

# INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

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,  
MICROPALAEONTOLOGIA, QUIMICO, TESTIGOS,  
Lodos, 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

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS POR EL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Mapa Geológico Nacional 1:50.000.

Hoja núm. 380 / 1.093 Lobos

100 pesetas

Hoja núm. 384 / 1.114 Istmo de la Pared

100 pesetas

PEDIDOS A

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléfono 234 13 28

MADRID-3

RESERVADO PARA

LA REVISTA

ECONOMIA INDUSTRIAL

# boletín geológico y minero

103-104

NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1967

revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874

## COMISION DE REDACCION

- ALMELA SAMPER, Antonio.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- ALVARADO ARRILLAGA, Manuel María.**  
Instituto Geológico y Minero de España (Geología).
- ARANGUREN SABAS, Félix.**  
Instituto Geológico y Minero de España.
- BERTRAND Y BERTRAND, Carlos.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.
- BONED SOPENA, José Antonio.**  
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid.
- CANTOS FIGUEROLA, José.**  
Instituto Geológico y Minero de España.
- CRUSAFONT PAIRO, Miguel.**  
Facultad de Ciencias de Barcelona.
- DOETSCH SUNDHEIM, Jorge.**  
Instituto Geológico y Minero de España (Minería).
- FONTBOTE Y MUSOLES, José María.**  
Facultad de Ciencias de Granada.
- FUSTER CASAS, José María.**  
Instituto "Lucas Mallada", de Investigaciones Geológicas.
- GALVEZ CAÑERO, Augusto de.**  
Instituto Geológico y Minero de España (Aguas).
- HERNANDEZ-PACHECO, Francisco.**  
Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- LOPEZ DE AZCONA, Juan Manuel.**  
Comisión Nacional de Geología.
- MELLENDEZ Y MELLENDEZ, Bermudo.**  
Universidad de Madrid.
- MINGARRO MARTIN, Francisco.**  
Facultad de Ciencias de Madrid.
- MURCIA VIUDAS, Andrés.**  
Instituto Nacional de Colonización.
- ORTI SERRANO, Carlos.**  
Consejo de Minería y Metalurgia.
- PARGA PONDAL, Isidro.**  
Laboratorio Geológico de Lage. Coruña.
- PINTADO FE, Francisco.**  
Instituto Nacional del Carbón. Oviedo.
- RIBA ANDERIU, Oriol.**  
Universidad de Zaragoza.
- RIOS GARCIA, José María.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- SAENZ GARCIA, Clemente.**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- SOLE SABARIS, Luis.**  
Instituto Nacional de Geología. Barcelona.
- VIDAL PARDAL, Manuel.**  
Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid.
- VIRGILI RODON, Carlina.**  
Facultad de Ciencias de Oviedo.

## REDACTOR JEFE

J. M. LOPEZ DE AZCONA

## INDICE

|   | PÁGINAS |
|---|---------|
| <i>Geología</i>   |         |
| J. ABRIL BAREA, J. ABRIL HURTADO y A. SÁNCHEZ JIMÉNEZ: Estudio geológico de la Sierra de Almenara (SO de la provincia de Cuenca) ... .. | 3       |
| <i>Minería</i>  |         |
| M. WEPPE y J. P. JACQUIN: Estudio preliminar del yacimiento de plomo de Coto Laisquez, Sierra Alhamilla (Almería) ... ..                | 18      |
| U. COLOMBO: El aprovechamiento integral de las piritas.   | 33      |
| <i>Aguas subterráneas</i>   |         |
| A. GÁLVEZ-CAÑERO y J. OCHOA BRETÓN: Investigaciones de aguas subterráneas en Burgos, para los Planes de Promoción Industrial... ..      | 42      |
| <i>Energía</i>  |         |
| C. GONZÁLEZ DE JUANA: Evolución histórico-geológica de la cuenca del lago de Maracaibo ... ..   | 49      |
| <i>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</i>   |         |
| A. MARTÍN DÍAZ: Tendencias actuales de las técnicas de prospección sísmica ... ..   | 57      |
| <i>Estudio de minerales y rocas</i>   |         |
| H. SVEJDA: La determinación fotométrica con llama del manganeso en los vidriados del tipo silicio-potasio-plomo ... ..                  | 66      |
| J. L. SAAVEDRA: Características y edad de una roca piroclástica en el valle del río Torío (Prov. de León) ... ..                        | 88      |
| <i>Información</i>  |         |
| Noticias.—Estadística y Economía.—Legislación.—Bibliografía.—Información de revistas ... ..   | 93      |

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

Pruebas de bombeo a 80 l/s. en Yecla (Murcia), paraje «Cañada del Pulpillo»,  
en la actualidad con una explotación de 114 l/s.

Depósito Legal M. 3.279.-1958

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

## Estudio Geológico de la Sierra de Almenara (SO de la provincia de Cuenca)

por J. ABRIL BAREA, J. ABRIL HURTADO y A. SANCHEZ JIMENEZ

#### RESUMEN

La zona estudiada se sitúa junto al borde oeste de la «Mesa Manchega». Hemos distinguido en ella las siguientes formaciones, en orden ascendente: *Formación Cruz*, integrada por calizas recristalizadas, dolomías, calizas oolíticas y sublitográficas, dolomías y margas. Su edad es jurásica. La *Formación Castillo* consta de arenas y arcillas, calizas margas y dolomías, y calizas finalmente. Su edad comprende probablemente el Albense y el Cretáceo superior. La *Formación Moraleja* está integrada de conglomerados rojos, calizas lacustres o arenas, margas blancas y yesos. Su edad probablemente sea paleógena. La *Formación Hoyo* consta de conglomerados y arcillas rojas, posiblemente villafranquienses. Finalmente, aparecen algunos sedimentos aluviales y la terraza del río Cigüela.

La estructura es apretada, de pliegues largos y estrechos que se han fallado por el flanco occidental produciéndose cobijaduras y cabalgamientos. La vergencia es fuertemente oeste.

#### RÉSUMÉ

Notre zone est située dans la bordure ouest de «La Mesa Manchega». Nous y avons remarqué les suivantes formations depuis le mur jusqu'à la hauteur: *Formation Cruz*, constituée par des calcaires recristallisés, dolomies, calcaires oolitiques et sublitographiques, dolomies et marnes. Son étage est le Jurassique. La *Formation Castillo* a des sables, argiles, calcaries, marnes et dolomies, et finalement calcaires. Son étage est compris entre l'Albien et le Crétacé supérieur. La *Formation Moraleja* est formée par des conglomérats rouges, calcaires lacustres ou des sables, marnes blanches et gypses. Son étage doit être Paléogène. La *Formation Hoyo* a des conglomérats et des argiles rouges, d'étage probable Villafranquien. Dernièrement, il y a des alluvions et des terrasses, dans le lit du fleuve Cigüela, pas très importants.

Les structures sont serrées, avec des plis étroits et allongés, fracturés par de nombreuses cassures dans le flanc ouest, où les chevauchements ont pris grande importance. Le déversement est très fort du côté ouest.

#### I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto el estudio de la Sierra de Almenara y su zona adyacente, situada en la Mesa Manchega. Nos ha animado a publicar este estudio principalmente el haber observado en esta zona unos rasgos geológicos peculiares y distintos a los hasta ahora descritos en la región. Por otra parte, esta comarca se encuentra poco explorada geológicamente, al menos en cuanto a publicaciones se refiere, quizá debido a su relieve poco acentuado, que dificulta mucho la observación.

De una manera general aluden a la zona los trabajos de Cortázar (13), Royo Gómez (33), la síntesis de Richter y Teichmüller (26) y en una época más reciente Martínez Peña (21), Riba y Ríos (25) y Saftel (34). Estudios más locales son los de Fontboté y Riba (18) en la zona de Mota del Cuervo, y Coma y Felgueroso (11) en la zona del pantano de Bolarque. Al final del estudio añadimos una bibliografía, sin que hayamos pretendido ser exhaustivo, con los trabajos que de una manera u otra aportan datos sobre la región.

Queremos hacer constar nuestro agradecimiento

hacia don Agustín Fernández Montero, estimado compañero y amigo, quien con tanto interés ha llevado a cabo el estudio paleontológico y litológico de las muestras recogidas para este trabajo.

## II. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Desde el punto de vista geográfico, el área estudiada se encuentra en la región SO de la provincia de Cuenca, próxima a la de Toledo. Esta comarca recibe el nombre de Mesa Manchega y corresponde a la porción norte de la Mancha. La zona que nos ocupa participa en mayor o menor extensión de las Hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 siguientes: 632, Horcajo de Santiago; 633, Palomares del Campo; 660, Corral de Almaguer; y 661, Villarejo de Fuentes. Junto al borde este de la zona se encuentran los pueblos de Hontanaya y Puebla de Almenara y a unos cinco kilómetros al oeste está situado Villamayor de Santiago.

El acceso a la zona está garantizado por dos carreteras locales que parten de la general Madrid-Valencia junto a Villarrubio y Saelices, respectivamente. Ambas carreteras se cruzan en las proximidades del borde norte para dirigirse, una, a Puebla de Almenara y luego a Osa de la Vega, más al sur; y la otra, que procede de Saelices, continúa por el oeste hacia Villamayor de Santiago. Finalmente, la parte sur de la zona se encuentra atravesada por la carretera local de Villamayor de Santiago a Hontanaya.

Geológicamente, pertenece a la cordillera Ibérica en su sector más sur-occidental, integrado por las estribaciones meridionales de la Sierra de Altmira.

## III. RASGOS FISIográficos

Junto al borde noroeste de la zona estudiada pasa el río Gigüela, que se desliza en sentido sudoeste, sobre una terraza relativamente amplia. Este río es afluente de la cabecera del Guadiana por su margen derecha. Toda la zona pertenece a la cuenca hidrográfica del río Gigüela. Como arroyos más importantes se encuentran el de las Cañadas, al norte, que ha cortado, siguiendo un trazado meandriforme, los materiales mesozoicos, originando una garganta de paredes casi verticales de más de 60 metros de altura. Otro arroyo menos importante se encuentra al sur de la zona; su escasa categoría está en desacuerdo con su amplio nombre: «Arroyo de la Cañada Honda de la Torreçilla». Estos arroyos transportan agua únicamente durante los meses lluviosos, de manera que cuando llega la época estival se secan casi invariablemente.

Como puede apreciarse, por tanto, las aguas superficiales son muy escasas. Las aguas de escorrentía de la zona se concentran en un conjunto de arroyos de distribución radial centrífuga, de acuerdo con la posición central de las cotas más elevadas del terreno.

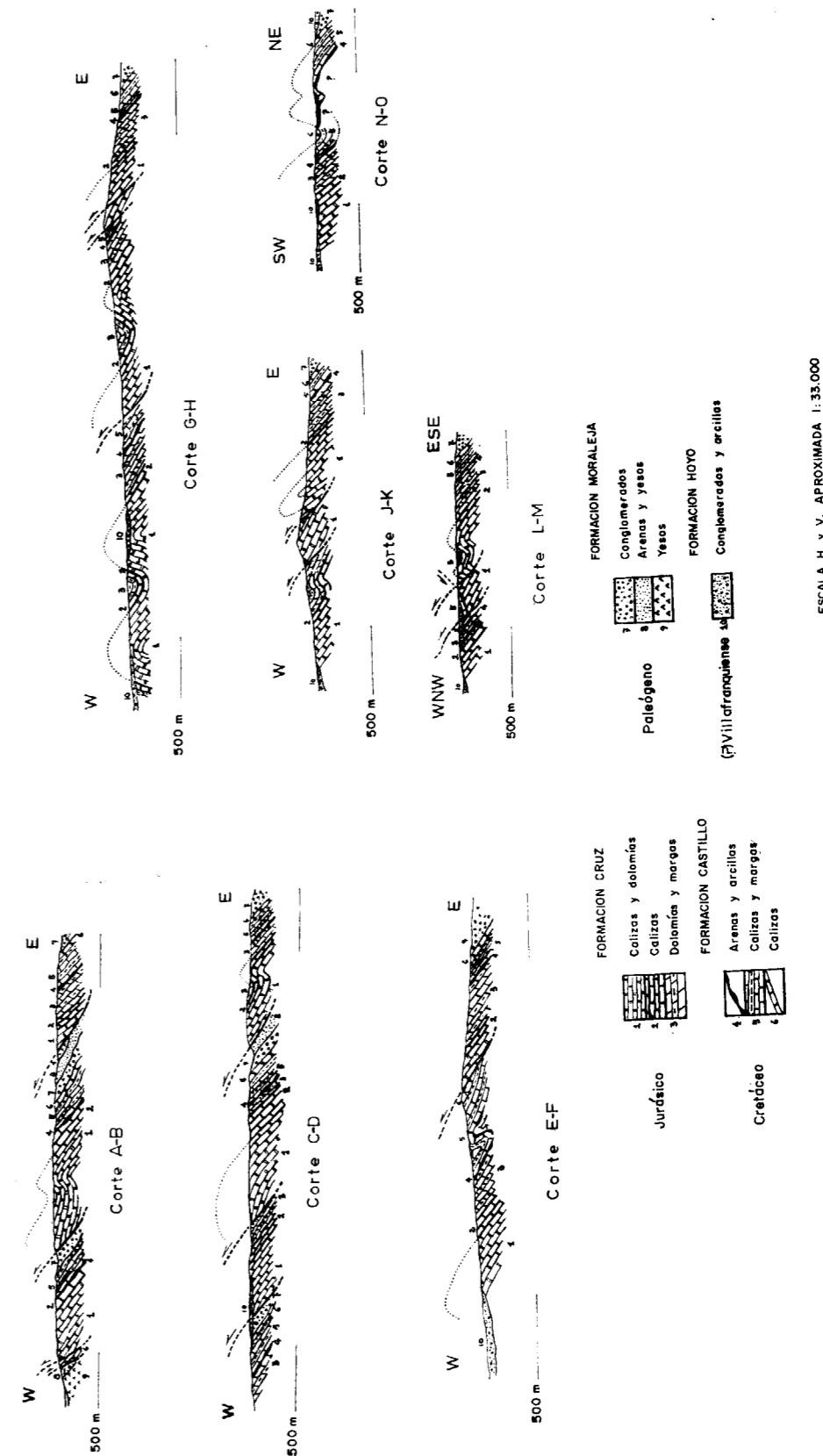
El punto topográficamente más bajo se encuentra en el cauce del río Gigüela, con una cota próxima a los 760 metros, mientras que el punto más alto está representado por el vértice geodésico de primer orden Cruz, con 1.057 metros sobre el nivel del mar. Para encontrar cotas superiores en la región hay que desplazarse como mínimo 35 kilómetros al norte, hacia la Sierra de Altmira. Por tanto, la Sierra de Almenara, que se yergue como un agudo espinazo, de dirección norte-sur, es el único relieve que emerge de un ámbito relativamente peniplanizado. La anchura de la sierra propiamente dicha es del orden de los dos y medio kilómetros mientras que sobrepasa los siete kilómetros de longitud. Su altitud media es de unos 950 metros, en tanto que la de la región circundante está próxima a los 800 metros, inclinándose suavemente hacia el sudoeste.

## IV. LITOLÓGICA Y ESTRATIGRAFÍA

Dada la escasez de argumentos paleontológicos en los paquetes sedimentarios de la región, la división estratigráfica se ha hecho casi exclusivamente según criterios litológicos, agrupando las distintas capas alrededor de algunos horizontes bien datados. Con frecuencia se encuentran algunos fósiles que permiten realizar la datación de determinados pisos; sin embargo, no impera, entre los autores, el mismo acuerdo en cuanto a la delimitación de dichos pisos. Hasta ahora, por tanto, es prácticamente imposible hacer una estratigrafía fina, e incluso es difícil atribuir edad al tramo litológico inferior que aflora en la zona. Fontboté y Oriol Riba (18) se inclinan por una edad liásica siguiendo el criterio de Richter y Teichmüller (26). Saefel (34) llama Lías al yacente de las capas de Utrillas en esta zona.

Otro punto de desacuerdo es el límite entre Cretáceo y Paleógeno. Para unos autores los primeros conglomerados ya son paleógenos, encima del Senonense; otros incluyen un tramo de garumnense entre ambos sistemas; otros, en fin, dilatan el Cretáceo hasta englobar en él los yesos basales (Coma y Felgueroso (10)).

Esta disparidad de criterios nos pone de manifiesto, como hemos indicado anteriormente, la dificultad de establecer una base estratigráfica clara y segura.



Nosotros hemos optado por agrupar los distintos materiales cuando han mostrado cierta unidad litológica, como exponente de condiciones sedimentarias parecidas, que se mantienen constantes o presentan pequeñas oscilaciones dentro de la unidad. Si aportamos alguna claridad en la metodología del estudio nos consideraremos gratamente recompensados.

#### Formación Cruz

Toma el nombre del vértice geodésico Cruz (35° 45' 55" N y 0° 51' E en cuyas inmediaciones está ampliamente representada. En su mayor parte son calizas y dolomías, entre las que predominan las del tipo aloquímicas espáticas. Hemos distinguido tres paquetes:

El paquete inferior se encuentra masivo en casi todos sus afloramientos. Su muro no se conoce, siendo la potencia máxima visible algo menor de los 200 metros. Al este del Castilla de la Almenara está formado por unos 140 metros de calizas rojizas con zonas de color gris, recristalizadas, de aspecto cavernoso a veces, con abundantes venillas rellenas de calcita blanca, que se torna rosa hacia el centro. Encima aparecen dolomías de color gris parduzco, de textura microbréctica, ásperas al tacto; su potencia es del orden de 30 metros. Más al norte, hacia el arroyo de las Cañadas, las calizas son análogas; a veces son brechoides, y con frecuencia la superficie tiene aspecto carnioloide. En general suelen ser algo dolomíticas. Hacia su mitad presentan unas capas dolomíticas de textura completamente distinta: son dolomicritas grises, con abundantes poros con diámetro del orden del milímetro. En algunos puntos hemos observado que estos poros están ocupados por un mineral cristalino de color rosa, probablemente carbonato cálcico. Este material no es exclusivo de este paquete.

