad (1.3)$$

$\vec{B}$  es, pues, un campo solenoidal. Finalmente:

$$\text{div } \vec{D} = q_v, \quad (1.4)$$

siendo  $q_v$  la densidad de carga eléctrica.

La densidad de energía del campo eléctrico es

$$U_e = \frac{1}{2} \vec{D} \cdot \vec{E} \quad (1.5)$$

y la densidad de energía del campo magnético

$$U_m = \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H}. \quad (1.6)$$

La densidad de energía electromagnética será

$$U = \frac{1}{2} (\vec{D} \cdot \vec{E} + \vec{B} \cdot \vec{H}). \quad (1.7)$$

Se define el vector de Poynting  $\vec{S}$  como el producto vectorial de  $\vec{E}$  por  $\vec{H}$ :

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}. \quad (1.8)$$

Puede demostrarse que el vector de Poynting representa la energía que atraviesa perpendicularmente la unidad de superficie en la unidad de tiempo (teorema de Poynting).

Si se exceptúan las sustancias ferromagnéticas, que carecen de interés para nuestro estudio, la permeabilidad relativa  $\mu$  es muy próxima a 1. En este caso, se cumple que

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}. \quad (1.9)$$

$\mu_0$  es la permeabilidad absoluta del vacío. (1.9) nos indica que con gran aproximación se cumple que  $\vec{B}$  y  $\vec{H}$  tienen la misma línea de acción aun en los medios anisótropos. En cambio, entre  $\vec{D}$  y  $\vec{E}$  hay la siguiente relación:

$$\vec{D} = K_0 (\vec{K} \cdot \vec{E}). \quad (1.10)$$

$\vec{K}$  es un tensor de segundo orden cuyas componentes escalares son:

$$\vec{K} = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{vmatrix}$$

$K_0$  es la constante dieléctrica del vacío.

Las componentes de  $\vec{D}$ , producto contraído de  $K_0 \vec{K}$  por  $\vec{E}$ , serán:

$$\begin{aligned} D_x &= K_0 (K_{11} E_x + K_{12} E_y + K_{13} E_z) \\ D_y &= K_0 (K_{21} E_x + K_{22} E_y + K_{23} E_z) \\ D_z &= K_0 (K_{31} E_x + K_{32} E_y + K_{33} E_z). \end{aligned} \quad (1.11)$$

El tensor  $\vec{K}$  varía con la frecuencia de la luz incidente. Nosotros nos limitaremos al caso de ondas monocromáticas.

El tensor  $\vec{K}$  es simétrico. En efecto, por el teorema de Poynting, el flujo de energía al interior de un volumen  $\tau$  limitado por la superficie  $\sigma$  vale

$$\begin{aligned} - \int_{\sigma} \vec{S} \cdot d\vec{\tau} &= - \int_{\tau} \text{div } \vec{S} \, d\tau = - \int_{\tau} \text{div } (\vec{E} \times \vec{H}) \, d\tau = \\ &= \int_{\tau} \left( \vec{E} \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{H} \cdot \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) d\tau = \int_{\tau} \left[ \vec{E} \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \mu_0 \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{1}{2} H^2 \right) \right] d\tau = \frac{d}{dt} \int_{\tau} (U_e + U_m) \, d\tau. \end{aligned}$$

Puesto que

$$U_m = \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H} = \frac{1}{2} \mu_0 H^2,$$

se cumplirá que

$$\begin{aligned} \frac{dU_e}{dt} &= \vec{E} \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ dU_e &= \vec{E} \cdot d\vec{D}. \end{aligned}$$

$U_e$  es una función de estado, por lo que  $dU_e$  será diferencial total exacta:

$$\begin{aligned} dU_e &= \sum_{i=1}^3 E_i dD_i = \sum_i \sum_j K_0 K_{ij} E_i dE_j = \\ &= \sum_i K_0 K_{ii} E_i dE_i + \sum_{i \neq j} \sum_j K_0 K_{ij} E_i dE_j, \end{aligned}$$

expresión esta última que es diferencial total exacta solamente cuando  $K_{ij} = K_{ji}$ , en cuyo caso:

$$\begin{aligned} K_0 K_{12} E_1 dE_2 + K_0 K_{21} E_2 dE_1 &= K_0 K_{12} d(E_1 E_2) \\ dU_e &= \frac{1}{2} \sum_i \sum_j K_0 K_{ij} d(E_i E_j). \end{aligned}$$

Si en (1.10) despejamos  $\vec{E}$ , tenemos

$$\vec{E} = \frac{1}{K_0} (\vec{K}^{-1} \cdot \vec{D}) = \frac{1}{K_0} (\vec{a} \cdot \vec{D});$$

$\vec{a}$  es, a su vez un tensor simétrico, cuyas componentes son

$$a_{ij} = \frac{K^{ji}}{|K|}$$

$|K|$  es el determinante de la matriz cuadrada  $K_{ij}$ , y  $K^{ji}$  es el cofactor de  $K_{ij}$ .

## 2. ECUACIONES FUNDAMENTALES

Vamos a deducir las ecuaciones a partir de las cuales obtendremos las propiedades ópticas de los medios dieléctricos anisótropos.

Volvamos a las ecuaciones de Maxwell (1.1) y (1.2). En el supuesto de ser un dieléctrico perfecto, la conductividad  $\sigma$  vale 0, y la densidad de corriente  $\vec{i} = \sigma \vec{E}$  también vale 0.

Sea

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \sin \omega \left( t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{n}}{c'} \right) \quad (2.1)$$

(\*) Dr. Ing. de Minas. Catedrático de la E. T. S. de I. de M. de Madrid.



$\bar{n}$  es el vector unitario normal a la superficie de onda plana,  $\bar{r}$  el vector de posición de un punto P de la misma y  $c'$  es el módulo de la velocidad de propagación del plano según  $\bar{n}$ . Obsérvese que, como tenía que ocurrir, todos los puntos de la superficie de onda están en fase, ya que para todos ellos,  $\bar{r} \cdot \bar{n}$  es igual a la distancia de 0 al plano.

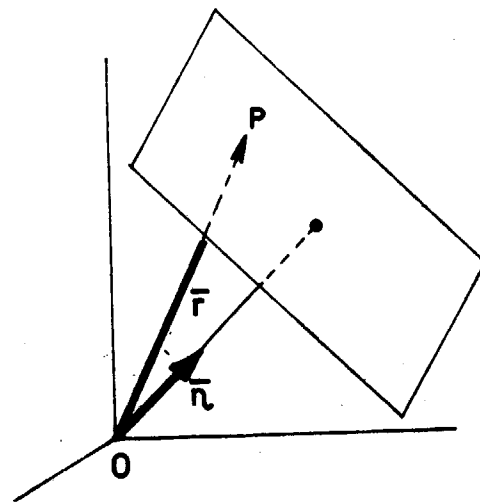


Fig. 1.

Sustituimos (2.1) en (1.1); recordando que

$$\begin{aligned} \text{rot}(\bar{M} \cdot \bar{N}) &= \bar{M} \cdot \text{rot} \bar{N} - \bar{N} \times \text{grad} \bar{M} \\ \text{rot} \bar{E} &= -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = -\mu_0 \cdot \frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = -\bar{E}_0 \times \text{grad} \\ &\left[ \sin \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) \right] \end{aligned} \quad (2.2)$$

pero

$$\begin{aligned} \text{grad} \left[ \sin \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) \right] &= -\omega \cos \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) \\ \text{grad} \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} &= -\omega \cdot \cos \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) \cdot \frac{1}{c'} \cdot \bar{n}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Sustituyendo (2.3) en (2.2):

$$\frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = -\frac{\omega}{\mu_0 c'} (\bar{E}_0 \times \bar{n}) \cdot \cos \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) \quad (2.4)$$

Integrando (2.4):

$$\begin{aligned} \bar{H} &= \frac{1}{\mu_0 c'} (\bar{n} \times \bar{E}_0) \sin \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) = \\ &= \frac{1}{\mu_0 c'} (\bar{n} \times \bar{E}). \end{aligned} \quad (2.5)$$

No hay constante de integración porque suponemos que no existen campos constantes.

Sustituyendo (2.5) en (1.2) con la precaución de hacer  $\bar{i} = 0$ , según se dijo anteriormente, y repitiendo los cálculos que nos han conducido a (2.5), se llega a

$$\bar{D} = \frac{1}{c'} (\bar{H}_0 \times \bar{n}) \sin \omega \left( t - \frac{\bar{r} \cdot \bar{n}}{c'} \right) = \frac{1}{c'} (\bar{H} \times \bar{n}). \quad (2.6)$$

Las ecuaciones (2.1), (2.5) y (2.6), junto con  $\bar{B} = \mu_0 \bar{H}$ , definen los cuatro vectores del campo electromagnético.

Volvamos a la ecuación (2.6) sustituyendo  $\bar{H}$  por su valor (2.5):

$$\bar{D} = \frac{1}{c'} \cdot \frac{1}{\mu_0 c'} [(\bar{n} \times \bar{E}) \times \bar{n}] = \frac{1}{\mu_0 c'^2} [\bar{E} - \bar{n} (\bar{n} \cdot \bar{E})]. \quad (2.7)$$

(2.7) es una de las ecuaciones fundamentales que pretendíamos obtener.

La ecuación (1.10) nos indica que, en general,  $\bar{D}$  y  $\bar{E}$  no tienen la misma línea de acción. Sea P el plano definido por ambos (fig. 2). La ecuación (2.7) nos dice que  $\bar{D}$ ,  $\bar{E}$  y  $\bar{n}$  son coplana-

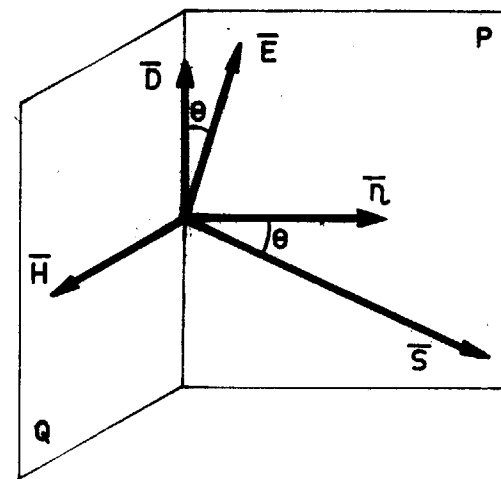


Fig. 2.

rios. Además, por (2.6),  $\bar{n}$  es perpendicular a  $\bar{D}$ , luego la posición de los tres vectores,  $\bar{n}$ ,  $\bar{E}$  y  $\bar{D}$  en el plano P es la indicada en la figura.

A su vez, (2.5) nos indica que  $\bar{H}$  es perpendicular a  $\bar{E}$  y  $\bar{n}$ . En cuanto al vector  $\bar{S}$ , igual al producto vectorial de  $\bar{E}$  por  $\bar{H}$ , estará también contenido en P y será perpendicular a  $\bar{E}$ ;  $\bar{B}$  tiene la misma línea de acción que  $\bar{H}$ .

Según hemos dicho anteriormente,  $\bar{n}$  es normal al frente de onda que se propaga según  $\bar{n}$  a la velocidad  $c'$ . En cambio, hay un flujo de energía según  $\bar{S}$ , que será, por tanto, la dirección del rayo luminoso. La velocidad de propagación, según  $\bar{S}$ , será:

$$V = \frac{c'}{\cos \theta} \quad (2.8)$$

Hallemos a continuación la segunda ecuación fundamental. Puesto que  $\bar{D}$ ,  $\bar{E}$  y  $\bar{S}$  son coplanares, llamando  $\bar{s}$  al unitario según  $\bar{S}$ , se cumple que

$$\bar{D} + \alpha \bar{E} + \beta \bar{s} = 0. \quad (2.9)$$

Multiplicando escalarmente por  $\bar{s}$ :  $\bar{D} \cdot \bar{s} + \beta = 0$ ; Multiplicando escalarmente por  $\bar{n}$ :  $\alpha \cdot \bar{E} \cdot \bar{n} + \beta \cdot \bar{s} \cdot \bar{n} = 0$

$$\begin{aligned} \beta &= -\bar{D} \cdot \bar{s} \\ \alpha &= \frac{(\bar{s} \cdot \bar{n}) (\bar{D} \cdot \bar{s})}{(\bar{E} \cdot \bar{n})} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Si multiplicamos escalarmente por  $\bar{s}$  la ecuación (2.7):

$$\bar{D} \cdot \bar{s} = -\frac{1}{\mu_0 c'^2} (\bar{n} \cdot \bar{s}) (\bar{n} \cdot \bar{E}),$$

luego

$$\alpha = -\frac{1}{\mu_0 c'^2} (\bar{n} \cdot \bar{s})^2 = -\frac{1}{\mu_0 c'^2} \cos^2 \theta \quad (2.11)$$

y sustituyendo en (2.11)  $\cos \theta$  despejado de (2.8), resulta:

$$\alpha = -\frac{1}{\mu_0 V^2} \quad (2.12)$$

Entrando con (2.10) y (2.12) en (2.9):

$$\begin{aligned} \bar{D} - \frac{1}{\mu_0 V^2} \bar{E} - (\bar{D} \cdot \bar{s}) \cdot \bar{s} &= 0 \\ \bar{E} &= \mu_0 V^2 [\bar{D} - \bar{s} (\bar{D} \cdot \bar{s})], \end{aligned} \quad (2.13)$$

la relación (2.13) es la segunda ecuación fundamental.

Las ecuaciones (2.7) y (2.13) podemos escribirlas de otra manera, cuya utilidad veremos más tarde. Es sabido que

$$c'^2 = \frac{c^2}{n^2} = \frac{1}{n^2} \cdot \frac{1}{\mu_0 K_0},$$

$n$  es el índice de refracción según la dirección  $\bar{n}$ , luego

$$\bar{D} = n^2 K_0 [\bar{E} - \bar{n} (\bar{n} \cdot \bar{E})]. \quad (2.14)$$

Por otra parte, el índice de refracción del rayo es

$$n_r = \frac{c}{v} = \frac{n c'}{v} = n \cos \theta$$

$$\mu_0 V^2 = \mu_0 \frac{c'^2}{\cos^2 \theta} = \mu_0 \cdot \frac{1}{n^2 \cos^2 \theta} \cdot \frac{1}{\mu_0 K_0} = \frac{1}{n_r^2 K_0},$$

luego

$$\bar{E} = \frac{1}{n_r^2 K_0} [\bar{D} - \bar{s} (\bar{D} \cdot \bar{s})]. \quad (2.15)$$

### 3. ELIPSOIDE DE LOS ÍNDICES

Si referimos el tensor  $\bar{K}$  a sus direcciones principales, las ecuaciones (1.11) se transforman en

$$D_x = K_0 K_1 E_x; D_y = K_0 K_2 E_y; D_z = K_0 K_3 E_z, \quad (3.1)$$

o bien

$$\begin{aligned} E_x &= \frac{1}{K_0 K_1} D_x; E_y = \frac{1}{K_0 K_2} D_y; \\ E_z &= \frac{1}{K_0 K_3} D_z. \end{aligned} \quad (3.2)$$

La cuádrica del tensor la hallamos haciendo

$$\bar{D} \cdot \bar{E} = \frac{D_x^2}{K_0 K_1} + \frac{D_y^2}{K_0 K_2} + \frac{D_z^2}{K_0 K_3} = 1, \quad (3.3)$$

pero

$$n_1^2 = \frac{c^2}{v_1^2} = \frac{\mu_0 K_0}{K_1 \mu_0 K_0} = K_1,$$

luego (3.3) se transforma en

$$\frac{D_x^2}{n_1^2} + \frac{D_y^2}{n_2^2} + \frac{D_z^2}{n_3^2} = K_0, \quad (3.4)$$

que es el *elipsoide de los índices*; dicho elipsoide define el vector luminoso  $\bar{D}$  para una dirección cualquiera.

Se recordará que en el § 1 se insistió en la demostración de que  $\bar{K}$  es un tensor simétrico. Esto nos permite hallar la dirección de  $\bar{E}$  conocido el elipsoide de los índices. En efecto, puesto que

$$\bar{E} = \frac{1}{K_0} (\bar{a} \cdot \bar{D})$$

y  $\bar{a}$  es simétrico, se justifica en cálculo tensorial que  $\bar{E}$  es normal al plano tangente al elipsoide en el punto que define  $\bar{D}$ .

El elipsoide

$$\frac{x^2}{n_1^2} + \frac{y^2}{n_2^2} + \frac{z^2}{n_3^2} = 1 \quad (3.5)$$

nos da el índice de refracción  $n$  medido en la dirección del vector luminoso  $\bar{D}$ .

Obsérvese que conocido el elipsoide de los índices quedan determinados los vectores que definen el campo electromagnético. En efecto, examinemos la figura 3 comparando con la figura 2. MO es el vector  $\bar{D}$ , y  $\bar{E}$  es normal al elipsoide en M. El frente de onda es el plano que pasando por  $\bar{D}$  es perpendicular al plano  $\bar{E}$ ,  $\bar{D}$ , que llamaremos P. La intersección de P con el plano tangente en M al elipsoide es MN, que por pertenecer a P y ser perpendicular a  $\bar{E}$  coincide con la dirección de  $\bar{H}$ . Como  $\bar{H}$  es perpendicular a  $\bar{D}$  y tangente a la elipse intersección de P y el elipsoide, OM es un semieje de aquélla.

De las consideraciones anteriores puede deducirse la consecuencia siguiente: conocido el elipsoide de los índices y la dirección de propagación del frente de onda  $\bar{n}$ , el plano normal a ésta

determina una elipse cuyos semiejes son los vectores  $\bar{D}$ , es decir, las direcciones de vibración de vector luminoso.

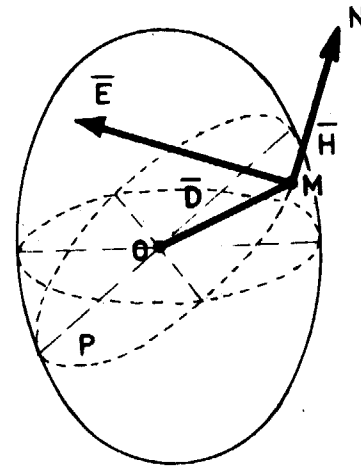


Fig. 3.

Si el elipsoide de los índices es de revolución, el cristal correspondiente es uniaxial. Si el elipsoide tiene los tres ejes desiguales, el cristal es biaxial.

#### 4. ELIPSOIDE DE FRESNEL

$$\bar{D} = K (\bar{K} \cdot \bar{E}).$$

Para definir la cuádrica del tensor, hacemos

$$\bar{D} \cdot \bar{E} = 1$$

$$K_0 K_1 E_x^2 + K_0 K_2 E_y^2 + K_0 K_3 E_z^2 = 1; \quad (4.1)$$

(4.1) es el elipsoide de Fresnel.

Volvamos ahora a (2.15):

$$K_0 n_r^2 \bar{E} = \bar{D} - \bar{s} (\bar{D} \cdot \bar{s}).$$

Multiplicando escalarmente por  $\bar{E}$  y teniendo en cuenta que  $\bar{s}$  es normal a  $\bar{E}$  y que  $\bar{D} \cdot \bar{E} = 1$ , tenemos

$$K_0 n_r^2 E^2 = \bar{D} \cdot \bar{E} = 1$$

$$E = \frac{1}{\sqrt{K_0}} \cdot \frac{1}{n_r} = \frac{1}{\sqrt{K_0}} \cdot \frac{v}{c}$$

luego  $E$  es proporcional a la velocidad de propagación del rayo luminoso.

En la figura 4 se han dibujado los vectores del campo electromagnético.  $\bar{E}$  es el vector de posición de un punto del elipsoide de Fresnel,  $\bar{D}$  la normal a la superficie,  $\bar{H}$  normal a  $\bar{D}$  y  $\bar{E}$  y tangente al elipsoide.

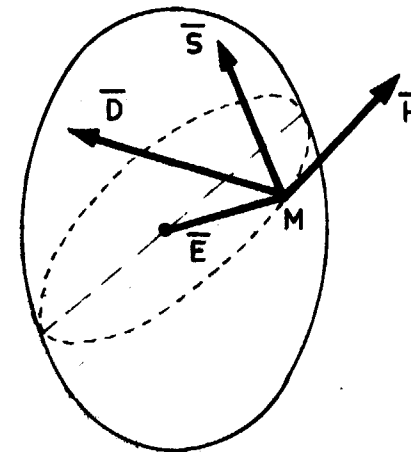
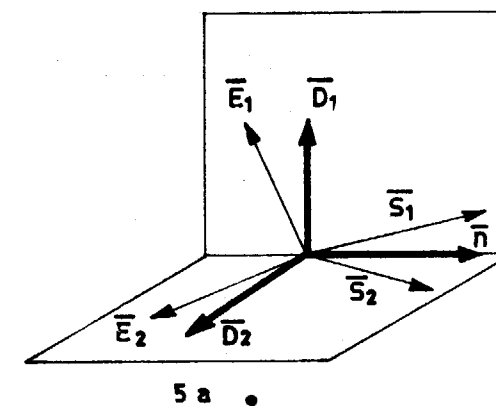


Fig. 4.

Podemos utilizar el elipsoide de Fresnel en dos problemas:

1.º Conocida la dirección de propagación del rayo luminoso, hallar las direcciones de vibración del vector luminoso.

Se traza un plano normal a  $\bar{s}$  que determina una elipse cuyos semiejes son  $\bar{E}_1$  y  $\bar{E}_2$ . Las normales a los planos tangentes al elipsoide en los extremos de los semiejes definen  $\bar{D}_1$  y  $\bar{D}_2$ .



5 a .

2.º Determinar los rayos luminosos correspondientes a un  $\bar{E}$  dado.

Hay un solo rayo, normal a  $\bar{E}$  y contenido en el plano  $\bar{D}$ ,  $\bar{E}$ .

La figura 5 resume lo explicado en los §§ 3 y 4. En 5 a vemos que a una normal de onda corresponden dos rayos, y en 5 b, a un rayo, dos normales de onda.

#### 5. SUPERFICIE DE LOS ÍNDICES

Según vimos en el § 3, para una dirección dada de la normal de onda  $\bar{n}$ , hay dos direcciones de vibración perpendiculares (fig. 5 a). Para cada dirección de vibración, el frente de onda se desplaza con una velocidad  $v'$  y  $v''$ , a las que corresponde un índice de refracción  $n'$  y  $n''$ . Si sobre la línea de acción de  $\bar{n}$  llevamos magnitudes igual a  $n'$  y  $n''$ , obtenemos la superficie de los índices.

Para hallar su expresión analítica, partimos de la ecuación (2.14) teniendo en cuenta (3.2). La proyección sobre los ejes coordenados será

$$\frac{1}{K_0} \left( \frac{1}{K_1} - \frac{1}{n^2} \right) D_x = (\bar{n} \cdot \bar{E}) \cos \alpha.$$

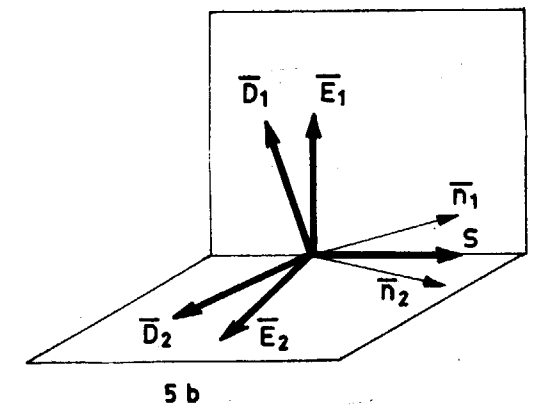
Justificamos anteriormente que  $K_1 = n_1^2$ , luego

$$\frac{1}{K_0} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n^2} \right) D_x = (\bar{n} \cdot \bar{E}) \cos \alpha, \quad (5.1)$$

y las correspondientes para los otros ejes;  $\cos \alpha$ ,  $\cos \beta$  y  $\cos \gamma$  son los cosenos directores de  $\bar{n}$ .

Puesto que  $\bar{D}$  y  $\bar{n}$  son perpendiculares,

$$\bar{D} \cdot \bar{n} = D_x \cos \alpha + D_y \cos \beta + D_z \cos \gamma = 0. \quad (5.2)$$



5 b

Fig. 5.



Sustituyendo (5.1) en (5.2) y simplificando

$$\frac{\cos^2 \alpha}{\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n^2}} + \frac{\cos^2 \beta}{\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n^2}} + \frac{\cos^2 \gamma}{\frac{1}{n_3^2} - \frac{1}{n^2}} = 0, \quad (5.3)$$

que podemos escribir en la forma

$$n_1^2 (n^2 - n_2^2) (n^2 - n_3^2) \cos^2 \alpha + n_2^2 (n^2 - n_1^2) (n^2 - n_3^2) \cos^2 \beta + n_3^2 (n^2 - n_1^2) (n^2 - n_2^2) \cos^2 \gamma = 0. \quad (5.4)$$

Para hallar la ecuación de la superficie hacemos  $n \cos \alpha = x$ ,  $n \cos \beta = y$ ,  $n \cos \gamma = z$ ,  $n = r$

$$(n_1^2 x^2 + n_2^2 y^2 + n_3^2 z^2) r^2 - n_1^2 x^2 (n_2^2 + n_3^2) - n_2^2 y^2 (n_1^2 + n_3^2) - n_3^2 z^2 (n_1^2 + n_2^2) + n_1^2 n_2^2 n_3^2 = 0, \quad (5.5)$$

que es una superficie de cuarto grado.

Si hacemos en (5.5)  $y = 0$ , tenemos

$$(x^2 + z^2 - n_2^2) (n_1^2 x^2 + n_3^2 z^2 - n_1^2 n_3^2) = 0,$$

es decir:

$$\begin{aligned} &\text{— la elipse } \frac{x^2}{n_3^2} + \frac{z^2}{n_1^2} = 1 \\ &\text{— el círculo } x^2 + z^2 = n_2^2. \end{aligned}$$

Igualmente obtendríamos las expresiones simétricas para  $x = 0$  y  $z = 0$ . Si  $n_1 > n_2 > n_3$ , la figura 6 representa la superficie buscada.

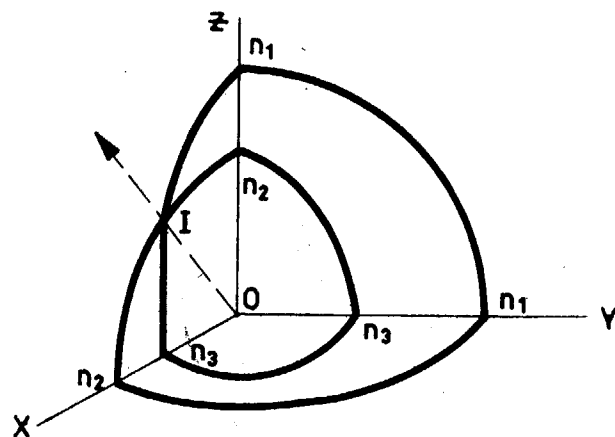


Fig. 6.

Es sencillo dibujar la superficie de los índices a partir del elipsoide de los índices o mejor de (3.5). Para una dirección dada, el plano normal determina una elipse cuyos semiejes llevados desde el centro del elipsoide sobre la dirección nos dan dos puntos de la superficie de los índices. Para las direcciones OI y su simétrica, el plano normal determina secciones cíclicas en el elipsoide. Si el cristal es uniáxico, OI coincide con el eje  $z$  y  $n_2 = n_1$ .