Hacia el sur el tramo cambia sensiblemente. En las inmediaciones del vértice Cruz, por ejemplo, aparecen capas bien diferenciadas. Las dolomías son más potentes en detrimento de las calizas. De éstas, algunos niveles conservan tonos rojizos, pero se hacen más abundantes los tonos grises claros. La recristalización es mucho menor y la textura es casi exclusivamente de tipo espático primario.

Encima del descrito miembro inferior de la formación Cruz aparece, bien delimitado en general, el segundo tramo o paquete medio de la misma. Está constituido por calizas grises, más o menos sublitográficas, compactas, más resistentes a la erosión que los dos tramos que las encuadran, por lo que la erosión lineal origina fácilmente escarpes

verticales. Esta circunstancia tiene su mejor exposición en el Arroyo de las Cañadas. Con frecuencia se presentan en bancos netamente individualizados del orden de 0,5 metros de potencia como término medio. En superficie fresca presentan un color gris claro, a veces con tonos ligeramente cárneos, y están atravesadas por diaclasas rellenas de calcita blanca. En superficie meteorizada, en cambio, tienen un color gris oscuro, y muestran numerosas figuras de disolución. En las superficies limpias se observa gran cantidad de secciones de *Pentacrinus* y en algunos bancos delgadas secciones de braquiópodos. En su mayor parte la roca es una intrasparita con oolitos, pasando localmente a ser oosparita y raras veces a micrita.

Unos mil quinientos metros al oeste de Puebla de Almenara, aparecen con una potencia de unos 30 metros, que viene a ser la potencia media del paquete. Pero en el afloramiento situado algo más de mil metros al oeste del anterior, la potencia se acerca a los 80 metros.

El límite superior del tramo aparece siempre muy neto, en contacto con calizas dolomíticas ocráceas. El límite inferior, en cambio, no lo está tanto, observándose en el primero de los afloramientos antes citados, que algunos bancos pasan de calizas grises sublitográficas a calizas dolomíticas de tonos parduzcos. Unos mil doscientos metros al sudeste de la casa de La Moraleja, el paquete empieza por una brecha intraformacional que llega a alcanzar 2 metros de potencia; le siguen 15 metros de calizas sublitográficas gris cárneo y una nueva capa de brechas que varía de medio a un metro. Continúan las calizas con potencias de 3,5 a 1,5 metros separadas por 0,3 metros de brechas intraformacionales de color rojizo-amarillento, en oposición a las inferiores, que son grises. Después de 0,7 metros de caliza recristalizada, tableada, que se pulveriza por percusión, aparecen 7 metros de calizas sublitográficas, en cuyo techo se encuentran las calizas dolomíticas ocráceas del paquete superior. Tanto las brechas como las calizas recristalizadas de que hemos hablado, no han sido encontradas en ningún otro afloramiento del paquete.

El tercer tramo o miembro superior de la formación Cruz aparece con potencia muy dispar de unos puntos a otros, debido a haber sido erosionado en parte con anterioridad a la deposición de las capas del techo.

Unos setecientos metros al oeste del punto kilométrico 65,5 de la carretera de Puebla de Almenara a Villarrubio, este paquete está representado por algunos niveles de calizas dolomíticas, que incluso en algún punto llegan a desaparecer; en cambio, al oeste de Puebla de Almena-

ra, en la vertiente oriental de la sierra, aflora con cerca de 300 metros de potencia.

En su mayor parte son dolomías y calizas dolomíticas, dolosparitas, con algunos niveles de margas. Casi invariablemente empieza el tramo por unos horizontes calizo-dolomíticos ocráceos, a veces brechoides.

Las dos terceras partes inferiores del tramo, en el afloramiento situado entre Puebla de Almenara y la Ermita de Nuestra Señora de la Misericordia, están formadas por calizas dolomíticas tableadas, con delgadas intercalaciones de calizas recristalizadas rojizas o amarillentas y algún nivel blando, margoso. Encima hay una alternancia de calizas y calizas dolomíticas de colores rijizos y violáceos, algunos grisáceos, con calizas margosas y margas verdes y amarillentas. Las margas no llegan a sumar los 10 metros de potencia, repartidas en más de media docena de capas. En la parte superior aparecen intercalados algunos lechos de calizas oquerosas y calizas brechoides. También yace un nivel de dolomicrita gris porosa, análoga a la descrita en el primer tramo de esta formación.

Junto al kilómetro 64 de la carretera de Puebla de Almenara a Villarrubio, la serie que describimos tiene una potencia próxima a los 100 metros; se encuentra muy tectonizada, pudiéndose observar varias fracturas verticales de orientación longitudinal en la pequeña trinchera de la citada ruta. Está constituida fundamentalmente por dolosparitas, de color gris ceniza en la base, y tonos más variolados superiormente. Hay algunos episodios de margas verdes y blanquecinas, a veces rojizas. En la mitad superior hay varios niveles agrupados, de pocos decímetros de potencia, integrados por calizas oolíticas de grano fino. Muchos oolitos están huecos.

En el afloramiento del borde oriental de la sierra, entre Puebla de Almenara y Hontanaya, el tramo está coronado por unos niveles de intrasparitas con oolitos y oosparitas. Los oolitos son de estructura concéntrica y más o menos ovoidales. Poseen crinoides (*Pentacrinidos*), gasterópodos, braquiópodos, lamelibranquios y algas; una muestra tomada unos mil setecientos metros al SO de Puebla de Almenara ha dado, entre las algas, representantes del género *Chypeina*. La caliza es de color gris, con tonos cárneos y rosados. Se presenta bien estratificada, en bancos de 0,1 a 0,4 metros especialmente. Alcanza una potencia media de 60 metros.

Estas calizas no afloran en ningún otro sitio, y estimamos que tal ausencia se debe a un cambio lateral de facies más probablemente que a fenómenos erosivos anteriores a la deposición de la formación Castillo. El cambio lateral supone un incremento de potencia desde 0 a 60 metros en una

longitud superior a los cuatro kilómetros. No admitir dicho cambio lateral supondría una variación de potencia de 100 a 300 metros en una distancia de cuatro kilómetros.

En cuanto a la edad de la formación Cruz, como hemos dicho al principio, no hay criterios decisivos que la fijen. Únicamente se puede decir que es jurásica, sin poder precisar más. Llamamos la atención sobre la posibilidad de que el tramo superior, en donde aparecen algunos niveles de margas verdes y amarillas, sea Jurásico medio, equivalente al datado en otros puntos al S y SO de Albacete, en cuyo caso los dos tramos inferiores corresponderían al Lías.

Un hecho digno de tenerse en cuenta para el estudio regional de esta formación es su carácter incompleto en algunas zonas, debido a la erosión que actuó con anterioridad a la deposición de los materiales suprayacentes. Por esta misma razón es posible que aparezcan materiales estratigráficamente superiores a los descritos en otras regiones adyacentes a la nuestra, en donde los fenómenos erosivos fueron menos intensos.

#### Formación Castillo

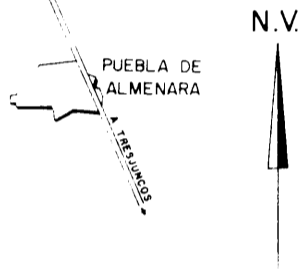
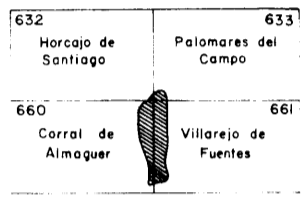
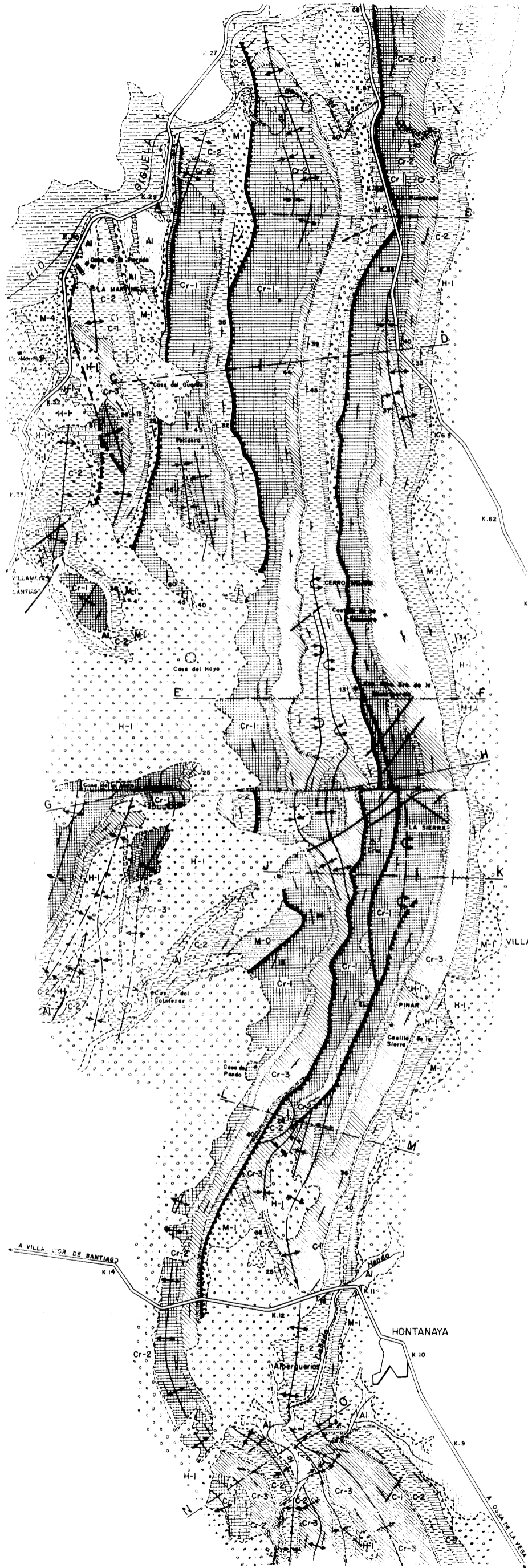
Su nombre alude al Castillo de la Almenara (39° 47' 30" N y 0° 50' 45" E). Análogamente a la formación anterior, hemos distinguido en ella tres miembros o tramos, de muy desigual desarrollo. Está integrada principalmente por calizas y margas, arenosas en general, carácter que progresivamente disminuye al ascender en la serie.

El miembro inferior, llamado comúnmente «capas de Utrillas» en la región, está muy poco representado en la zona estudiada. Lo integran arenas y algunos nivelillos de areniscas, junto con arcillas versicolores. En el kilómetro 11,5 de la carretera de Hontanaya a Villamayor de Santiago, afloran en la base 5,5 metros de areniscas de cemento calcáreo, cuya trama se integra por granos de cuarzo y feldespato principalmente, subredondados, muy finos. Encima aparecen 2 metros de areniscas de textura más gruesa y color igualmente rojizo. Intercalan unos nivelillos rojos, que son biosparitas de algas formadas esencialmente por filamentos verticilados del género *Nitella*. Encima hay unos 5 metros de margas arcillosas y arenosas blanco-amarillentas, destacándose algunos banquitos más duros de varios centímetros. Este afloramiento es el más extenso de la zona estudiada, por ser aquí donde mayor potencia tienen estos materiales, a la vez que buzan sólo 18°. Prácticamente ningún afloramiento es cartografiado, por lo que su representación en el mapa es sólo esquemática.

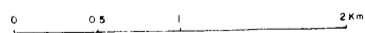
# ESTUDIO GEOLOGICO DE LA SIERRA DE LA ALMENARA (SW. prov. CUENCA)

Por J. Abril Barea, J. Abril Hurtado y A. Sánchez Jiménez

J. ABRIL BAREA, J. ABRIL HURTADO Y A. SÁNCHEZ JIMÉNEZ



- LEYENDA**
- CUATERNARIO**
    - T Terraza arcillosa
    - Al Aluvial arcilloso
  - FORMACION HOYO**
    - H-1 Conglomerado y arcillas
  - FORMACION MORALEJA**
    - M-4 Yesos
    - M-3 Arenas
    - M-2 Calizas
    - M-1 Conglomerados
    - M-0 Conglomerados, margas y calizas
  - PALEOGENO**
  - CRETACEO**
    - C-3 Calizas
    - C-2 Calizas y margas
    - C-1 Arenas (F. Utrillas)
  - FORMACION CASTILLO**
  - JURASICO**
    - Cr-3 Dolomías y margas
    - Cr-2 Calizas
    - Cr-1 Calizas y dolomías
  - ..... Contacto normal
  - - - - - Laguna estratigráfica y/o discordancia
  - - - - - Discordancia
  - Contacto mecánico
  - Falla observada
  - - - - - Falla supuesta o deducida
  - ▬ Cabaigamiento
  - ↕ Anticlinal con buzamiento axial
  - ↕ Sinclinal con buzamiento axial
  - ↕ Anticlinal tumbado
  - ↕ Estructuras que no afectan al recubrimiento
  - ↕ Buzamiento medido
  - ↕ Buzamiento según foto aérea



ESTUDIO GEOLOGICO DE LA SIERRA DE ALMENARA (SO DE LA PROVINCIA DE CUENCA)

Con frecuencia la arenisca muestra aglomerados de bolos heterométricos de color blanco. Pero las dos características más importantes del paquete en esta zona son su escasa potencia, raramente mayor de 3 metros y en general menor, y la ausencia casi absoluta de cantos más gruesos que la fracción arenosa.

Estos materiales se atribuyen a la facies Utrillas y se les asigna edad Albense.

El segundo tramo es más potente y de mayor riqueza litológica. En casi todos sus afloramientos se distinguen dos niveles duros y otros dos blandos. Fundamentalmente están constituidos por margas, intrasparitas y biosparitas.

Sobre los materiales arenosos de la facies Utrillas se encuentra un primer horizonte, de unos 20 metros de potencia, integrado por la alternancia de capas margosas y calizas. Las margas suelen ser de colores claros, blanquecinas o amarillentas, y con frecuencia ligeramente arenosas. Las calizas son algo margosas y menos frecuentemente arenosas. Especialmente hacia su parte inferior aparecen intercaladas algunas hiladas de lumaquelas muy finas, constituidas principalmente por restos de lamelibranquios, algas y gasterópodos.

Encima hay otro conjunto de potencia análoga al anterior, cuya secuencia incluye margas con algunas intercalaciones de calizas margosas. El rasgo más característico y casi general de este paquete blando es presentar nódulos de sílex, que localmente llegan a ser muy abundantes. Suelen ir acompañados de nódulos piritosos, de morfología arriñonada, limonitizados en general. No obstante darse juntos estos materiales, hemos observado que la abundancia relativa de uno de ellos va en detrimento de la del otro, llegando a desaparecer uno de ambos.

El tercer paquete es menos constante que los dos infrayacentes, pudiendo llegar a faltar. Su potencia rara vez llega a los 20 metros. Casi siempre es dolomítico, con algunos niveles margosos intercalados. Su aspecto es calcarenáceo y deleznable. Donde está mejor representado es al oeste de Hontanaya; en cambio, unos cien metros al oeste de la Ermita de Nuestra Señora de la Misericordia, no se ha depositado, por lo que los dos horizontes blandos que normalmente lo encuadran aparecen aquí como uno solo.

El cuarto paquete de este tramo es fundamentalmente blando, y está formado por margas blanquecinas con algunos lechos intercalados de calizas margosas, pardas y amarillentas. Su potencia suele ser inferior a los 20 metros.

Hacia la mitad del primer paquete hemos observado, en varios de sus afloramientos, una capa con potencia no superior a un decímetro, de caliza

margosa que la meteorización fractura en trozos de bordes regularmente curvos y agudos y superficies cóncavas, también regulares. Este material es muy visible y llama rápidamente la atención. En algún caso ocurre también que los niveles superiores encierran nódulos piritosos análogamente al paquete suprayacente.

La cima del primer paquete y todo el segundo suelen ser fosilíferos, mostrando varias especies de *Exogira* y otros lamelibranquios, gasterópodos (muy frecuente el *Tylostoma Torrubie*, Sharpe), y espatangoides, principalmente. Esta fauna ha sido encontrada unos siete kilómetros al oeste de la zona, en las proximidades de Villamayor de Santiago. Dentro del ámbito estricto del estudio únicamente hemos hallado ejemplares mal conservados de *Exogira*, unos doscientos metros al norte de la casa del Colmenar (39° 45' N y 0° 49' 25" E). Y un kilómetro al oeste de este punto hemos encontrado, dentro de intrasparitas con algunos granos subredondeados de cuarzo, varios macrofósiles del tipo de los rudistos, pertenecientes a los géneros *Monopleura* y *Caprina*.

Los niveles con menos proporción de elementos terrígenos, dentro del primer paquete, son los que acompañan a las lumaquelas finas. Son del tipo intrasparita y biosparita, con algunos granos de cuarzo subredondeados y restos de algas, lamelibranquios, braquiópodos y gasterópodos. Los materiales del tercer paquete suelen ser dolosparitas, formados por pequeños cristales romboédricos de dolomita. No han dado fauna.

Unos doscientos cincuenta metros al NNE de la casa del Colmenar hemos encontrado abundantes cristales bipiramidales de cuarzo blanco y lechoso, generalmente bien conformados, con muestras frecuentes de corrosiones posteriores. El afloramiento de este mineral se continúa hacia el NE durante más de un kilómetro, y en toda su extensión han sido encontrados sueltos, aislados, flotantes dentro de materiales arcillosos que integran los campos del paraje. Aparecen con gran densidad en una franja N45E, mientras que el rumbo de las capas es N35-40E. También hemos hallado trozos de sílex blanco y gris, tapizados de cristales a modo de drusas y geodas, junto con otras agrupaciones irregulares de cristales heterométricos y distribución anárquica.

El tramo que acabamos de describir tiene una potencia media algo superior a los 100 metros, y en ningún caso llega a alcanzar los 150 metros. En cuanto a la edad, los dos paquetes inferiores (o al menos parte de ellos) parecen ser Cenomanense, más que por la escasa fauna hallada dentro de la zona, por la recogida en sus proximidades. Los paquetes superiores, parcial o totalmente, pueden corresponder al Turonense, ya que en el

tercer miembro, cuya descripción hacemos a continuación, se ha encontrado fauna senonense.

El tercer miembro o tramo superior de la formación Castillo está integrado por un sólo paquete. Frecuentemente contiene una parte inferior de caliza rosada, porosa, espática y deleznable, en la que no hemos encontrado ningún resto fósil. Por el contrario, la parte superior, de caliza compacta, grisácea y crema, en algunos puntos rosada, incluye abundantes restos orgánicos. Presenta variaciones laterales importantes.

Unos trescientos cincuenta metros al SE del kilómetro 29 de la carretera de Villamayor de Santiago a Saelices, la muestra recogida, correspondiente a los niveles superiores, es una biosparita de color crema, con secciones de algas, lamelibranquios y miliólidos, entre los que se distinguen los géneros *Idalina* y *Periloculina*, y la especie *Vidalina hispánica*. Asimismo, cien metros al este del kilómetro 33 de la misma carretera, otra muestra tomada al efecto, ha dado resultados análogos, con secciones de algas, briozoos, miliólidos, ostrácodos, lamelibranquios, gasterópodos, braquiópodos, y la especie *Globotruncana* cfr. *Linneiglobigerinoides*, Brotzen. Otra muestra recogida unos mil metros al NO de Puebla de Almenara ha mostrado igualmente ser biosparita, con restos de miliólidos (g. *Lentilocolina*), rotálidos, lamelibranquios, gasterópodos y algas (g. *Anphiroa*). Ochocientos metros al NE de la casa del Colmenar hemos tomado dos muestras: una, biosparita con secciones de algas, rotálidos, bulimínidos, *Lacazina* y *Praealveolina*; la otra, oosparita, en la que los oolitos son de forma y tamaño uniforme, con estructura concéntrica, y cuyo núcleo encierra a veces un pequeño vestigio orgánico. Estos dos materiales se distribuyen en varias capas alternantes.

En las proximidades del Castillo de la Almenara aparece intercalado, además, un nivel de brechas rojizas, con pequeños cantos angulosos de caliza gris.

La potencia del tramo es del orden de 20 metros. En algunos puntos no aparece completo, hallándose la cima sustituida por conglomerados, como veremos después.

En cuanto a su edad, sabemos que es Senonense, al menos la parte superior fosilífera, pudiendo asegurarse también la existencia del Santonense.

Resumiendo, podemos decir que la formación Castillo tiene una potencia media de 120 metros. Está formada por una base de arenas, un tramo medio constituido por paquetes calizos y margosos alternantes, arenosos en la base y dolomíticos en su parte central, y un tramo superior calizo. Los restos fósiles permiten asegurar la existencia

del Cenomanense y determinados niveles del Senonense.

#### Formación Moraleja.

Toma el nombre de la Casa de la Moraleja (39° 48' 55" N y 0° 48' 30" E). Está formada esencialmente de conglomerados, arenas y yesos. Hemos separado, al igual que en las formaciones anteriores, tres miembros o tramos.

El inferior lo integran conglomerados rojos, casi exclusivamente. Unos ochocientos metros al NO de Puebla de Almenara, este material tiene las siguientes características: cantos subangulosos, más frecuentes los de 3 centímetros de diámetro medio, que, por otra parte, varía desde el tamaño arena hasta bloques angulosos de más de 2 decímetros. Esta heterometría resalta más por hallarse mezclados todos los cantos. Son poligénicos; coexisten nódulos de limonita, granos de cuarzo y sobre todo, cantos calizos de los niveles jurásicos y cretáceos. Es frecuente encontrar cantos calizos parcialmente disueltos por las aguas meteóricas ricas en ácido carbónico. La matriz es de color ladrillo. Presenta estructura heterogénea con bandas locales de granulometría diferente. La trama es abierta, correspondiendo un volumen semejante a trama y matriz. Tales características son representativas de este tramo inferior.

En el punto donde ha sido descrito alcanza un espesor mínimo de 200 metros; pese a ello, la potencia media general, dentro de la zona estudiada, es mucho menor. Así, unos doscientos metros al oeste del kilómetro 66 de la carretera de Puebla de Almenara a Villarrubio, aparece con unos 60 metros. Análogamente ocurre unos seiscientos metros al este del kilómetro 28 de la carretera de Villamayor de Santiago a Saelices. En este punto, la base presenta unas anomalías, al incluir en su secuencia episodios de aspecto brechoide entre los que pueden adivinarse intercalaciones de horizontes calizos, muy fracturados. Se apoyan directamente sobre las intrasparitas de la parte inferior del tercer tramo de la Formación Castillo. Esto nos sugiere que las capas brechoides son sincrónicas de las biosparitas que coronan, en otros puntos, la formación infrayacente.

El segundo miembro o tramo de la Formación Moraleja está integrado por arenas síliceas con algunos lechos arcillosos, especialmente hacia su parte más alta. Aflora junto a la carretera de Puebla a Villarrubio, al sur del arroyo de las Cañadas. Son arenas blancas y grisáceas, localmente cementadas por carbonato cálcico; a veces, muestran tonos rojizos. Intercalan lentejones arcillosos va-



riolados, rojizos, amarillentos, verdosos, etc. En general los granos tienen tamaño inferior a los dos milímetros, pero existe una fracción bien representada, que puede pasar del 5 por 100, en volumen, cuyo tamaño es algo mayor. Raras veces alcanzan el decímetro como dimensión máxima de su morfología groseramente ovoidal. Su naturaleza es cuarzosa y cuarcítica, principalmente.

La máxima potencia observada en la zona es de unos 100 metros, en el afloramiento mencionado. En otros puntos, éste miembro no está representado.

El miembro o tramo superior de la formación que describimos, está constituido, fundamentalmente, por yeso con escasas hiladas de margas. Este yeso masivo es muy blanco, de textura sacaroidea y/o pulverulenta. Aflora junto al kilómetro 66,5 de la carretera de Puebla de Almenara a Villarrubio y en gran extensión junto a la Casa de la Moraleja. Las margas suelen ser blanquecinas, aunque raras veces se tiñen de rosa y violeta.

La potencia observada para este tramo es superior a los 500 metros, aún sin conocer su techo.

Junto al kilómetro 52 de la carretera de Villamayor a Saelices, hemos encontrado trozos grandes de sílex de estructura cavernosa, esparcidos sobre los campos de labor que cubren la formación de yesos; no haberlos encontrado *in situ* nos impide aportar datos sobre su origen, relación con los materiales adyacentes y causas de su particular estructura. En esta zona los yesos reposan sobre los conglomerados a través de algunos niveles arcillosos rojos y blanquecino-amarillentos y otros de naturaleza calcárea. Unos seiscientos metros al este del kilómetro 32,5 de la misma carretera, sobre los conglomerados, bastante arcillosos en este punto, yacen unos metros de calizas grises de grano fino, con segregaciones silíceas. A su vez, los conglomerados se asientan sobre el miembro medio de la formación Castillo. Sin embargo, ochocientos metros al NE de la casa del Colmenar, esta formación reúne características muy diferentes a las ya descritas. Sobre las calizas oolíticas y calizas con *Lacazinas* de los últimos niveles cretáceos bien datados, se depositan unos metros de conglomerados, coronados por margas blancas con escasos horizontes intercalados de calizas grises con sílex y, finalmente, nuevos episodios de margas blanquecinas.

La edad exacta de esta formación no queda definida por la ausencia constante de restos fósiles suficientemente determinativos. Más al norte, Coma y Felgueroso (10), indican la posibilidad de que los yesos aún pertenezcan al Senonense, si bien en la zona descrita por ellos los yesos reposan directamente sobre calizas oquerosas del Cre-

táceo terminal. Pese a ello creemos observar que esta formación tiene mayores semejanzas con el Garumnense de zonas vecinas. En principio, y hasta que futuros hallazgos fósiles lo determinen, creemos más lógico atribuir esta formación al Paleógeno, como parte basal del mismo, de gran potencia en la región.

#### *Formación Hoyo.*

Esta determinación alude a la casa del Hoyo (39° 47' 10" N y 0° 49' 35" E), situada a pocos metros de la torca que da origen a tal nombre.

Está constituida por conglomerados rojos y arcillas rojas. Los primeros presentan trama abierta en general, cuyos cantos, de naturaleza caliza en casi su totalidad, son heterométricos y subangulosos a subredondeados, con predominio de los del tamaño comprendido entre 3 y 5 centímetros. La matriz es calcárea detrítica, con elementos de hasta menos de medio milímetro. El cemento es más abundante que la matriz, su naturaleza calcárea y el color rosado. Se disponen en bancos que varían desde un metro hasta unos decímetros, con intercalaciones delgadas de arcillas rojas.

Se encuentran discordantes y casi horizontales sobre los demás materiales. Tienen el aspecto de una formación antigua de pie de monte ampliamente extendida a ambos lados de la sierra, cuyos materiales serían el resultado de continuos procesos de erosión, meteorización y arrastre de los que forman el núcleo montañoso.

Su potencia en ningún caso parece llegar a la veintena de metros. En cuanto a su edad, es difícil de precisar. Por su posición y sus facies parecen análogos a los materiales de la región calificados como villafranquienses.

Hemos incluido dentro de esta formación, si bien son de naturaleza más arcillosa y probablemente de origen más antiguo, los materiales que afloran en las inmediaciones del kilómetro 12 de la carretera de Villamayor de Santiago a Hontanaya.

#### *Cuaternario aluvial*

Está representado por la terraza del río Gigüela y otros depósitos menores de algunos arroyos. Su composición es principalmente limo-arcillosa.

Existe un cuaternario más antiguo, constituido por arenas y arcillas, de color rojo ladrillo apagado, dispuesto en capas más o menos regulares. Se puede observar junto a los kilómetros 29 y 30 de la carretera de Villamayor de Santiago a Saelices, de donde se han extraído para «bachear» la carretera. Probablemente formen parte de una te-

rza antigua, si bien nosotros los hemos cartografiado como aluviales.

#### V. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La directriz estructural general de la zona es norte-sur. Los materiales de las tres formaciones inferiores, respectivamente llamadas Cruz, Castillo y Moraleja, son preorogénicos. Aparecen dispuestos en bandas, más o menos continuas, dirigidas de norte a sur. Son frecuentes las supresiones de paquetes debidas al fenómeno tectónico.

El estilo tectónico del conjunto es el resultado de una superposición de estructuras de plegamiento y cabalgamiento. En la parte central de la zona el efecto de compresión ha sido más intenso, dando lugar a cabalgamientos de gran embergadura con repetición de las series. Hacia los extremos, estos cabalgamientos se atenúan hasta desaparecer, mostrándose en ellos pliegues completos, más o menos vergentes y con cierre periclinal. Este carácter es más visible al sur que al norte.

La vergencia de las estructuras es occidental, sin ninguna excepción. El esfuerzo resultante que las ha originado ha sido horizontal de compresión, de dirección y sentido este-oeste, con máximo desplazamiento relativo de los materiales de oriente a occidente, es decir, aumentando la autoctonía hacia el oeste.

Se distinguen varias zonas longitudinales con morfoestructura de escama, separadas por superficies de cabalgamiento. De ellas, la más oriental es la de mayor continuidad. Todas tienen como característica común que el borde este es el más moderno estratigráficamente, mientras que el oeste es el más antiguo; es decir, los tramos más antiguos de la formación Cruz cabalgan sobre los más modernos de la formación Castillo e incluso sobre la formación Moraleja.

La escama oriental comienza al norte con el Cretáceo suavemente ondulado sobre el Jurásico. El cabalgamiento pone en contacto al Jurásico con las arenas paleógenas de la segunda escama; la superficie de contacto es bastante tendida y con algunas ondulaciones. En una de estas ondulaciones, junto al kilómetro 66 de la carretera de Puebla de Almenara a Villarrubio, el cabalgamiento se verifica sobre el paquete superior de yesos. Algo más al sur, en las proximidades del kilómetro 64 de la misma carretera, la posición isoclinal de los materiales de la escama se pierde para dar paso a un anticlinal y sinclinal ligeramente oblicuos a la dirección general, cuyos ejes se hunden hacia el sur. El cabalgamiento sigue avanzando sobre las arenas del Paleógeno hasta, aproximadamente, dos kilómetros al norte del castillo de la Almenara, en

donde descansa sobre los conglomerados; al desplazarnos más al sur, dichos conglomerados terminan por desaparecer, poniéndose entonces en contacto directo el Jurásico con el Cretáceo superior. Cerca de la Ermita de Nuestra Señora de la Misericordia desaparece el tramo superior del Cretáceo. Dicho Cretáceo se reduce tectónicamente cada vez más hacia el sur, hasta desaparecer cerca del vértice Cruz, donde ya cabalga Jurásico sobre Jurásico. Finalmente al este de la casa de Pando, aflora de nuevo el Cretáceo bajo la superficie de cabalgamiento, al mismo tiempo que se va atenuando el movimiento relativo, hacia el sur, para terminar por desaparecer este cabalgamiento, cuyo extremo meridional no llega a observarse a causa de los recubrimientos modernos.

La escama descrita presenta, en su parte central, una mayor complicación tectónica, debida a la presencia de un nuevo cabalgamiento intrajurásico, ramificado, y una importante cobijadura. Por otra parte, es aquí donde alcanzan mayor desarrollo los dos sistemas de fracturas sincrónicas con el plegamiento principal, de direcciones E-NE y E-SE, respectivamente.

Al sureste de la casa de Pando aparece un pequeño afloramiento de Cretáceo margocalizo, totalmente discordante sobre el Jurásico, que podría corresponder con un paquete desmembrado y deslizado por gravedad durante el plegamiento.

En el sector sur, la escama pierde este carácter, quedando formada por varios pliegues que hunden sus ejes hacia el sur; al suroeste de Hontanaya los ejes cabecean de nuevo, produciéndose depresiones y ensilladuras, y originando, en conjunto, un transinclinal. Esta estructura explica el cambio brusco de las capas cretáceas al suroeste de Hontanaya, que giran de la dirección norte-sur a la este-oeste.

La segunda escama empieza al norte en forma de anticlinal cuyo eje se hunde fuertemente junto al río Gigüela, provocando el cierre periclinal de las capas. Pero inmediatamente por el borde oeste aparece una superficie de cabalgamiento, que va cortando oblicuamente a las capas cretáceas y a las primeras jurásicas, para continuar, hacia el sur, sensiblemente paralela a las mismas. El cabalgamiento se verifica sobre los conglomerados del Paleógeno. Esta escama presenta, junto al arroyo de Las Cañadas, un sinclinal muy poco pronunciado, que nos sugiere la existencia, en principio, de un anticlinal de «techo plano», que después se ha fallado por su flanco oeste, produciéndose el cabalgamiento.

Más al sur el cabalgamiento se hace directamente sobre el Cretáceo, al tiempo que el Jurásico se reduce tectónicamente, para engrosar de nuevo en zonas más meridionales. El recubrimiento moderno oculta la superficie de cabalgamiento durante buen

trecho, apareciendo sólo dos retazos al oeste del vértice Cruz.

El Cretáceo se dispone isoclinamente por el borde oriental de la escama, hasta llegar a desaparecer en las proximidades del vértice Cruz. En las zonas del Castillo de la Almenara y de la Ermita de Nuestra Señora de la Misericordia, este Cretáceo se pliega en anticlinal y sinclinal muy apretados y volcados hacia el oeste. El sinclinal, situado a occidente, comienza levantando su eje suavemente hacia el sur, para terminar haciéndolo bruscamente. El eje anticlinal, en cambio, se mantiene más suave. Estas estructuras tienen continuidad a través del Jurásico, adoptando el eje del sinclinal posiciones subhorizontales para levantarse bruscamente, de nuevo, más al sur; el eje del anticlinal se eleva al tocar el afloramiento jurásico, vuelve a ser horizontal y finalmente se hunde hacia el sur. El flanco comprendido entre el anticlinal y sinclinal, invertido al norte, se hace normal en áreas más meridionales. Por último, estas estructuras se suavizan, desapareciendo en parte bajo el cabalgamiento de la escama superior.

En el sector sur, la escama que describimos pierde este carácter, quedando reducida, al menos aparentemente, a un simple anticlinal de techo plano (pliegue en cofre), con núcleo jurásico y bordes cretáceos. El Cretáceo del borde oeste no aparece, por estar la zona recubierta con materiales más modernos.

La tercera escama se inicia de forma análoga a la anterior: cierre periclinal debido al hundimiento rápido del eje del pliegue. La superficie de cabalgamiento, en su borde oeste, corta al Cretáceo oblicuamente, hasta afectar al Jurásico. Hay que distinguir, al menos en esta parte norte, dos superficies de cabalgamiento principales, que encierran una cuña de Cretáceo superior, entre la formación de yesos (debajo) y el Jurásico (encima).

Más al sur, junto al recubrimiento del posible Villafranquiense, aparece un doble pliegue en el interior de la escama, análogo al descrito, junto al kilómetro 64 de la carretera de Puebla de Almenara a Villarrubio, en la estructura oriental.

Al sur de este punto las estructuras están recubiertas. Es posible que la alineación cretácea del borde este de la escama se continúe bajo el recubrimiento para aparecer de nuevo al norte de la casa del Colmenar, para girar, más tarde, hacia el norte, cerrando periclinalmente mediante un anticlinal cuyo eje se hunde con buzamiento sur. Al oeste de dicha estructura se encuentra un sinclinal, de cuyo interior emerge, con sección elíptica, un pequeño braquianticlinal. Finalmente, al oeste, hace su aparición un pliegue «en cofre», con núcleo jurásico y bordes cretáceos.

La cuarta franja longitudinal está limitada al

oeste por una fractura inversa poco inclinada. Tiene morfoestructura de un anticlinal corto, cuyo eje se hunde por uno y otro extremo, dando lugar a sendos cierres periclinales. El flanco occidental se muestra incompleto en su parte central, debido a la falla indicada anteriormente. El cierre sur es agudo, mientras que el norte es más amplio, dando cabida, incluso, en su interior, a un sinclinal suave.