#### 6. SUPERFICIE DE VELOCIDAD DE RAYOS LUMINOSOS

Vimos en el § 4 que para una dirección dada del rayo luminoso hay dos direcciones de vibración y dos velocidades  $v'$  y  $v''$  (fig. 5 b). Si llevamos desde un punto fijo distancias iguales a  $v'$  y  $v''$  sobre la dirección dada, se obtiene la superficie de velocidad de los rayos luminosos.

Para hallar la expresión analítica, partimos de la ecuación (2.15) teniendo en cuenta (3.1). Si los cosenos directores del rayo son  $\cos A$ ,  $\cos B$  y  $\cos C$ , la proyección sobre el eje  $x$  será

$$(K_0 K_1 - n_1^2 K_0) E_x = (\bar{D} \cdot \bar{s}) \cos A,$$

$$\text{y puesto que } n_1 = \frac{c}{v} \text{ y } K_1 = n_1^2 = \frac{c^2}{v^2}$$

$$K_0 c_2 \left( \frac{1}{c_1^2} - \frac{1}{v^2} \right) E_x = (\bar{D} \cdot \bar{s}) \cos A. \quad (6.1)$$

Por otra parte,

$$\bar{E} \cdot \bar{s} = E_x \cos A + E_y \cos B + E_z \cos C = 0. \quad (6.2)$$

Sustituyendo (6.1) en (6.2) y simplificando

$$\frac{\cos^2 A}{\frac{1}{c_1^2} - \frac{1}{v^2}} + \frac{\cos^2 B}{\frac{1}{c_2^2} - \frac{1}{v^2}} + \frac{\cos^2 C}{\frac{1}{c_3^2} - \frac{1}{v^2}} = 0$$

Para hallar la ecuación de la superficie hacemos  $v = r$ ,  $r \cos A = x$ ,  $r \cos B = y$ ,  $r \cos C = z$ .

$$x^2 c_1^2 (r^2 - c_2^2) (r^2 - c_3^2) + y^2 c_2^2 (r^2 - c_1^2) (r^2 - c_3^2) + z^2 c_3^2 (r^2 - c_1^2) (r^2 - c_2^2) = 0.$$

es una superficie de cuarto grado. Su intersección con los planos coordenados da circunferencias y elipses. En uno de los planos, en los cristales biáxicos, se cortan estas dos curvas, determinándose así los ejes ópticos de los rayos. Si el rayo tiene

una de estas direcciones, todas las normales de onda posibles forman un cono.

Cortando por  $y = 0$ :

$$(c_2^2 - c'^2) [x^2 (c_3^2 - c'^2) + z^2 (c_1^2 - c'^2)] \\ c_2^2 = c'^2 = x^2 + z^2$$

es un círculo de radio  $c_2$ ;

$$x^2 (c_3^2 - c'^2) + z^2 (c_1^2 - c'^2) = 0$$

es una curva de cuarto grado.

Supongamos que

$$c_1 < c_2 < c_3$$

El punto de intersección de las dos curvas viene determinado por la ecuación

$$\frac{z}{x} = \pm \sqrt{\frac{c_3^2 - c_2^2}{c_2^2 - c_1^2}} \quad (7.2)$$

Las ecuaciones (7.2) definen los ejes ópticos del cristal.

Si entramos con los valores antes obtenidos en (5.1), tenemos

$$D_y = \frac{(\bar{n} \cdot \bar{E}) \cos \beta}{\frac{1}{K_0} \left( \frac{c_3^2}{c^2} - \frac{c'^2}{c^2} \right)} = 0$$

$D_y$  está indeterminado, lo que equivale a decir que  $\bar{D}$  puede tener cualquier dirección en el plano normal al eje óptico. Evidentemente, este plano normal es una de las secciones cíclicas del elipsoide de los índices.

Recibido: 20-VI-69.

#### 7. SUPERFICIE DE VELOCIDAD DE ONDA O DE NORMALES

Si en el § 5 en lugar de llevar distancias igual a los índices de refracción, se llevan segmentos  $OP = c'$  en la dirección de  $\bar{n}$ , se obtiene la superficie de velocidad de onda.

Para hallar la expresión analítica, sustituimos en (5.3):

$$x = c' \cos \alpha, \quad y = c' \cos \beta, \quad z = c' \cos \gamma$$

$$n_1 = \frac{c}{c_1}; \quad n = \frac{c}{c'}$$

Así, obtenemos

$$\frac{x^2}{c_1^2 - c'^2} + \frac{y^2}{c_2^2 - c'^2} + \frac{z^2}{c_3^2 - c'^2} = 0, \quad (7.1)$$

superficie de sexto grado.

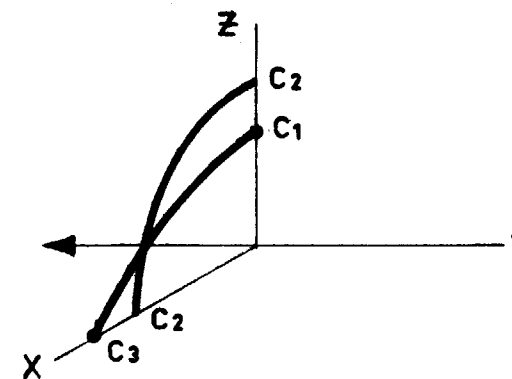


Fig. 7.

# INFORMACION

## Noticias

### ECONOMIA

#### ARGENTINA ESTUDIA UNA PLANTA DE ALUMINIO

Está en tramitación la construcción de una planta de aluminio en la localidad de Puerto Madryn, provincia de Chubut. La represa y central hidroeléctrica estarían situadas en el río Futaleufú, en la misma provincia. La producción de la planta sería de 100.000 toneladas de lingotes de aluminio anuales. Esto excede en unas 60.000 toneladas las necesidades actuales de la Argentina, pero se tiene la esperanza de que la nueva planta atraerá a industrias que consumen aluminio, especialmente la aviación. El Gobierno, según se informa, desea que cuando menos el 51 por 100 de los costos procedan de fuentes privadas. La inversión en la represa, central hidroeléctrica y líneas de transmisión de energía se ha evaluado en unos 60 millones de dólares.

#### SUBASTA DE PARCELAS PETROLIFERAS EN ALASKA

En la primera decena de septiembre tuvo lugar en Alaska la subasta de la vertiente Norte del país, donde se han encontrado recientemente ricos yacimientos petrolíferos. Grandes sumas de dinero fueron comprometidas en la puja, por todas las compañías norteamericanas y muchas extranjeras.

#### PERU INVIERTE EN PETROLEO Y GAS

El Perú invertirá más de 100 millones de dólares en un gasoducto, dos nuevas refinerías de petróleo y una fábrica de fertilizantes. Dentro de un año, el nuevo gasoducto transportará 200 millones de pies cúbicos de gas diariamente entre las refinerías existentes en Talara y Lima. Las dos nuevas refinerías serán construidas en los próximos cuatro años en Iquitos y Mollendo, en el Este y Sur del Perú. La fábrica de fertilizante se hallará situada en la

provincia de Piura, y deberá producir 6.000 toneladas de urea por día.

#### ACERERIA JAPONESA PARA ESPAÑA

Se elabora un proyecto para instalar una fábrica de acero inoxidable, de 30.000 toneladas anuales de capacidad, en la bahía de Algeciras, frente a Gibraltar. El contratista sería la empresa japonesa Nisshim Steel Co., que ha sometido sus propuestas al Gobierno de Madrid; tendría una participación del 50 por 100 en la planta, y el resto pertenecería a intereses españoles. La acerería representa una inversión de 70 millones de dólares.

#### PETROLEO SOVIETICO PARA LA REPUBLICA FEDERAL ALEMANA

Para intensificar su comercio con la Unión Soviética, los países que quieran venderle sus productos han de estar en disposición de importar materias primas y productos semiacabados. La República Federal Alemana trata actualmente de aumentar sus importaciones de petróleo bruto soviético, esperando, en contrapartida, poder incrementar sus exportaciones de maquinaria a aquel país. El 95 por 100 de las exportaciones de la República Federal a la URSS lo constituyen productos acabados.

#### FUSION DE COMPANIAS PETROLIFERAS FRANCESA Y ALEMANA

Como preludeo para fusión entre las firmas SNPA (Société nationale des Pétroles d'Aquitaine) de Francia, y la alemana «Metzeler A. G.», ambas empresas acaban de reagrupar en una misma filial conjunta las participaciones que poseían en dos sociedades situadas cerca de Colonia, especializadas en la fabricación de embalajes de poliestireno.

#### SUMINISTRO DE GAS NATURAL DE LIBIA A ESPAÑA

El día 13 de agosto, fuentes oficiales del Ministerio de Asuntos del Petróleo libio, anunciaron que había sido firmado un acuerdo entre España y Libia para el suministro de 1.000 millones de metros cúbicos de gas natural libio a España.

El gas natural será transportado por medio de gaseoductos desde los pozos de petróleo en Zelten y Raguba, en la desierto, hasta la terminal de petróleo en Brega, en la costa del Mediterráneo, donde se halla instalada una planta licuadora de gas, construida por la Compañía Esso.

El gas licuado será transportado desde Brega a Barcelona, en buques tanques especiales con capacidad para transportar 36.000 toneladas, en donde será transformado a su forma natural, para su uso como carburante, en diferentes industrias españolas.

#### YACIMIENTOS PETROLIFEROS EN ALASKA

La empresa siderúrgica japonesa «Sumumoto», fue encargada por las firmas «Atlantic Richfield», «Humble Oil» y «British Petroleum», que explotan los yacimientos petrolíferos de North Slope (Alaska), del suministro del materia (cuyo valor asciende a 50.400 millones de pesetas), destinado a la construcción de un oleoducto desde aquellos yacimientos hasta la costa más cercana.

#### RIQUEZAS DE LA SIBERIA SOVIETICA

Las mayores reservas del mundo en petróleo y gas han sido descubiertas en la Siberia occidental. En total, han sido localizados más de cien yacimientos petrolíferos y gasíferos en regiones al Este de los Urales, incluyendo un enorme yacimiento petrolífero bajo un pantano en Samotlor y un yacimiento gasífero de grandes proporciones a 600 kilómetros al Norte de Urengay, en el Círculo Ártico.

Con estos descubrimientos, la Unión Soviética tendrá las mayores reservas del mundo en gas natural, de unos 30.000 millones de metros cúbicos, y también estará posiblemente a la cabeza en reservas petroleras.

El desarrollo y explotación de estas reservas representará, sin embargo, una tarea de grandes proporciones para los rusos. En la región ya hay unos 450 equipos de perforación, pero éstos apenas son capaces de extraer una diminuta fracción de las posibilidades. La explotación está dificultada por temperaturas frías, de -50° C durante el invierno, y el suelo pantanoso que se produce durante el verano.

#### HIDROCARBUROS ARGELINOS PARA ESPAÑA

Los ministros de Asuntos Exteriores de España y Argelia han firmado un acuerdo por el cual este país ven-

derá a España, durante un período de cuatro años, cerca de 10 millones de toneladas de petróleo, así como importantes cantidades de gas natural y amoníaco. Los detalles de este acuerdo se fijarán en Madrid, por una Comisión mixta hispano-argelina.

### ENERGIA

#### EL MAYOR REACTOR NUCLEAR DEL MUNDO

El mayor reactor nuclear del mundo será construido por la Guteroffnungshütte AG de Oberhausen. El reactor de agua a presión está destinado a la central eléctrica de Biblis, que construye cerca de Worms la sociedad de energía eléctrica de Westfalia y Renania del Norte. Con una potencia total de 1.200 megavatios, será la mayor central nuclear del mundo. El reactor pesa 540 toneladas.

#### EL AUMENTO DEL CONSUMO DE ENERGIA Y SU CONSECUENCIA EN EL REGIMEN CALORICO DE LA TIERRA

Se ha dado a conocer que en los últimos 45 años se había mantenido constante el crecimiento de aumento de un 6,5 por 100 en el consumo de electricidad en Alemania. Este coeficiente de aumento es mayor que el de consumo de energía primaria, porque disminuyen las pérdidas de transformación.

Sobre todo en las centrales electronucleares corresponden costes menores en salarios y combustibles. El aumento definitivo de consumo de energía es mucho mayor en el hogar y en el consumo, al por menor que en la industria. Ciertamente hablando menos sensible, pero está sometido a grandes oscilaciones a lo largo del día, así, por ejemplo, con motivo de emisiones populares de televisión aumenta en segundos el consumo de energía a cifras récord casi inimaginables.

Según eso, hay que contar con que en el futuro habrá que instalar el tendido de alta tensión en las mismas casas, incluso habrá que llevarlo casi hasta cada piso y, por tanto, habrá que transformar la corriente alta en baja tensión en casa del mismo consumidor de energía, y que habrá que instalar por doquier acumuladores de energía (corriente nocturna más barata).

En el simposio de Múnich se expusieron también detenidamente los peligros de esta tendencia, sobre todo por la modificación del contenido de dióxido de carbono del aire o por el recalentamiento de ríos, cuyas aguas serán usadas para refrigeración en centrales eléctricas. A la larga se derivan de aquí peligros para el régimen climático de la tierra.

Esto acontecerá no sólo debido al enorme consumo de energía, transformada en calor, sino también por el aumento



del contenido de dióxido de carbono de la atmósfera, debido a una acusada explotación de combustibles fósiles y por la acumulación de los gases de escape de los automóviles.

## INAGOTABLES FUENTES DE ENERGIA

Se cifra en 750 millones de toneladas de hulla el consumo de energía de la República Federal de Alemania para el año 2000. La energía nuclear no se pondrá probablemente a la cabeza hasta el último decenio de nuestro siglo.

Ultimamente se han descubierto yacimientos ingentes de fuentes fósiles de energía primaria (hulla, lignito, petróleo, gas natural), de tal manera que las reservas son considerablemente mayores de lo que se expuso en la conferencia de Moscú sobre energía, que tuvo lugar el año pasado.

De momento el consumo de energía de la humanidad asciende a 60-1.015 kilocalorías. El consumo de energía aumenta debido a la industrialización y bienestar crecientes, de tal manera que el consumo por persona en Estados Unidos es cuatro veces superior al promedio mundial.

Para el año 1.100 hay que contar (con ciertas reservas) con un promedio mundial tres veces superior al consumo actual de Estados Unidos. Partiendo de esas cifras, la energía de la fisión nuclear alcanzará para varios siglos. Se dispone, pues, de mucho tiempo para resolver el problema de la fisión nuclear.

La energía primaria de fuentes nucleares es hoy tres veces y media más asequible que la de yacimientos fósiles. Aparte de ello se dispone a la larga de inmensos yacimientos de uranio en sedimentos de basalto y granito de la corteza terrestre. Si todos los mares de la tierra estuvieran llenos de petróleo, esto no representaría más que una sexagésima sexta parte de la energía de fisión nuclear contenida en el agua del mar.

Las fuentes de energía de la tierra podrían considerarse, pues, inagotables. La selección de una determinada fuente de energía para el suministro, dependerá solamente de qué producto energético deba ser explotado, con qué fin, en qué momento y a qué precio.

Hace algunos años, geofísicos soviéticos pudieron predecir también un importante terremoto en la región de Aserbeidshan por la modificación de la concentración radón en las fuentes.

Según nuestra actual experiencia, debido al movimiento subterráneo de la corteza terrestre, que precede al movimiento sísmico, se libera gas natural. La naturaleza de este gas depende de la composición de las rocas. En el experimento hecho en el sur de Alemania, el gas natural indicador fue metano.

Probablemente, debido al movimiento de las rocas, que preceden al terremoto, se abren poros y grietas, de modo que puede escapar el gas. Poco antes de producirse el movimiento sísmico se interrumpe la concentración de gas, lo que sirve de señal de que el seísmo es inminente.

Es posible que tal interrupción de la concentración de gas se debe a que las partes de la corteza en movimiento se

ven impedidas en algún sitio de transmitir dicho movimiento, con lo que aumenta la tensión y provoca su descarga en el seísmo.

Después del terremoto sigue por último una concentración pasajera de gas en el aire en contacto con la superficie, porque el movimiento sísmico ha removido las rocas de la corteza, facilitando así la salida de mayores cantidades de gas.

Las ondas sísmicas artificiales producen el mismo efecto que las naturales, en lo referente a la formación de concentraciones de gas, como han podido demostrar los experimentos realizados por la «Prakla», de Hannover, en la región del lago de Constanza, originando un contenido de gas triple en el aire en contacto con la superficie.

En las primeras mediciones de contenido de gas del aire superficial en sondas distribuidas por la región de Tübingen, se observó un contenido de metano entre 0,3 y 0,6 por 100 en los alrededores de Kilchberg, cerca de Tübingen, de 0,1 por 100 en Bebenhausen.

El 26 de febrero de 1949 se produjo un movimiento sísmico en el Schwäbisch Alb. Cuatro horas y media después del terremoto se pudo comprobar una elevada concentración de metano, de un 2,2 por 100 en las sondas de Kilchberg, y cuatro horas más tarde 1,6 por 100 en Bebenhausen.

Al cabo de treinta horas había quedado normalizado el contenido de gas. Pero veintisiete horas más tarde se midió de nuevo un acusado aumento de la concentración de gas, que delataba claramente un nuevo seísmo. Este se produjo efectivamente en ese mismo día, cuatro horas y media después. Sin embargo, las mediciones no registraron un notorio retroceso de la concentración de gas inmediatamente antes del terremoto. Inmediatamente después del movimiento sísmico las sondas de Kilchberg no registraron concentración alguna de gas; siguió una fase de aumento anormal de la concentración del mismo, y por último, un descenso a la concentración normal.

De estas observaciones deduce Ernst que debería ser posible desarrollar un método sencillo de predecir los movimientos sísmicos mediante una continuada medición del contenido gaseoso del aire en contacto con la superficie.

## GEOFISICA

### PREDICCIÓN DE TERREMOTOS POR GASES NATURALES

Cambios en el contenido gaseosos del aire en contacto con el suelo permiten posiblemente predecir los terremotos. Un primer pronóstico afortunado fue logrado por el geólogo Werner Ernst, el primero de marzo de 1969, al anunciar un movimiento sísmico unas cuatro horas y media antes de producirse, después de haber precedido otro en la región del sur de Württemberg, el 26 de enero pasado.

## MINERIA

### RECUPERACIÓN DE LOS MINERALES CALCINADOS

Actualmente, la mayoría de las plantas de tostación de pirritas descartan los materiales calcinados sobrantes después de la extracción del ácido sulfúrico. Existen enormes pilas de materiales calcinados residuales. Una de ellas, en el Sudeste de Estados Unidos, tiene 300.000 toneladas; otra, en Filipinas, también tiene 300.000 toneladas. En Rumania hay una pila de medio millón de toneladas, y en Marruecos otra de un millón de toneladas.

Estos materiales pueden ser convertidos en mineral de hierro de ley alta por el nuevo proceso Kowa, de Tokyo, Japón.

La mayor parte del azufre obtenido de pirritas se utiliza en forma de ácido sulfúrico en la manufactura de fertilizantes químicos. Cuando los países en vías de desarrollo tratan de fomentar tanto la industria siderúrgica como la de fertilizantes, el proceso Kowa podría crear un punto de enlace entre las dos, haciéndolas económicamente viables.

Las pirritas pueden contener porcentajes importantes de cobre, y a menudo contienen cantidades reducidas de oro, plata y otros metales.

Los metales contenidos no tienen valor y se descartan. La ley en hierro, en particular, se considera de muy baja ley porque los otros metales en los materiales calcinados actúan a manera de contaminantes al ser introducidos en un horno alto. Además, estos materiales calcinados son excesivamente pulverulentos y no se consideran una carga apropiada para alto horno.

Según las Naciones Unidas, cada año se producen a partir de pirritas casi 8 millones de toneladas de azufre (excluyendo a Rusia), pero la industria siderúrgica aprovecha muy poco los resultantes 9 millones de toneladas de materiales calcinados.

En el proceso Kowa se adiciona cloruro cálcico a las pirritas calcinadas; y la mezcla se conforma en óvulos de media 25 mm. de diámetro, se calientan hasta unos 1.200° C para obtener dos resultados importantes, que son los siguientes:

En primer lugar, a esa temperatura el cloruro de calcio reacciona con los metales no ferrosos, y estos compuestos son expulsados en forma de gas. Un tratamiento químico produce metales y sales que pueden venderse. En segundo lugar, el tratamiento térmico endurece las pellas hasta que puede resistir una fuerza de compresión, lo que evita pérdidas excesivas en el alto horno.

Las pirritas calcinadas representan un costo de tanto como 250 pesetas por tonelada y que será posible convertirlas en una cantidad casi igual de mineral de hierro de ley alta, con un precio de venta de unas 1000 pesetas en la acería. Otros metales recuperados, como cobre, plomo, oro, plata, cinc y bismuto, podrán aumentar en unas 200 pesetas el valor de los subproductos por tonelada de óvulos. El costo operativo total de una planta por el proceso Kowa en los Estados

Unidos se calcula a menos de 12 dólares por tonelada de producto.

### FORMACIONES POTÁSICAS EN LA GRAN BRETAÑA

Un año después de haberse descubierto la existencia de ricos yacimientos de potasa en el subsuelo británico, se han iniciado los trabajos para la puesta en marcha de la primera mina de este mineral, situada en Bouiby, al norte de Yorkshire. Será explotada por la «Cleveland Potash Ltd.» (compañía formada conjuntamente por la ICI y «Charter Consolidated Ltd.»), cuenta con reservas grandes de potasa de excelente calidad, comparable a las de los yacimientos de este mineral mejores del mundo, y permitirá abastecer totalmente la demanda de potasa británica, proporcionando al mismo tiempo un importante excedente para la exportación. La producción se iniciará en 1973.

## MINERALOGIA

### GRUPO ESPAÑOL DE MINERALES DE LA ARCILLA

El Grupo Español de Minerales de la Arcilla (G. E. M. A.) se reunió en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias, Universidad de Madrid, durante los días 13 y 14 del pasado mes de junio.

En la reunión del día 13 se expusieron comunicaciones científicas relativas a las actividades de los distintos centros de investigación en el campo de las arcillas. El día 14 se celebró la Junta General del Grupo, donde se tomaron los siguientes acuerdos:

1. El G. E. M. A., fundado en 1959, con los Profesores Aleixandre y Martín Vivaldi, como Presidente y Secretario, respectivamente, se transforma en la sociedad independiente S. E. A. (Sociedad Española de Arcillas).
2. Aprobación de los estatutos y reglamento de S. E. A., con las modificaciones acordadas.
3. Elección de la Junta Directiva de S. E. A.

## NOVEDADES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

### POTABILIZACIÓN DEL AGUA DEL MAR

La «Atlas-Mak Maschinenbau GmbH», filial del grupo industrial Krupp, ha desarrollado un nuevo modelo de instalación para producir agua potable a partir del agua del mar, que resuelve el problema con un grado alto de eficacia y consumo escaso de energía.

La nueva instalación, denominada «Amak», es totalmente automática y de tamaño reducido, y será lanzada al mercado en varias versiones adecuadas para satisfacer una extensa gama de necesidades. La capacidad de la instalación es de 6.000 a 1.000 dm<sup>3</sup> por día, y los fabricantes la

consideran idóneas para sanatorios, hoteles y zonas costeras, en las que escasea el agua potable.

#### FERTILIZANTE CON ROCAS POBRES EN FOSFATOS

La «Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation» ha desarrollado un nuevo procedimiento para transformar las rocas pobres en fosfatos en fertilizante de buena calidad.

El producto conseguido, denominado «Biosuper», cuya obtención se realiza «peletizando» los fosfatos de rocas con un contenido escaso de éstos con azufre y tiobacilos, ha sido propuesto en el norte de Australia como una alternativa adecuada al uso de superfosfatos, evitándose con ello los gastos grandes que supone la importación de éstos en el país.

#### OBTENCION DE CLORO

En la reunión de la Sociedad Americana de Química celebrada en Minneapolis, el 15 del mes de abril de 1969, fue anunciado un nuevo procedimiento, denominado «Kel-Chlor (TM)», para la fabricación de cloro, conseguido en los laboratorios de la «M. W. Kellogg Co.». Está basado en la oxidación catalítica del ácido clorhídrico mediante el uso de un catalizador homogéneo y muy activo, así como de un poderoso agente deshidratante.

Con el empleo del «Kel-Chlor» se espera abaratará considerablemente la preparación de los compuestos clorados. Otra de sus posibilidades es la obtención de cloro a escala grande por vía no electrolítica.

#### REUNIONES CIENTIFICAS

##### ASAMBLEA CIENTIFICA CONJUNTA DE LAS ASOCIACIONES DE SISMOLOGIA Y FISICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA Y DE GEOMAGNETISMO Y AERONOMIA

Durante los días 1 al 12 de septiembre, se celebró en Madrid la Asamblea Científica conjunta de las Asociaciones Internacionales de Sismología y Física del Interior de la Tierra y de Geomagnetismo y Aeronomía, integradas ambas en la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

Las Comisión organizadora estaba presidida por el Reverendo P. Román, S. J., y como secretario, el Ing. Munuera. Es presidente de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica el Dr. Ing. García Frías, y la directiva de las Asociaciones nacionales la forman: Presidente: Sr. Bonelli; Vicepresidente: Sr. López de Azcona; Secretario: Sr. Munuera, para la primera, y para la segunda, Presidente: señor Cardús, S. J.; Vicepresidente: Sr. Peña; Secretario: señor De Miguel.

Coincide esta reunión científica con el cincuenta aniversario de la creación en Bruselas de la Unión Internacional

de Geodesia y Geofísica, organizada en secciones, transformadas en Asociaciones en la Asamblea de Roma de 1922.

Era norma que las Asambleas Generales se celebrasen cada tres años, pero dada la variedad tan tremenda de comunicaciones presentadas en sus asociaciones, se acordó en la última celebrada en Suiza, en 1967, que las asambleas se celebren cada cuatro años con temas comunes, y en el intervalo se reuniesen las asociaciones, o bien solas, como la celebrada en 1968 en Canarias por la Asociación de Vulcanología y Química de la Tierra, o bien agrupadas con temas comunes, como la comentada en esta nota.

Es de destacar el importante avance de estas ramas de la geofísica; cada vez es mayor el número de estaciones y observatorios que trabajan en estos campos, han mejorado los equipos, el número de investigadores consagrados a estas ramas de la ciencia aumenta considerablemente, las hipótesis básicas se transforman en certidumbres, y las observaciones y registros de los fenómenos terrestres se complementan con los espaciales, y recientemente los lunares.

Enlazadas con estas actividades hay otra serie de organismos además de las dos asociaciones mencionadas, que tienen temas comunes, y que participaron en la reunión, como fueron: la Comisión del Manto Superior, la Comisión Sismológica de Europa, las Asociaciones Europeas de Ingeniería Antisísmica, y el Comité para el estudio de las relaciones entre la Física Solar y la Terrestre.

Los trabajos específicos de la Asociación Internacional de Sismología y de Física del Interior de la Tierra se agruparon en los temas siguientes: Magnitudes, Sismotectónica, Ondas Sísmicas, Problemas Geotérmicos (Métodos y técnicas, Mediciones regionales y su interpretación, Zonas Geotérmicas, Estudios Básicos de geotermia), Corteza y Manto, Ondas superficiales, Mecanismos en el foco, Física del Interior de la Tierra, Estructura de la corteza, Instrumental, Microsismos, Electricidad atmosférica, Efectos lunares y Servicio magnético mundial.

Los trabajos específicos de la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía, se agruparon en: Observatorios e instrumentos, Representación del campo magnético. Magnetismo del interior de la Tierra, Variaciones magnéticas y perturbaciones, Relaciones sol-magnetosfera, Aurora, Calor y Luz atmosférica, Atmósfera superior, Historia.