Hacia el sur, más allá del recubrimiento moderno, aparece de nuevo el Jurásico, gracias a una elevación del eje de las estructuras.

El borde oeste, finalmente, se presenta como un anticlinal suave que se hunde hacia el norte, terminando cubierto por los yesos casi verticales de La Moraleja.

Todas las estructuras principales, según hemos indicado, se hunden hacia el norte, junto al río Gigüela. Análogamente ocurre a la primera escama descrita, fuera ya de la zona estudiada. Algunas de estas estructuras reaparecen más al norte y este accidente tectónico se puede interpretar, por tanto, como un gran transinclinal disimétrico, oblicuo a la directriz tectónica regional; su dirección coincide con la principal del río Gigüela. En líneas generales, pues, podemos decir que el centro de la zona coincide con un transanticlinal suave, comprendido entre los transinclinales del río Gigüela y de Hontanaya.

## VI. OBSERVACIONES GEOMORFOLÓGICAS

En la parte central del área estudiada se sitúa la Sierra de la Almenara propiamente dicha. Constituye una zona que se eleva más de 150 metros con relación al área circundante. Su forma es relativamente aguda, orientada de norte a sur, formando una suave concavidad hacia occidente. Su longitud es, aproximadamente, tres veces superior a la anchura. Su forma alargada en el sentido de los meridianos concuerda con la dirección general de las estructuras. Su morfogénesis responde, principalmente, al cabalgamiento de la escama oriental sobre la occidental, fenómeno estructural de desarrollo mucho más rápido que la erosión subsiguiente, en parte inhibida, al mismo tiempo, por la elevación de capas duras en la base del labio levantado (oriental). Al norte de la zona, el cabalgamiento se produce sobre capas del Paleógeno, fácilmente erosionables. Más al sur, en cambio, este accidente se produce sobre bancos duros del Cretáceo superior, y es precisamente en ese punto (Cerro Mojón) donde comienza la sierra propiamente dicha. Desde la ermita hacia el norte, los puntos más altos se encuentran en los materiales cabalgados y hacia el sur en los cabalgantes.

La erosión remontante de las diversas «cañadas»,

a uno y otro lado de la divisoria, sigue trabajando incansablemente para lograr el arrasamiento de la región. Por este motivo, la divisoria tiene un trazado en zig-zag con trozos rectilíneos muy cortos. Los diferentes talweg desarrollados tienen un trazado radial centrífugo, en muy contados casos modificado por la dirección de las capas.

En la parte norte de la zona, en cambio, donde están bien representados los materiales cretáceos y paleógenos, se desarrollan áreas deprimidas dispuestas en sentido longitudinal, coincidiendo con los tramos blandos de las sucesiones estratigráficas. Una de ellas, la más importante, ubicada sobre los materiales peleógenos, se extiende desde el norte de Cerro Mojón hasta el borde septentrional de la zona.

Los materiales del posible Villafranquiense tienen una morfología casi tabular, ligeramente inclinados y adosados a las laderas de la sierra, a las que debieron cubrir en casi toda su extensión. Posteriormente han sido barridos en muchos puntos por la erosión, no quedando más que retazos aislados en la actualidad. Posiblemente muchas de las cañadas más importantes, de trazado general oblicuo a las estructuras, se hayan formado primeramente sobre esos materiales, eligiendo dicho trazado de acuerdo con la pendiente de la sierra, y que posteriormente se han visto obligados a seguir.

Esta hipótesis podría explicar el camino curvo y difícil que sigue el arroyo de Las Cañadas. Este arroyo corta dos veces la serie completa (en las dos escamas más orientales) produciendo, en el corte de la segunda, paredes casi verticales con más de 60 metros de altura. Se da, además, la curiosa circunstancia, de que la depresión longitudinal más importante corta al citado arroyo transversalmente, por donde discurre la carretera de Puebla de la Almenara a Villarrubio.

El trazado del río Gigüela y la terraza que ha originado, se adaptan a las estructuras. En efecto, sigue una línea ondulada que se acomoda, aunque groseramente, a los cierres periclinales con que terminan casi todas las estructuras por el norte. Por esa circunstancia, se ha visto obligado a romper únicamente algunas capas cretáceas y paleógenas, alcanzando la terraza su máxima extensión entre los extremos de cada dos estructuras.

## VII. GEOLOGÍA HISTÓRICA Y CONCLUSIONES

La deposición de los materiales más inferiores que afloran en la zona, tiene lugar durante el Jurásico. El Triás superior (Keuper), aflora en la zona de Alcázar de San Juan (unos 50 kilómetros al suroeste del área estudiada) con facies germá-

nica. Este Keuper de margas irisadas, yesíferas y salinas, con algunas intercalaciones lenticulares de dolomías, no ha salido a la superficie en nuestra zona ni en una amplia región circundante. Esto parece indicar, en principio, que no ha jugado tectónicamente.

Al Keuper siguen carniolas y calizas dolomíticas cavernosas, coronadas por calizas puras y margas del Toarcense muy fosilíferas (25). El sondeo de San Lorenzo de la Parrilla (28) ha mostrado para la serie una potencia superior a los 300 metros; encima se han cortado 521 metros de calizas oolíticas en bancos potentes, y dolomías, que quizás representen al Jurásico medio y superior. Riba y Ríos (25), afirman que al oeste de este punto no aflora más que Lías.

En la zona de estudio, la sucesión jurásica se compone de muro a techo de: calizas recristalizadas, dolomías, calizas sublitográficas y oolíticas, dolomías, calizas dolomíticas y algunos niveles de margas. La parte superior no deja de poseer cierto parecido con el tramo atribuido al Jurásico medio y superior, en el sondeo citado anteriormente.

Al ciclo sedimentario jurásico sigue, en nuestra zona, un período de erosión no muy acentuado. No podemos asegurar si aquel ciclo comprende a todo el Jurásico o se reduce al Lías, pero sí que va seguido de un episodio más o menos dilatado de erosión. Al menos en la última parte del período erosivo, tiene lugar un cierto «plegamiento» de la serie, dando lugar a suaves anticlinales y sinclinales. Corresponde con el período de los movimientos neociméricos, que se muestran en esta zona de forma muy amortiguada.

El nuevo ciclo sedimentario se inicia al final del Cretáceo inferior, con depósitos de facies detrítica (facies Utrillas). Estos materiales, se depositan en toda la región con espesores muy variables. En nuestra zona son extraordinariamente poco potentes, menos aún que los depósitos análogos situados en el borde de la Sierra de Guadarrama, borde de la cuenca, debido quizás a constituir esta zona uno de los umbrales (anticlinales suaves), formados precedentemente. Con frecuencia, se observa en la región que el buzamiento del muro es mayor que el del techo. Sobre estos materiales se depositan calizas y margas alternantes, con algún episodio de dolomías arenáceas, terminando la serie por unos bancos de calizas francas, de grano fino unas veces y oolíticas otras. En conjunto, se depositan alrededor de 120 metros de materiales. Potencia análoga aunque algo mayor, tiene la serie en el borde de la Sierra de Guadarrama. En cambio, hacia el este, la serie incrementa su potencia con gran rapidez. Así, en Zafra de Zancara, la facies Utrillas supera los 100 metros, mientras el Cre-

táceo superior mantiene una potencia análoga a la que presenta en nuestra zona. En Sisante, la facies arenosa es poco potente, en general menos de 20 metros, y el Cretáceo superior, en cambio, supera los 200 metros.

Con el Senonense termina en la región la sedimentación marina, para dar paso a depósitos salobres epicontinentales y finalmente francamente lacustres. Tiene lugar una regresión, que coincide con la época de los movimientos larámicos antiguos.

Sobre el Cretáceo superior se depositan materiales de facies continental, representados por conglomerados, calizas lacustres, arenas, yesos y margas. El contacto con los materiales infrayacentes parece concordante en líneas generales, en el sentido de que la sedimentación es continua aunque con cambio de facies. Sin embargo, hemos observado que, lateralmente, el contacto progresa en edad, de manera que los conglomerados se sitúan, en unos puntos, sobre los niveles superiores del tramo que suponemos Senonense, mientras que en otros lo hacen sobre los niveles inferiores. En los primeros, los conglomerados son potentes y van seguidos de arenas, mientras que en los otros, los lechos conglomeráticos son poco potentes, y van seguidos de margas blanquecinas y calizas lacustres y/o yesos. Las calizas, no obstante, parecen tener deposición muy local. Así, pues, en donde la serie cretácea es más completa, la serie suprayacente es más regular y de mayor potencia. Esto nos hace suponer, que al final del Cretáceo comienza un período de cierta inestabilidad (movimientos paleolarámicos) en la región, dando lugar a la retirada progresiva del mar, y acentuándose algunos pliegues iniciados antes de los tiempos cretáceos. Estos movimientos orogénicos se continúan, según Riba y Ríos (25), con más o menos intensidad, durante todo el Paleógeno y una parte del Mioceno. Por tanto, el plegamiento principal tiene lugar durante este dilatado espacio de tiempo, sin que, probablemente, exista una fase «paroxismal» muy delimitada. Desde luego, los cabalgamientos observados se desarrollan, en buena parte al menos, durante o después de la deposición del tramo de yesos. Dado que estos materiales se encuentran en la parte superior del Paleógeno, buzando fuertemente, y llegando incluso a estar invertidos en algunos puntos, es verosímil que la fase más intensa del plegamiento se haya desarrollado al final del Paleógeno (¿intraoligocena?). A medida que las charnelas anticlinales van elevándose por efecto del plegamiento, la erosión actúa fuertemente sobre ellas, desgastándolas a un ritmo, en el tiempo, inferior al de la elevación.

Posteriormente, cuando ya ha tenido lugar la total emersión de la sierra, y buena parte de la

región está peniplanizada, se depositan conglomerados y algunos niveles de arcillas rojas, en potentes y extensos mantos coluviales, sobre el pie y la falda de ambas laderas. La topografía actual de la Sierra de la Almenara, en medio de una zona en fase avanzada de peniplanización, nos lleva a pensar en un rejuvenecimiento del relieve, originado por movimientos tectónicos tardíos, anteriores al Villafranquiense. En las proximidades de Villamayor de Santiago, aparece un Ponticense horizontal fosilizando estructuras mesozoico-paleógenas. Su posición nos habla de una gran tranquilidad tectónica, al menos en apariencia; en cambio, al norte de la zona, concretamente, al oeste del kilómetro 26 de la carretera de Villamayor de Santiago a Saelices, nos ha parecido observar Ponticense discordante sobre las estructuras, pero con buzamiento mayor de 10°. Sería interesante investigar este Mioceno, situado en la dirección de las estructuras de la sierra, porque podría dar luz sobre la época en que ocurrió el rejuvenecimiento del relieve apuntado anteriormente. Todos estos fenómenos tardíos de elevación o hundimiento en las alineaciones montañosas de nuestra zona, como continuación de la Sierra de Altomira, apoyados con la escasa potencia de las series sedimentarias (mínima en relación con los demás afloramientos de la Cordillera Ibérica), y la tectónica apretada de cobijaduras y cabalgamientos, indica la existencia de una zona de debilidad en el zócalo y la formación de un umbral según esta dirección.

#### VIII. BIBLIOGRAFIA

- ALÍA MEDINA, M.: *Sobre la tectónica profunda del Tajo*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 58, Madrid, 1960.
- ALMELA, A.; RÍOS, J. M., y GARRIDO, J.: *Sobre un corrimiento de tierras en el término de Castillejo del Romeral (Cuenca)*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 11, págs. 47-50, Madrid, 1943.
- ALMELA, A.: *Pontiense en Ossa de Montiel (Albacete)*. «R. Soc. Esp. de Hist. Nat.», tomo extraord., páginas 51-53, Madrid, 1954.
- BARTRINA, A., y GEA JAVALOY, F.: *Reconocimiento geológico en la zona del Puerto de Contreras (Cuenca y Valencia)*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», número 33, págs. 89-122, Madrid, 1954.
- BENAYAS, J.; PÉREZ MATEOS, J., y RIBA, O.: *Nouvelles observations sur la sédimentation continentale du Bassin du Tage*. «Ecl. Geol. Helv.», tomo LI, núm. 3, páginas 834-842, 1954.
- BRINKMANN, R.: *Betikum und Keltiberikum in Südostspanien*. «Beitr. geol. westl. Mediterr.», núm. 6, Berlin, 1931.
- BRINKMANN, R., y GALLWITZ, H.: *Der betische Aussen-*

- rand in Südostspanien. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl.», 3, 8, 1933.
- BRINKMANN, R., y GALLWITZ, H.: *Tertiär und Alt-Quartär in den nordwestlichen keltiberischen Ketten*. «Geotekton. Sympos.», 1956.
- CALDERÓN, S.: *Observaciones sobre la constitución de la meseta central de España*. «An. Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XIII, Madrid, 1884.
- COMA, J., y FELGUEROSO, C.: *Posible edad cretácea de los yesos basales en los bordes de la Sierra de Altomira (Bolarque, Almonacid de Zorita, Jabalera; provincias de Cuenca y Guadalajara)*. De «Materiales salinos del suelo español», por J. M. Ríos; «Mem. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 64, págs. 45-47, Madrid, 1962.
- COMA, J., y FELGUEROSO, C.: *Estudio hidrogeológico de una zona de la provincia de Guadalajara*. «N. y Com. Inst. Geol. Min. de Esp.», núm. 71, págs. 213-242, Madrid, 1963.
- CONCEA, S. DE LA: *Nuevos yacimientos fosilíferos del Oligoceno lacustre de la provincia de Guadalajara*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 67, Madrid, 1962.
- CORTÁZAR, D. DE: *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*. «Mem. Map. Geol. de Esp.», tomo III, Madrid, 1875.
- CRUSAFONT, M., y TRUYOLS, J.: *El Mioceno de las cuencas de Castilla y de la cordillera Ibérica*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 60, páginas 127-140, Madrid, 1960.
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J., y GINSBURG: *Mise en évidence du Sannoisien dans le haute valle du Tage*. «Comp. rend., seanc. Acad. Scien.», tomo 225, París, 1962.
- DEPERET, CH.: *Sur les bassins tertiaires de la Meseta Espagnole*. «Bull. Soc. Géol. France», 4.ª serie, tomo VIII, París, 1908.
- DUPUY DE LOME, E.: *Explicación de la hoja número 715, El Provencio, del Mapa Geológico de España a escala 1 : 50.000*. «Inst. Geol. Min. de Esp.», Madrid, 1955.
- FONTBOTÉ, J. M., y RIBA, O.: *Estudio geológico de los alrededores de Mota del Cuervo (Cuenca)*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 44, páginas 3-39, Madrid, 1956.
- GÓMEZ DE LLANERA, J.: *Excursión por el Mioceno de la cuenca del Tajo*. «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XIII, Madrid, 1913.
- HÉRNÁNDEZ PACHECO, F.: *Observaciones respecto al Paleógeno continental hispánico*, 1943.
- MARTÍNEZ PEÑA, I.: *El sistema Cretáceo sobre la Mesa Manchega (Cuenca, Ciudad Real, Guadalajara)*. En «El Cretáceo en España». «Mem. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 57, págs. 161-174, Madrid, 1956.
- MENSIK, J.: *Der Jura der Nordwestlichen Iberischen Ketten*. Diss. Bonn, 1957.
- NICKLÉS, R.: *Los tramos Senonense y Danés en el Sureste de España*. «Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp.», tomo XV, págs. 245-246, Madrid, 1888.
- QUINTERO, I., y TRIGUEROS, E.: *La Cordillera Ibérica*. En «El Cretáceo en España». «Mem. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 57, Madrid, 1956.
- RIBA, O., y RÍOS, J. M.: *Sud ouest de la Chaîne Iberique*. Livre a la memoire du prof. P. Fallot, tomo I, páginas 275-290, Soc. Geol. de France, París, 1961.
- RICHTER, G., y TEICHMÜLLER, R.: *Die Entwicklung der Keltiberischen Ketten*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Mat.-Phys. Kl.», 3, F. H. 7, 1933.
- RÍOS, J. M.; GARRIDO, J., y ALMELA, A.: *Reconocimiento geológico de una parte de las provincias de Cuenca y Guadalajara*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo 42, págs. 107-128, Madrid, 1944.
- RÍOS, J. M.: *Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo en España*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», número 50, págs. 49-73, Madrid, 1958.
- ROYO GÓMEZ, J.: *Datos para la geología de la submeseta del Tajo*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XIII, Madrid, 1918.
- ROYO GÓMEZ, J.: *Nuevos datos para la geología de la submeseta del Tajo*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XIV, Madrid, 1918.
- ROYO GÓMEZ, J.: *Edad de las formaciones yesíferas del Terciario Ibérico*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XXVI, págs. 259-279, Madrid, 1926.
- ROYO GÓMEZ, J.: *Tectónica del Terciario Continental Ibérico*. «Bol. Inst. Geol. y Min. de Esp.», tomo XLVII, páginas 129-168, Madrid, 1926.
- ROYO GÓMEZ, J.: *La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo*. «Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat.», serie geol., núm. 27, 39 págs. Madrid, 1920.
- SAEFTEL, H.: *Paleogeografía del Albense en las Cadenas Celtibéricas de España*. «N. y Com. Inst. Geol. Min. de Esp.», núm. 63, págs. 163-192, Madrid, 1961.
- SÁENZ GARCÍA, C.: *Observaciones acerca de la extensión de las facies lacustres del Cretáceo superior y del Eoceno a lo largo de la Cordillera Ibérica*. «Anales Asoc. Prog. Cienc.», año XII, núm. 4, Madrid, 1957.
- SANZ Y SANZ, T.: *Investigaciones en la cuenca hidrológica de la Mancha*. «N. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 15, págs. 235-249, Madrid, 1946.
- SCHRODER, E.: *Das Grenzgebiet von Guadarrama und Hesperischen Ketten (Zentralspanien)*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl.», N. F., 16, 3, 1930.

Recibido el 20-IX-1966.

# Estudio preliminar del yacimiento de plomo de Coto Laisquez, Sierra Alhamilla (Almería)

Por M. WEPPE (\*) y J.-P. JACQUIN (\*\*)

## INTRODUCCIÓN

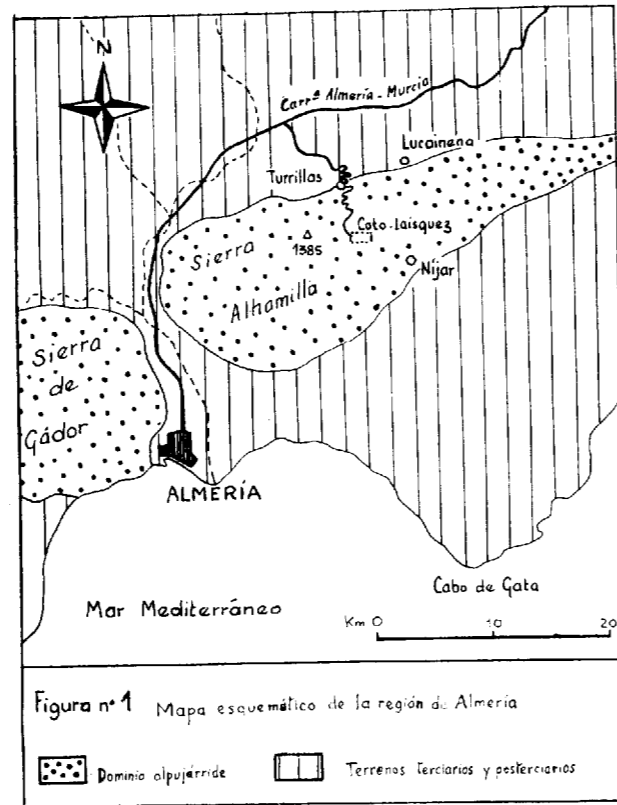
En el comienzo de un estudio más general de la metalogénesis de los Alpujarrides, el yacimiento de Coto-Laisquez, se nos ha presentado como un ejemplo particularmente interesante de las mineralizaciones regionales. Por tanto, hemos iniciado su estudio para disponer de un caso de referencia. Los datos hallados sobre el terreno nos han conducido a unas interpretaciones que necesitan investigaciones de más envergadura en laboratorio, que ya están en marcha. Sin embargo, ya las primeras investigaciones nos parecieron suficientemente importantes como para justificar una publicación previa.

Nos permitimos aquí dar las gracias a los profesores J. M. Fontboté y M. Durand-Delga, por su acogida en sus dominios de las Cordilleras Béticas, así como a don Luis Mac-Lellan de Godoy, Director de la Mina de Coto-Laisquez, cuya amigable comprensión nos ha permitido la realización de este estudio.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La mina de plomo de Coto-Laisquez está situada en la Sierra Alhamilla, a 28 kilómetros al nordeste de la ciudad de Almería. La concesión se encuentra en el extremo occidental del término municipal de Nijar. A partir del pueblo de Turrillas, un camino particular conduce a la mina, situada en la vertiente meridional de la Sierra, cota 900 (fig. 1).

La Sierra Alhamilla constituye un relieve alargado de dirección este-oeste, emergiendo de las formaciones terciarias. Unidad meridional de las Cordilleras Béticas, forma parte de los Alpujarrides.



Según los trabajos de Weaterveld, pertenece al llamado manto de Gádor. Se inserta, pues, fácilmente en el esquema general propuesto por M. Durand-Delga y J. M. Fontboté (1960).

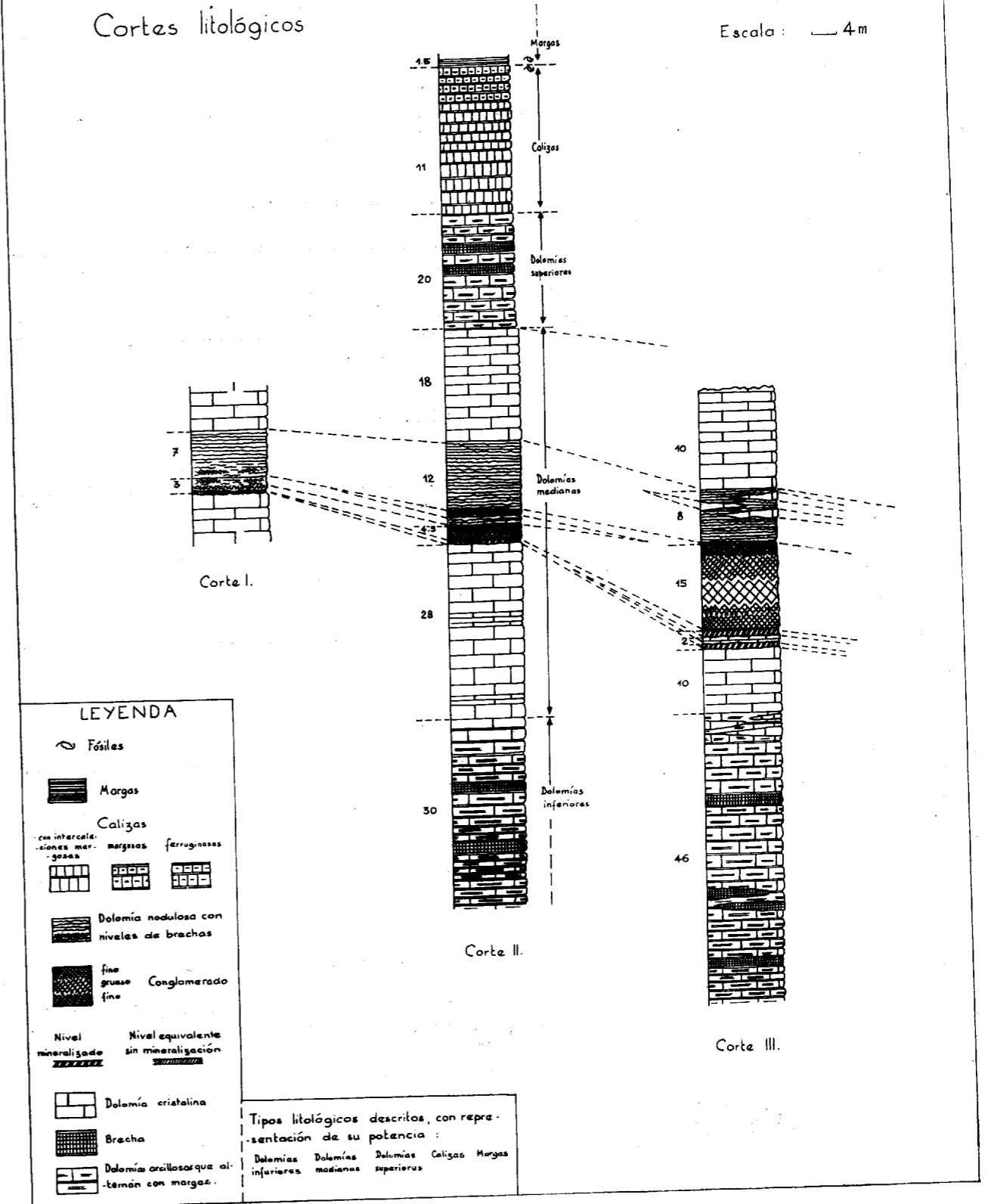
La estratigrafía se presenta según el siguiente corte:

|       |                         |                           |
|-------|-------------------------|---------------------------|
| Techo | Calizas<br>Dolomías     | } Trías medio y superior. |
|       | Filitas epimetamórficas |                           |
|       |                         | } Trías inferior.         |
| Base  | Esquistos cristalinos   | ?                         |

Fig. 2

## Cortes litológicos

Escala: 4 m



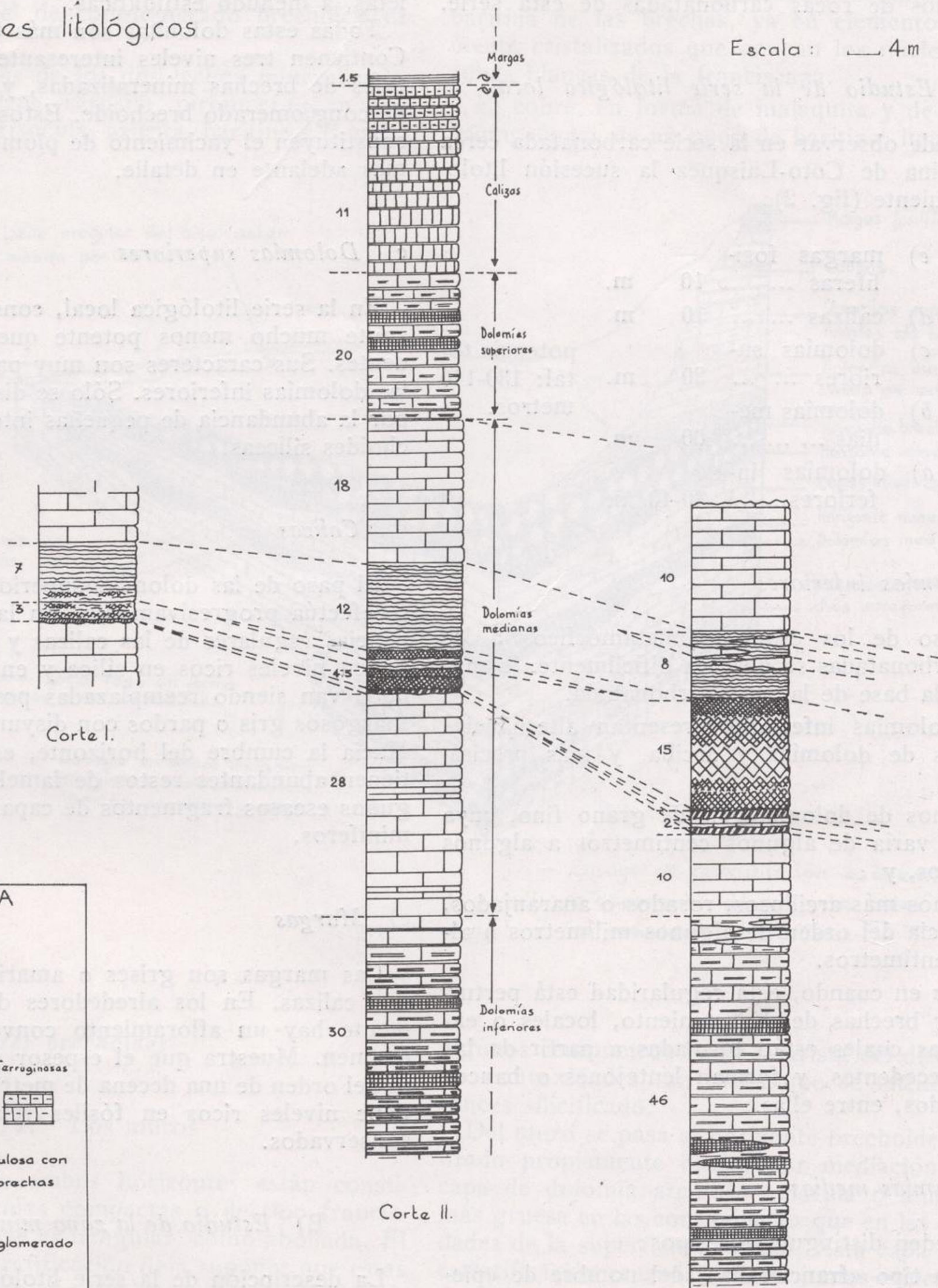
(\*) Prof. de la Escuela Nacional Sup. de Minas de NANCY.

(\*\*) Maître Assistant à l'Ecole Supérieure des Sciences de Brazzaville (Congo).

Fig. 2

# Cortes litológicos

Escala: 1 cm = 4m



## LEYENDA

Fósiles

Margas

Calizas

con intercalaciones margosas ferruginosas

Dolomía nodulosa con niveles de brachas

fino grueso Conglomerado fino

Nivel mineralizado Nivel equivalente sin mineralización

Dolomía cristalina

Bracha

Dolomías arcillosas que alternan con margas.

Tipos litológicos descritos, con representación de su potencia:

Dolomías inferiores Dolomías medianas Dolomías superiores Calizas Margas

El criadero de Coto-Laisquez está situado en los tramos de rocas carbonatadas de esta serie.

#### A) Estudio de la serie litológica local

Se puede observar en la serie carbonatada cerca de la mina de Coto-Laisquez la sucesión litológica siguiente (fig. 2):

|       |                               |          |                                 |
|-------|-------------------------------|----------|---------------------------------|
| Techo | e) margas fosilíferas ... ..  | 10 m.    |                                 |
|       | d) calizas ... ..             | 10 m.    |                                 |
|       | c) dolomías superiores ... .. | 20 m.    | potencia total: 130-140 metros. |
|       | b) dolomías medias ... ..     | 60 m.    |                                 |
| Base  | a) dolomías inferiores... ..  | 30-40 m. |                                 |

#### a) Dolomías inferiores

El paso de los esquistos metamórficos a las rocas carbonatadas se observa difícilmente, lo mismo que la base de la serie carbonatada.

Las dolomías inferiores presentan alternancias regulares de dolomías y arcilla, y más precisamente:

— lechos de dolomía gris de grano fino, cuya potencia varía de algunos centímetros a algunos decímetros, y

— lechos más arcillosos, rosados o anaranjados, de potencia del orden de algunos milímetros a algunos centímetros.

De vez en cuando, esta regularidad está perturbada por brechas de deslizamiento, locales o extensas, las cuales están formadas a partir de las rocas precedentes, y forman lentejones o bancos intercalados, entre ellas.

#### b) Dolomías medias

Se pueden distinguir dos tipos:

1) Un tipo «franciscana», del nombre de «pie-dra franciscana» que le dan los mineros.

En este tipo alternan bandas de 0,1 a 3 cm. paralelas u oblicuas con respecto a la estratificación; unas blancas, dolomíticas, de grano relativamente grueso y zonas grises o negras, dolomíticas, pero finamente cristalinas.

2) Un tipo compacto, gris, marrón o negro. Las dolomías se presentan aquí en bancos de una potencia que varía de 0,5 a 2 metros, separados

por juntas de estratificación arcillosa, rojas o violetas, a menudo estilolíticas.

Todas estas dolomías son más o menos fértiles. Contienen tres niveles interesantes: dos horizontales de brechas mineralizadas, y un bisel estéril de conglomerado brechoide. Estos horizontes, que constituyen el yacimiento de plomo, se describirán más adelante en detalle.

#### c) Dolomías superiores

En la serie litológica local, constituyen un horizonte mucho menos potente que las dos precedentes. Sus caracteres son muy parecidos a los de las dolomías inferiores. Sólo se distinguen de ellas por la abundancia de pequeñas intercalaciones brechoides silíceas.

#### d) Calizas

El paso de las dolomías superiores a las calizas se efectúa progresivamente. En la base, las alternancias regulares de las calizas y las arcillas contienen niveles ricos en sílice y en hierro. Poco a poco van siendo reemplazadas por bancos calizos margosos gris o pardos con disyunción en losetas. Hacia la cumbre del horizonte, estas calizas contienen abundantes restos de lamelibranchios y algunos escasos fragmentos de caparzones de foraminíferos.

#### e) Margas

Las margas son grises o amarillas, más o menos calizas. En los alrededores de la mina solamente hay un afloramiento conveniente para su examen. Muestra que el espesor de la formación es del orden de una decena de metros. Su base contiene niveles ricos en fósiles relativamente bien conservados.

#### B) Estudio de la zona mineralizada

La descripción de la serie litológica que hemos dado permite situar dos horizontes que contienen toda la mineralización del yacimiento. Se sitúan en las dolomías medias y en ellas forman aproximadamente los dos planos de un diedro de arista horizontal abierto en unos diez grados (fig. 3).

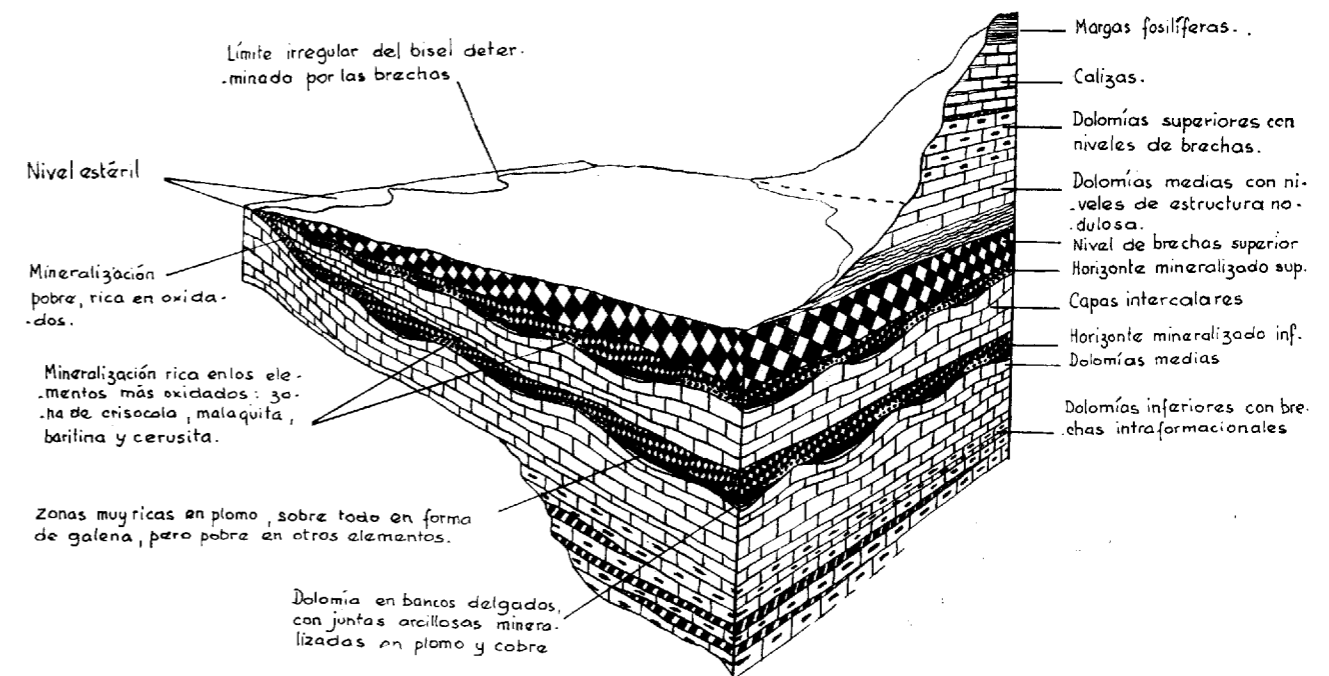
Estos dos horizontes son brechoides. El horizonte inferior reposa sobre dolomías medias. El bisel que separa los dos horizontes está constituido por dolomías medias. Entre el horizonte supe-

rior y las dolomías medias que están encima, se intercala el bisel de conglomerado brechoide estéril.