Los Simposios celebrados en coincidencia con estas reuniones fueron: de la Comisión del Manto Superior (Profundidades interiores y mares marginales), Estudios multidisciplinarios de regiones excepcionales del manto superior, Estudios geofísicos de la evolución de la profundidad de la Tierra, Mecánica de los terremotos.

#### REUNIONES CIENTIFICAS ANUNCIADAS PARA 1969

En el mes de septiembre se celebrará en Berna un simposio de edades radiométricas de las formaciones metamórficas.

Del 1 al 12 de septiembre se celebrará en Madrid la reunión de las Asociaciones de Sismología y Físicas del interior de la Tierra y de Geomagnetismo y Aeronomía.

Del 2 al 5 de septiembre se celebrará en París un simposio sobre los cambios y el origen del *Homo sapiens*.

Del 4 al 16 de septiembre se celebrará en Madrid un simposium sobre la corteza y estructura del manto.

Del 7 al 8 de septiembre en Oxford, tendrá lugar un simposio de Vulcanología.

Del 7 al 12 de septiembre en Cambridge, la Asociación Internacional de Hidrología Científica celebrará un simposio sobre la hidrología de los glaciares.

Del 1 al 12 de septiembre, y en Berna, se celebrará la Asamblea anual de la Sociedad Germana de Mineralogía.

Del 11 al 17 de septiembre, se celebrará en Budapest una reunión de expertos de la Asociación Internacional de Hidrología Científica.

Del 3 al 5 de septiembre en Berna tendrá lugar un coloquio de inclusiones gaseosas y líquidas en rocas y minerales.

Del 14 al 18 de septiembre, en Calgary, Alabama, tendrá lugar la reunión de la Asociación de exploraciones geofísicas.

Del 22 al 26 de septiembre, en Smolenice, URSS, se celebrará un simposio sobre métodos para la determinación de concentraciones bajas de elementos en minerales y materiales.

Del 2 al 4 de octubre, en Stuttgart, el Congreso de Espeleología.

Del 6 al 9 de octubre, en Budapest, está anunciada la Conferencia internacional de la Comisión de estudios de bauxita y óxidos de aluminio e hidróxidos.

En octubre se celebrará en Hungría una reunión de expertos en Hidrogeología y Geofísica en la investigación de aguas subterráneas.

Del 12 al 14 de noviembre, y en Londres, tendrán lugar las discusiones de petrología de las rocas ígneas y metamórficas del fondo oceánico.

En Bangkok, del 18 al 22 de noviembre, se celebrará una conferencia técnica del Consejo Internacional del Estafío.

#### INFORMES SOBRE PROXIMOS SEMINARIOS, CONGRESOS Y REUNIONES

Congreso sobre *Prevención de la Polución Atmosférica*. Lugar: Düsseldorf. Fecha: 13 al 17 de octubre de 1969.

Congreso sobre *Seguridad e Higiene del Trabajo*. Lugar: Düsseldorf. Fecha: 12 al 15 de noviembre de 1969.

Congreso sobre *Oceanografía y explotación del mar*. Lugar: Düsseldorf. Fecha: Noviembre de 1970.

Cursillo sobre *Técnicas Sanitarias*. Organizado por la Association pour l'Organisation des Stages en France. Lugar: París. Fecha: A partir del 7 de septiembre de 1970, con una duración de siete u ocho semanas.

*VI Congreso de Cibernética*. Lugar: Namur. Fecha: 7 al 11 de septiembre de 1970.

Conferencias sobre *Seguridad*. Organizadas por la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales. Lugar: Barcelona. Fecha: Noviembre de 1969.

Conferencia sobre *Aplicación de Procesos en la Industria*. Organizada por la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales. Lugar: Barcelona. Fecha: Diciembre de 1969.

Simposio Nacional de *La Automática en la Industria*. Organizado por el Comité Español de la International Federation of Automatic Control (I. F. A. C.). Lugar: Sitges. Fecha: 5, 6 y 7 de noviembre de 1969.

#### ASOCIACION INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGOS

La Asociación Internacional de Hidrogeólogos ha tomado con todo interés la preparación de la publicación de la Carta Hidrogeológica de Europa; para ello ha creado una Comisión de la Carta Hidrogeológica del mundo. Para la realización de este fin se han constituido tres subcomisiones que son: De las Cartas Hidrogeológicas. De las Aguas Minerales y Termales. De la Hidrogeología del Karst.

#### ASOCIACION DE GEOLOGIA DE LA INGENIERIA

Del 8 al 11 de septiembre de 1970 se celebrará en París el Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Geología del Ingeniero. Los temas a tratar en el mismo son: 1. Materiales de construcción naturales e industriales. 2. Fenómenos geológicos en relación con las obras. 3. Propiedades de los suelos y de las rocas. 4. Alteración y alterabilidad de los suelos y de las rocas. 5. Métodos de consolidación de suelos y de rocas. 6. Métodos y técnicas de prospección (sondeos, geofísica, ensayos *in situ*). 7. Cartografía geotécnica. 8. Problemas de construcción y casos históricos para tipos de obras (presas, túneles, carreteras, urbanismos, almacenes subterráneos). Diversos.

#### SIMPOSIO SOBRE LAS CAUSAS Y EL ORIGEN DEL «HOMO SAPIENS»

Del 2 al 5 de septiembre de 1969 se celebrará en París, patrocinado por la UNESCO, el mencionado coloquio; los puntos fundamentales son:

Evolución física del hombre. Evolución del hombre fósil desde el hombre de Neanderthal, y evoluciones que contribuyeron al desarrollo del *homo sapiens*.

Evolución de la industria y cultura paleolítica. Continuidad y discusiones, problemas relativos a los Centros de evolución, la diseminación de culturas y migraciones, Datación de los restos humanos con técnicas físicas, geológicas, paleontológicas y arqueológicas.

Ambiente natural y su posible influencia en la evolución del hombre entre el XV y el XIII siglo, cambios climáticos y sus efectos.

#### UNION INTERNACIONAL DE CIENCIAS GEOLOGICAS

La Unión Internacional de Ciencias Geológicas está formada por las siguientes Comisiones: Comisión de Geología



de estratigrafía del Cámbrico, Comité de estratigrafía del Devónico, Subcomisión de estratigrafía del Carbonífero, Subcomisión de la estratigrafía del Godman, Subcomisión de la estratigrafía del Jurásico, Subcomisión de la estratigrafía del Cretáceo, Comité de la estratigrafía del Cretáceo superior (Maetrichiense), Comité de la estratigrafía del Cretáceo superior medio, Subcomité de Estratigrafía del Mesozoico mediterráneo, Comité de estratigrafía del Neógeno del Norte, Comité de estratigrafía del Neógeno del Mediterráneo, Grupo de trabajo de correlación de Geología marina, Grupo de trabajo de la Región ECAFE, Subcomisión de la clasificación estratigráfica, Subcomisión del léxico estratigráfico, Subcomisión de geocronología, Comisión de petrología, Subcomisión de nomenclatura y sistemáticas de las rocas ígneas, Comisión de estructura geológica.

Además existen los siguientes Comités: Comité de enseñanza de geología a nivel de Universidad, Comité de documentación geológica, Comité de promoción del manto superior VPM, Comité de archivado, proceso automático y revisión de datos geológicos, Comité de la historia de las Ciencias Geológicas.

Las asociaciones afectas a la misma, son: Asociación de los servicios geológicos de África, Asociación internacional de hidrogeólogos, Asociación internacional de mineralogía, Asociación de paleontología, Asociación internacional de sedimentología, Asociación internacional para el estudio de las arcillas, Asociación internacional de la génesis de los depósitos minerales, Comisión para el mapa geológico del mundo, Asociación internacional de geoquímica y cosmoquímica, Asociación internacional de geología del ingeniero, Unión internacional del Cuaternario, Asociación internacional de la geología matemática, Asociación internacional de paleontología.

#### SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE MOVIMIENTOS RECIENTES DE LA CORTEZA TERRESTRE Y FENÓMENOS SÍSMICOS ASOCIADOS

Del 10 al 18 de febrero de 1970, organizado por la The Royal Society of New Zealand, tendrá lugar en la Universidad de Victoria, de Wellington, un simposio internacional sobre los movimientos recientes de la corteza terrestre y sismicidad asociada. Los tres temas a tratar son: Estudio geodésico de los movimientos de la tierra durante y particularmente los terremotos o estudios de movimientos corticales regionales determinados por las operaciones geodésicas. Estudio geológico de los movimientos de la corteza durante y particularmente los terremotos o estudios regionales de los movimientos durante los últimos 20.000 años. Estudio sísmológico en particular de los terremotos asociados a los movimientos permanentes de la corteza. Estudios sísmicos de las regiones, en el que los movimientos técnicos del Holoceno son conocidos, y estudio del mecanismo focal en relación con los movimientos permanentes de la corteza. Marina, Comisión de Meteoritos, Comisión de Estratigrafía, Subcomisión de la estratigrafía del Precámbrico, Subcomisión

#### GRUPOS DE TRABAJO DE LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE VULCANOLOGÍA Y QUÍMICA DEL INTERIOR E LA TIERRA

Los grupos de trabajo organizados hasta la fecha, son los siguientes:

Carta vulcanológica del mundo, Geofísica de los volcanes, Isótopos radiogénicos y sus aplicaciones geofísicas, Vulcanología de las islas volcánicas del Atlántico Central, Problemas de vulcanismo submarino en relación con la geología submarina, Problemas de vulcanología y de geoquímica en la Antártida, Problemas de vulcanología y de geoquímica aplicados a la planetología, Problemas relativos a la energía geotérmica.

#### SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE LAS MAREAS TERRESTRES

Del 15 al 20 de septiembre de 1969, se celebró el VI Simposio internacional de mareas terrestres en Strasbourg. El programa comprende los temas siguientes:

- A) Discusión e interpretación de los resultados experimentales:
1. Estructura de la corteza terrestre, anomalías regionales y efectos indirectos.
2. Resultados obtenidos por la onda  $M_2$ .
3. Estudio de los efectos dinámicos de núcleo líquido. Nutaciones astronómicas.
4. Resultados obtenidos por las ondas de período largo.
- B) Métodos de análisis y de cálculo.
- C) Desarrollo de los métodos instrumentales.
- D) Problemas diversos: Satélites artificiales, oscilaciones libres, etc.
- E) Constitución de la Comisión de las mareas terrestres.

#### LOS RÍOS Y SUS PLATAFORMAS CONTINENTALES EN SUS RELACIONES RECÍPROCAS CON EL CUATERNARIO

Los días 4 y 5 de septiembre de 1969, patrocinado por la UNESCO se celebró en París el Coloquio sobre ríos y plataformas continentales y sus relaciones recíprocas con el Cuaternario. Este coloquio está organizado por la Unión Internacional para el estudio del Cuaternario en colaboración con la UNESCO, y tiene por objeto el estudio de las consecuencias, sobre las márgenes continentales (costas y plataformas), de oscilaciones glacioestáticas de nivel marino del Cuaternario e interferencias de los movimientos tectónicos con estas características.

#### III CURSILLO DE HIDROGEOLOGÍA APLICADA

En Instituto Geológico y Minero de España, con la colaboración del Instituto Politécnico Superior de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y de los Técnicos del Proyecto del Guadalquivir, (F. A. O.) organiza

en el año 1970 su IV cursillo de hidrogeología aplicada para Postgraduados y Alumnos del último curso de Universidades y escuelas Técnicas Superiores. El curso dará comienzo el próximo 12 de enero, y finalizará el 9 de marzo.

Se tratarán los temas siguientes:

Escalas. Estudios preliminares. Fuentes de información. El inventario de puntos de agua. Química de las aguas subterráneas. Síntesis hidrogeológica previa. La geofísica como auxiliar del hidrogeólogo. Sondeos de investigación hidrogeológica. Testificación. Hidráulica subterránea. Sondeos para ensayo. Ficha técnica. Hidráulica de pozos. Cálculo de las características hidráulicas. Ensayos de bombeo. Síntesis hidrogeológica: Funcionamiento del sistema acuífero. Mapas hidrogeológicos. Balances. El modelo analógico como procedimiento de síntesis y calibración. Explotación óptima de acuíferos. Recarga artificial. Sondeos de explotación. Problemas especiales. Salinización de acuíferos y polución. Hidrogeología especial del Karts. Aspectos legales. Hidroeconomía. La conferencia enaugural estará a cargo del Director del Instituto Geológico y Minero de España, Don Juan Antonio Gómez Angulo.

#### CONGRESO GEOLOGICO EN VENEZUELA

En Caracas, entre el 16 y el 22 de diciembre se celebrará el IV Congreso Geológico Venezolano, organizado por la Sociedad Venezolana de Geólogos, bajo los auspicios del Gobierno Nacional. Se tratarán todos los aspectos relativos a la evolución de la minería en Venezuela, y su proyección en la vida económica del país en los años futuros. Asimismo, se tratarán importantes cuestiones correspondientes a aguas subterráneas y revisión de léxico.

#### IV CURSO DE HIDROGEOLOGÍA PARA POSTGRADUADOS «NOEL LLOPIS»

Organizado por el Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Madrid, y por el Instituto de Geología Económica del C. S. I. C., se celebrará en Madrid, del 19 del próximo enero hasta el 25 de junio de 1970, el IV curso de hidrogeología «Noel Llopis».

La Conferencia inaugural estará a cargo del Director del Instituto Geológico y Minero de España y Presidente de la Comisión Nacional de Geología, Don Juan Antonio Gómez Angulo.

A lo largo del curso las clases, teóricas y prácticas, versarán sobre los temas siguientes:

1. Hidráulica Aplicada. 2. Métodos Estadísticos en Hidrología. 3. Métodos Geológicos en Hidrogeología. 4. Meteorología. 5. Hidrología de Superficie. 6. Isótopos Radactivos en Hidrología. 7. Química Hidrológica. 8. Análisis de Aguas. 9. Bacteriología y Virología del Agua. 10. Tratamiento y Depuración del Agua. 11. Aguas Subterráneas. 12. Hidrogeología Estructural. 13. Hidrogeología Litoógica. 14. Hidrogeología Cárstica. 15. Hidrogeología Climática: Balances. 16. Cartografía Hidrogeológica. 17. Hidrogeología de España: Problemas Regionales. 18. Prospección

Geofísica. 19. Técnicas de Perforación. 20. Sondeos de Investigación. 21. Hidráulica de Pozos. 22. Usos y Abastecimientos de Aguas. 23. Hidrología Agrícola. 24. Métodos Analógicos en Hidrología. 25. Recursos Hidrológicos.

Como Director del Curso figurará el Catedrático Jefe del Departamento de Estratigrafía y Director de Instituto de Geología Económica del C. S. I. C., Dra. C. Virgili Rodón, y como secretario del mismo, el Profesor Agregado a dicho Departamento y Secretario del antedicho Instituto, Dr. J. Sánchez de la Torre.

#### REUNION HISPANO-BELGA DE MINERALES DE LA ARCILLA

La Reunión tendrá lugar en Madrid, del 1 al 3 de junio de 1970.

La reunión constará de las siguientes secciones: 1. Interacción agua-arcilla. 2. Complejos orgánicos de silicatos. 3. Otros temas.

Durante esta Reunión se celebrará la Junta General de S. E. A.

Están previstas visitas a Laboratorios de Universidades, y del C. S. I. C.

#### 6.º CONGRESO INTERNACIONAL DE CIBERNÉTICA

La Asociación Internacional de la Cibernética ha sido fundada en Namur (Bélgica) el 6 de enero de 1957. Tiene como fin asegurar el enlace permanente y organizado de los investigadores, que en diferentes países prosiguen los estudios relativos a los diversos sectores de la Cibernética.

La Asociación ha organizado cinco Congresos: en 1956, 1958, 1961 y 1967. El 5.º Congreso obtuvo un brillante éxito: se leyeron más de 150 comunicaciones presentadas por sabios e investigadores que representaban 30 países distintos. Su Majestad el Rey Balduino honró con su presencia la sesión académica de clausura.

Además de la publicación de los Actos de los Congresos, la Asociación edita, desde el año 1958, una revista trimestral, cuyo título es «Cibernética».

El 6.º Congreso tendrá lugar en Namur, del 7 al 11 de septiembre de 1970. Los organizadores desean que con este motivo se reúnan en Namur todos aquellos que, sea cual sea su importancia, se interesan por el desarrollo de la Cibernética y a sus aplicaciones, cada día más numerosas.

Los temas tratados durante el transcurso del Congreso se dividirán en cinco grupos: Bases y métodos de la Cibernética, Los aparatos semánticos, La automatización, La Cibernética y las ciencias humanas, y La Cibernética y la vida.

Los idiomas oficiales del Congreso serán el francés y el inglés.

#### II CICLO DE CONFERENCIAS-COLOQUIO SOBRE APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA GEOLOGÍA

El próximo día 10 de febrero dará comienzo el II Ciclo de Conferencias-Coloquio sobre Aplicaciones Industriales de

la Geología, que organiza la Asociación de Geólogos Españoles para el Instituto de Geología Económica del C. S. I. C. y Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias de Madrid.

La Conferencia inaugural estará a cargo del Director del Servicio Geológico de O. P., don Manuel Gómez de Pablos.

Este II Ciclo será clausurado el próximo día 14 de abril por el Ilmo. Sr. D. Enrique Dupuy de Lome, Director general de Minas.

VARIOS

EL PROFESOR GLENN T. SEABORG EN MADRID

Han visitado la Junta de Energía Nuclear, el prof. Doctor Glenn T. Seaborg, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos y premio Nóbel de Química de 1951, a quien acompañaban destacadas personalidades de dicha Comisión americana.

En la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el Prof. Dr. Glenn T. Seaborg, Académico corres-

pondiente de la misma, dio una conferencia sobre el tema: «Los elementos transuránicos».

DEPOSITO INOXIDABLE DE POTASICO PARA PETROLEO

En un futuro inmediato será lanzado el mercado el primer depósito inoxidable para petróleo. Por encargo de la industria química, la asociación de control técnico (T. U. V.), de Baviera, ha probado durante cinco años un recipiente de material plástico reforzado con fibra artificial. Según comunica ahora la asociación, el depósito no ha mostrado en este tiempo «el menor indicio de corrosión u otras alteraciones del material» de que son propicios al óxido.

En experimentos realizados también por el «T. U. V.» bávaro, con depósitos similares convencionales, se observó el cabo de un par de años huellas inequívocas de corrosión. El nuevo depósito de material plástico, que ha mostrado sus cualidades en todos los aspectos, obtendrá pronto la autorización de los estados federados para que pueda empezarse con su venta, como espera el «T. U. V.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

M A T E R I A S	15-12-66	30-4-69	19-6-69	17-7-69	25-9-69
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	14,50	14,—	15,—	15,—	15,30
Londres (£ por Tm.).....	104-105	116 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -116 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	120-120 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	122 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -122 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	126 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> -126 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	24,50	27,—	27,—	27,—	27,—
Londres (£ por Tm.).....	192,—	247-6-8	246-6-8	246-6-8	247-6-8
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	495-510	500-520	505-512	505-510	490-495
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.).	185-210	223,—	223,—	223,—	223,—
VOLFRAMIO					
Londres (chelines por Tm.).....	310-325	365-387/6	420-437/6	425-437/6	425-437/6
PETROLEO					
Nueva York (\$ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo...	3,10	3,20	3,20	3,20	3,20
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra) ..	154,—	158,75	158,—	161,75	165,50
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	36,38	44-50	46,50	46-50	46,50
Londres (£ por Tm.).....	426-426 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	589-590	633-634	615-616	629-630
PLOMO					
Nueva York (dólares por libra)....	11,30	14,—	14,80	15,30	15,50
Londres (£ por Tm.).....	81-81 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	114 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> -115	120 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> -120 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	137 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> -137 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	123 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -124

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESION DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
183	12059	1-VIII-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, excuidos hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Huelva.
186	12305	5-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, cancelando el permiso de investigación que se cita.
186	12305	5-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, cancelando el permiso de investigación que se cita.
189	12544	8-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando las concesiones de explotación que se citan.
189	12544	8-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Jaén, caducando las concesiones de explotación que se citan.
190	12628	9-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara, otorgando la concesión de explotación que se cita.
192	12789	12-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Burgos, otorgando la concesión de explotación que se cita.
192	12789	12-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, otorgando la concesión de explotación que se cita.
192	12789	12-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, otorgando la concesión de explotación que se cita.
192	12789	12-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Zamora, otorgando la concesión de explotación que se cita.
192	12789	12-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Zaragoza, otorgando la concesión de explotación que se cita.
193	12887	13-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lérida, caducando las concesiones de explotación que se citan.
195	12998	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huesca, otorgando la concesión de explotación que se cita.
195	12998	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, otorgando las concesiones de explotación que se citan.
195	12998	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla, otorgando las concesiones de explotación que se citan.
195	12997	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona, caducando el permiso de investigación que se cita.
195	12998	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara, otorgando los permisos de investigación que se citan.
195	12998	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Segovia, otorgando los permisos de investigación que se citan.
195	12998	15-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Zaragoza, otorgando los permisos de investigación que se citan.
196	13028	16-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla, caducando la concesión de explotación que se cita.
198	12145	19-VIII-69	Ind.	Resoluciones por las que se cancelan los permisos de investigación que se citan, de la Delegación Provincial de Córdoba.
198	12144	19-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cáceres, otorgando la concesión de explotación que se cita.



B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
198	13145	19-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, otorgando la concesión de explotación que se cita.
198	12146	19-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Vizcaya, caducando las concesiones de explotación que se citan.
201	13353	22-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Tarragona, caducando las concesiones de explotación que se citan.
205	13659	27-VIII-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas anunciando concurso para la adjudicación de la investigación de los sectores Central y Occidental de la reserva a favor del Estado, denominada «Ebro».
206	13734	28-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, caducando los permisos de investigación que se citan.
208	13886	30-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara, cancelando los permisos de investigación que se citan.
213	14163	5-IX-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Avila, otorgando las concesiones mineras que se citan.
213	14164	5-IX-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara, caducando los permisos de investigación que se citan.
213	14164	5-IX-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Málaga, caducando el permiso de investigación que se cita.
213	14164	5-IX-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca, caducando los permisos de investigación que se citan.
213	14164	5 IX-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
229	15054	24-IX-69	Ind.	Orden de 15 de septiembre de 1969 relativa a división en zonas y apertura del plazo para concurrir a la investigación de la reserva «Zona Sur» de la provincia de Murcia.
231	15157	26-IX-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, por la que se hace público que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Burgos.
235	15401	1-X-69	Ind.	Orden de 8 de septiembre de 1969, por la que se declara definitivamente la titularidad conjunta de «Compañía Española de Petróleos, S. A.» (CEPSA), «Spanish Gulf Oil Company» (SPANOGOC) y «Continental Oil Company of Spain (CONSPAIN), y aprobación de la segunda prórroga de las cuadrículas 47, 51 y 65 de la zona III (Sahara).
243	15916	10-X-69	Ind.	Orden de 20 de septiembre de 1969 por la que se acuerda realizar la explotación de minerales de plomo y de espato flúor de la reserva definitiva a favor del Estado, denominada «La Estrella», de la sierra de Gádor, por Empresa privada, bajo la forma de arriendo.
254	16563	23-X-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, caducando los permisos de investigación que se citan.
256	16732	25-X-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, caducando los permisos de investigación que se citan.
256	16734	25-X-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santa Cruz de Tenerife, caducando el permiso de investigación que se cita.
256	16734	25-X-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, caducando el permiso de investigación que se cita.
270	17574	11-XI-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, otorgando los permisos de investigación que se citan.
270	17575	11-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, otorgando los permisos de investigación que se citan.
270	17575	11-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca, otorgando el permiso de investigación que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
270	17575	11-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, otorgando los permisos de investigación que se citan.
271	17643	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Gerona, caducando el permiso de investigación que se cita.
271	17643	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando el permiso de investigación que se cita.
271	17643	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León otorgando los permisos de investigación que se citan.
271	17644	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Málaga autorizando la instalación de línea de energía eléctrica y estación transformadora que se citan y se declara en concreto la utilidad pública de las mismas.
271	17645	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla, caducando las concesiones de explotación que se citan.
271	17645	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Toledo, cancelando el permiso de investigación que se cita.
271	17645	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Vizcaya, caducando las concesiones de explotación que se citan.
272	17694	12-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba, otorgando el permiso de investigación que se cita.
272	17694	13-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, otorgando el permiso de investigación que se cita.
272	17694	13-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guipúzcoa, otorgando el permiso de investigación que se cita.
272	17694	13-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, otorgando la concesión de explotación que se cita.
272	17695	13-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, otorgando los permisos de investigación que se citan.
274	17861	13-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, otorgando la concesión de explotación que se cita.
281	18300	24-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, otorgando los permisos de investigación que se citan.
281	18300	24-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, otorgando el permiso de investigación que se cita.
281	18301	24-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, autorizando administrativamente y aprobando el proyecto de ejecución de la instalación eléctrica que se cita y se declara de utilidad pública (Expediente 1.062/A. T.).
281	18302	24-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Pontevedra, cancelando los permisos de investigación que se citan.
281	18302	24-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, otorgando las concesiones de explotación que se citan.
282	18350	25-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de La Coruña, declarando de utilidad pública en concreto de la instalación eléctrica que se cita (Expediente número 22.573).
282	18350	25-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, cancelando el permiso de investigación que se indica.
284	18439	27-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Avila, otorgando los permisos de investigación que se citan.
284	18442	27-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cádiz, otorgando los permisos de investigación que se citan.
284	18442	27-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, caducando las concesiones de explotación que se citan.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
284	18442	27-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Orense, cancelando los permisos de investigación que se citan.
284	18442	27-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, otorgando los permisos de investigación que se citan.
285	18520	28-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, caducando los permisos de investigación que se citan.
285	18520	28-XI-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santa Cruz de Tenerife, cancelando los permisos de investigación que se citan.
287	18682	1-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, cancelando los permisos de investigación que se citan.
289	18854	3-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, caducando los permisos de investigación que se citan.
289	18856	3-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Teruel, caducando las concesiones de explotación que se citan.
290	18928	4-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando el permiso de investigación que se cita.
291	18999	5-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, caducando las concesiones de explotación que se citan.
291	18999	5-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando el permiso de investigación que se cita.
291	18999	5-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
291	19000	5-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lugo, otorgando los permisos de investigación que se citan.
291	19000	5-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lugo, otorgando los permisos de investigación que se citan.
292	19063	6-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Albacete, otorgando los permisos de investigación que se citan.
292	19063	6-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Almería, otorgando la concesión de explotación que se cita.
292	19063	6-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guadalajara, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
292	19064	6-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Soria, otorgando la concesión de explotación minera que se cita.
294	19148	9-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Murcia, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
295	19210	10-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, caducando los permisos de investigación que se citan.
295	19211	10-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
295	19211	10-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
296	19282	11-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
296	19283	11-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Oviedo, otorgando las concesiones de explotación minera que se citan.
299	19474	15-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Murcia, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
299	19475	15-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santa Cruz de Tenerife, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
300	19558	16-XII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, caducando la concesión de explotación minera que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
HIDROCARBUROS				
206	13734	28-VIII-69	Ind.	Orden de 14 de julio de 1969, aprobando el Convenio de Colaboración entre el Instituto Nacional de Industria y «Coparex Española», para la investigación y eventual explotación de hidrocarburos en el permiso «Buda».
209	13933	1-XI-69	Ind.	Orden de 30 de julio de 1969, aprobando el Convenio de Operaciones entre «Calspain, Telspain y Amospain», para la investigación de hidrocarburos en los permisos «Almazán» y quince más en la Zona I.
254	16425	20-X-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Energía y Combustibles, declarando desierto el concurso para la adjudicación de 14 permisos de investigación de hidrocarburos sobre cuadrículas de la Zona III (Sahara).
254	16425	20-X-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Energía y Combustibles, sacando a concurso tres permisos de investigación de hidrocarburos sobre áreas de la Zona I, revertidas al Estado en calidad de reserva.
254	16425	20-X-69	Ind.	Resolución de la Dirección General de Energía y Combustibles, sacando a concurso 27 permisos de investigación de hidrocarburos sobre áreas de la Zona III (Sahara), revertidas al Estado en calidad de reserva.
299	19557	16-XII-69	Ind.	Decreto 3.148/1969, de 27 de noviembre, por el que se aprueba el contrato entre «Compañía Petrolífera Ibérica, S. A.» y «Signal Ibérica Company», por el que la primera Sociedad cede a «Signal» la titularidad del permiso de investigación de hidrocarburos «Santillana del Mar».
RESERVAS				
179	11793	28-VII-69	Ind.	Orden de 22 de julio de 1969, por la que se prorroga la reserva provisional a favor del Estado en zona costera comprendida en las provincias de Málaga y Cádiz. Instituto Geológico y Minero de España.
186	12302	5-VIII-69	Ind.	Orden de 21 de julio de 1969, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado, «Cáceres Decimocuarta», de la provincia de Cáceres.
186	12303	5-VIII-69	Ind.	Orden de 21 de julio de 1969, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado «Zamora Primera», de la provincia de Zamora.
186	12303	5-VIII-69	Ind.	Orden de 22 de julio de 1969, autorizando el levantamiento de suspensión del derecho de petición «Zona Norte» (Teruel y Zaragoza) y «Zona Sur» (Teruel, Castellón de la Plana, Valencia y Guadalajara), Instituto Geológico y Minero de España.
201	13351	22-VIII-69	Ind.	Orden de 30 de julio de 1969, por la que se acuerda establecer la modalidad de adjudicación a Empresas particulares, mediante concurso, la investigación de los sectores central y occidental de la reserva provisional a favor del Estado, denominada «Ebro».
229	15054	24-IX-69	Ind.	Orden de 15 de septiembre de 1969 sobre reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de mercurios en zonas denominadas «Usagre» y otras.
264	17156	4-XI-69	Ind.	Orden de 21 de octubre de 1969, autorizando el levantamiento de reserva provisional a favor del Estado «Cáceres Veintitrés», de la provincia de Cáceres.
264	17156	4-XI-69	Ind.	Orden de 21 de octubre de 1969 autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado «Cáceres Veinticuatro», de la provincia de Cáceres.
264	17156	4-XI-69	Ind.	Orden de 21 de octubre de 1969, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado «Cáceres Veinticinco», de la provincia de Cáceres.