La paragénesis de los dos lechos mineralizados comprende: galena, cerusita, piromorfita, mimetita, malaquita, crisocola, azurita, baritina y fluorita.

elementos finamente granudos, acompañando la baritina de las brechas, ya en elementos ampliamente cristalizados que ocupan los núcleos de las zonas blancas de la franciscana.

El cobre, en forma de malaquita y de crisocola acompañadas de un poco de baritina, impregna en



Ensayo de reconstitución esquemática de la disposición de conjunto antes de todos los movimientos tectónicos.

Fig. 3

#### a) Los horizontes brechoides mineralizados

##### 1.º Los muros

Los muros de ambos horizontes están constituidos por dolomías compactas o de tipo franciscano. Su superficie es irregular, como abollada. El examen de la estratificación deja suponer que estas irregularidades no son debidas a la erosión, sino a una especie de deslizamiento de las dolomías del muro a lo largo de una débil pendiente poco después de su sedimentación. Además estas dolomías muestran a menudo estructuras de compactación en relación con las brechas de disolución infrayacentes, brechas cementadas por baritina asociada a la dolomita y a veces a la calcita.

La mineralización de estos muros es muy débil. El plomo, en forma de galena, aparece ya en

algunos centímetros hacia la arista del diedro o en las convexidades, un muro que se encuentra entonces silicificado.

Del muro se pasa al horizonte brechoide mineralizado propiamente dicho, por mediación de una capa de dolomía arcillosa amarilla o anaranjada, más gruesa en las concavidades que en las convexidades de la superficie abollada. Esta capa presenta estratificación cruzada, y unas juntas mineralizadas de galena y malaquita.

##### 2.º Los lechos mineralizados propiamente dichos

##### 1) La brecha

Estos dos horizontes están formados por una brecha. Su potencia, controlada por las irregulari-

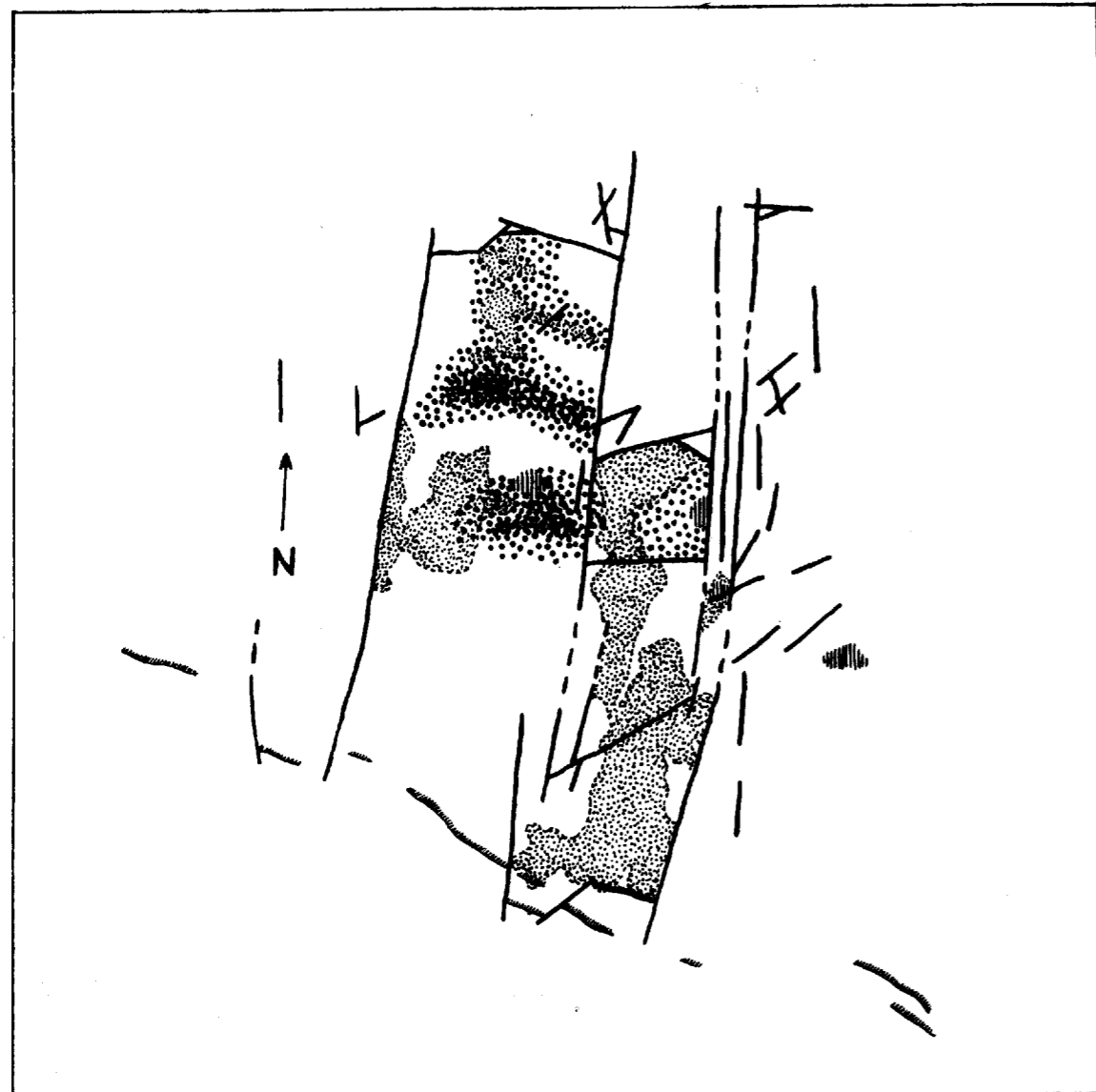







Fig. 4 Extensión de las zonas mineralizadas explotadas, pertenecientes a la capa baja. Localización de las diferentes zonas mineralizadas. (Proyección sobre un plano horizontal)

|  |  |   |
|--|--|---|
|  Zonas estériles o no explotadas. |  Zonas con baritina               |  Zonas con malaquita |
| Escala: <u>50 m</u>  |  |   |
|  |  Zonas explotadas para la galena. |  Afloramientos         |

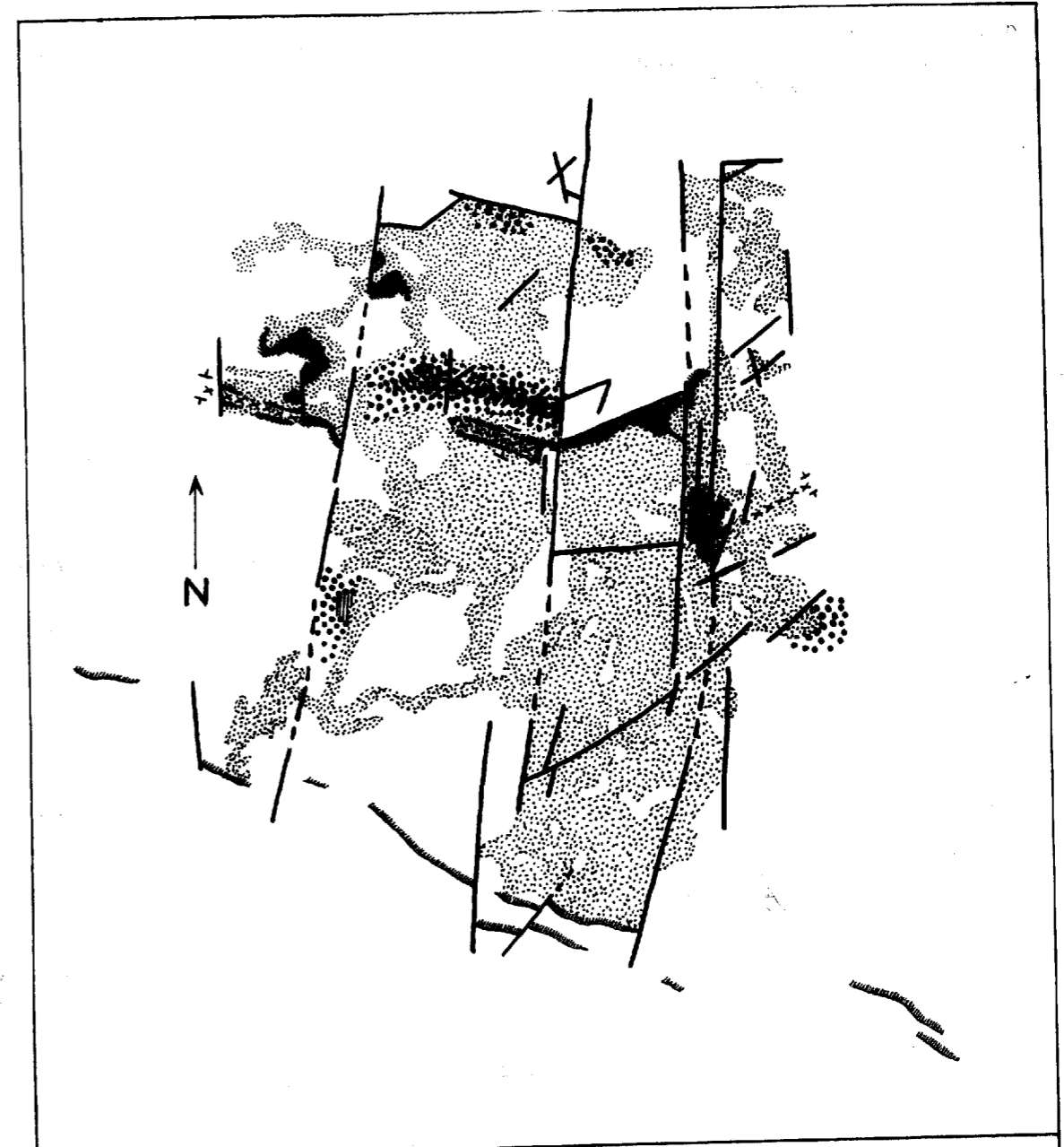


Fig. 5 Extensión de las zonas mineralizadas explotadas, pertenecientes a la capa alta, o a una capa indeterminada, o a dos capas asociadas. Localización de las diferentes zonas mineralizadas. (Proyección sobre un plano horizontal)

\* Signos idénticos a los de la figura 4.

|                     |  |
|---------------------|--|
| Escala: <u>50 m</u> |  Zonas ricas en arcillas rojas, en el techo de la capa. |
|---------------------|--|

dades del muro, varía desde algunos centímetros en las convexidades a 1,50 en las concavidades.

En el horizonte inferior, los elementos de la brecha son: o bien dolomítico-arcillosos, o muy raramente silíceos. Su tamaño varía desde el milímetro a 15 centímetros. Algunos elementos, por su deformación, indican que se han sedimentado en estado pastoso.

En el lecho superior, la naturaleza y el tamaño de los elementos son los mismos. Pero los elementos silíceos dominan en gran manera hacia la parte alta de la capa. En este lugar los elementos están a menudo desconchados, y algunos presentan formas ya redondeadas.

El color de los horizontes brechoides es gris en su base y en concavidades, y amarillo en la parte alta y en las convexidades. Hacia el vértice del bisel donde se encuentran las capas, el color pasa al rojo.

### β) La mineralización

En las zonas muy potentes situadas en las concavidades, la mineralización se presenta en forma de galena y de cerusita. La galena se presenta en elementos angulosos de estructura interna más o menos cristalizada. El tamaño y el grado de desgaste de estos elementos está en relación directa con el tamaño y el grado de desgaste de los elementos vecinos constitutivos del conglomerado. La cerusita forma una fina envoltura alrededor de los elementos de galena de la base. Esta envoltura aumenta a medida que se va remontando la capa, para llegar a alcanzar la parte alta, hasta encontrar cerusita sola. El cemento mismo está compuesto de dolomita y cerusita finamente cristalizada, a las que vienen a añadirse el cuarzo microcristalino, muy abundante en el lecho superior.

En las zonas de poca potencia situadas en las convexidades, la mineralización está constituida por cerusita, malaquita, crisocola, mimetita y piro-morfita, acompañadas de un poco de baritina. Toda la mineralización se encuentra aquí en el cemento, que es netamente silíceo. Así es que en plano, en los dos lechos mineralizados, aparecen dos tipos de mineralización.

El primero agrupa una paragénesis de malaquita, crisocola, baritina y óxidos de plomo. Está ligado a las arcillas rojas o violáceas. Domina al oeste del yacimiento en la zona donde se cierra el bisel. Se encuentra también en las partes altas de las ondulaciones en el centro del yacimiento. Se atenúa hacia el este.

El segundo encierra galena. Un poco de malaquita se asocia a veces en las zonas en que la potencia es poca. Pero la galena sola se concentra

en las partes bajas de las concavidades, donde la potencia de las brechas es mayor y donde la tonalidad del lecho pasa del amarillo al gris.

### 3.º Los techos

Sobre el horizonte inferior, el techo está constituido por dolomías negras muy finamente granuladas en lechos de algunos centímetros de potencia, separados por juntas arcillosas rojas.

Sobre el horizonte superior el techo puede ser idéntico al del horizonte inferior, o bien pasar inmediatamente al bisel de conglomerado brechoide superior.

### 4.º El bisel de conglomerado brechoide superior

El conglomerado brechoide está compuesto por elementos dolomíticos angulosos y a veces rodados, cementados por dolomita finamente granulada. Su potencia, nula en la arista del diedro, aumenta rápidamente hacia el este del yacimiento, donde alcanza unos 15 metros. Su granulometría, extendida del milímetro a medio metro, varía a la vez en el sentido vertical y en el sentido horizontal.

En el sentido vertical el tamaño de los elementos aumenta desde la base hasta el centro de la capa, para decrecer después hasta la cima. En el sentido horizontal la granulometría aumenta a medida que uno se aleja de la arista del diedro.

### 5.º Las capas intercaladas

Las capas que separan los dos horizontes mineralizados están construidas por dolomías compactas con intercalaciones brechoides de algunos centímetros. Están más o menos perturbadas por fenómenos de compactación y de disolución.

La abertura de este bisel intercalado controla la distancia entre los horizontes mineralizados. Esta distancia alcanza un máximo de una decena de metros en la parte oriental del yacimiento, y se anula hacia el borde occidental donde los dos horizontes mineralizados se reúnen.

### C) Interpretación de los datos

A partir de estos datos que acabamos de exponer, puede intentarse hacer una interpretación genética del yacimiento de Coto-Laisquez: Se presenta en primer lugar una reconstitución tectónica, sobre la cual se apoyará la hipótesis metalogénica.

### a) Tectónica y sedimentación

La evolución tectónica local se traduce en los sedimentos por particularidades de estructura y una evolución de las litofacies.

Desde la base, en las dolomías inferiores, unas pequeñas intercalaciones brechoides indican la existencia de ligeros movimientos.

Las ondulaciones del muro del horizonte inferior podrían indicar un deslizamiento sobre una pendiente suave.

La constitución del nivel brechoide, traduce una acentuación del movimiento ascendente y la constitución de un alto fondo hacia el oeste del yacimiento.

El hecho de que el vértice del bisel intercalado choque contra el muro de la capa inferior, muestra que un umbral ha sustituido sin sedimentación, durante la sedimentación de las dolomías intercaladas.

Las ondulaciones del muro del horizonte inferior indican el inicio de un nuevo movimiento ascendente, movimiento que se acentúa al constituirse un nuevo horizonte brechoide. El movimiento ascendente pasa a un máximo cuando se constituye el bisel del conglomerado brechoide superior.

Más tarde, la dolomía nodulosa, facies de umbrales en pendiente, pasa a dolomía normal con pequeñas brechas que marcan los últimos movimientos antes de volver a la tranquilidad. La formación de la facies del umbral se traduciría también por la tonalidad roja de las orillas de los biseles y de la cima de las convexidades del yacimiento.

### b) Mineralización

La galena forma parte de los constituyentes de la brecha. Sus elementos son de un tamaño proporcional a la de los elementos vecinos, dolomíticos o silíceos, y presenta, cuando llega el caso, un grado de desgaste análogo. Su oxidación, crecimiento de abajo arriba de la capa crece en el mismo sentido que el indicado por el paso de la tonalidad gris a la roja.

La galena se ha sedimentado, pues, con la brecha de la que es uno de los constituyentes. Es sinéctica.

Los minerales de cobre no se presentan en elementos brechoides sino en impregnaciones. Están ligados paragenéticamente a la silicificación y, topográficamente, a las partes altas y de coloración roja que atestiguan un medio oxidante. El cobre tiene, pues, un comportamiento distinto del plomo. Está sometido a leyes físico-químicas más que a leyes mecánicas a las que el plomo se ha sometido.

Pero en el interior de las capas, las distintas para-

génesis dibujan islotes y canales que corresponden al relieve del muro sobre el que se ha depositado la brecha (figs. 4 y 5). Esta estructura controla a la vez la sedimentación y la repartición de dos tipos de mineralización. Se ve así que, lo mismo que el plomo, el cobre se somete a las leyes de la sedimentación local.

Esto nos autoriza a emitir la hipótesis según la cual el cobre, como el plomo, sería sinéctico.

### c) Origen de las mineralizaciones

La presencia en la brecha de elementos de galena y el hecho de que la cristalización de esta galena sea de tipos distintos, determinan que este mineral no se ha formado *in situ*, sino que viene de otro yacimiento erosionado.

La presencia en la capa inferior de elementos aún blandos cuando se depositaron, indica la proximidad inmediata, aguas arriba, de este yacimiento erosionado.

Los primeros sedimentos sometidos a la erosión sobre el umbral, correspondían lateralmente al mismo nivel stratigráfico que el muro de la capa inferior. Este muro presenta unas mineralizaciones en la franciscana y la dolomía arcillosa.

Los elementos del segundo lecho se originarían sea en partes más profundas del yacimiento erosionado, sea en partes más alejadas.

Nos encontraríamos, pues, frente a un yacimiento constituido en dos tiempos. Su base, el muro, representaría el borde poco mineralizado de un yacimiento más importante situado sobre el umbral. Su parte superior, la brecha, representaría la acumulación de los productos de erosión de este yacimiento de umbral.

La formación de estos dos yacimientos no puede concebirse en el tiempo más que como posterior a la de los sedimentos sobre los que reposan y antes de los sedimentos que están encima. Se inserta, de resultas de esto, en una serie sedimentaria de la que constituye una facies especial.

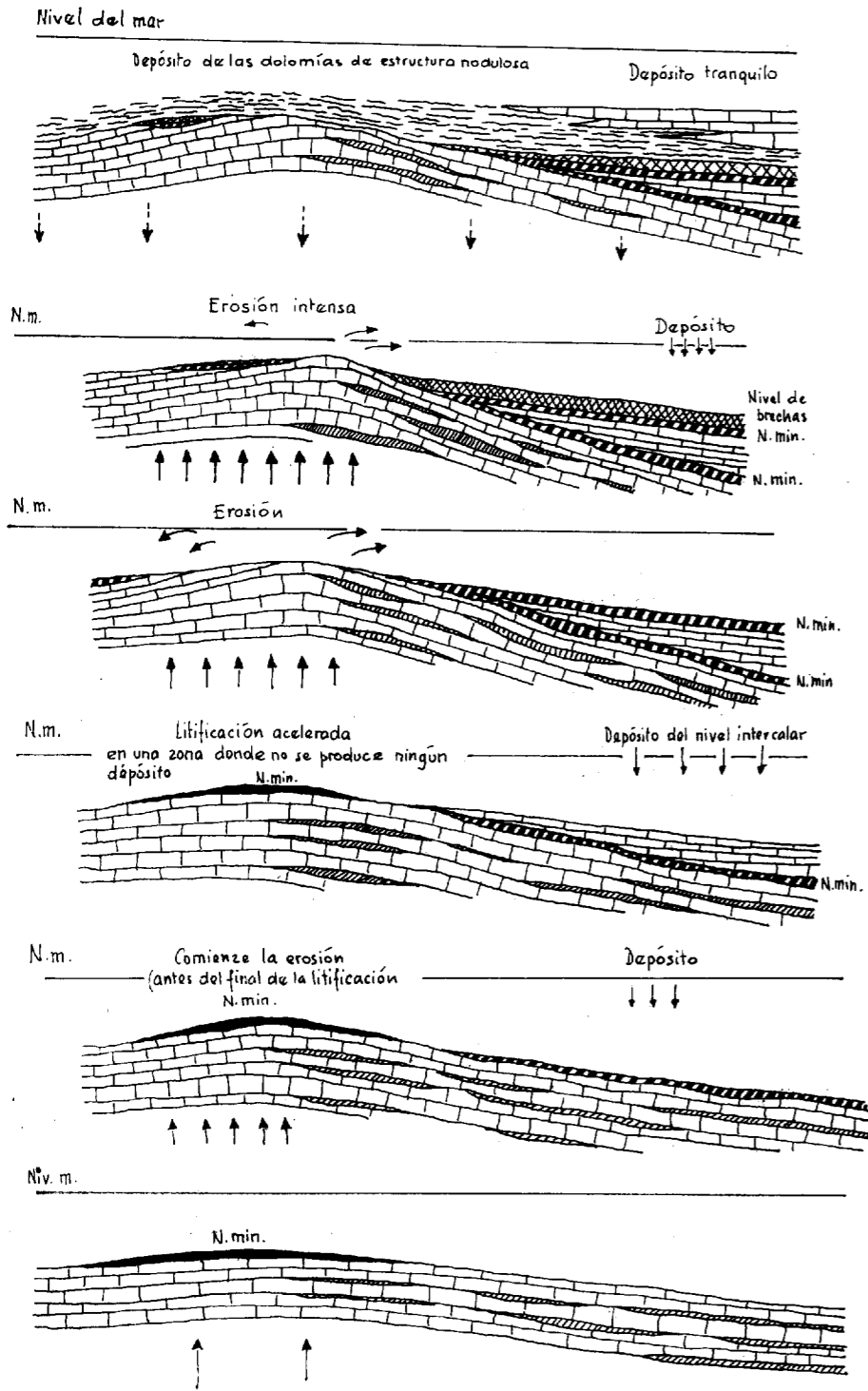
No tenemos más solución que considerar el yacimiento de Coto-Laisquez como compuesto de un tipo sedimentario sinéctico asociado a un tipo sedimentario sinéctico detrítico.

La figura 6 intenta una reconstrucción esquemática de las diferentes etapas de la formación del yacimiento.

### D) La tectónica local

El estudio de las fallas permite agruparlas en dos sistemas. Uno de dirección este-oeste y buzamiento norte; el otro de dirección norte-sur con buzamiento vertical.





VI. Reanudación de la subsidencia; formación de los horizontes superiores de la serie

V. Formación del nivel de brechas superior estátil durante un periodo epigénico paroxismal

IV. Erosión completa del yacimiento primario y formación del horizonte mineralizado superior.

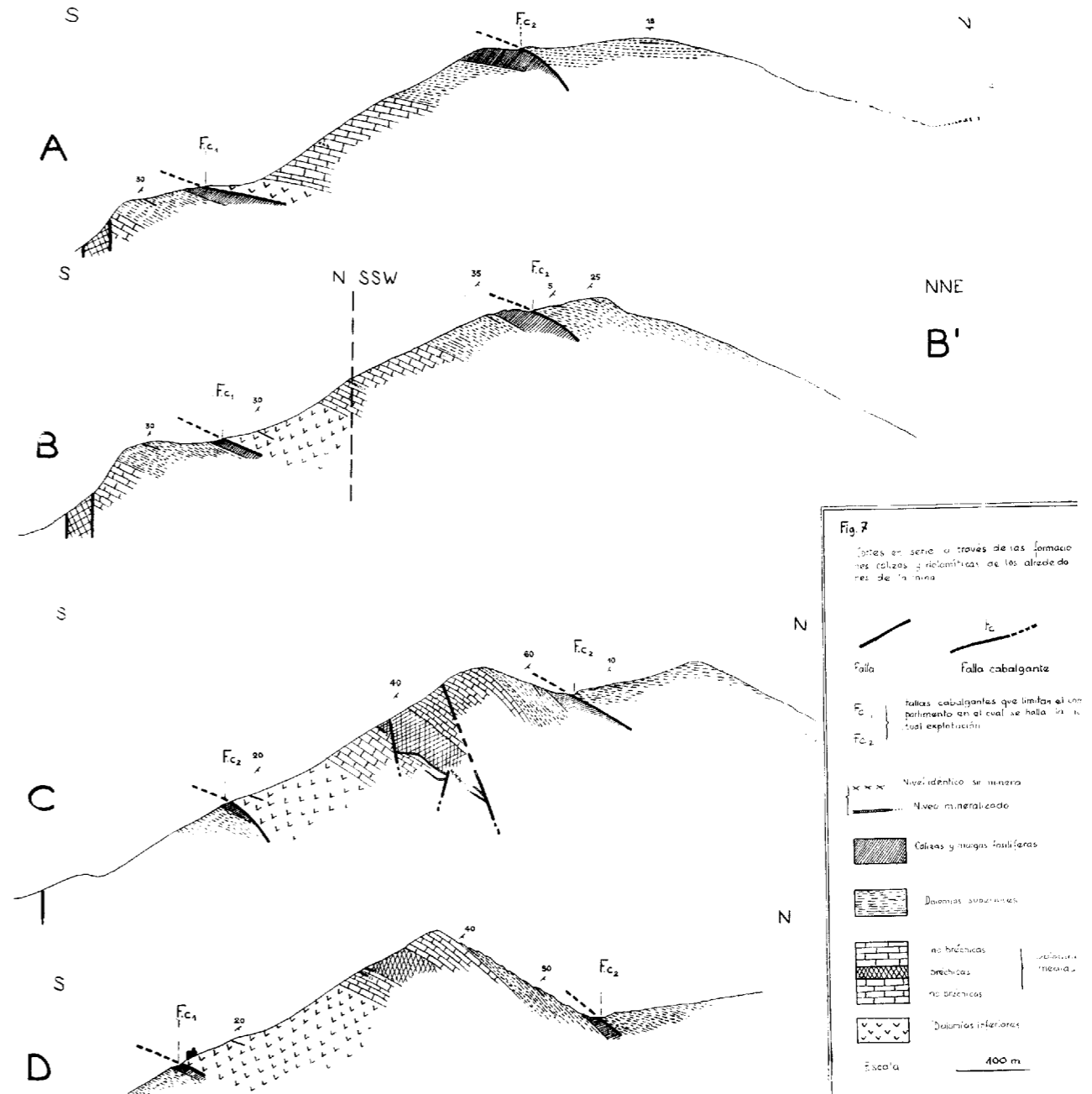
III. Período de calma, durante el cual se forman los niveles estériles intercalares.

II. Comienzo de la erosión del nivel primario y formación del primer horizonte de brechas mineralizado

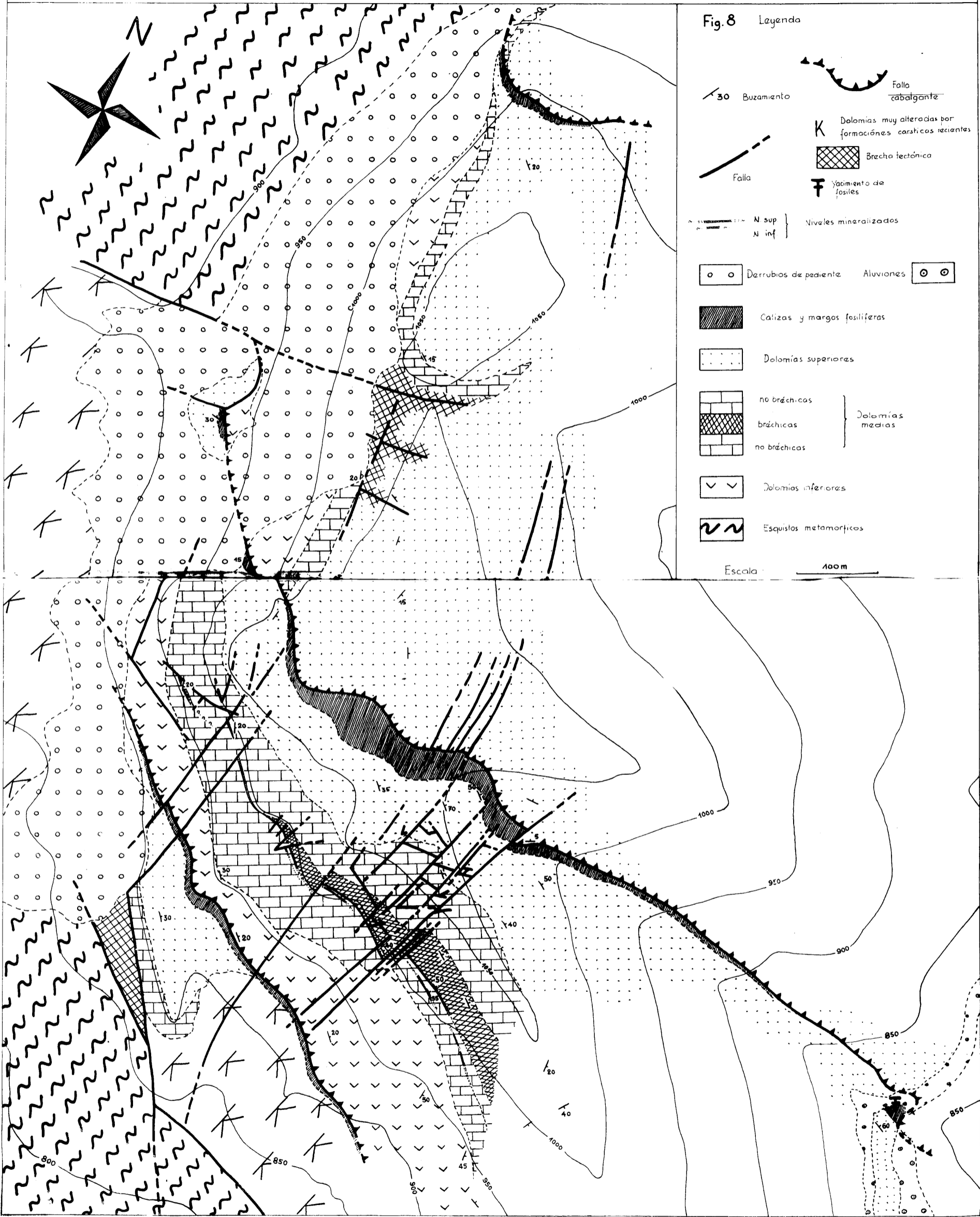
I. Formación de un yacimiento de mena, sobre un fondo de relieve ya ligeramente individualizado.

Fig. 6 Ensayo de reconstitución de la historia genética del yacimiento y de su medio (environment), antes de los movimientos orogénicos. Cortes este-oeste.

Los flechas verticales y su número indican al sentido y la intensidad de los movimientos del fondo  
N.m. = nivel del mar (hipotético) N. min., nivel mineralizado.



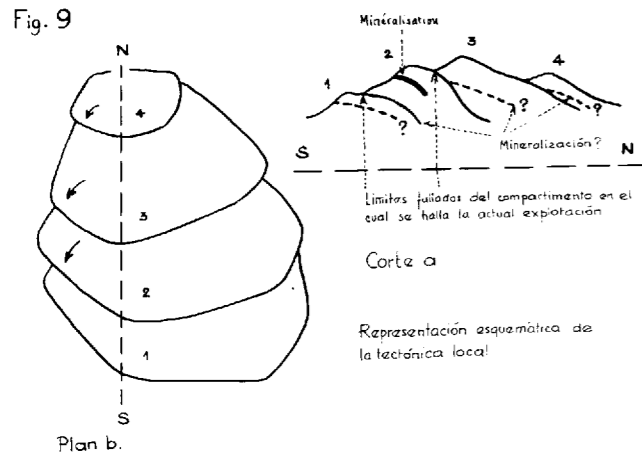
Tectonique et lithofaciès des environs de la mine de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla - Prov. d'Almeria)



a) El sistema de fallas este-oeste

Dos de estos accidentes aparecen en el corte seriado de la figura 7, referidos sobre la figura 10. El estudio estratigráfico de un corte más extenso ha demostrado que la serie tipo descrita precedentemente se repetía cuatro veces (más o menos completamente visible en los afloramientos, fig. 8). Cada vez se sitúa al interior de un compartimiento limitado por dos fallas.

Así nos encontramos en presencia de cuatro compartimentos de una misma serie cabalgando más o menos unos sobre otros (fig. 9 a). Este movi-



miento de cabalgamiento subrayado por las fallas de buzamiento variable, está acompañado en el plano horizontal por una ligera rotación en abanico (fig. 9 b).

En la zona explotada se puede asociar a estas fallas los accidentes de la misma dirección, de buzamiento variable y de mucho menor juego.

b) Las fallas verticales de dirección norte-sur

Estas fallas constituyen dos lotes bien diferenciados. El primero, occidental, corresponde al límite del macizo montañoso; el segundo, oriental, abarca las labores actuales y los limita por el este.

El salto de los accidentes hunde bastante regularmente cada compartimiento occidental en relación con su vecino oriental.

Las fallas verticales están subrayadas por concreciones de calcita que tapizan la dolomía. Al interior de la mina este relleno contiene a veces arcillas amarillas o rojas, galena y fluorita.

E) Conclusiones de orden minero

a) A la escala de la explotación actual

El estudio que precede, permite modificar las reglas de investigación de la mineralización.

Esta mineralización es sedimentaria; hay que buscarla en el interior de las dos capas de brechas que servirán de guía. Hay que abandonar el antiguo método de reconocimiento que consistía en ir siguiendo las fallas. Método fundado en la hipótesis no confirmada aquí, según la cual la mineralización habría llegado por estas fallas.

Al interior de las capas, deben buscarse las dos expresiones de gran potencia de brecha porque están ricamente mineralizadas en galena. Las convexidades que contienen los óxidos y sobre todo la malaquita, parecen presentar menos interés.