B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
264	17157	4-XI-69	Ind.	Corrección de errores de la Orden de 15 de septiembre de 1969 sobre reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de mercurio en zonas denominadas «Usagre» y otras.
276	17984	18-XI-69	Ind.	Orden de 7 de noviembre de 1969 sobre levantamiento de reserva provisional a favor del Estado, «Cáceres Veintiséis», de la provincia de Cáceres.
278	18101	20-XI-69	Ind.	Orden de 12 de noviembre de 1969 autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias minerales, excluidos hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, «Cáceres Treinta y Dos», de la provincia de Cáceres.
278	18102	20-XI-69	Ind.	Orden de 12 de noviembre de 1969 autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, «Cáceres Treinta y Cuatro», de la provincia de Cáceres.
282	18347	25-XI-69	Ind.	Orden de 31 de octubre de 1969 relativa a división de la reserva para toda clase de sustancias minerales (excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas), de la provincia de Huelva y modalidad en la investigación.
290	18925	4-XII-69	Ind.	Orden de 22 de noviembre de 1969, autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en determinada zona, comprendida en la provincia de Cáceres, denominada «Ampliación a Cáceres Treinta y Seis».
290	18926	4-XII-69	Ind.	Orden de 22 de noviembre de 1969 autorizando el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas en la zona denominada «Cáceres Treinta y Siete», de la provincia de Cáceres.
VARIOS				
189	12536	8-VIII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas otorgando a doña Dolores Soterias Ballsellés un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente «Las Llenitas», en término municipal de Carme (Barcelona).
194	12941	14-VIII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas otorgando a D. Antonio Miñano Miñano la concesión de un aprovechamiento de aguas subálveas de la ramblilla de Los Fraicos, con destino a riegos y cocido de esparto, en término municipal de Cieza (Murcia), en virtud de transferencia de la misma, otorgada a don Gabriel Martín Lorenzo
194	12945	14-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Málaga, declarando minero-medicinales las aguas del manantial que se cita.
194	12945	14-VIII-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Teruel, declarando minero-medicinales las aguas del manantial que se cita.
201	13345	22-VIII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas concediendo a don Mariano Morera Altisent autorización para aprovechar aguas subálveas de la Ribera de Relat, en término municipal de Avinyo (Barcelona).
201	13346	22-VIII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, autorizando concedida a don Honorio Domínguez Rodríguez para alumbramiento de aguas subterráneas, en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de Tijarafe, isla de La Palma (Tenerife).
229	15046	24-IX-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a don José Hernández Hernández, para continuar trabajos de

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
230	15091	25-IX-69	O. P.	alumbramiento de Aguas subterráneas en terreno de monte de propios del Ayuntamiento de Santiago del Teide (Tenerife).
230	15092	25-IX-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a la Comunidad de Aguas «Salto de la Fortuna» para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de propios del Ayuntamiento de Santa Ursula (Tenerife) y de los del monte Orticosá.
273	17749	14-XI-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a don Ricardo Gómez Ponce para continuar la perforación de una galería para alumbramiento de aguas subterráneas en el monte de propios del Ayuntamiento de Garachico (Tenerife).
273	17752	14-XI-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a «Calipsus, S. A.» para derivar aguas subálveas del arroyo Cala del Moral, en término municipal de Mijas (Málaga), con destino al abastecimiento del Complejo Turístico Calipso.
289	18840	3-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a la Heredad de Aguas del Valle de los «Nueve» para ejecutar labores de perforación en el barranco de «Los Cernícalos» y cañada de «Higinio López», en término de Valsequillo (Las Palmas).
289	18841	3-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas concediendo a don Angel de la Riba Resines autorización para aprovechar aguas subálveas del arroyo del Quinto, en término municipal de Benalmádena (Málaga), con destino a la urbanización denominada «La Perla».
289	18844	3-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a la Comunidad de Aguas «El Saltadero» para ejecutar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en monte de propios del Ayuntamiento de Garafía (Tenerife).
291	18990	5-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas concediendo a doña María Josefa Sánchez de la Bodega y Tordesillas autorización para ampliar un aprovechamiento de aguas derivadas del río Cea, en término municipal de Valdescorriel (Zamora).
291	18992	5-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas concediendo al Ayuntamiento de Catelbell u Vilar autorización para aprovechar aguas subálveas del río Llobregat, en su término municipal, con destino al abastecimiento.
297	19352	12-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a la comunidad «La Mina» y «Los Cascajos» para ejecutar trabajos de alumbramiento de aguas subterráneas en los cauces públicos de los barrancos de «La Rocha» y «El Culatón», en término de Teide (Las Palmas).
298	19426	13-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizando a la Comunidad de Aguas «Piedra Cumplida» para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en monte de propios del Ayuntamiento de Arafo (Santa Cruz de Tenerife).
301	19656	17-XII-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas concediendo al Ayuntamiento de Alcora (Castellón) autorización para aprovechar aguas subálveas del río Lucena, en dicho término municipal, con destino al abastecimiento de dicha población.

## Notas bibliográficas

### ATMOSFERA

J. P. DÉTRIE con la colaboración de P. JARRAULT: *La pollution atmosphérique*. Dunod, editores. París, 1969, 624 páginas, 196 figuras, 24 láminas en color y 10 en negro.

Esta obra pertenece a la serie de la casa Dunod, titulada *Las industrias, sus producciones, sus nocividades*.

Junto con la lucha contra la contaminación del terreno, las aguas superficiales y subterráneas, el incendio, las explosiones, el ruido y las radiaciones ionizantes, figura en los programas de policía industrial con un puesto destacado, la lucha contra la contaminación atmosférica. La legislación española no podía silenciar esta preocupación y por ello creó, dentro del Consejo Superior del Ministerio de Industria, la Comisión Técnica Asesora sobre Problemas de Contaminación Atmosférica de origen industria, por ser fundamental la prevención de esta contaminación para mantener la atmósfera terrestre en condiciones de un desarrollo normal de la vida.

Las disciplinas sobre las que se ha de basar esta policía son numerosas y entre ellas figuran: la química, física, dinámica de fluidos, termología, meteorología, biología, toxicología, medicina y estadística.

Refiriéndose al problema de la contaminación atmosférica, dice Armand en el prefacio: «Es uno de los problemas más difíciles a enfocar científica, técnica y sociológicamente; es particularmente difícil de resolver». El autor, Ingeniero de Minas y director del Centro Técnico interprofesional de estudios de la contaminación atmosférica, divide la obra en los cinco capítulos siguientes:

1.º Fuentes de contaminación atmosférica por evaluación de los productos populares: Considera los de origen natural, los debidos a los transportes, los de la combustión, los originados por las aportaciones de las diversas industrias, como siderurgia, fundiciones de metales ferreos, de metales no ferreos, cementos, química, cokerías, gas y petróleo. Termina el capítulo con unas nociones sobre la naturaleza física y química de los contaminantes.

2.º Se refiere a la difusión de la contaminación atmosférica: Estudia la influencia de los factores meteorológicos en la difusión de los contaminantes y el cálculo de la difusión.

3.º Medida de la contaminación: Después de unas consideraciones de carácter general, se refiere a la medida de partículas, de gases y vapores, a los métodos de análisis y a la medida de los olores.

4.º Efectos de la contaminación atmosférica: Menciona los principales accidentes de los últimos cuarenta años, considera los efectos de la contaminación atmosférica sobre los hombres, sobre los animales, sobre los vegetales, y sobre los materiales, para ultimar con una serie de consideraciones sobre los aspectos económicos de la contaminación.

5.º Prevención de la contaminación atmosférica: Comienza por la acción sobre las fuentes de contaminación, por tratamientos de los efluentes, con la implantación de fuentes de emisión. Termina el capítulo con unas consideraciones sobre prevención por la información y la formación.

Cada capítulo tiene su correspondiente bibliografía, que puede considerarse como una síntesis de las publicaciones sobre el tema tratado.

Como anejos de la obra figuran, una interesante recopilación de léxico francés, alemán, inglés, italiano, sorprendiendo no figure el español, y un índice de materias.

Obra muy bien presentada, interesante y útil para cuantos se preocupan del problema de los cuerpos perjudiciales en la atmósfera.—L. DE A.

### GEOFISICA

AGNES ALBARET y FRANÇOISE DUCLAUX: *Contenu Spectral des Mouvements Sismiques dus aux explosions nucléaires souterraines*. «Rapport CEA-R 3767». 1969.

Después de haber resumido los conocimientos disponibles, tanto teóricos como experimentales, sobre el contenido espectral de los movimientos sísmicos, se describen las experiencias efectuadas en la ocasión de las explosiones nucleares francesas del Sahara y los resultados obtenidos sobre las ondas de volumen. Después los comparan con ciertos resultados americanos.

Describen una nueva manera de estudiar los espectros de amplitudes, que enseña que el espectro es tanto más rico en frecuencias bajas cuanto mayor es la potencia de la explosión, que la distancia al punto cero sea débil y que sea menos filtrada por la zona alterada superficial.

Después se calcula el filtrado del terreno para dar una representación más fiel del fenómeno sísmico inicial.—L. DE A.

### GEOLOGIA

La géologie de l'uranium dans le massif granitique de Saint Sylvestre (Limousin-Massif Central Français), CEA-R-3.684, Saclay, 1969.

La memoria objeto de esta nota está dedicada a la geología del uranio en el Limousin, especialmente en el macizo de San Silvestre, y a los fenómenos que con él se relacionan: geología regional, fenómenos de zonalidad petrográfica y geoquímica en ciertos macizos graníticos, movimientos del uranio enlazados con la alteración superficial, geocronología del mineral de uranio.

La obra comprende seis capítulos, que recogen los di-

versos aspectos científicos enumerados, cada uno de los cuales va precedido de un resumen. La composición de la memoria, es la siguiente:

1. Ch. Marquaire, M. Moreau: Geología del norte Limousin y distribuciones de las mineralizaciones uraníferas.

2. J. Barbier, G. Ranchin, H. G. Carrat y R. Coppens: Geología del Macizo de San Silvestre y geoquímica del uranio. Introducción a los estudios de Laboratorio. Problemas de metodología.

3. J. Barbier y G. Ranchin: Zonalidad petrográfica y geoquímica en el macizo granítico de San Silvestre (Limousin-Macizo Central Francés).

4. J. Barbier y G. Ranchin: Geoquímica del uranio en el Macizo de San Silvestre (Limousin-Macizo Central Francés). Geoquímica del uranio primario y procesos de permanencia.

5. J. Senecal: Monografía del yacimiento del Brugeaud.

6. R. Coppens, Ch. Kosztolanyi y H. Dottin: Estudio geocronológico de la mina del Brugeaud.—L. DE A.

C. G. EGELER y O. J. SIMON: *Sur la tectonique de la Zone Betique*. (Cordilleres Betiques, Espagne). London, 1969, 90 páginas.

En el presente artículo se da a conocer una interpretación de la Zona Bética, basada en los resultados de las investigaciones realizadas en la parte oriental de las Cordilleras Béticas.

La zona Bética constituye la parte interna de este orógeno alpídico y está caracterizada por una impresionante estructura de mantos de corrimiento.

Las diversas unidades estructurales de esta zona las agrupan en cuatro grandes conjuntos superpuestos, que son, de abajo arriba: (1) el nevado-filábride; (2) el de Ballabona-Cucharón; (3) el alpujárride y (4) el maláguide.

Por primera vez distinguen el complejo (2) como unidad principal individualizada a lo largo de las cordilleras. Este complejo comprende un cierto número de unidades que habían sido interpretadas de modo diverso; si bien en su mayor parte se atribuyeron al complejo alpujárride, debido sobre todo a la analogía del grado de metamorfismo que afectó a los materiales respectivos. Desde el punto de vista litoestratigráfico, los elementos del complejo de Ballabona-Cucharón, difieren netamente de los del «típicamente alpujárride», y muestran afinidades con las unidades nevado-filábrides, cuyos materiales, sin embargo, fueron afectados por el metamorfismo alpino en un grado considerablemente más alto.

Se discuten la estratigrafía y la estructura regional de los cuatro complejos en la parte de la Zona Bética objeto de las referidas investigaciones, e intenta establecer la distribución y extensión regional de las principales unidades en el conjunto de las Cordilleras Béticas, con ayuda de los resultados de investigaciones llevadas a cabo por otros autores en diversas partes de la Zona Bética. Así han formado el mapa tectónico esquemático.

Los autores ponen de relieve la complejidad de la evolu-

ción tectónica en la orogénesis alpina y discuten las relaciones entre las diversas fases tectónicas y metamorfismo.

Por lo menos dos fases principales parecen haber originado mantos de corrimiento. Suponen una relación entre el metamorfismo cinético de edad alpina y la «pila inicial de mantos» originada durante la más antigua de dichas fases. Las discontinuidades en el grado de metamorfismo en los contactos entre unidades sucesivas de la actual pila de mantos son atribuidas a movimientos ocurridos durante la última de dichas fases principales. Estas traslaciones, que parecen haberse producido sobre todo a lo largo de las superficies de corrimiento de la «pila inicial de mantos», han causado fuertes reducciones tectónicas de las series afectadas. Además, elementos estructurales de dicha «pila inicial», o partes de la misma, parecen haberse quedado atrás. Sugieren que el manto de Ballabona representa una parte de la cobertera de una manto de zócalo de la referida «pila inicial», que fue despegada durante las últimas traslaciones. El dispositivo de los mantos de la Zona Bética, tal como se presenta en la actualidad, parece haber sido formado, en gran parte, en la más reciente de las dos fases orogénicas principales.

Discuten la cuestión de la dirección que tuvieron los movimientos de traslación principales. Se considera como la más plausible la hipótesis de corrimientos hacia el N. a partir de las ideas obtenidas sobre la evolución de los mantos, para la cual es indispensable una «libertad de movimiento». La disposición paleogeográfica de los complejos de la Zona Bética sería de N. a S., la siguiente: nevado-filábride-Ballabona-Cucharón-alpujárride-maláguide.

La estructura de la Zona Bética, refleja también la importancia del papel ejercido por los movimientos posteriores a la formación de la estructura de mantos de corrimientos. A este respecto se deben mencionar: 1.º Los cabalgamientos dirigidos hacia el N. que han producido llamativas sucesiones tectónicas anormales en la parte N. de la Sierra de los Filabres; y 2.º El plegamiento e imbricaciones dirigidos hacia el S., que se manifiestan en el sector de la Sierra de las Estancias.

Se consideran también las edades de las diversas fases orogénicas.

Completan la obra una amplia bibliografía y varios mapas. L. DE A.

### GEOLOGIA MARINA

T. DEGENS and DAVID A. ROSS: *Hot brines and recent heavy metal deposits in the red sea*. Edited by Egon. (Salmueras calientes y depósitos recientes de metales pesados en el Mar Rojo). Springer-Verlag. Berlín/Heidelberg/New York. XII-600 págs., 220 figuras (8 en color), en forma de atlas a doble espacio, 28 x 20 cm. Año 1969. Encuadernado en tela: 128 marcos alemanes. Título núm. 1.593.

Obra que merced al descubrimiento de agua caliente y metales pesados en un punto del Mar Rojo a la altura, aproximada, de La Meca, contiene un minucioso estudio



de este mar a cargo de sabios de todas las naciones en él interesadas. Son varios los apellidos de españoles e hispanoamericanos que figuran en la lista de los 76 que han compuesto la obra.

La base de la obra se debe al descubrimiento hecho por el buque oceanográfico sueco «Albatros», que en 1948 encontró en medio del Mar Rojo una temperatura anormalmente alta. Años más tarde, en 1963 y 1965, Charnock y Swallow, a bordo del «Discovery», Dietrich a bordo del «Meteor» y Miller a bordo del «Atlantis II», obtuvieron más datos sobre estas anomalías térmicas y, finalmente, se descubrieron metales pesados en el mismo sitio. Por último, en octubre de 1966, capitaneados por J. M. Hunt, de la Woods Hole Oceanographic Institution, 25 representantes de distintas Universidades y Sociedad científicas, se embarcaban en el «Chain» para entregarse a las más diversas investigaciones: geofísicas, geológicas, químicas, biológicas, paleontológicas, oceanográficas, etc. Se hicieron más de cien travesías y se tomaron muestras de los fondos y del agua, que luego, repartidas por distintos sitios del globo, fueron investigadas con el más detallado cuidado.

Son abundantes las fotografías hechas desde la estratosfera por los «Gemini» de la NASA; numerosos los esquemas y las tablas. El estudio alcanza incluso a los problemas jurídicos y económicos que pudiera tener la investigación de los metales pesados.

Entre tantos problemas estudiados al detalle, que abarca la obra, nos interesan aquí los geológicos y geográficos. Las vicisitudes tectónicas del Mar Rojo, las fuertes variaciones de nivel en el transcurso de su historia.

En un cuadrado de unos 400 kilómetros de lado, comprendido entre la orilla de la Arabia Saudita, a la altura de La Meca, por el Este, y costa del Sudán, por el Oeste, es donde se ha concentrado el interés en su mayor parte, de la obra en la fosa del «Atlantis II». Se observan aquí profundidades grandes (la máxima, de 2.360 metros queda un poco más abajo).

Se ha reconocido los siguientes metales, como más importantes: cobre, cinc, plata, oro, plomo, hierro. Además, existen otros metales (níquel, cobalto, cadmio, arsénico, estaño, germanio, bismuto, indio, mercurio).

Al llegar a este punto de valorar el posible yacimiento de hierro, que es el metal más abundante (cobre, 1,3 por 100; cinc, 3,4 por 100; plata, 0,0045 por 100; oro, 0,00005 por 100; plomo, 0,1 por 100; hierro, 29 por 100), el autor se plantea el dilema sobre la utilidad de las investigaciones. Por nuestra parte diremos que siempre han de resultar de suma importancia en Minería, ya que estos resultados del Mar Rojo, nos permiten tener en cuenta que cualquiera que fueran las opiniones sobre la génesis de los yacimientos, sean metalíferos, sean salinos o de cualquier otro tipo, nos obligan a pensar en los ya existentes y en la conveniencia debida a la experiencia de lo que ya se sabe en estas materias.—J. G. DE LLARENA.

## HIDROLOGIA

JACQUES GAUSSENS: *Les conditions de concurrence entre la production d'eau par dessalement et les ressources naturelles*. «Rapport CEA-R, 3836». Junio 1969.

El proyecto de una instalación de desalación de agua de mar, en una región dada, arrastra un examen atento de los recursos y demanda local de agua dulce. Este examen permite conducir en la mayor parte de los casos a un estudio profundo de las reservas naturales, que pueden apartar de las técnicas de desalación.

Después de destacar este hecho con ejemplos precisos, los autores estiman de que se debe realizar un estudio preliminar teniendo en cuenta la coordinación entre los recursos naturales y las técnicas de desalación, y las aplicaciones a la contribución a las demandas de puntos y contribución a las demandas de base.

Este análisis conduce a clasificar las regiones según ciertos criterios económicos, definiendo su aptitud a la utilización de los procesos de desalación.—L. DE A.

FRANÇOISE DUTREUIL y MARCEL MALISSEN: *Aperçu sur le marché de l'eau dessalée en France pour de petites unités*. «Rapport CEA-R 3818». Mayo 1969.

Por iniciativa del Comisionado de la Energía Atómica y en estrecha unión con él, la Sociedad para la Conversión y el Desarrollo Industrial, efectuó un estudio general de las zonas costeras francesas, en las cuales las perspectivas de la demanda de agua a corto, medio y largo término y el coste de los aprovisionamientos necesarios, pueden eventualmente hacer aparecer como competitivas unidades de desalación de 3 a 10.000 m<sup>3</sup>/día.

Hasta aquí, esta encuesta general, profundizada con algunos puntos de vista particulares, no ha dejado entrever posibilidades netas y claras. En el caso de pequeñas islas y para el caso de unidades de débil capacidad, inducen a reservas frente a las zonas costeras, donde las unidades grandes se benefician del efecto de su capacidad. La diferencia probable entre el coste del agua desalada y el precio de venta ya observado en un pequeño número de zonas costeras, es relativamente reducida.

Podrá ser interesante en un porvenir inmediato y con gastos relativamente pequeños, instalar una unidad experimental de desalación.—L. DE A.

*Mineral and Thermal Waters of the World*. B-Oversea Countries. Academia. Praga 1969.

Coincidiendo con el XXIII Congreso Geológico Internacional celebrado en Praga el año 1968, tuvo lugar un Symposium sobre «Aguas minerales y termales». Con anterioridad y durante tres semanas, se visitaron los magnifi-

cos establecimientos balnearios de Checoslovaquia con un lujo de instalaciones y calidad de ambiente, sólo posible en un país comunista, que se incautó de todas las propiedades y explota en franca pérdida, sin necesidad de rendir cuentas a los propietarios, pero con la compensación de haber realizado una importantísima función social de recuperación de enfermos y reducción considerable de jornales perdidos por diversas dolencias.

En el momento floreciente de esta industria balnearia por haberse iniciado la utilización de sus servicios por los hombres del dólar, que no escatiman en gastos con tal de recuperar la salud y pasarlo bien, tuvo lugar la ocupación de Checoslovaquia por las fuerzas de los países del Este, y el derrumbamiento de unas ilusiones que habían comenzado a ser realidad.

Con estos antecedentes, acudieron al llamamiento internacional los más destacados especialistas mundiales en aguas minerales y termales, como puede apreciarse por los dos fascículos aparecidos durante el mes de diciembre pasado en Praga; el A dedicado a Europa, y el B a los países restantes.

Los estudios responden a un cuestionario preestablecido. Las 24 aportaciones del tomo que comentamos, son:

*Asia*. — J. P. R. Fonseka, N. R. de Silva, V. S. Balendran y L. K. Seneviratne: Ceylán. — G. C. Chatterji: India. — Hisayoshi Nakamura: Japan. — H. Fontaine: Sud Viet-Nam. — Kaset Pitakpaivan: Thailand. — C. Erentoz y Z. Ternek: Turquía.

*África*. — A. le Bail y M. Buchstein: République Démocratique du Congo. — J. Walsh: Kenya. — I. M. Kirkpatrick: Malawi. — M. Combe: Maroc. — A. Bertossa: Rwanda. — L. E. Kent: Republic of South Africa. — D. R. Hunter: Swaziland. — B. G. Walker: Tanzania. — A. Djellould: Tunisie. — C. G. Dixon y W. H. Morton: Uganda. — J. M. El Ramly: U. A. R. — W. H. Reeve: Zambia.

*América*. — J. G. Souther y C. Halstead: Canadá. — Joaquín Sánchez Rojas: Chile. — H. R. Versey: Jamaica. — Dona. E. White: United States.

*Australia*. — I. R. Mcleod: Australia. — E. F. Heming: Papua y New Guinea.

Este conjunto de aportaciones forma una valiosa recopilación de 304 páginas en el campo de las aguas minerales y termales.—L. DE A.

*Mineral and Thermal Waters of the World*. A-Europa. Academia. Praga, 1969.

Con ocasión del Congreso Geológico XXIII celebrado en Praga en el año 1968, tuvo lugar un Symposium sobre el tema indicado de aguas minerales y termales.

Las Ponencias fueron encargadas a los especialistas de cada país, con el objeto de tener una referencia competente mundial, y en el momento de la publicación se edita en dos tomos. El tomo A como el 18 de las comunicaciones del Congreso se refiere a Europa, y el tomo B, que es el 19, a los países ajenos a Europa.

Con el fin de que todas las aportaciones tuviesen el mismo criterio, se trazó un programa de redacción, que es el siguiente:

- 1) Definición de términos.
- 2) Circunstancias geológicas y estructurales, así como cuantos datos y observaciones hidrogeológicas pueden interesar al problema.
- 3) Composición química de las aguas minerales.
- 4) Datos relacionados con la terminalidad y posibilidad de su aprovechamiento industrial.
- 5) Circunstancias y posibilidades de la utilización de las aguas con fines clínicos, como fuentes de energía y como mena de elementos raros o escasos.
- 6) Protección legal de las aguas minerales y termales.
- 7) Bibliografía.

Complementos de estas aportaciones es la tabulación de los datos analíticos y el mapa de situación de los manantiales.

Se presentaron en el Symposium 13 comunicaciones europeas y 24 de los demás países. El conjunto de esta obra se ha calificado internacionalmente como la «información recopilada más recientemente, en el campo de los conocimientos hidrogeológicos».

Los autores y países de las diversas aportaciones, son los siguientes: J. M. Graulich: Belgique. — G. Kacura, O. Franko, S. Gazda y J. Silar: Czechoslovakia. — K. Frike y G. Michel: Bundesrepublik Deutschland. — J. Zieschang: Deutscher Demokratischer Republik. — E. R. Schmidt: Ungarns. — S. Arnórsson, J. Jonsson y J. Tomsson: Island. — Alfonso-Vitorio Damiani y Atilio Moretti: Italian. — C. Chenea y M. Nicolescu: Rumanie. — Juan Manuel López de Azcona: España. — P. Engquist: Sweden. — J. Cadisch: Schweiz. — W. M. Edminda, B. J. Taylor y R. A. Downing: United Kingdom. — F. Makarenko, I. K. Zaitcev, V. V. Ivanov y B. F. Mavritzky: Soviet Unión.

Este fascículo A consta de 178 páginas y en él están reseñadas la casi totalidad de las fuentes minerales de Europa. Sentimos la falta de algunas aportaciones que podían ser interesantes por la calidad de sus manantiales y las valiosas instalaciones, como son las de nuestros vecinos los portugueses y franceses.—L. DE A.

## LABORES MINERAS

JEAN FAURE: *Méthodes d'études des forages réalisés autour des expériences nucléaires souterraines au Sahara, Deuxième partie Techniques d'étude de la paroi des forages*, CEA-R-3.762. Saclay, 1969.

Las explosiones nucleares del campo de perforación sahariano dieron lugar a la observación de la roca por televisión y medidas de permeabilidad. Después de haber expuesto los principios de la manipulación, se describe la técnica utilizada, es decir, el material y la puesta en obra. Considera los diferentes problemas sometidos a interpretación. La conclusión destaca el interés de estos trabajos para eventuales manipulaciones industriales.—L. DE A.

SERGE DERLICH: *Etude de la cheminée crée par une explosion nucléaire souterraine*. CEA-R-3.851, Saclay, 1969.

Las explosiones nucleares subterráneas crean una cavidad de forma aproximada a una esfera. La bóveda de esta cavidad es inestable y se hunde en la mayor parte de los casos, dando lugar a la formación de una chimenea.

La altura y el diámetro están en función de la energía del tiro y de la naturaleza del lugar.

La cronología de los acontecimientos puede ser determinada por las observaciones sísmicas.

El interior de la chimenea está ocupada, en parte o en su totalidad, por los escombros.

Este fenómeno presenta un gran interés para la utilización de las explosiones nucleares con fines industriales. L. DE A.

REOYO DÍEZ: *Explotaciones mineras en la provincia de Burgos, durante la centuria 1850-1950*, Publicación de la Institución «Fernán González», 118 págs., Burgos, enero 1969.

Gracias a la Institución «Fernán González», Academia burgense de Historia y Bellas Artes, y al total apoyo moral y económico de su Académica de Honor, ese gran mecenas no sólo de las Artes y las Letras, sino también de las ciencias que es don Conrado Blanco, sale a la luz este libro magníficamente presentado que recoge el discurso de ingreso en la Institución arriba mencionada de don José Luis Reoyo Díez, así como la contestación al mismo dada por don Ernesto Ruiz de Linares.

El neófito, tras agradecer tal honor, pasa a meterse de lleno en el interesante tema «Explotaciones Mineras de la Provincia de Burgos, durante la centuria 1850-1950», y que divide en siete partes al final de las cuales se extienden unas importantes conclusiones.

En el primer capítulo, *Explotaciones carbomíferas*, el autor, a lo largo de más de 35 páginas, hace un profundo estudio de estas explotaciones en la provincia, tratando por separado las de hulla, lignito y turba.

Los sucesivos capítulos están dedicados a: yacimientos ferruginosos, La glauberita de la Cuenca del Tirón, minerales del grupo del cobre, explotaciones de manganeso, depósitos salinos, y, por fin, diversos minerales, capítulo éste en el que refiere el autor esos minerales que han aparecido aislados y que sólo esporádicamente han sido objeto de exploración.

Al final aparece una extensa bibliografía y un índice alfabético de las localidades mineras estudiadas.—A. L. DE G.

## NUCLEONICA

JEAN FAURE: *Explosions Nucleaires soterraines etude geologique des Cavites*. «Raport CEA-R 3779», Commi., 1969.

El estudio geológico de explosiones nucleares subterráneas permite determinar los principales caracteres de la cavidad creada. Su parte inferior es esférica; está verdaderamente

con la forma de una bóveda, hundiéndose en la mayor parte de los medios, a excepción del caso de la sal gema. Su radio, con análoga energía explosiva, varía según las rocas de simple al doble. La disposición de su contenido depende de las características de los productos sólidos y líquidos en el momento de la caída del techo; según el caso, si no hay allí tufo o aluviones, o hay granito, mezclas de escombros y lavas. En todos los medios, las propiedades físicas medias pueden ser evaluadas.—L. DE A.

MICHELLE BERTON: *Applications pacifiques des explosions nucleaires*. «CEA-BIB-152», 1969. Service Central de Documentation du C.E.A. Francia.

Esta Bibliografía es una adición a la número 66. Contiene 754 referencias complementarias. Los elementos son clasificados en los cuatro capítulos siguientes:

Generalidades, explosiones contenidas, sismología, comportamiento de los suelos, rocas y aguas subterráneas, correlación a las explosiones nucleares bajo condiciones de presiones y temperaturas muy altas.

En cada capítulo las referencias, están presentadas por año. Conta de varios índices: materias, autores, informes, artículos de revistas, congresos, tesis.—L. DE A.

## COMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

FRANÇOIS DELORT, y CH GUERRINI: *Degats dus aux explosions nucleaires souterraines sur les habitations et les équipements*. «Report CEAR 3749», 1969.

Describen los destrozos sobre las diversas estructuras, construcciones, habitaciones, equipamiento mecánico y materiales eléctricos, provocados por las explosiones nucleares subterráneas en el granito. Se indica para cada tipo de material o de construcción, las distancias límites correspondientes a un grado de gravedad observado en los destrozos. Estas distancias han sido valoradas con un parámetro, caracterizando el movimiento del medio, permitiendo así generalizar los resultados obtenidos en el granito de diferentes lugares. También se trata el problema de la previsión de los daños en zonas lejanas.—L. DE A.

IVES SUTRA-FOURCADE: *L'energie nucleaire accidents et incidents*, CEA-BIB-164, Saclay, 1969.

Esta publicación se considera como un complemento del informe editado en el año 1964 sobre los incidentes procedentes de los reactores y las instalaciones nucleares.

Se enumeran los incidentes y accidentes conocidos que tuvieron lugar en instalaciones hasta el año 1968, los incidentes sobrevenidos en el curso de transportes de materiales radiactivos, en los hospitales y en los establecimientos privados, y de los incidentes que a título diverso tuvieron como origen materiales radiactivos, submarinos atómicos, bombarderos portadores de ingenios nucleares, ensayos de bombas, etc.

Seis categorías de incidentes se consideran: 1.ª. Incidentes de criticidad y excursiones de potencia en los conjuntos críticos, los reactores nucleares y las instalaciones de tratamiento químico. 2.ª. Rupturas de cadenas en los reactores nucleares. 3.ª. Incidentes diversos en los reactores nucleares. 4.ª. Incidentes de transportes de materiales radiactivos. 5.ª. Incidentes sobrevenidos durante el ensayo de ingenios nucleares. 6.ª. Incidentes diversos.

Algunos de los accidentes son objeto de un corto desarrollo en la segunda parte del informe que comentamos.—L. DE A.

## PETROGRAFIA

JEAN JUNG: *Précis de Pétrographie*, 332 pág., 160 figuras 20 láminas. Masson et Cie. Paris, 1969.

La obra que comentamos es una tercera edición, puesta al día, destinada principalmente a los alumnos de ciencias geológicas y a los de las Escuelas de Minas, dedicada a un apellido de quien fue maestro directo o indirecto de varias generaciones de mineralogistas, L'aparent.

Supone el autor que los alumnos que siguen su obra son suficientemente expertos en el manejo del microscopio polarizante, y los pretende guiar en sus primeros pasos sobre el estudio de la constitución mineralógica, de la estructura e historia de las rocas, o sea de los diversos materiales que forman la corteza terrestre, no sólo desde el punto de vista de su clasificación, así como de guías de los procesos de la historia terrestre.

La obra está dividida en cuatro partes:

1.ª *Los minerales y las rocas*.—Comprende: Generalidades. Estructura de los silicatos. Silicatos de tetraedros aislados. Silicatos de tetraedros en cadena. Silicatos de tetraedros en láminas (filitas). Silicatos con tetraedros asociados en edificios con tres dimensiones. Minerales diferentes que los silicatos. Tablas de los caracteres ópticos de los minerales.

2.ª *Rocas sedimentarias y rocas residuales*.—Subdivide esta parte en tres capítulos. A) Generalidades. — Comprende: Los fenómenos sedimentarios. Arquitectura de las rocas sedimentarias. Tabla general de la clasificación. B) Las rocas detríticas. — Forman parte del mismo: Los conglomerados. Las areniscas. La pelita. C) Las rocas de origen químico y de origen orgánico.—Trata el capítulo de: Arcillas residuales y lateritas. Arcillas sedimentarias. Las calizas. Las dolomitas. Las rocas fosfatadas. Las rocas silíceas no detríticas. Las rocas férricas. Las rocas salinas. Los carbonos.

3.ª *Rocas mecánicamente deformadas y rocas metamórficas*. — A cada uno de estos dos tipos le adjudica un capítulo: A) Rocas mecánicamente deformadas. — Introducción teórica. Esquistos replegados y rocas cataclásticas. B) Rocas metamórficas. — Generalidades sobre el metamorfismo. Corneanas y esquistos jaspeadas.—Introducción al estudio de las rocas cristalofílicas. Los esquistos cristalinos propiamente dichos o ectinitas. Las migmatitas. Rocas de tipo metamórfico particular.

4.ª *Rocas eruptivas*.—Consta esta última parte de los tres capítulos siguientes: A) Parte teórica.—Algunas definiciones preliminares. Cristalización de magmas. Papel de los componentes volátiles. Diferenciación y asimilación. B) Arquitectura.—Formación. Texturas. Estructuras. Rocas piroclásticas. C) Petrografía sistemática.—Cuadro de la clasificación. Principio del cálculo de la norma. Rocas cuarcíticas. Rocas sólo feldespáticas con feldespatos alcalinos. Rocas sólo feldespáticas, conteniendo únicamente plagioclasas. Rocas feldespáticas y feldespatoideas. Rocas sólo de feldespatoideas. Rocas carentes de minerales blancos.

Termina la obra con un índice alfabético completo de nombres de minerales, rocas, y nociones teóricas referente, tanto al texto como a las láminas.—L. DE A.

## QUIMICA MINERAL

MICHELE NEUILLY et JEAN-CLAUDE LECLERC: *Fabrication d'échantillons-temoins d'uranium pour analyse spectrographique*, CEA-R-3.911, Saclay, 1969.

El informe expone las condiciones en las cuales han sido preparadas doce coladas de uranio, destinadas a servir de muestras de referencia para análisis espectrográfico.

Se indican los resultados de las valoraciones de las impurezas efectuados por varios laboratorios con técnicas diferentes, así como los valores probables de las concentraciones.

Dan cuenta de que las muestras de las diferentes coladas están actualmente disponibles para satisfacer las necesidades eventuales de los laboratorios interesados.—L. DE A.

MARTA WASILEWSKA et ANDRÉ ROBERT: *Dosage du silicium dans un silicate soluble par une méthode radioisotopique de fluorescence X*, CEA-R-3.811, Saclay, 1969.

Describen un espectrómetro de análisis por fluorescencia de rayos X con una fuente radiactiva de excitación, y se aplica al análisis del silicio en un silicato soluble industrial. Desarrollan teóricamente el efecto de la granulometría, el de dilución de la muestra y el de la energía X de excitación. Sobre la valoración de la sílice puede ser obtenida, como un valor tipo, una precisión relativa del 0,87 por 100.

Comparan los autores la sensibilidad obtenida para el silicio con este aparato, con la lograda con un aparato clásico provisto de un tubo de Rayos X.—L. DE A.

LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: *Efecto de Matriz y efecto estructural en los análisis de trazas*. Cronache di Chimica no. 24, Milán Italia, págs. 12-21, junio 1969.

Después de definir los conceptos de «límite de defección» y «límite de valoración», se detalla la marcha analítica y el proceso matemático que debe seguirse en cada caso para su determinación.

Se pasa revista a continuación a las técnicas seguidas en



el análisis de trazas, técnicas que pueden variar, para el mismo elemento, según el tipo de muestra objeto de estudio, desde los métodos de valoración directa a los diferentes tratamientos preanalíticos, como extracción en materia es biológicos, suelos agrícolas o aguas; concentración por evaporación de líquidos, por incineración; por fusión, por e'c-

trólisis; separación basada en diferencias de densidad o de propiedades magnéticas, utilización de deflagrantes, etc.

Por último se indican algunas novedades en el estudio de la influencia estructural en la emisión espectral, especialmente la influencia del anión y del agua de cristalización. A. L. DE G.

## Sección informativa de revistas

### Publicaciones estadounidenses

TULANE STUDIES IN GEOLOGY. Publ. por la Tulane University of Louisiana, New Orleans.

Vol. 6, núm. 1, julio 1968.

W. A. Berggren: *Phylogenetic and taxonomic problems of some Tertiary planktonic foraminiferal lineages.*

J. E. Lewis: *Taxonomy and paleoecology of a new species of Sphenia (Bivalvia; Myidae) from the Pleistocene of Florida.*

J. E. Allen: *New species of Sepiida (Mollusca, Cephalopoda) from the Eocene of the Gulf Coast.*

E. H. Vokes: *Chicoreus (Siratus) Carioca, new name for Murex Calcar Kiener.*

GEOPHYSICAL ABSTRACTS. Publ. por el Geological Survey, Department of the Interior, Washington, 1968.

Index, núms. 228-239.

Index, núms. 240-251, 1967.

Núm. 253, febrero 1968.

Núm. 255, abril 1968.

Núm. 256, mayo 1968.

Núm. 257, junio 1968.

Núm. 258, julio 1968.

Núm. 259, agosto 1968.

Núm. 260, septiembre 1968.

Núm. 261, octubre 1968.

Núm. 262, noviembre 1968.

Núm. 262, diciembre 1968.

Núm. 264, enero 1969.

Núm. 264, enero 1969.

Núm. 265, febrero 1969.

THE AMERICAN MINERALOGIST. Publ. por la Mineralogical Society of America, Santa Mónica, California.

Vol. 53, núm. 3-4, marzo-abril 1968.

F. Chayes: *On locating field boundaries in simple phase diagrams by means of discriminant functions.*

J. Sinkankas: *Classical mineral occurrences: I. Geology and mineralogy of the Rutherford pegmatites, Amelia, Virginia.*

G. A. Parks y S. Akhtar: *Magnetic moment of Fe<sup>2+</sup> in paramagnetic minerals.*

C. S. Hurlbut y L. F. Arístarain: *Bermanite and its occurrence in Córdoba, Argentina.*

D. R. Simpson: *Substitutions in apatite: I. Potassium-bearing apatite.*

G. P. Brophy y J. T. Nash: *Compositional, infrared and X-ray analysis of fossil bone.*

P. B. Leavens: *New data on whewellite.*

M. K. Bose: *Mineralogical study of stroped pyroxene in syenite rocks of Sivamalai, South India.*

R. Tettinhorst, A. A. Levinson y R. C. MacQuire: *X-ray data on a fractionated regularly interstratified clay.*

S. B. Weed y J. B. Weber: *The effect of adsorbent charge on the competitive adsorption of divalent organic cations by layer-silicate minerals.*

Vol. 53, núms. 5-6, mayo-junio 1968.

C. Frondel: *Meta-aluminite, a new mineral from Temple Mountain, Utah.*

Pei-Lin Tien: *Hydrobasaluminite and basaluminite in Cabanis Formation (Middle Pennsylvanian), Southeastern Kansas.*

P. B. Moore: *Crystal chemistry of the basis manganese arsenate minerals: II. The crystal structure of allactite.*

C. Calvo: *The crystal structure of grastonite.*

M. Ross, W. L. Smith y W. H. Ashton: *Triclinic talc and associated amphiboles from Gouverneur mining district, New York.*

R. G. Burns y F. J. Prentice: *Distribution of iron cations in the crocidolite structure.*

D. L. Wood y K. Nassau: *The characterization of beryl and emerald by visible and infrared absorption spectroscopy.*

K. Nassau y D. L. Wood: *An examination of red beryl from Utah.*

J. D. Birtle, G. V. Gibbs, P. B. Moore y J. V. Smith: *Crystal structures of natural olivines.*

M. S. Joshi y P. N. Kotru: *Hillocks on first-order prism faces of synthetic quartz.*

J. R. Clark y J. J. Papike: *Crystal-chemical characterization of omphacites.*

R. C. Rouse y D. R. Peacor: *The relationship between senaite, magneto-plumbite and davidite.*

P. E. Rosenbarg: *Subsolidus relations on the dolomite join, CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>—CaFe(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>—CaMn(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.*

Jun Ito: *Silicate apatites and oxyapatites.*

J. M. Hoffer: *Order-disorder relationships of plagioclase in a porphyritic basalt flow.*

Y. Kubo, G. Yamaguchi y K. Kasahara: *Kinetic and electron optical studies of the reaction processes between kaolinite and sodium carbonate.*

A. L. Reesman y W. D. Keller: *Aqueous solubility studies of high-alumina and clay minerals.*

C. Frondel y Jun Ito: *Synthesis of the scandium analogue of beryl.*

B. A. Blackerby: *Convolute zoning of plagioclase phenocrysts in miocene volcanics from the Western Santa Monica Mountains, California.*

Ch. V. Guidotti: *On the relative scarcity of paragonite.*

E. Bonatti y O. Joensuu: *Palygorskite from Atlantic deep sea sediments.*

W. T. Parry y C. C. Reeves, Jr.: *Sepiolite from pluvial Mound Lake, Lynn and Terry Counties, Texas.*

S. K. Saxena: *Distribution of elements between coexisting minerals and the nature of solid solution in garnet.*

T. Watanabe: *The study of clay minerals by small-angle X-ray scattering.*

CONTRIBUTIONS TO GEOLOGY. Publ. por la Universidad de Wyoming, Laramie, Wyoming.

Vol. 6, núm. 2, verano 1967.

O. D. Doehring y E. N. Clausen: *The analysis of coarse clastic grains using standard statistical methods.*

H. Toots: *Invertebrate burrows in the non-marine Miocene of Wyoming.*

J. E. Gu'lday, H. W. Hamilton y E. K. Adam: *Animal remains from Horned Owl Cave, Albany county, Wyoming.*

K. Perry Jr.: *A computer program which computes modal and mineralogic compositions within a ternary system.*

J. O. Duguid: *A cross section of the Alluvium and bedrock at the Laramie River in Laramie, Wyoming.*

K. C. Condie: *Petrologic reconnaissance of the Precambrian rock in the Wind River Canyon, Central Owl Creek Mountains, Wyoming.*

Vol. 7, núm. 1, invierno 1968.

L. R. High Jr. y M. D. Picard: *Dendritic surge marks («Dendrophicus») along modern stream banks.*

K. Perry Jr.: *A computer program for representation of chemical analyses in terms of end member molecules.*

R. C. Surdam: *The stratigraphy and volcanic history of the Karmutsen Group, Vancouver Island, B. C.*

A. S. Romer: *An Ichthyosaur from the Cretaceous of Wyoming.*

D. O. Doehring: *The effect of fire on geomorphic processes in the San Gabriel Mountains, California.*

J. S. Williams y J. H. Millgan: *Bedrock configuration and altitude, Red Rock Pass, outler of Lake Bonneville, Southeastern Idaho.*

ABSTRACTS OF NORTH AMERICAN GEOLOGY. Publ. por el Geological Survey, Department of Interior, Washington.

Enero 1968.

Marzo 1968.

Abril 1968.

Mayo 1968.

Junio 1968.

Julio 1968.

Agosto 1968.

Septiembre 1968.

Noviembre 1968.

Diciembre 1968.

Enero 1969.

Febrero 1969.

GEOTIMES. Publ. por The American Geological Institute, Washington.

Vol. 13, núm. 6, julio-agosto 1968.

J. D. Ridge: *The St. Andrews symposium of IAGOD.*

P. T. Flawn: *The environmental geologist and the body politic.*

F. W. G. Baker: *International Council of Scientific Unions.*

V. V. Tikhomirov & A. I. Ravikovich: *History of geological sciences in the U. S. S. R.*

H. E. Le Grand: *Urban geology and waste disposal.*

Vol. 13, núm. 5, mayo-junio 1968.

J. Silar: *Czechoslovak mineral springs.*

R. McAfee Jr.: *Geologic terms.*

J. P. Lockwood: *Soviet geology and geologists.*

R. H. Reinhart: *Sigma Gamma Epsilon.*

*Geological and Quotable.*

WATER RESOURCES RESEARCH. Publ. por la American Geophysical Union, Washington.

Vol. 4, núm. 4, agosto 1968.

E. M. Loftong y H. C. Davis: *The interindustry water content matrix: Applications on a multi-regional basis.*

E. L. David: *Lakeshore property values: A guide to public investment in recreation.*

L. B. Leopold y M. O. Marchand: *On the quantitative inventory of the riverscape.*

M. Amein: *An implicit method for numerical flood routing.*

M. H. Diskin y A. Boneh: *Moments of the input and impuls response functions of linear systems about arbitrary points.*

J. N. Holeman: *The sediment yield of mayor rivers of the world.*

M. A. Bilello: *Water temperatures in a shallow lake during ice formation, growth and decay.*

T. E. A. van Hylekama: *Water level fluctuation in evapotranspirometers.*

W. A. van Voast y R. P. Novitzki: *Ground-water flow related to streamflow and water quality.*

R. E. Williams: *Flow of ground water adjacent to small, closed basins in glacial till.*

W. Brutsaert: *The adaptability of an exact solution to horizontal infiltration.*

D. B. Greenberg, R. S. Cresap y T. A. Malone: *Intrinsic permeability of hidrological porous mediums: Variation with temperature.*

B. A. Szabo: *Permeability of ortotropic porous mediums.*

H. K. Krupp y D. E. Elrick: *Miscible displacement in an unsaturated glass bead medium.*

J. L. Thames y D. D. Evans: *An analysis of the vertical infiltration of water into soil columns.*

A. R. Jennings y M. C. Schroeder: *Laboratory evaluation of selected radioisotopes as ground-water tracers.*

JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Publ. por la American Chemical Society, Washington.

Vol. 90, núm. 10, 8 mayo 1968.

Vol. 90, núm. 11, 22 mayo 1968.

Vol. 90, núm. 12, 5 junio 1968.

Vol. 90, núm. 13, 19 junio 1968.

Vol. 90, núm. 14, 3 julio 1968.

Vol. 90, núm. 15, 17 julio 1968.

Vol. 90, núm. 16, 31 julio 1968.

Vol. 90, núm. 18, 28 agosto 1968.

Vol. 90, núm. 19, 11 septiembre 1968.

Vol. 90, núm. 20, 25 septiembre 1968.

Vol. 90, núm. 21, octubre 1968.

Vol. 90, núm. 22, 23 octubre 1968.

Vol. 90, núm. 23, 6 noviembre 1968.

Vol. 90, núm. 24, 20 noviembre 1968.

Vol. 90, núm. 26, diciembre 1968.

Vol. 91, núm. 1, enero 1969.

Vol. 91, núm. 2, enero 1969.

Vol. 91, núm. 3, enero 1969.

Vol. 91, núm. 4, febrero 1969.

Vol. 91, núm. 5, febrero 1969.

Vol. 91, núm. 6, marzo 1969.

NUCLEAR SCIENCES ABSTRACTS. Publ. por la United States Atomic Energy Commission, Washington.

Vol. 22, núm. 6, 31 marzo 1968.

Abstracts 10.170-12.221.

Vol. 22, núm. 8, 30 abril 1968.

Abstracts 14.417-16.880.

Vol. 22, núm. 9, 15 mayo 1968.

Astracts 16.881-18.682.

Vol. 22, núm. 10, 31 mayo 1968.

Abstracts 18.683-21.017.

Vol. 22, núm. 11, 15 junio 1968.

Abstracts 21.018-22.925.

Vol. 22, núm. 12, 30 junio 1968.

Abstracts 22.926-25.232.

Vol. 22, núm. 13, 15 julio 1968.

Abstracts 25.233-27.527.

Vol. 22, núm. 14, 31 julio 1968.

Abstracts 27.423-30.424.

Vol. 22, núm. 15, 15 agosto 1968.

Abstracts 30.425-33.202.

Vol. 22, núm. 16, 31 agosto 1968.

Abstracts 33.203-35.747.

Vol. 22, núm. 17, 15 septiembre 1968.

Abstracts 35.748-37.635.

First Quarter Index.

Vol. 22, enero-marzo 1968.

Abstracts 1-12.221.

Vol. 22, núm. 18, septiembre 1968.

Abstracts 37.636-39.974.

Vol. 22, núm. 19, octubre 1968.

Abstracts 39.975-42.580.

Vol. 22, núm. 20, octubre 1968.

Abstracts 42.581-44.969.

Semiannual Index.

Vol. 22, enero-junio 1968.

Abstracts 1.-25.232, part. 1.

Semiannual 1968.

Vol. 22, enero-junio 1968.

Abstracts 1.-25.232, part. 2.

Vol. 22, núm. 21, marzo 1968.

Abstracts 44.970-47.069.

Vol. 22, núm. 22, 30 noviembre 1968.

Abstracts 47.070-48.809.

Vol. 22, núm. 23, 15 diciembre 1968.

Abstracts 48.810-50.901.

Vol. 22, núm. 24, 31 diciembre 1968.

Abstracts 50.902-53.507.

Vol. 23, núm. 1, 15 enero 1969.

Abstracts 1-2169.

Vol. 23, núm. 2, 31 enero 1969.

Abstracts 2170-4519.

Vol. 23, núm. 3, 15 febrero 1969.

Abstracts 4520-6050.

SCIENCE BULLETIN. Publ. por la Universidad de Kansas.

Vol. XLVII, núm. 11, págs. 735-760, febrero 1968.

S. G. Shilling y H. Unz: *Comparisons between new methods for analysis of ionospheric records.*

Vol. XLVII, núm. 12, págs. 761-786, febrero 1968.

Vol. XLVII, núm. 13, págs. 787-828, febrero 1968.

Vol. XLVII, núm. 14, págs. 829-862, marzo 1968.

Vol. XLVII, núm. 15, págs. 863-900, marzo 1968.

Vol. XLVII, núm. 16, págs. 901-928, marzo 1968.

Vol. XLVII, núm. 17, págs. 929-1.003, marzo 1968.

Vol. XLVIII, núm. 1, 1968.

Vol. XLVIII, núm. 2, 1968.

Vol. XLVIII, núm. 3, 1968.

Vol. XLVIII, núm. 4, 1968.

INFORMATION CIRCULAR. Publ. por el Bureau of Mines, Department of the Interior, Washington.

Núm. 8.376, mayo 1968.

W. R. Kube y J. L. Elder: *Technology and use of lignite.*

Núm. 8.379, junio 1968.

W. L. Eaton y G. B. Ga't: *Microfilming maps of abandoned anthracite mines.*

Núm. 8.383, junio 1968.

H. E. Powell y L. N. Ballard: *Magnetic susceptibility of copper-, lead-, and zinc bearing minerals.*

Núm. 8.385, junio 1968.

J. D. Spencer: *Review of Bureau of Mines Coal Program, 1967.*

Núm. 8.387, agosto 1968.

Explosives Research Centre: *Research and technologic work on explosives, explosions, and flames: Fiscal year 1967.*

Núm. 8.388, agosto 1968.

R. E. Barieau: *Helium-4 experimental PVT references: 1855 to 1968.*

Núm. 8.389, agosto 1968.

F. T. Moyers y N. L. Jones: *Injury experience in coal mining, 1965.*

Núm. 8.392, septiembre 1968.

J. Paone, W. E. Bruce y R. J. Morell: *Horizontal boring technology: A state-of-the-art study.*

Núm. 8.393, octubre 1968.

P. R. Jones y S. Katell: *Computer usage for evaluation of desing parameters and cost of heat exchangers.*

Núm. 8.394, septiembre 1968.

F. D. Cooper: *Copper hydrometallurgy.*

Núm. 8.397, octubre 1968.

Bureau of Mines research on the analysis of higt-purity tungsten.

GEOPHYSICS. Publ. por la Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.

Vol. 33, núm. 3, junio 1968.

K. S. Kressman: *How velocity layering and streep dip affect CDP.*

G. Kunetz y J. M. Fourmann: *Efficient deconvolution of marine seismic records.*

Ch. R. Pelto, T. A. Elkins y H. A. Boyd: *Automatic contouring of irregularly spaced data.*

K. V. Paulson y S. C. Merdler: *Automatic seismic reflection picking.*

R. M. Clowes., E. R. Kanasewich y G. L. Cumming: *Deep crustal seismic reflections at near-vertical incidence.*

J. Capon, R. J. Greenfield, R. J. Kolker y R. T. Lacoss: *Short-period signal processing results for the large aperture seismic array.*

F. Schwab y R. Burridge: *The interface problem in model seismology.*

J. O. Duguid: *Refraction determination of water table depth and alluvium thickness.*

J. R. Hutt y J. W. Berg, Jr.: *Thermal and electrical conductivities of sandstone rocks and ocean sediments.*

A. Kumar: *The effect of stress rate and temperature on the strength of basalt and granite.*

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, Department of the Interior, Washington.

Núm. 1.210.

E. L. Yochelson y B. W. Saunders: *A bibliographic index of North American Late Paleozoic Hyolitha, Amphineura, Scaphoda, and Gastropoda.*

Núm. 1.214-F.

L. E. Reichen y J. J. Fahey: *Determination of nitrates in saline minerals.*

Núm. 1.236.

B. L. Reed: *Geology of the Lake Peters area, Northeastern Brooks Range, Alaska.*

Núm. 1.239.

C. C. Hawley, R. C. Robeck y H. B. Dyer: *Geology, altered rocks and ore deposits of the San Rafael Swell, Emery County, Utah.*

Núm. 1.241-H.

G. William Holmes, D. M. Hopkins y H. L. Foster: *Pingos in Central Alaska.*

Núm. 1.241-F.

C. L. Sainsbury, J. C. Hakilton y C. Huffman, Jr.: *Geochemical cycle of selected trace elements in the tungsten-berillium district Western Seward Peninsula-Alaska. A reconnaissance study.*

Núm. 1.251-A.

D. R. Shawe y R. L. Parker: *Mafic-ultramafic layered intrusion at Iron Mountain, Fremont County, Colorado.*

Núm. 1.251-D.

D. Hoye Eargle: *Nomenclature of formations of Claiborne group, Middle Eocene coastal plain of Texas.*



- Núm. 1.251-E.  
D. J. Gable: *Geology of the crystalline rocks in the Western part of the Morrison Quadrangle, Jefferson County, Colorado.*
- Núm. 1.252-B.  
Ch. L. Jones y B. M. Madsen: *Evaporite geology of Fifth ore zone, Carlsbad District, Southeastern New Mexico.*
- Núm. 1.252-C.  
P. Averitt: *Stripping-coal resources of the United States.*
- Núm. 1.254-E.  
C. Wahraftig: *Schists of the Central Alaska Range.*
- Núm. 1.258-C.  
T. C. Nichols Jr., J. F. Abel y F. T. Lee: *A solid inclusion borehole probe to determine three-dimensional stress changes at a point in a rock mass.*
- Núm. 1.263.  
J. A. Heath y N. B. Tabacchi: *Bibliography of reports resulting from U. S. Geological Survey participation in the United States Technical Assistance Program, 1940-67.*
- Núm. 1.264.  
L. Pavlides: *Stratigraphic and facies relationships of the Carys Mills Formation of Ordovician and Silurian age, Northeast Maine.*
- Núm. 1.271-A.  
P. B. Smith y D. L. Durham: *Middle Miocene foraminifera and stratigraphic relations in the Adelaida Quadrangle, San Luis Obispo County, California.*
- N. 1.274-C, 1968.  
H. Drewes: *New and revised stratigraphic names in the Santa Rita Mountains of Southeastern Arizona.*
- Núm. 1.274-E, 1968.  
J. C. Frye y otros: *Definition of Wisconsinan stage.*
- Núm. 1.274-F, 1968.  
C. H. Dane y otros: *Semilla sandstone, a new member of the Mancos Shale in the southeastern part of the San Basin, New Mexico.*
- Núm. 1.254-G.  
H. Meisler y otros: *Carbonate rocks of cambrian and ordovician age in the Lancaster Quadrangle, Pennsylvania.*
- Núm. 1.254-H, 1968.  
W. H. Nelson y otros: *Wapiti formation and Trout Peak trachyandesite, Northwestern Wyoming.*
- Núm. 1.254-I, 1968.  
P. J. Barosh: *Correlation of Permian and Pennsylvanian sections between Egan Range and Spring Mountains, Nevada.*
- Núm. 1.254-J, 1968.  
S. W. Hobbs y otros: *The Kinnikinnick quartzite of Central Idaho — Redefinition and subdivision.*
- Núm. 1.233, 1968.  
*Bibliography of North American geology 1963.*
- Núm. 1.251-F, 1968.  
A. E. Nelson: *Geology of the Ohio quadrangle, southwestern part of Adirondack Mountains, New York.*
- Núm. 1.251-G, 1968.  
R. C. Greene: *Petrography and petrology of volcanic rock in the Mount Jefferson area, High Cascade range, Oregon.*
- Núm. 1.252-A, 1968.  
W. H. Nelson y C. P. Ross: *Geology of part of the Alder Creek mining district, Custer county, Idaho.*
- Núm. 1.252-E, 1968.  
M. R. Modge y otros: *Reconnaissance geology, geophysics, and geochemistry of the southeastern part of the Lewis and Clark range, Montana.*
- Núm. 1.252-F, 1968.  
J. L. Jolly y A. V. Heyl: *Mercury and other trace elements in sphalerite and wallrocks from Central Kentucky, Tennessee and Appalachian zinc districts.*
- Núm. 1.253, 1968.  
M. H. Pease, Jr.: *Cretaceous and Lower Tertiary stratigraphy of the Naranjito and Aguas Buenas quadrangles and adjacent areas, Puerto Rico.*
- Núm. 1.255, 1968.  
D. L. Durham: *Geology of the Tierra Redonda Mountain and Bradley quadrangles, Monterrey and San Luis Obispo counties, California.*
- Núm. 1.257, 1968.  
W. J. Hail: *Geology of southwestern North Park and vicinity, Colorado.*
- Núm. 1.258-B, 1968.  
W. I. Finch: *Engineering geology of the Paducah West and Metropolis quadrangles in Kentucky.*
- Núm. 1.259, 1968.  
R. A. Robie y D. R. Waldbaum: *Thermodynamic properties of minerals and related substances at 298.15° K (25.0° C) and one atmosphere (1.013 Bars) pressure and at higher temperatures.*
- Núm. 1.272-B, 1968.  
K. F. Fox y C. Dean Rinehart: *Geology of magnesite deposits in northern Okanogan county, Washington. A preliminary report.*
- Núm. 1.274-G, 1968.  
W. H. Monroe: *The Aguada Limestone of northwestern Puerto Rico.*
- Núm. 1.278-A, 1968.  
H. L. Cannon, H. T. Shcklette y H. Bastron: *Metal absorption by Equisetum (Horsetail).*
- Núm. 1.261-C, 1968.  
T. B. Dover, A. R. Leonard y L. L. Laine: *Water paggre primitive area, Colorado.*
- Núm. 1.261-D, 1969.  
J. E. Harrison y otros: *Mineral resources of the Mission Mountains primitive area, Missoula and Lake counties, Montana.*
- Núm. 1.156-C, 1968.  
M. A. Warren, W. de Laguna y N. J. Lusczynski: *Hydrology of Brookhaven National Laboratory and vicinity, Suffolk county, New York.*
- Núm. 1.211-B, 1968.  
J. E. Callahan y A. A. Wanek: *Geologic reconnaissance*

- of possible powersites at Tyee, Eagle, and Spur Mountain Lake, Southeastern Alaska.*
- Núm. 1.251-C, 1968.  
J. C. Olson, D. C. Hedung y W. R. Hansen: *Tertiary volcanic stratigraphy in the Powderhorn-Black Canyon region, Gunnison and Montrose counties, Colorado.*
- Núm. 1.249, 1968.  
W. Holmes y H. L. Foster: *Geology of the Johnson River area, Alaska.*
- REPORT OF INVESTIGATIONS. Publ. por el Bureau of Mines, Department of the Interior, Washington.  
Núm. 7.128, mayo 1968.  
H. W. St. Clair: *Developing a thermochemical model for the iron blast furnace.*
- Núm. 7.129, mayo 1968.  
R. P. Hollenbeck y M. E. Tyrrell: *Shales for lightweight aggregate in Appalachian Region, Kentucky and Tennessee.*
- Núm. 7.130, mayo 1968.  
A. G. Starliper y H. Kenworthy: *Application of filiform tungsten to reinforce metals.*
- Núm. 7.131, mayo 1968.  
D. E. Wolfson y C. Ortuglio: *Carbonizing properties of coals from Fayette, Greene and Washington Counties, PA.*
- Núm. 7.132, mayo 1968.  
H. G. Dorsett y J. Nagy: *Dust explosibility of chemicals drugs, dyes and pesticides.*
- Núm. 7.133, mayo 1968.  
B. Dimitriades: *Methods for determining nitrogen oxides in automotive exhausts.*
- Núm. 7.134, junio 1968.  
R. B. Tippin y J. S. Browning: *Heavy liquid cyclone concentration of minerals (en dos partes).*
- Núm. 7.135, mayo 1968.  
J. L. Huiatt, J. V. Batty y B. F. Andrew: *Measurement of oleic acid on mineral surface using a gas-liquid chromatograph.*
- Núm. 7.136, junio 1968.  
T. C. Briggs y R. E. Barieau: *Elastic pressure distortion of the volumes of a Burnett compressibility apparatus over the temperature range 0° to 80° C.*
- Núm. 7.137, junio 1968.  
R. P. Adams y otros: *Cast hafnium carbide-carbon alloys.*
- Núm. 7.138, mayo 1968.  
A. F. Colombo: *Effect of ammonia in cyanide solution of copper extraction from a Michigan ore.*
- Núm. 7.139, junio 1968.  
E. L. Litchfield, M. H. Hay y J. S. Monroe: *Electrification of ammonium nitrate in pneumatic loading.*
- Núm. 7.140, junio 1968.  
P. C. Good y O. C. Fursman: *Centrifugal dewatering of Jamaican red mud.*
- Núm. 7.141, junio 1968.  
M. Gómez, W. S. Landers y E. O. Wagner: *Entrained-bed carbonization of highly fluid bituminous coals.*
- Núm. 7.142, junio 1968.  
P. M. Johnson, R. L. Lincoln y E. R. McClure: *Development of a high-temperature interferometric dilatometer using a laser light source.*
- Núm. 7.143, junio 1968.  
R. M. Becker: *An anisotropic elastic solution for testing stress relief cores.*
- Núm. 7.144, junio 1968.  
C. I. Pierce y C. A. Komar: *Laboratory oil-recovery experiments using ultrasonic energy.*
- Núm. 7.145, julio 1968.  
M. J. Ferrante, F. E. Block y J. L. Schaller: *High purity vanadium by metallothermic reduction of vanadium trichloride.*
- Núm. 7.146, junio 1968.  
E. Morrice, E. S. Shed y T. A. Henrie: *Direct electrolysis of rare-earth oxides to metals and alloys in fluoride melts.*
- Núm. 7.147, junio 1968.  
N. E. Hanna y M. G. Zazetkis: *Pressure pulses produced by underground blasts.*
- Núm. 7.148, julio 1968.  
E. C. Pattee y otros: *Beryllium resources of Idaho, Washington, Montana, and Oregon.*
- Núm. 7.149, junio 1968.  
C. M. Mason, J. L. Uraco y J. C. Cooper: *Development and evaluation of nonincendive detonating cord.*
- Núm. 7.150, junio 1968.  
J. G. Donaldson y otros: *Boron and boron carbide by vapor deposition.*
- Núm. 7.151, julio 1968.  
F. W. Wood: *A model for molten pools in arc melting.*
- Núm. 7.152, junio 1968.  
A. W. Henderson, D. H. Yee y F. E. Block: *Conversion of tungsten oxychloride to tungsten hexachloride by chlorinations.*
- Núm. 7.153, junio 1968.  
H. A. Tucker y otros: *Rare-earth silicide additions to an alloy steel to increase toughness and ductility.*
- Núm. 7.154, julio 1968.  
J. Hudy Jr.: *Performance characteristics of coal-washing equipment.*
- Núm. 7.155, julio 1968.  
F. G. Horino: *Effects of planes of weakness on uniaxial compressive strength of model mine pillars.*
- Núm. 7.156, julio 1968.  
J. J. Henn y otros: *An evaluation of an ammonium sulfate leaching process for recovering manganese from Minnesota and Maine resources.*
- Núm. 7.157, julio 1968.  
J. W. Eckerd y otros: *Hollow-core anthracite briquets as blast furnace fuel.*
- Núm. 7.159, julio 1968.  
R. B. A. Adair y J. S. Browning: *Flotation of mica from pegmatites of Randolph County, Ala.*
- Núm. 7.160, julio 1968.

- J. J. Demeter y D. Bienstock: *Sulfur retention in anthracite ash*.  
 Núm. 7.161, julio 1968.
- K. H. Johnston: *Peroformance of a low permeability sandstone oil reservoir West Avant Field, Osage County, Okla.*  
 Núm. 7.163, julio 1968.
- J. B. Shutack y N. E. Hanna: *Evaluation of the explosive-anchored rock bolt*.  
 Núm. 7.164, julio 1968.
- R. E. Thill, J. R. McWilliams y T. R. Bur: *An acoustic bench for an ultrasonic pulse system*.  
 Núm. 7.065, enero 1968.
- F. X. Cannaday: *Piezoelectric pulsing equipment for shear wave velocity measurements in rock samples*.  
 Núm. 7.158, agosto 1968.
- E. A. Sondreal, W. R. Kube y J. L. Elder: *Analysis of the northern Great Plains province. Lignites and their ash: A study of variability*.  
 Núm. 7.162, agosto 1968.
- H. G. Iverson y H. Leitch: *Alumina extraction by autoclave precipitation of basic sodium aluminum sulfate*.  
 Núm. 7.165, agosto 1968.
- R. A. Bradbuen y M. L. Bowser: *Minuature bilivel alarm for oxygen-deficient atmospheres*.  
 Núm. 7.166, agosto 1968.
- F. E. Branthley, E. K. Landis y W. R. Cureton: *Purification and concentration of a cyclic manganese leach solution by elevated pressure-temperature methods*.  
 Núm. 7.167, agosto 1968.
- L. H. Adami y C. J. Joe: *Heats of formation of four anhydrous sodium borates*.  
 Núm. 7.168, agosto 1968.
- M. H. Stanczyk y I. L. Feld: *Investigation of operating variables in the attrition grinding process*.  
 Núm. 7.169, agosto 1968.
- W. L. Acherman, J. P. Carter y D. Schlain: *Corrosion properties of the TZM and molybdenum-30 tungsten alloys*.  
 Núm. 7.170, agosto 1968.
- W. S. Sannerl: *Ultrafine grinding of anthracite*.  
 Núm. 7.171, 1968.
- J. R. Hoskins y F. G. Horino: *Effect of end conditions on determining compressive strength of rock samples*.  
 Núm. 7.172, septiembre 1968.
- J. W. Smith, L. G. Trudell y K. E. Stanfield: *Characteristics of Green River formation oil shales at Bureau of Mines Wyoming corehole núm. 1*.  
 Núm. 7.173, septiembre 1968.
- E. W. Gresseth y R. R. Reid: *A petrofabric study of tectonic and mining induced deformations in a deep mine*.  
 Núm. 7.174, septiembre 1968.
- J. E. Zeilinger y A. W. Deurbrouck: *Preparation characteristics of coal from Clarion county, P. A.*  
 Núm. 7.175, septiembre 1968.
- J. O. Winget y R. E. Lindstrom: *Amino acids as retaining agents for separation of rare-earth elements on ion-exchange resin*.  
 Núm. 7.176, septiembre 1968.
- L. E. Paulson y W. W. Fowkes: *Changes in ash composition of North Dakota lignite treated by ion exchange*.  
 Núm. 7.178, septiembre 1968.
- D. H. Chambers, P. M. Sullivan y L. L. Kupper: *Chlorine dissolution of several ferroalloys*.  
 Núm. 7.179, septiembre 1968.
- R. W. Freedman y H. W. Lang: *A comparison of infrared and gas chromatographic methods for determination of methane in mine air*.  
 Núm. 7.180, septiembre 1968.
- R. W. Freedman, H. W. Lang y M. Jacobson: *Gas chromatographic analyses of the principal constituents of mine atmospheres*.  
 Núm. 7.181, septiembre 1968.
- S. Ergun y E. H. Bean: *Magnetic separation of pyrite from coals*.  
 Núm. 7.182, septiembre 1968.
- K. C. Dean y R. D. Groves y S. L. May: *Copper cementation using automobile scrap in a rotating drum*.  
 Núm. 7.184, octubre 1968.
- R. F. Abernethy y F. H. Gibson: *Colorimetric method for arsenic in coal*.  
 Núm. 7.185, octubre 1968.
- F. P. Haver, K. Uchida y M. M. Wong: *Recovery of sulfur from molybdenite*.  
 Núm. 7.186, octubre 1968.
- J. E. Murphy, E. Morrice y T. A. Henrie: *Field freezing of a cerium-iron alloy*.  
 Núm. 7.187, octubre 1968.
- D. R. Forshey, T. C. Ruhe y C. M. Mason: *The reactivity of ammonium nitrate-fuel oil with pyrite-bearing ores*.  
 Núm. 7.188, octubre 1968.
- A. J. Fergus, G. V. Sullyvan y G. F. Workentine: *Floitation characteristics of some beryllium minerals and associated gangue minerals*.  
 Núm. 7.189, octubre 1968.
- A. J. Fergus y G. V. Sullivan: *Microflotation studies of some columbium-tantalum minerals*.  
 Núm. 7.191, septiembre 1968.
- E. A. Mihik, M. Deul, C. E. Chamberlain y J. G. Selmeczi: *Mine water research*.  
 Núm. 7.194, octubre 1968.
- R. L. de Beauchamp y T. A. Sullivan: *Preparation of anhydrous chromous chloride*.  
 Núm. 341-G, 1968.
- G. C. Simmons: *Geology and iron deposits of the western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil*.  
 Núm. 297-F, 1968.
- J. A. Redeen: *Geology of the Berne quadrangle, Black Hills, South Dakota*.  
 Núm. 341-G, 1968.
- G. C. Simmons: *Geology and iron deposits of the western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil*.  
 Núm. 297-F, 1968.

PROFESIONAL PAPER. Publ. por el Geological Survey. Washington.

Núm. 297-F, 1968.

J. A. Redeen: *Geology of the Berne quadrangle, Black Hills, South Dakota*.

Núm. 341-G, 1968.

G. C. Simmons: *Geology and iron deposits of the western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil*.

- Núm. 344-E, 1968.
- A. Hietanen: *Belt series in the region around Snow Peak and Mallard Peak, Idaho*.  
 Núm. 433-F, 1968.
- E. A. Jenne y J. S. Wahlberg: *Role of certain stream-sediment components in radioisotope sorption*.  
 Núm. 448-D, 1968.
- R. L. Hosman y otros: *Tertiary aquifers in the Mississippi embayment*.  
 Núm. 448-E, 1968.
- E. H. Boswell, E. M. Cushing y R. L. Hosman: *Quaternary aquifers in the Mississippi embayment*.  
 Núm. 486-F, 1968.
- Ch. C. Mc. Donald y G. H. Hughes: *Studies of consumptive use of water by phreatophytes and hydrophytes near Yuma, Arizona*.  
 Núm. 516-E, 1968.
- J. C. Behrendet y otros: *A geophysical study in Grand Teton National Park and vicinity, Teton county, Wyoming*.  
 Núm. 536-A, 1968.
- B. R. Haley y T. A. Hendricks.  
 Núm. 570, 1968.
- H. L. James, C. E. Dutton y otros: *Geology and ore deposits of the Iron River-Crystal Falls district, Iron county, Michigan*.  
 Núm. 572, 1968.
- K. J. Englund: *Geology and coal resources of the Elk Valley area, Tennessee and Kentucky*.  
 Núm. 582-A, 1968.
- H. B. Fischer: *Methods for predicting dispersion coefficients in natural streams, with application to lower reaches of the Green and Duwamish rivers, Washington*.  
 Núm. 585-B, 1968.
- J. B. Shjeflo: *Evapotranspiration and the water budget of prairie potholes in North Dakota*.  
 Núm. 589, 1968.
- L. M. Gard, Jr.: *Geologic studies, Project Gnome, Eddy county, New Mexico*.  
 Núm. 593-F, 1968.
- E. L. Yochelson: *On the nature of Polylophia*.  
 Núm. 594-E, 1968.
- K. A. Dickinson: *Upper Jurassic stratigraphy of some adjacent parts of Texas, Louisiana, and Arkansas*.  
 Núm. 594-G, 1968.
- R. B. Johnson: *Geology of the rocks of the Spanish Peaks region, Colorado*.  
 Núm. 594-I, 1968.
- T. A. Stevens: *Critical review of the San Juan peneplain, southwestern Colorado*.  
 Núm. 594-J, 1968.
- G. O. Bacjman: *Geology of the Mockingbird Gap quadrangle, Lincoln and Socorro counties, New Mexico*.  
 Núm. 594-L, 1968.
- H. A. Totute'ot y W. A. Cobban: *Stratigraphic significance and petrology of phosphate nodules at base of Niobrara formation, east flank of Black Hills, South Dakota*.  
 Núm. 605-D, 1968.
- A. M. Speker: *Future development of the groundwater resource in the lower Great Miami River valley, Ohio. Problems and alternative solutions*.  
 Núm. 613-A, 1968.
- M. Gordon Jr.: *An early Reticuloceras zone fauna from the Hale formation in northwestern Arkansas*.  
 Núm. 580, 1968.
- U. S. Geological Survey y Bureau of Mines: *Mineral resources of the Appalachian Region*.  
 Núm. 587, 1968.
- G. A. Izett: *Geology of the Hot Sulphur Springs quadrangle, Grand county, Colorado*.  
 Núm. 610, 1968.
- A. H. Koschmann y M. N. Bergendahl: *Principal gold-producing districts of the United States*.  
 Núm. 529-F, 1968.
- Thomas J. M. Schopf: *Atlantic continental shelf and slope of the United States. Nineteenth Century Exploration*.  
 Núm. 543-J, 1968.
- K. W. Stanley: *Effects of the Alaska Earthquake of March 27, 1964 on shore processes and beach morphology*.  
 Núm. 600, 1968.
- Geological Survey Research, 1968. Chapter A.  
 Geological Survey Research, 1968. Chapter B.  
 Geological Survey Research, 1968. Chapter C.  
 Geological Survey Research, 1968. Chapter D.  
 Núm. 599-B, 1968.
- K. Watson: *Photoclinometry from spacecraft images*.  
 Núm. 599-C, 1968.
- D. J. Milton: *Structural Geology of the Henbury Meteorite Craters, Northern Territory, Australia*.  
 R. M. Pratt: *Atlantic continental shelf and slope of the United States.—Physiography and sediments of the deep-sea basin*.  
 Núm. 529-C, 1968.
- E. Uchupi: *Atlantic continental shelf and slope of the United States.—Physiography*.  
 Núm. 341-H, 1968.
- G. C. Simmons: *Geology and mineral resources of the Barao de Coais area, Minas Gerais, Brazil*.  
 Núm. 433-G, 1968.
- P. H. Carrigan Jr.: *Radioactive waste dilution in the Clinch river, Eastern Tennessee*.  
 Núm. 516-F, 1968.
- J. A. Pitkin: *Airborne measurements of terrestrial radioactivity as an aid to geologic mapping*.  
 Núm. 536-B, 1968.
- B. R. Haley: *Geology of the Scranton and New Blaine quadrangles, Logan and Johnson counties, Arkansas*.  
 Núm. 594-K, 1968.
- V. L. Freeman: *Geology of the Comstock-Indian Wells area, Val Verde, Terrell, and Brewster counties, Texas*.



- Núm. 613-B, 1968.  
E. L. Yochelson y C. R. Jones: *Teuchispira*, a New early ordovician gastropod genus.  
Núm. 313-D.  
E. L. Yochelson: *Biostratigraphy of the Phosphoria, Park City, and Shehorn Formations*.  
Núm. 397.  
J. E. Gair y R. E. Thanden: *Geology of the Marquette and Sands Quadrangles, Marquette County Michigan*.  
Núm. 422-L.  
W. B. Langbein y L. B. Leopold: *River channel bars and dunes-theory of kinematic waves*.  
Núm. 422-M.  
K. M. Scott y G. C. Gravlee Jr.: *Flood surge on the Rubicon River, California-hydrology, hydraulics and boulder transport*.  
Núm. 433-E.  
W. W. Sayre y F. M. Chang: *A laboratory investigation of open channel dispersion processes for dissolved, suspended, and floating dispersants*.  
Núm. 497-D.  
R. H. Meade: *Compaction of sediments underlying areas of land subsidence in Central California*.  
Núm. 554-G.  
W. W. Mallory: *Pennsylvanian and associated rocks in Wyoming*.  
Núm. 559-B.  
A. R. Palmer: *Cambrian trilobites of East Central Alaska*.  
Núm. 568.  
W. C. Overstreet, A. M. White y otros: *Fluvial mona-site deposits in the Southeastern United States*.  
Núm. 596.  
H. E. Malde: *The catastrophic late Pleistocene Bonneville flood in the Snake River Plain, Idaho*.  
Núm. 571.  
J. A. Wolfe: *Paleogene biostratigraphy of nonmarine rocks in King County, Washington*.  
Núm. 576-B.  
D. R. Shawe: *Petrography of sedimentary rocks in the Slick Rock District, San Miguel and Dolores Counties, Colorado*.  
Núm. 581-B.  
J. Hülsemann: *Calcium carbonate, organic carbon, and nitrogen in sediments from drills holes on the continental margin off Florida*.  
Núm. 584-B.  
A. J. Boucot y J. G. Johnson: *Brachiopods of the Bo's Blanc Formation in New York*.  
M. R. Carriker y E. L. Yochelson: *Recent gastropod boreholes and Ordovician cylindrical borings*.  
Núm. 593-C.  
R. W. Imlay: *Lower Jurassic (Pliensbachian and Toarcian) Ammonites from Eastern Oregon and California*.  
Núm. 593-E.  
K. E. Lohman y G. W. Andrews: *Late Eocene nonma-rine diatoms from the Beaver Divide Area, Fremont County, Wyoming*.  
Núm. 593-G.  
A. G. Smith y otros: *New Upper Cretaceous Amphineura (Mollusca)*.  
Núm. 593-H.  
R. J. Ross, Jr.: *Brachiopods from the upper part of the Garden City Formation (Ordovician), North-Central Utah*.  
Núm. 593-I.  
S. H. Mamay: *Russellites, new genus, a problematical plant form the Lower Permian of Texas*.  
Núm. 594-A.  
P. E. Soister: *Stratigraphy of the Wind River Formation in South-Central Wind River Basin, Wyoming*.  
Núm. 594.  
T. S. Lovering y Celeste Engel: *Translocation of silica and other elements from rock into Equisetum and three grasses*.  
Núm. 594-C.  
B. F. Leonard, Cynthia W. Mead y Nancy Conklin: *Silver rich disseminated sulfides from a tungsten-bearing quartz lode, Big Creek District, Central Idaho*.  
Núm. 597.  
R. A. Sheppard y A. J. Gude 3d: *Distribution and genesis of authigenic silicate minerals in tuffs of Pleistocene, Lake Tecopa, Inyo County, California*.  
Núm. 605-C.  
A. M. Spieker: *Effect of increased pumping of ground water in the Fairfield-New Baltimore Area, Ohio-A prediction by analog-model study*.  
Núm. 607.  
R. S. Fiske y R. Y. Koyanagi: *The December 1965 eruption of Kilauea Volcano, Hawaii*.  
Núm. 612.  
R. L. Parker y M. Fleischer: *Geochemistry of niobium and tantalum*.
- WATER-SUPPLY PAPER. Publ. por el Geological Survey, Department of the Interior, Washington.  
Núm. 1.535-M.  
D. W. Fischer: *Annual variations in chemical composition of atmospheric precipitation Eastern North Carolina and Southeastern Virginia*.  
Núm. 1.586-I.  
T. R. Cummings: *Salt-water encroachment in the South Edisto River estuary, South Carolina*.  
Núm. 1.586-H.  
G. R. Dempster Jr., G. A. Lutz: *Water-discharge determinations for the tidal reach of the Willamette River from Ross Island Bridge to Mile 10.3, Portland, Oregon*.  
Núm. 1.608-I.  
W. V. Swarzenski: *Fresh and saline ground-water zones in the Punjab Region, West Pakistan*.  
Núm. 1.663-C.  
H. G. Rodis y J. M. de Castro Araujo: *Ground-water*

- resources of the Açu Valley, Rio Grande do Norte, Brazil*.  
Núm. 1.690.  
H. F. Matthai: *Magnitude and frequency of floods in the United States*.  
Núm. 1.696-F.  
K. W. Edwards: *Isotopic analysis of uranium in natural waters by alpha spectrometry*.  
Núm. 1.741.  
S. K. Love: *Quality of surface waters of the United States 1960*.  
Núm. 1.742.  
S. K. Love: *Quality of surface waters of the United States 1960*.  
Núm. 1.745.  
S. K. Love: *Quality of surface waters of the United States 1960*.  
Núm. 1.757-G.  
L. C. Dutcher y H. E. Thomas: *Regional geology and ground-water hydrology of the Sāhil Sūrah area, Tunisia*.  
Núm. 1.757-J.  
H. G. Rodis, Agdulla Hassan y L. Wahadan: *Ground-water geology of Kordofan province, Sudan*.  
Núm. 1.757-I.  
R. E. Miller y otros: *Ground-water hydrology of the Chad basin in Bornu and Dikwa Emirates, Northeastern Nigeria, with special emphasis on the flow life of the artesian system*.  
Núm. 1.798-D.  
J. C. Mundorff: *Fluvial sediment in the drainage area of K-79 reservoir, Kiowa Creek Basin, Colorado*.  
Núm. 1.827-B.  
J. D. Hem: *Graphical methods for studies of aqueous aluminium hydroxide, fluoride and sulfate complexes*.  
Núm. 1.839-F.  
C. F. Keech y otros: *Availability of ground water in York County, Nebraska*.  
Núm. 1.839-O.  
G. R. Kunkle: *A hydrogeologic study of the ground-water reservoirs contributing base runoff to Four Mile Creek, East-Central Iowa*.  
Núm. 1.839-L.  
C. F. Keech y V. H. Dreeszen: *Geology and ground-water resources of Fillmore County, Nebraska*.  
Núm. 1.848.  
L. J. Bjorklund y G. B. Robinson, Jr.: *Ground-water resources of the Sevier River basin between Yuba Dam and Leamington Canyon, Utah*.  
Núm. 1.853.  
E. A. Bell y D. J. Nyman: *Flow pattern and related chemical quality of ground water in the "500-Foot" sand in the Memphis Area, Tennessee*.  
Núm. 1.856.  
R. Newcome Jr. y otros: *Water for the growing needs of Harrison County, Mississippi*.  
Núm. 1.859-B.  
H. T. Mitten y otros: *Chemical quality of surface waters in Devils Lake Basin, North Dakota, 1952-60*.  
Núm. 1.862.  
R. L. Konizeski y otros: *Geology and ground-water resources of the Deer Lodge Valley, Montana*.  
Núm. 1.876.  
L. J. Hamilton y Q. F. Paulson: *Geology and ground-water resources of the Lower Bighorn Valley, Montana*.  
Núm. 1.859-C.  
G. A. Bedbar y otros: *Analysis of water quality of the Mahoning in Ohio*.  
Núm. 1.608-J, 1968.  
G. D. Bennett y otros: *Electric analog studies of brine coning beneath fresh-water wells in the Punjab region, West Pakistan*.  
Núm. 1.672, 1968.  
R. H. Tice: *Magnitude and frequency of floods in the United States. Part. 1. North Atlantic slope basins, New York to York River*.  
Núm. 1.678, 1968.  
J. L. Patterson y Ch. R. Gamble: *Magnitude and frequency of floods in the United States. Part. V. Hudson Bay and Upper Mississippi River basins*.  
Núm. 1.845, 1968.  
C. L. McGuinness: *Ground-water levels in the United States, 1961-65*.  
Núm. 1.855, 1968.  
C. L. McGuinness: *Ground-water levels in the United States, 1961-65. (Southwestern States)*.  
Núm. 1.857, 1968.  
H. N. Halberg, C. T. Bryant y M. S. Hines: *Water resources of Grant and Hot Spring counties, Arkansas*.  
Núm. 1.858, 1968.  
J. E. Bowie y W. Kam: *Use of water by riparian vegetation, Cottonwood Wash, Arizona*.  
Núm. 1.859-A, 1968.  
K. S. Muir: *Ground-water reconnaissance of the Santa Barbara-Montecito area, Santa Barbara county, California*.  
Núm. 1.859-D, 1968.  
I. Barnes y R. Bentall: *Water-mineral relations of Quaternary deposits in the lower Platte River drainage area in Eastern Nebraska*.  
Núm. 1.882, 1968.  
S. K. Love: *Quality of surface waters of the United States 1961. Parts 3 y 4. Ohio River basin and St. Lawrence River basin*.  
Núm. 1.798-E, 1968.  
K. M. Scott y otros: *Sedimentation in the Piru Creek watershed, Southern California*.  
Núm. 1.861, 1968.  
B. W. Thonsen y H. H. Schumann: *Water resources of the Sycamore Creek watershed, Maricopa county, Arizona*.  
Núm. 1.890, 1968.  
T. B. Dover, A. R. Leonard y L. L. Laine: *Water for Oklahoma*.  
Núm. 1.871, 1968.  
W. J. Schneider: *Water data for Metropolitan areas*.

Núm. 1.830-B, 1968.  
J. O. Rostvedt: *Summary of floods in the United States during 1963.*

BULLETIN. Publ. por la Geological Society of America, Boulder, Colorado.

- Vol. 79, núm. 1, enero 1968.  
K. B. Krauskopf: *A tale of ten plutons.*  
J. Thakill: *Chemical and hydrologic factors in the excavation of limestone caves.*  
W. M. Chapple: *A mathematical theory of finite-amplitude rock-folding.*  
J. T. Neal, A. M. Langer y P. F. Kerr: *Giant desiccation polygons of great basin playas.*  
R. E. Wall: *A sub-bottom reflection survey in the central basin of Lake Eire.*  
N. A. Ostenso: *Geophysical studies in the Greenland Sea.*  
Vol. 79, núm. 2, febrero 1968.  
F. A. Swenson: *New theory of recharge to the artesian basin of the Dakotas.*  
H. G. Multer y J. E. Hoffmeister: *Subaerial laminated crusts of the Florida Keys.*  
F. R. Karner: *Compositional variation in the Tunk Lake granite pluton, Southeastern Maine.*  
J. C. Kelley: *Least squares analysis of tectonic fabric data.*  
N. A. Ostenso: *A gravity survey of the Chukchi Sea region, and its bearing on westward extension of structures in Northern Alaska.*  
N. Potter, Jr., y J. H. Moss: *Origin of the Blue Rocks field and adjacent deposits, Berks County, Pennsylvanian.*  
Vol. 79, núm. 3, marzo 1968.  
W. S. Motts: *The control of ground-water occurrence by lithofacies in the Guadalupian Reef Complex.*  
R. F. Lint y G. Bond: *Pleistocene sand ridges and pans in Festern Rhodesia.*  
M. R. Mudge: *Depth control of some concordant intrusions.*  
D. L. Baars y P. D. See: *Pre-Pennsylvanian stratigraphy and paleotectonics of the San Juan Mountains, Southwestern Colorado.*  
R. P. Sharp: *Sherwin Till-Bishop Tuff geological relationships, Sierra Nevada, California.*  
K. L. Chakraborty y P. B. Taron: *Thermal metamorphism of the banded iron formation of Orissa, India.*  
C. S. Hutchison: *Dating tectonism in the Indosinian-Thai-Malayan orogen by thermoluminescence.*  
Vol. 79, núm. 4, abril 1968.  
F. B. Van Nouten: *Iron oxides in Red Beds.*  
B. E. McMahon y D. U. Strangway: *Stratigraphic implications of paleomagnetic data from Upper Paleozoic-Lower Triassic Redbeds of Colorado.*  
R. L. Armstrong: *Sevier orogenic belt in Nevada and Utah.*  
H. M. Bolli y otros: *Biostratigraphy and paleotempe-*

- raures of a section cored in the Nicaragua Rise, Caribbean Sea.*  
J. H. Mercer: *Glacial geology of the Reedy Glacier, Area Antarctica.*  
Vol. 79, núm. 6, junio 1968.  
D. S. Gorsline y otros: *Holocene sedimentation in Tanner Basin, California continental borderland.*  
A. H. White: *The glacial origin of carboniferous conglomerates West of Barraba, New South Wales.*  
P. G. Temple: *Mechanics of large scale gravity sliding in the Greek Peloponnesos.*  
R. J. Eyles: *Stream net ratios in West Malaysia.*  
D. I. Axelrod: *Tertiary floras and topographic history of the Snake River Basin, Idaho.*  
J. M. Kennedy: *A microwave radiometric study of buried karst topography.*  
Vol. 79, núm. 7, julio 1968.  
M. S. Paterson y L. E. Weiss: *Folding and boudinage of quartz-rich layers in experimentally deformed phyllite.*  
G. W. Starke y A. D. Howard: *Polygenetic origin of Monterey submarine canyon.*  
G. M. Lamb: *Stratigraphy of the Lower Mancos shale in the San Juan Basin.*  
W. A. Watts y R. C. Brigh: *Pollen, seed, and mollusk analysis of a sediment core from Pickerel Lake, Northeastern South Dakota.*  
G. A. MacDonald y H. A. Powers: *A further contribution to the petrology of Ha'eakala volcano, Hawaii.*  
A. Straw: *Late Pleistocene glacial erosion along the Nicaragua escarpment of Southern Ontario.*  
G. A. Davis: *Westward thrust faulting in the South-Central Klamath Mountains, California.*  
Vol. 79, núm. 8, agosto 1968.  
W. E. LeMasurier: *Crystallization behavior of basalt magma, Santa Rosa Range, Nevada.*  
R. W. Ojakangas: *Cretaceous sedimentation, Sacramento Valley, California.*  
J. H. Birman: *Glacial reconnaissance in Turkey.*  
M. A. Lanphere y otros: *Isotopic age of the nevadian orogeny and older plutonic and metamorphic events in the Klamath Mountains, California.*  
Vol. 79, núm. 9, septiembre 1968.  
J. D. Bredehoeft y B. B. Hanshaw: *On the maintenance of anomalous fluid pressures: I. Thick sedimentary sequences.*  
B. B. Hanshaw y J. D. Bredehoeft: *On the maintenance of anomalous fluid pressures: II. Source layer at depth.*  
B. Chardwick: *Deformation and metamorphism in the Lukmanier Region, Central Switzerland.*  
D. L. Peck y T. Minakami: *The formation of columnar joints in the upper part of Kilauean lava lakes, Hawaii.*  
K. Bell y L. E. Nielsen: *Age relations and provenance of the Dalradian series of Scotland.*  
W. C. Bradley y W. O. Addicot: *Age of first marine terrace near Santa Cruz, California.*  
D. J. Colquhoun, S. M. Herrick y H. G. Richards: *A fossil assemblage from the Wicomico Formation in Berkeley County, South Carolina.*

- M. N. Qureshy, N. K. Brahmam y otros: *Gravity anomalies and the Godavari rift, India.*  
A. A. Abdel-Monem y J. L. Kulp: *Paleogeography and the source of sediments of the Triassic basic, New Jersey, by K. Ar dating.*  
Vol. 78, núm. 12, diciembre 1968.  
R. F. Legget: *Soil: Its geology and use.*  
W. B. Bryan: *Geology and petrology of Clarion Island, Mexico.*  
A. L. Bloom: *Pleistocene shorelines: A new test of isostasy.*  
B. G. J. Upton y otros: *The petrology of Rodriguez Island, Indian Ocean.*  
S. O. Bird: *The binomial distribution applied to the percentage method of stratigraphic correlation.*

CONTRIBUTIONS. Publ. por la Universidad de Kansas, Lawrence.

- Núm. 31, septiembre 1968.  
J. E. Conkin y B. M. Conkin: *Scalarituba Missouriensis and its stratigraphic distributions.*  
Núm. 32, septiembre 1968.  
J. B. Stough: *Palynomorphs from South America.*  
Núm. 33, octubre 1968.  
J. M. Cocke y A. L. Bowsher: *New Tabulate genus Sutherlandia (Cocenterata, Anthozoa) from Pennsylvanian of Oklahoma and Kansas.*

PUBLICATIONS IN GEOLOGICAL SCIENCES. Publ. por la Universidad de California, Los Angeles.

- Vol. 75, 1968.  
R. V. Fisher: *Pyrogenic mineral stability, lower member of the John Day formations, Eastern Oregon.*  
Vol. 76, 1968.  
M. P. Pabst: *The flora of the Chuckanut Formation of Northwestern Washington.*  
Vol. 77, 1968.  
R. A. Stirton y otros: *Australian Tertiary deposits containing terrestrial mammals.*

CIRCULAR. Publ. por el Geological Survey de Illinois, Urbana.

- Núm. 418, 1968.  
W. L. Busch: *Mineral production in Illinois in 1966.*  
Núm. 419, 1969.  
W. H. Smith: *Strippable coal reserves of Illinois.*  
Núm. 420, 1968.  
J. C. Brapbury, G. C. Finger y R. L. Major: *Fluorspar in Illinois.*  
Núm. 421, 1968.  
R. F. Mast, N. F. Shimp y P. A. Witherspoon: *Geoche-*

*mical trends in Chesterian (Upper Mississippian). Waltersburg crudes of the Illinois basin.*

- Núm. 422, 1968.  
M. R. McComas: *Geology related to land use in the Hennepin region.*  
Núm. 423, 1968.  
H. W. Jackman y J. R. Helfinstine: *Drying and preheating coals before coking. Part 1. Individual coals.*  
Núm. 424, 1968.  
H. M. Bristol y R. Prescott: *Geology and oil production in the Tuscola area, Illinois.*  
Núm. 425, 1968.  
J. A. Lineback: *Turbidites and other sandstone bodies in the Borden siltstone (Mississippian) in Illinois.*  
Núm. 426, 1968.  
R. E. Bergtrom: *Feasibility of subsurface disposal of industrial wastes in Illinois.*  
Núm. 427, 1968.  
J. C. Frye, H. D. Glass y H. B. Willman: *Mineral zonation of Woodfordian loesses of Illinois.*  
Núm. 428, 1968.  
R. E. Hunter: *Heavy minerals of the Cretaceous and Tertiary sands of extreme southern Illinois.*  
Núm. 429, 1968.  
I. E. Odom y W. E. Parham: *Petrography of Pennsylvanian underclays in Illinois and their application to some mineral industries.*  
Núm. 430, 1968.  
H. E. Rise: *Gasification and liquefaction; their potential impact on various aspects of the coal industry.*

STANFORD UNIVERSITY PUBLICATIONS. Publ. por la Universidad de Stanford, California.

- Vol. XII, núm. 1, 1968.  
J. Deunff y W. R. Evitt: *Tunisphaeridium, a new Acrilarch genus from the Silurian and Devonian.*  
Vol. XII, núm. 2, 1968.  
W. R. Evitt y D. Wall: *Dinoflagellate studies. IV. Theca and cyst of recent freshwater Peridinium limbatum (Stokes), Lemmermann.*  
Vol. XI, 1968.  
W. R. Dickinson y A. Grantz: *Proceedings of conference on geologic problems of San Andreas fault system.*

BULLETIN. Publ. por el State Geological Survey of Kansas, Lawrence, Kansas.

- Núm. 190, 1968.  
M. O. Oros y D. L. Beene: *Oil and gas developments in Kansas during, 1966.*  
Núm. 188, 1968.  
Stuart W. Fader: *Ground water in the Republican River area, Cloud, Jewell, and Republic counties, Kansas.*



- Núm. 189, 1968.  
D. E. Zeller: *The stratigraphic succession in Kansas*.  
Núm. 191, parte 1, 1968.  
D. E. Zeller: *Short papers on research in 1967*.  
Núm. 191, parte 2, 1968.  
J. R. Ward: *A study of the joint patterns in gently dipping sedimentary rocks of South-Central Kansas*.
- 
- WORLD MINING. Publ. por Miller Freeman publications, San Francisco, California.  
Vol. 22, núm. 1, enero 1969.  
G. O. Argall, Jr.: *Moroccan phosphate*.  
R. J. M. Wyllie: *Mechanized cut and fill stoping*.  
P. Martin: *Cuban mining today*.  
Vol. 22, núm. 2, febrero 1969.  
R. J. M. Wyllie: *Mechanized cut and fill stoping*.  
L. O. Nilsson y K. G. Cederberg: *How cement floor is made*.  
J. P. Prouhet: *Anglo American develops*.
- 
- PALEONTOLOGICAL CONTRIBUTIONS. Publ. por la Universidad de Kansas, Kansas.  
Núm. 48, abril 1968.  
S. Gartner Jr.: *Coccoliths and related calcareous nanofossils from Upper Cretaceous deposits of Texas and Arkansas*.  
Núm. 49, agosto 1968.  
W. V. Sitter: *Upper Cretaceous foraminifera from Southern California and Northwestern Baja California, Mexico*.
- 
- TECHNIQUES OF WATER-RESOURCES INVESTIGATIONS. Publ. por Geological Survey, Washington.  
B. R. W. Carter y J. Davidian: *General procedure for gaging streams*.  
Núm. 4, Chapter A1, 1968.  
H. C. Riggs: *Some statistical tools in hydrology*.  
Núm. 4, Chapter A2, 1968.  
H. C. Riggs: *Frequency curves*.  
Núm. 8, Chapter B2, 1968.  
G. F. Smoot y Ch. E. Novak: *Calibration and maintenance of vertical-axis type current meters*.
- 
- OKLAHOMA GEOLOGY NOTES. Publ. por el Geological Survey of Oklahoma, Norman, Oklahoma.  
Vol. 28, núm. 4, agosto 1968.  
Annual Report.  
Vol. 28, núm. 5, octubre 1968.  
J. L. Davis: *Meteorologic and hydrologic relationships on the Great Salt Plains of Oklahoma*.
- 
- Vol. 28, núm. 6, diciembre 1968.  
P. Jan Cannon: *Pleistocene stream piracy in Southwestern Oklahoma*.  
Vol. 29, núm. 1, febrero 1969.  
A. B. McMahan: *The mineral industry of Oklahoma in 1968*.
- 
- COMPUTER CONTRIBUTION. Publ. por el Geological Survey, University of Kansas, Lawrence.  
Núm. 21, 1968.  
W. C. Wahlstedt y J. C. Davis: *Fortran IV program for computation and display of principal componentes*.  
Núm. 22, 1968.  
D. F. Merriam y N. C. Cocke: *Computer applications in the earth sciences: Colloquium on simulation*.  
Núm. 23, 1968.  
D. B. McIntyre, D. D. Pollard y R. Smith: *Computer programs for automatic contouring*.  
Núm. 24, 1968.  
G. F. Bonham-Carter y A. J. Sutherland: *Mathematical model and Fortran IV program for computer simulation of deltaic sedimentation*.  
Núm. 25, 1968.  
E. H. Tymothy Whitten: *Fortran IV CDC 4600 computer program to analyze subsurface fold geometry*.  
Núm. 26, 1968.  
W. C. Krumbein: *Fortran IV computer program for simulation of transgression and regression with continuous-time Markov models*.
- 
- BULLETIN. Publ. por el Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Massachusetts.  
Vol. 136, núm. 8, febrero 1968.  
Eviatar Nevo: *Pipid frogs from the Early Cretaceous of Israel and pipid evolution*.  
Vol. 136, núm. 13, mayo 1968.  
B. Kummel: *Additional Scythian Ammonoids from Afghanistan*.
- 
- REPORT OF INVESTIGATIONS. Publ. por el Department of Registration and Education, Illinois.  
Núm. 221, 1968.  
J. E. Bruecjmman y R. E. Bregstrom: *Ground-water geology of the Rock Island, Monmouth, Galesburg and Kewanee area, Illinois*.
- 
- TRANSACTIONS. Publ. por la American Geophysical Union, Washington.  
Vol. 49, núm. 2, junio 1968.  
Vol. 49, núm. 3, septiembre 1968.  
Vol. 49, núm. 4, diciembre 1968.



- BULLETIN. Publ. por el Oklahoma Geological Survey, Norman, Oklahoma.  
Núm. 116, 1968.  
R. F. Lundin: *Haragan ostracodes*.
- 
- BULLETIN. Publ. por el Bureau of Mines, Department of the Interior, Washington.  
Núm. 644, 1968.  
*Tunneling: recommended safety rules*.
- 
- NOTES. Publ. por el Oklahoma Geological Survey, University of Oklahoma, Norman.  
Vol. 28, núm. 2, abril 1968.  
R. J. Miola, B. J. Phillips y D. Weiser: *Differentiation of beach, river and inland dune sands by natural parameters*.  
H. Spall: *Paleomagnetism of basement granites of Southern Oklahoma and its implications; progress report*.  
Vol. 28, núm. 3, junio 1968.  
J. T. Bado: *Geology of the North Mustang and South Yukon fields, T. 11 N., R. 5 W., Canadian county, Oklahoma*.  
E. C. Stoeve, Jr.: *Earth science instruction in Oklahoma high schools*.
- 
- AIRE COMPRIMIDO. Publ. por Compressed Air Magazine Company, Phillipsburg, New Jersey.  
Vol. 4, núm. 2, marzo-abril 1968.

## Trabajos de próxima aparición

- El número de marzo-abril de 1970 (2.º fascículo, tomo 81) se dedicará a las aportaciones de la III Reunión de Geólogos del NO., que se celebró en Galicia y Norte de Portugal en septiembre de 1969.
- Otros trabajos:
- Conocimiento petrológico de Galicia, por L. F. Medina Valderrama.  
Ensayo de bombeo y valoración de la eficacia del pozo de «El Ferrol del Bernesga» (León), por L. Llorente Herro y M. Villanueva Martínez.  
Estudio geológico de la zona Caniles-Serón (Cordilleras Béticas), por A. Maldonado.  
Financiación de la minería, por E. Fernández Marina.
- Sobre el análisis cuantitativo por microsonda electrónica, por J. López Ruíz.  
Estudio cristalográfico de los granates de «El Hoyazo» (Almería), por J. E. Iglesias y J. L. Martín Vivaldi.  
Reconocimiento del Terciario de la provincia de Almería, por L. Brun e I. Díaz de Berricano.  
Estudio mineralógico de niveles arcillosos del Triás alpujárride, por P. Fenoll.  
Resumen cristalográfico de granates de facies metamórficas de Sierra Nevada, por P. Fenoll.  
Descubrimiento de unos yacimientos de sales sódicas en Ubeda (Jaén), por F. Esteban Santisteban.  
Fuentes antiguas sobre la minería de España y, en particular, de Sierra Morena, por E. Marquez Triguero.

INDICE DE MATERIAS

Páginas

Geología

Estratigrafía, edad y espesor atribuibles al Liásico Manchego y sus relaciones con algunos sectores de la Cordillera Ibérica, por C. Gaibar-Puertas y Otto G. Geyer ... 1

Estratigrafía y tectónica del Triás de la Cordillera Prelitoral Catalana, por M. de Renzi de la Fuente ... 45

Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola (Alicante), por C. Gaibar-Puertas y J. Cuerda Barceló ... 105

Consideraciones sobre la Paleogeografía durante el Cámbrico y Ordovícico en Asturias y Norte de León, por J. R. Parga ... 124

Nota previa sobre el descubrimiento de un yacimiento de fósiles cuaternarios en la ría de Ea (Vizcaya), por J. A. Espejo y T. de Torres ... 129

Essai sur la paléogéographie des Cordillères Bétiques orientales (Espagne meridionale), por F. Fernex et J. Magne ... 203

Sobre el sentido de los corrimientos de los Mantos Alpujarrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, provincia de Granada), por F. Aldaya Valverde ... 212

Les rapports du subbétique et du pénibétique dans la Serranía de Grazalema, par P. Chauve ... 218

Un hiénido de las cavernas de Pedraza de la Sierra (Segovia), por T. J. de Torres Perezshidalgo ... 231

El complejo ortonésico de Pola de Allande (Asturias), por L. G. Corretge Castañón ... 289

Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa), por J. Ramírez del Pozo ... 307

Nota sobre el descubrimiento de olitostromas en la región de Ecija, por G. Chapond y C. Ruiz Celaa ... 333

Estudio sedimentológico de calizas páramo del Terciario de la cubeta del Tajo, por P. Arévalo, A. de Leiva y O. Riba ... 525

Estudio sedimentológico y estratigráfico de la Isla del Aire (Menorca), por J. Rosell Sanuy, A. Obrador y B. Mercadal ... 538

Precisiones acerca del Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla), por C. Vignier ... 545

Minería

Génesis de los yacimientos de hierro de la Sierra de El Pedroso y El Travieso, por F. Vázquez Guzmán y L. Amado Cueto ... 50

Investigaciones auríferas en la provincia de Cáceres, por J. Pérez Regodón ... 131

Estudio geológico de los yacimientos uraníferos de «Mesas de Poyato» y «Hoya del Lobo», La Serena (Badajoz), por E. Ramírez, ... 547



	Páginas
<i>Aguas subterráneas</i>	
Mecanismos sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica, por <i>A. Eraso</i> ... ..	146
La insaturación del agua en la zona freática del karst y sus fundamentos termodinámicos, por <i>A. Eraso</i> ... ..	336
La corrosión climática en las cavernas, por <i>A. Eraso Romero</i> ... ..	564
<i>Energía</i>	
Correlación estratigráfica de los sondeos perforados en el Sahara español, por <i>El Departamento de Investigaciones Petrolíferas de Auzini</i> ... ..	235
<i>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</i>	
Aportación a la cateadura biogeoquímica por medio de pinos, por <i>J. M. López de Azcona</i> ... ..	62
Aportaciones geofísicas al conocimiento de los acuíferos existentes en las proximidades de Chiclana de la Frontera, Puerto Real y El Puerto de Santa María (Cádiz), por <i>F. Esteban Santisteban</i> ... ..	252
Los temas fundamentales del XV C. S. I., por <i>J. M. López de Azcona</i> ... ..	391
Le dosage des elements de traces dans les roches et les minéraux par les methodes spectrocopiques, por <i>M. Roubault</i> ... ..	394
Trends in applied geochemical and biogeochemical analysis, por <i>R. L. Mitchell</i> ... ..	395
Requerimientos instrumentales y químicos-analíticos en las aplicaciones de la fotometría de llama por absorción atómica en problemas geoquímicos, por <i>J. Ramírez</i> ... ..	402
The role of optical spectrochemical and X-ray fluorescence methods in the study of the composition of meteorites, por <i>L. H. Ahrens and H. von Michaelis</i> ... ..	420
Infrared spectroscopy of some sulphide minerals, por <i>A. H. Guilleison</i> ... ..	429
Le methode spectrale de la determination des rares elements dans la chromatigraphie des bitumines, por <i>L. Szopeprowska-Mamozarzyk</i> . ... ..	436
Optimun condition for trace analysis of geological materials using a fusion technique in combination with a gas-stabilized d. c. arc, por <i>P. W. J. M. Boumans and F. J. M. J. Maessen</i> ... ..	437
Determinación de macroconstituyentes en minerales de uranio mediante espectroscopia de lectura directa, por <i>M. Roca</i> ... ..	445
Geochemical analysis with a multi-channel direct reader employing direct current arc excitation, por <i>R. O. Scott, J. C. Burridge and R. L. Mitchell</i> ... ..	446
Determination of trace elements in rocks by spectrograph, por <i>A. Petho</i> ... ..	452
Anwendung de infraroter Spektroskopie zur Erosterung des Mechanismus der Aktivierung der Montmorillonite, por <i>M. Pisarčík y D. Grman</i> ... ..	457
A comparison of X-ray fluorescence with direct electron excitation techniques for the analysis of silicate rocks, por <i>A. Strasheim and M. P. Brandt</i> ... ..	462

	Páginas
Some properties of the spectrochemical data and their utilization for geochemical purposes, por <i>P. Zentai</i> ... ..	463
The importance of X-ray fluorescence spectrometry as an analytical tool for the geochemist, por <i>J. P. Willis</i> ... ..	464
Les effects de matrice et leur correction dans le dosage des traces par absorption atomique, <i>M. Pinta and C. Riandey</i> ... ..	465
Spurenalyse von Edelmetallen in Wasser mittels selektiver Ionenaustauscher und Emissionsspektrographie, por <i>R. Buijle und F. J. Haftka</i> ... ..	475
Spektrographische Bestimmung der Metallspuren in der Atmosphäre, por <i>J. Perman y E. Perman</i> ... ..	476
Laser microspectral investigation of meteorites, por <i>N. Nikolov, A. P. Petkov, G. Dimitrov and D. Dimov</i> ... ..	485
Microspectrochemical analysis of minerals with a neodymium laser, por <i>L. Georgieva and A. Petrakiev</i> ... ..	491
Influencia de determinadas sustancias en el análisis espectroquímico de boro en agua, por <i>F. Burriel Martí y C. Álvarez Herrero</i> ... ..	496
Estudio espectroquímico de elementos traza en yesos de la cubeta del Tajo, por <i>C. Álvarez, J. R. Galván, J. J. Alonso y F. Burriel</i> ... ..	501
Matière organique dans les roches cuprifères de Basse Silésie (Pologne), por <i>J. Szczepkowska-Mamczarczyk</i> ... ..	516

*Estudios de minerales y rocas*

Las bentonitas de Cabo de Gata: III. Consideraciones sobre la mineralogía y génesis de los yacimientos estudiados, por <i>J. L. Martín Vivaldi y J. Linares González</i> ... ..	74
Estudio del feldespató potásico de Zarzalejo (El Escorial, Madrid), por medio de la microsonda, <i>P. Arévalo y M. Corlett</i> ... ..	169
Determinación por difracción de Rayos X de las distintas fases del sistema «Sulfato-Cálcico-H <sub>2</sub> O», por <i>P. Salvador Salvador</i> ... ..	262
Estudio petrológico de los afloramientos graníticos de Santa Elena y Linares (Jaén), por <i>V. Sánchez Cela y A. Aparicio Yagüe</i> ... ..	344
La sustitución de pentlandita por siegenita, por <i>J. Sierra López y A. de Vergara Schulze</i> ... ..	352
Presencia de idaíta y enargita-luzonita en la mina de uranio y cobre «La Virgen», Andújar (Jaén), por <i>M. Martín Calvo</i> ... ..	360
Propiedades ópticas de los medios homogéneos anisótropos, por <i>J. L. Díaz Fernández</i> ... ..	582

# INDICE DE AUTORES

	Páginas
AHRENS, L. H. and VON MICHAELIS, H.: The role of optical spectrochemical and X-ray fluorescence methods in the study of the composition of meteorites ... ..	420
ALDAYA VALVERDE, F.: Sobre el sentido de los corrimientos de los Mantos Alpujarrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, provincia de Granada) ... ..	212
ALONSO, J. J.; ALVAREZ, C.; GALVÁN, J. R. y BURRIEL, F.: Estudio espectroquímico de elementos traza en yesos de la cubeta del Tajo. ... ..	501
ALVAREZ, C.; GALVÁN, J. R.; ALONSO, J. J., y BURRIEL, F.: Estudio espectroquímico de elementos traza en yesos de la cubeta del Tajo. ... ..	501
ALVAREZ HERRERO, C. y BURRIEL MARTÍ, F.: Influencia de determinadas sustancias en el análisis espectroquímico de boro en agua. ... ..	496
AMADO CUETO, L. y VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: Génesis de los yacimientos de hierro de la Sierra de El Pedroso y El Travieso ... ..	50
APARICIO YAGÜE, A. y SÁNCHEZ CELA, V.: Estudio petrológico de los afloramientos graníticos de Santa Elena y Linares (Jaén) ... ..	344
ARÉVALO, P. y CORLETT, M.: Estudio del feldespató potásico de Zarzalejo (El Escorial, Madrid) por medio de la microsonda ... ..	169
AUXINI (Departamento de Investigaciones Petrolíferas): Correlación estratigráfica de los sondeos perforados en el Sahara español ... ..	235
ARÉVALO, P.; DE LEIVA, A. y RIVA, O.: Estudio sedimentológico de calizas páramo del Terciario de la cubeta del Tajo ... ..	525
BOUMANS, F. W. J. M. and MAESSEN, F. J. M. J.: Optimun condition for trace analysis of geological materials using a fusion technique in combination with a gas-stabilized d. c. arc. ... ..	437
BRANDT, M. P. and STRASHEIM, A.: A comparison of X-ray fluorescence with direct electron excitation techniques for the analysis of silicate rocks ... ..	462
BUIJLE, R. und HAFKA, F. J.: Spurenanalyse von Edelmetallen in Wasser mittels selektiver Ionenaustauscher und Emissionsspektrographie ... ..	475
BURRIDGE, J. C.; MITCHELL, R. L. and SCOTT, R. O.: Geochemical analysis with a multi-channel direct reader employing direct current arc excitation ... ..	446
BURRIEL MARTÍ, F. y ALVAREZ HERRERO, C.: Influencia de determinadas sustancias en el análisis espectroquímico de boro en agua. ... ..	496
BURRIEL, F.; ALVAREZ, C.; GALVÁN, J. R. y ALONSO, J. J.: Estudio espectroquímico de elementos traza en yesos de la cubeta del Tajo. ... ..	501
CORLETT, M. y ARÉVALO, P.: Estudio del feldespató potásico de Zarzalejo (El Escorial, Madrid) por medio de la microsonda ... ..	169
CORRETGE CASTAÑÓN, L. G.: El complejo ortoneísico de Pola de Allande (Asturias)... ..	289
CUERDA BARCELÓ, J. y GAIBAR PUERTAS, C.: Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola (Alicante)... ..	105
CHAPOND, G. y RUIZ CELAA, C.: Nota sobre el descubrimiento de glitostromas en la región de Ecija ... ..	333

	Páginas
CHAUVE, P.: Les rapports du subbétique et du pénibétique dans la Serranía de Grazalema ... ..	218
DÍAZ FERNÁNDEZ, J. L.: Propiedades ópticas de los medios homogéneos anisótropos ... ..	582
DIMITROV, G.; DIMOV, D.; NIKOLOV N. y PETKOV, A. P.: Laser microspectral investigation of meteorites ... ..	485
DIMOV, D.; NIKOLOV, N.; PETKOV, A. P. and DIMITROV, G.: Laser microspectral investigation of meteorites ... ..	485
ERASO, A.: Mecanismos sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica ... ..	146
ERASO, A.: La insaturación del agua en la zona freática del karts y sus fundamentos termodinámicos ... ..	336
ERASO ROMERO, A.: La corrosión climática en las cavernas ... ..	564
ESPEJO, J. A. y DE TORRES, T.: Nota previa sobre el descubrimiento de un yacimiento de fósiles cuaternarios en la ría de Ea (Vizcaya). ... ..	129
ESTEBAN SANTISTEBAN, F.: Aportaciones geofísicas al conocimiento de los acuíferos existentes en las proximidades de Chiclana de la Frontera, Puerto Real y El Puerto de Santa María (Cádiz)... ..	252
FERNEX, F. et MAGNE, J.: Essai sur la paléogéographie des Cordillères orientales (Espagne meridionale) ... ..	203
GAIBAR-PUERTAS, C. y GEYER, OTTO G.: Estratigrafía, edad y espesor atribuibles al Liásico Manchego y sus relaciones con algunos sectores de la Cordillera Ibérica ... ..	1
GAIBAR-PUERTAS, C. y CUERDA BARCELÓ, J.: Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola (Alicante)... ..	105
GALVÁN J. P.; ALVAREZ, C.; ALONSO, J. J. y BURRIEL, F.: Estudio espectroquímico de elementos traza en yesos de la cubeta del Tajo ... ..	501
GEORGIEVA, L. and PETRAKIEV, A.: Microspectrochemical analysis of minerals with a neodymium laser ... ..	491
GEYER, OTTO G. y GAIBAR PUERTAS, C.: Estratigrafía, edad y espesor atribuibles al Liásico Manchego y sus relaciones con algunos sectores de la Cordillera Ibérica ... ..	1
GILLIESON, A. H.: Infrared spectroscopy of some sulphide minerals ... ..	429
GRMAN, D. y PISARČIK, M.: Anwendung de infraroter Spektroskopie zur Erosterung des Mechanismus der Aktivierung der Montmorillonite ... ..	457
HAFKA, F. J. und BUILE, R.: Spurenanalyse von Edelmetallen in Wasser mittels selektiver Ionenaustauscher und Emissionsspektrographie ... ..	475
LEIVA, A. DE; RIBA, O. y ARÉVALO, P.: Estudio sedimentológico de calizas de páramo del Terciario de la Cubeta del Tajo ... ..	525
LINARES GONZÁLEZ, J. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Las bentonitas de Cabo de Gata: III. Consideraciones sobre la mineralogía y génesis de los yacimientos estudiados ... ..	74
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Aportación a la cateadura biogeoquímica por medio de pinos ... ..	62
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Los temas fundamentales del XV C. S. I. ... ..	391
MAESSEN, F. J. M. J. and BOUMANS, P. W. J. M.: Optimun condition for trace analysis of geological materials using a fusion technique in combination with a gas-stablized d. c. arc ... ..	437
MAGNÉ, J. y FERNEX, F.: Essai sur la paleogeographie des Cordillères Bétiques orientales (Espagne meridionale) ... ..	203
MARTÍN CALVO, M.: Presencia de idaíta y enargita-luzonita en la mina de uranio y cobre «La Virgen», Andújar (Jaén) ... ..	360



	Páginas
MARTÍN VIVALDI, J. U. y LINARES GONZÁLEZ, J.: Las bentonitas de Cabo de Gata: <del>III</del> . Consideraciones sobre la mineralogía y génesis de los yacimientos estudiados ... ..	74
MERCADAL, B.: Estudio sedimentológico y estratigráfico de la Isla del Aire (Menorca) ... ..	538
MICHAELIS, H. von and AHRENS, L. H.: The role of optical spectrochemical and X-ray fluorescence methods in the study of the composition of meteorites ... ..	420
MITCHELL, R. L.: Trends in applied geochemical and biogeochemical analysis ... ..	395
MITCHELL, R. L.; SCOTT, R. O. and BURRIDGE, J. C.: Geochemical analysis with a multi-channel direct reader employing direct current excitation ... ..	446
NICOLOV, N.; PETROV, A. P.; DIMITROV and DIMOV, D.: Laser microspectral investigation of meteorites ... ..	485
OBRADOR, A.: Estudio sedimentológico de la Isla del Aire (Menorca).	538
PARGA, J. R.: Consideraciones sobre la Paleogeografía durante el Cámbrico y Ordovícico en Asturias y Norte de León ... ..	124
PÉREZ REGODÓN, J.: Investigaciones auríferas en la provincia de Cáceres ... ..	131
PERMAN, E. y PERMAN, J.: Spektrographische Bestimmung der Metallsuren in der Atmosphäre ... ..	476
PETHO, A.: Determination of trace elements in rocks by spectrograph ... ..	452
PETRAKIEV, A. and GEORGIEVA, L.: Microspectrochemical analysis of minerals with a neodymium laser ... ..	491
PETKOV, A. F.; DIMITROV, G.; DIMOV, D. and NIKOLOV, N.: Laser microspectral investigation of meteorites ... ..	485
PINTA, M. and RIANDEY, C.: Les effets de matrice et leur correction dans le dosage des traces par absorption atomique ... ..	465
PISARČIK, M. y GRMAN, D.: Anwendung de infraroter Spektroskopie zur Erosterung des Mechanismus der Aktivierung der Montmorillonite ... ..	457
RAMÍREZ, E.: Estudio geológico de los yacimientos uraníferos de «Mesas de Poyato» y «Hoya del Lobo», La Serena (Badajoz) ...	547
RAMÍREZ, J.: Requerimientos instrumentales y químico-analíticos en las aplicaciones de la fotometría de llama por absorción atómica en problemas geoquímicos ... ..	402
RAMÍREZ DEL POZO, J.: Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa) ...	307
RENZI DE LA FUENTE, M. DE: Estratigrafía y tectónica del Triás de la Cordillera Prelitoral Catalana ... ..	45
RIANDEY, C. and PINTA, M.: Les effects de matrice et leur correction dans le dosage des traces par absorption atomique ... ..	465
RIBA, O.; ARÉVALO, P. y LEIVA, A. DE: Estudio sedimentológico de calizas de páramo del Terciario de la Cubeta del Tajo ... ..	525
ROCA, M.: Determinación de macroconstituyentes en minerales de uranio mediante espectroscopía de lectura directa ... ..	445
ROSELL SANUY, J.: Estudio sedimentológico y estratigráfico de la Isla del Aire (Menorca) ... ..	538
ROUBAULT, M.: Le dosage des elements de traces dans les roches et les mineraux par les methodes spectroscopiques ... ..	394
RUÍZ CELAA, C. y CHAPOND, G.: Nota sobre el descubrimiento de olitostromas en la región de Ecija ... ..	333

	Páginas
SALVADOR SALVADOR, P.: Determinación por difracción de Rayos X de las distintas fases del sistema «Sulfato Cálcico-H <sub>2</sub> O» ... ..	262
SÁNCHEZ CELA, V. y APARICIO YAGÜE, A.: Estudio petrológico de los afloramientos graníticos de Santa Elena y Linares (Jaén) ...	344
SIERRA LÓPEZ, J. y VERGARA y SCHULZE, A. DE: La sustitución de pantlandita por siegenita ... ..	352
SCOTT, R. O.; BURRIDGE, J. C. and MITCHELL, R. L.: Geochemical analysis with a multi-channel direct reader employing direct current arc excitation ... ..	446
STRASHEIM, A. and BRANDT, M. F.: A comparison of X-ray fluorescence with direct electron excitation techniques for the analysis of silicate rocks ... ..	462
SZCZPKOWSKA-MAMCZARZYK, I.: Matière organique dans les roches cuprifères de Basse Silésie (Pologne) ... ..	516
SZOPEPROWSKA-MAZOZAROZYK, I.: Le méthode spectrale de la détermination des rares elements dans le chromatographie des bitumes. ... ..	436
TORRES PEREZ HIDALGO, T. J. DE: Un hiénido de las cavernas de Pedraza de la Sierra (Segovia) ... ..	231
TORRES, T. DE y ESPEJO, J. A.: Nota previa sobre el descubrimiento de un yacimiento de fósiles cuaternarios en la ría de Ea (Vizcaya) ... ..	129
VÁZQUEZ GUZMÁN, F. y AMADO CUETO, L.: Génesis de los yacimientos de hierro de la Sierra de El Pedroso y el Travieso ...	50
VERGARA y SCHULZER, A. DE, y SIERRA LÓPEZ, J.: La sustitución de pentlandita por siegenita ... ..	352
VIGUIER, C.: Precisiones acerca del Neógeno en Dos Hermanas (Sevilla) ... ..	545
WILLIS, J. P.: The importance of X-ray fluorescence spectrometry as an analytical tool for the geochemist ... ..	464
ZENTAI, P.: Some properties of the spectrochemical data and their utilization for geochemical purposes ... ..	463

## NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

### *Texto.*

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

### *Bibliografía.*

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

### *Parte gráfica.*

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica será reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna),

170 mm. (doble columna), 230 mm. (página) y 380 mm. (doble página). Las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original.

Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

### *Pruebas.*

Serán enviadas a los autores para que realicen en ellas las correcciones de carácter gramatical, así como los errores de imprenta, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

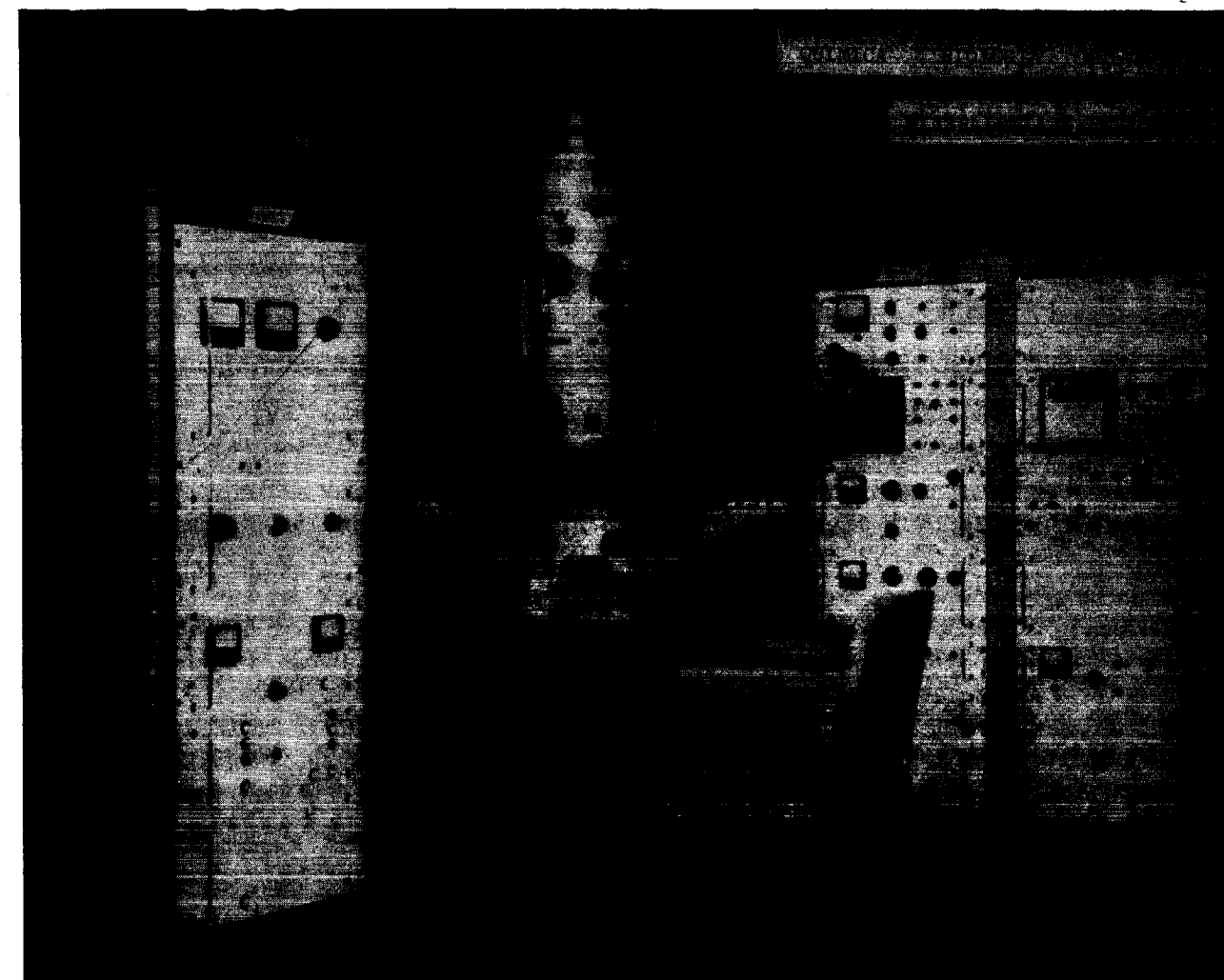
La Redacción efectuará la corrección de unas segundas pruebas, que servirán para comprobar que se han cumplido las correcciones efectuadas por el autor en las primeras.

### *Tiradas aparte.*

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

## LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

---

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

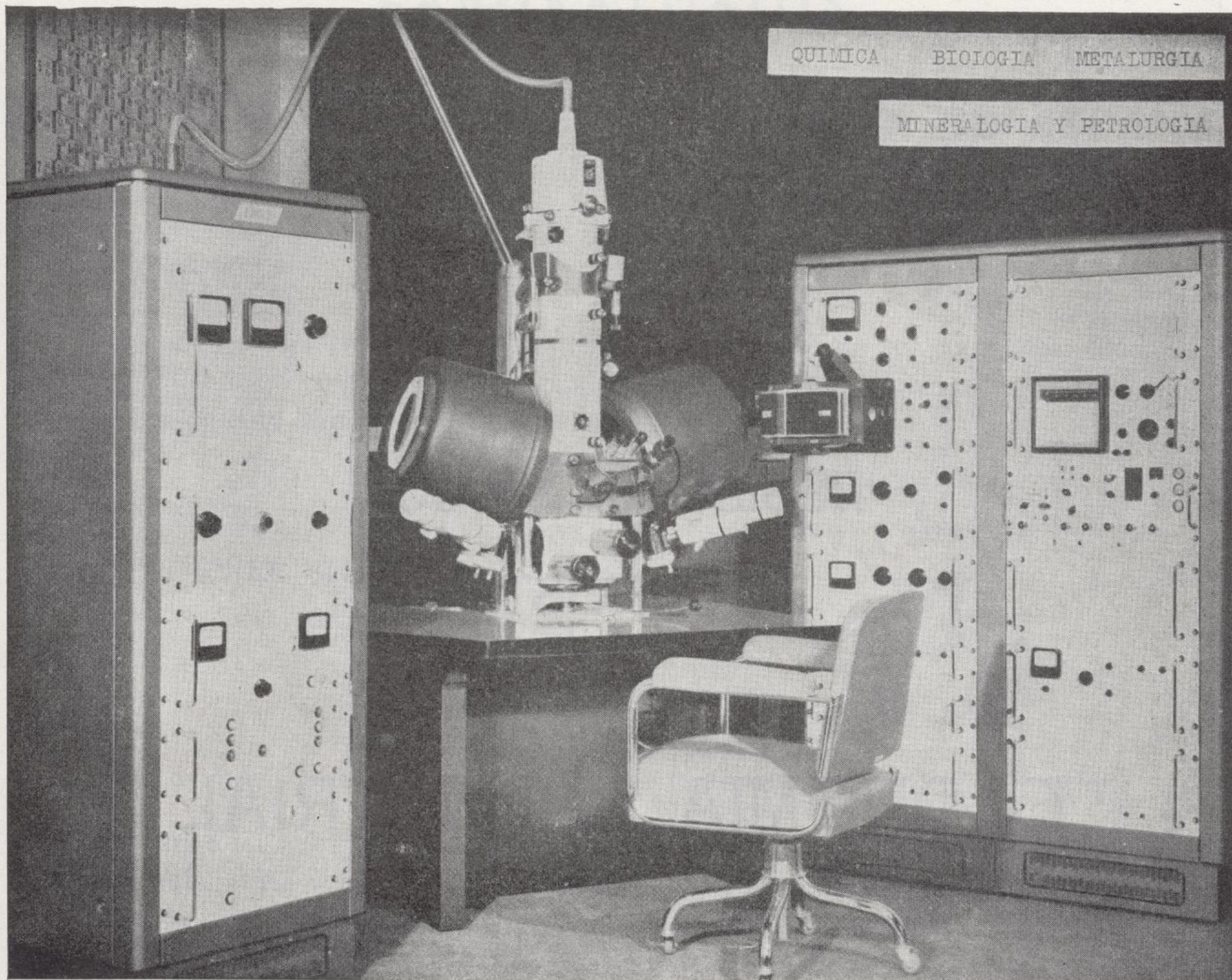
Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3



# LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

---

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3



**RESERVADO PARA  
LA REVISTA**

**ECONOMIA INDUSTRIAL**

# **LABORATORIO DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

En el reciente desarrollo industrial español, tanto al productor de primeras materias, como al transformador y el utilizador de las mismas, se le plantean continuamente problemas en relación con elección y utilización de los minerales y productos mineralúrgicos y metalúrgicos más adecuados para los fines que desea.

Los laboratorios del Instituto, con más de cien años de experiencia, ayudan a resolver cuantos problemas de minerales, productos metalúrgicos, materiales de construcción, combustibles, etc., se le presenten.

Los laboratorios en funcionamiento del Instituto Geológico y Minero de España, son los siguientes:

AGUAS SUBTERRANEAS  
COMBUSTIBLES Y TIERRAS CO-  
LOIDALES  
ESPECTROQUIMICA  
RADIOACTIVIDAD Y GEONU-  
CLEONICA  
METALOGENIA  
PETROLOGIA Y MICROSCOPIA  
PREPARACION MECANICA

ANALISIS QUIMICO  
DIFRACCION DE RAYOS X  
SEMICONDUCTORES  
MACROPALEONTOLOGIA  
MICROPALEONTOLOGIA  
FOTOGEOLOGIA  
MINERALOGIA  
FOTOGRAFIA TECNICA

Los asuntos relacionados con ellos, se pueden tratar directamente en la Sección de laboratorios del Instituto o por correspondencia.

**Ríos Rosas, 23**

**MADRID - 3**

**Tel. 253 46 05**



**ENVÍE SUS MUESTRAS A ANALIZAR A LOS**

**LABORATORIOS  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

Cuando le interese conocer la composición elemental de sus productos, encontrará grandes facilidades y ayudas si encomienda sus estudios a los laboratorios analíticos del Instituto Geológico y Minero de España.

**RAPIDEZ**

**PRECISION**

**SENSIBILIDAD**

**ECONOMIA**



Precios muy interesantes para series importantes o contratos de colaboración.

Tendrá a su servicio las técnicas más adecuadas de química clásica, espectroscopía de emisión fotográfica y automática, espectroscopía de absorción atómica, fluorescencia de rayos-X, destellómetros. Análisis microlocales con moderna microsonda.

**APARATOS MODERNOS, TECNICAS ADELANTADAS.**

Análisis de minerales, productos mineralúrgicos, metalúrgicos en general; toda clase de productos.

Cuando le interese el estudio de las reservas de un criadero, clasificar las partidas de materias primas, calidad de los productos que adquiera o venda, valoración de las partidas comercializadas, así como para muchos de los problemas que se le presenten en su industria, acuda a los . . . . .

**LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

**RIOS ROSAS, 23  
MADRID-3**

**Tels. { 254 22 00  
253 46 05**