La investigación en los compartimentos diferentes deberá ser llevada a cabo en función:

- del movimiento de las fallas actualmente conocido, y
- del buzamiento y de la naturaleza de los horizontes encontrados.

b) A la escala de la extensión inmediata

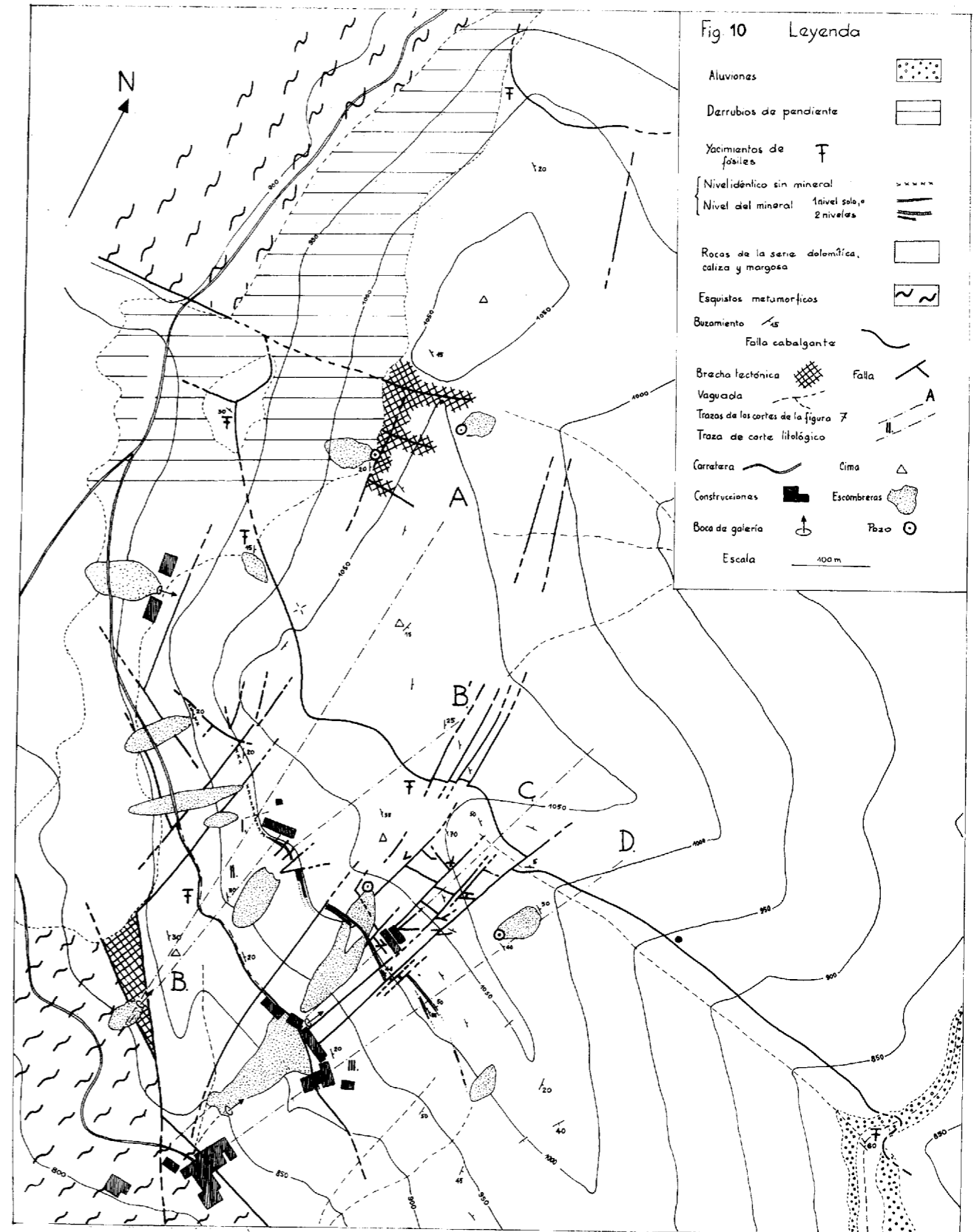
Hacia el oeste, más allá del bisel, las capas desaparecen. No subsiste más que en algunos puntos una mineralización del tipo oxidado. Al este, si uno se basa en la calidad de los afloramientos, el yacimiento parece que continúa y hay que buscarlo en función del salto de las fallas norte-sur. Por lo que se refiere al compartimiento superior inmediato, las capas están situadas a un nivel ligeramente superior al precedente, al menos en la parte meridional próxima a los afloramientos.

c) A la escala de extensiones más lejanas

Si se considera el cabalgamiento de las cuatro escamas descrito en el capítulo de la tectónica, la explotación actual no explora más que la segunda desde el sur. El problema de la existencia posible de una mineralización en las otras tres escamas se plantea (fig. 4).

En la primera escama, las dolomías intermedias existen. Los afloramientos están ocultos o alterados por fenómenos cársticos y tectónicos. Una antigua galería existe, que permitiría una exploración.

En la tercera escama, las dolomías intermedias disminuyen de espesor. Los afloramientos de su flanco occidental corresponden a la zona estéril del



otro lado del bisel. La zona este no aflora. Un pozo antiguo parece que habría encontrado la mineralización (fig. 10).

En la cuarta escama, las dolomías medias son muy reducidas. No afloran al este.

Las tres escamas desconocidas merecerían, pues, ser exploradas mediante una pequeña campaña de prospección.

#### d) A la escala de extensiones regionales

Otras zonas mineralizadas existen en las dolomías de la Sierra Alhamilla. Este estudio prelimi-

nar está limitado a Coto-Laisquez; sería por tanto prematuro dar una opinión acerca de ellas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- DURAND-DELGA, M., y FONTBOTÉ, J. M.: *Le problème de l'âge des nappes alpujarrides d'Andalousie*. «Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique», vol. (2), 3, págs. 181-188, 1960.
- WESTERVELD, J.: *De bouw der Alpujarras en het tektonische verband der oostelijke Betische ketens*. Tesis doctoral E. T. S. Delft, 1929.

Recibido el 21-XI-66.

## El aprovechamiento integral de las piritas

por U. COLOMBO

#### RESUMEN

El autor trata de la forma más idónea de aprovechar las piritas en su totalidad, es decir, de emplear las cenizas que quedan de la obtención del azufre para el beneficio de los metales en ellas encerrados. Estudia los dos procesos ensayados en la Sociedad Montecatini, en plantas piloto, considerando sus ventajas e inconvenientes, y detallando más las del que resultó elegido. Hace unas consideraciones sobre la extensión del proceso Montecatini al tratamiento de las piritas impuras.

#### GENERALIDADES

Desde hace muchas decenas de años, la pirita es una de las principales materias primas para la producción de ácido sulfúrico. Dicho material compete ventajosamente con el azufre, en muchos países no productores de azufre elemental, y también en ciertos países, como Italia, donde el azufre se produce en condiciones técnicas desfavorables, y por ello solamente se dispone de él, a un costo muy elevado.

Hasta el siglo pasado, las piritas eran utilizadas más bien por su contenido en metales que por su contenido en azufre. Las piritas cupríferas, en particular, eran empleadas también en la antigüedad para la obtención de cobre. En la época moderna, sin embargo, la economía de las piritas ha estado siempre más ligada a la utilización del azufre, mientras que, tanto el hierro como los metales no ferrosos existentes en el mineral, se consideraban como subproductos.

Con el progreso de la moderna siderurgia, que requiere materias primas ferrosas, de ley siempre más elevada, con ausencia total o casi total de impurezas metálicas no ferrosas, y con características físicas, como granulometría, resistencia mecánica, bien determinadas, la situación del mercado de residuos ferrosos de la tostación de las piritas, ha empeorado progresivamente. En efecto, se ha llegado a la conclusión, que estos residuos (las conocidas cenizas de hierro) son competitivos con minerales de altísima ley, producidos en países subdesarrollados y transportados a países de utiliza-

ción en cantidades continuamente crecientes y en condiciones económicas en extremo prometedoras.

Para mejorar la economía global de la elaboración de las piritas, los utilizadores de este mineral se han orientado sobre la utilización de hornos de tostación en lecho fluidizado, los cuales, además de caracterizarse por una productividad muy elevada, hacen posible la recuperación de una parte considerable del calor de oxidación de las piritas, para producir vapor que puede transformarse eventualmente en energía eléctrica.

Por otra parte, la técnica de la tostación en lecho fluidizado, ha tenido como consecuencia dar lugar a la obtención de cenizas de piritas demasiado finas, cuyo empleo, conjuntamente con los minerales de hierro, en las plantas de sinterización que preceden a los altos hornos, ha sido notablemente obstaculizado.

En definitiva, si por un lado el aprovechamiento del calor de oxidación de las piritas ha aportado una considerable ventaja a la economía del aprovechamiento de las piritas, por el otro, ha acabado causando la depreciación de las cenizas, reduciendo la competencia en la comparación con el mineral de hierro.

Espero que esta breve introducción haya podido dar una idea, aunque alguno de ustedes no sea experto en cuestiones de piritas, de la complejidad del problema de un aprovechamiento racional de este mineral.

El problema de la utilización integral de la pirita con producción de ácido sulfúrico, óxido de hierro, para la siderurgia y con repercusión del calor de la

tostación, no se caracteriza por una elevada complejidad química, más bien su dificultad está ligada al hecho de que se deben satisfacer al mismo tiempo las exigencias cuantitativas y cualitativas de tres tipos de industrias: La minera, ligada a la extracción de las piritas, la química, ligada a la utilización del ácido sulfúrico y del vapor y la metalúrgica, ligada a la utilización de las cenizas.

La producción de ácido sulfúrico y la recuperación de calor, pueden considerarse ya resueltas de forma definitiva, mientras que el problema más complejo es la utilización de las cenizas, que debe conducir a la máxima valorización posible del hierro, así como a la de los metales no ferrosos, eventualmente existentes en el mineral.

La sociedad Montecatini, que produce más del 95 por 100 de 1.400.000 toneladas de piritas extraídas anualmente en Italia, ha comprendido a partir de 1959 la gran importancia del problema del aprovechamiento racional de las piritas. En aquel año se asomaba peligrosamente en el horizonte la competencia en el mercado del azufre elemental, obtenido como subproducto del gas natural y del petróleo. En particular, la situación italiana era preocupante a causa del descubrimiento del campo gasífero de Lacq, en la cuenca de Aquitania, que hacía prever grandes disponibilidades de azufre elemental a plazo no muy largo en el área del Mercado Común europeo. Por eso, aquel año se decidió emprender una investigación que tuviese como objetivo la recuperación, a través de un proceso racional y económico del hierro de las piritas, bajo una forma precitada.

Hoy día, la situación del mercado del azufre ha variado mucho a causa de la creciente demanda de ácido sulfúrico, sobre todo para la producción de abonos, lo que ha hecho aumentar progresivamente el precio del azufre en el mercado internacional. También por este motivo, el mercado de las piritas no ha sufrido el descenso acentuado que nuestros expertos preveían hace siete u ocho años.

Mientras tanto, la sociedad Montecatini, así como otras (en particular las finlandesas de la Outokompu) ha hallado la solución de su problema pirítico, y ha puesto a punto en escala industrial un procedimiento de aprovechamiento integral de la pirita, que ha revolucionado la situación italiana de este mineral.

Aunque, como he dicho antes, la variada situación del azufre ha hecho cambiar las premisas de nuestra investigación, hoy día consideramos absurdo renunciar al aprovechamiento integral de la pirita, que ha demostrado ser extremadamente válido bajo el punto de vista económico.

LA INVESTIGACIÓN EN EL PROCESO MONTECATINI

Sobre la base de consideraciones relativas a las características de las cenizas de las piritas, en relación con las necesidades de la moderna industria siderúrgica, nos convencimos que hubiera sido oportuno transformar las cenizas de pirita en pellets de alta ley en hierro y prácticamente exentas de azufre. Ya desde la época de nuestra investigación, se podría en efecto prever el enorme desarrollo que la peletización ha tenido en estos últimos años, en el tratamiento de los minerales de hierro.

Nosotros hemos tomado en consideración dos procedimientos, representados en la figura 1 como posibles alternativas para una solución racional de nuestro problema. El ciclo descrito a la izquierda de la figura 1, está basado en la flotación de la pirita. Este, poco tiempo después resultó, técnica y económicamente desfavorable, por una serie de razones, entre las que citaré la necesidad de moler el mineral muy finamente antes de la flotación, las dimensiones relativamente grandes de los hornos a lecho fluido necesarios para la tostación de la pirita flotada y la dificultad de peletizar la hematita artificial, desulfurándola de forma completa.

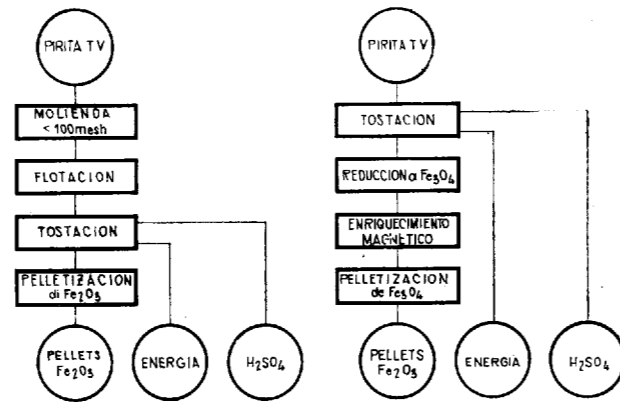


Fig. 1.—Ciclos de utilización integral de la pirita.

Por el contrario, el segundo ciclo de aprovechamiento integral que se ilustra en la parte derecha de la figura, parecía prometedor desde el punto de vista económico, consistiendo en la tostación de pirita machacada pero no molida, la reducción de cenizas ya calientes y la peletización de una magnetita artificial, que a nuestro juicio debía ser mucho más realizable con respecto a la peletización de las cenizas hematíticas.

No obstante las ventajas previstas para este ciclo, presentaba una notable dificultad: la fase de

reducción magnetizante, era relativamente nueva, de forma que requería unas investigaciones profundas tanto a escala de laboratorio como en plan-

ta piloto. Nosotros decidimos efectuar la reducción en una planta de lecho fluido y con este sistema hemos desarrollado nuestras investigaciones.

Las primeras pruebas experimentales fueron realizadas con reactor piloto de 4" de diámetro, 3,5 metros aproximadamente de altura y provisto de quemadores externos de metano, para mantener la temperatura de reacción. Este reactor se ilustra esquemáticamente en la figura 2.

En la figura 3 se ilustra el diagrama de equilibrio de los sistemas hierro-oxígeno-carbono, hierro-oxígeno-hidrógeno. Se puede observar que el campo de estabilidad de la hematita  $Fe_2O_3$ , en el intervalo de temperatura considerado, es muy limitado. Por consiguiente, la hematita se reduce con extrema facilidad, en un ambiente apenas moderadamente reductor.

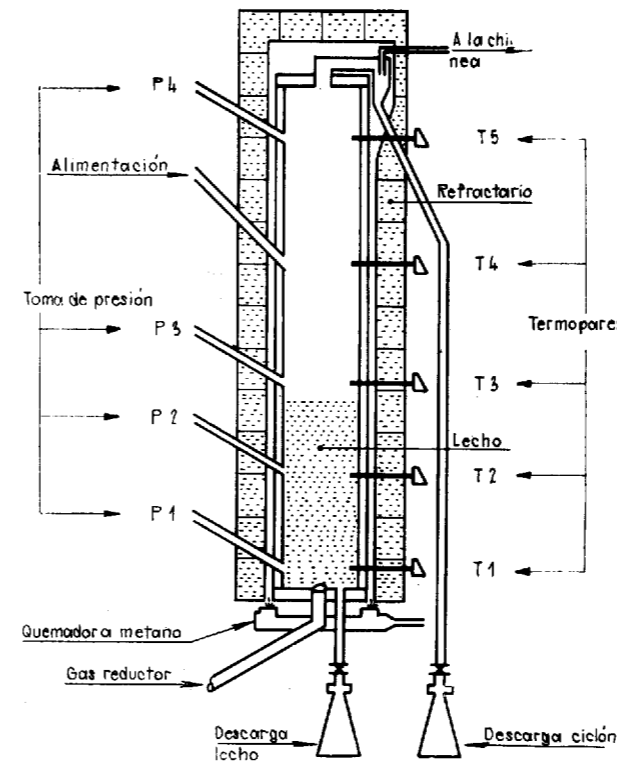


Fig. 2.—Esquema de reactor piloto para prueba de reducción en lecho fluidizado.

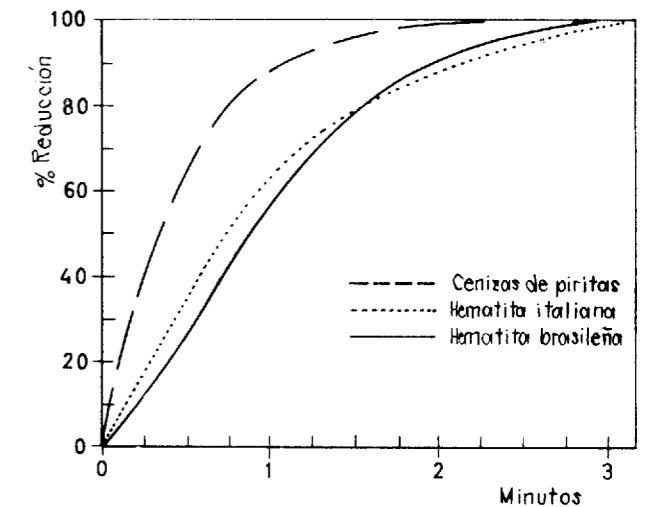


Fig. 4.—Reducción de hematitas a 650° C.

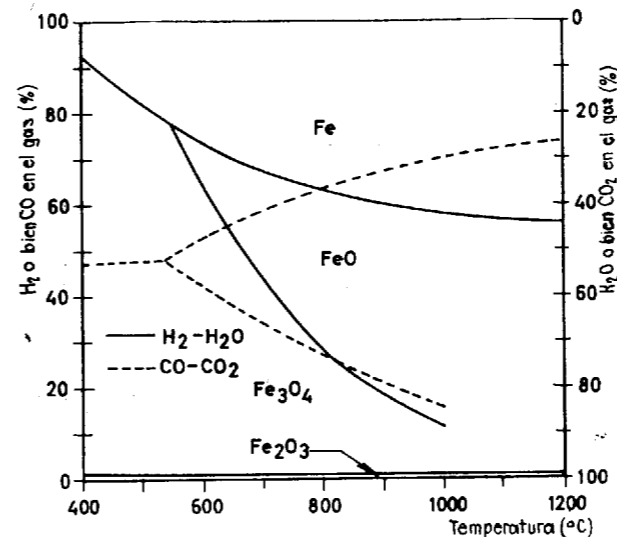


Fig. 3.—Curva de equilibrio de los sistemas Fe-O-C, Fe-O-H.

En cambio, el campo de estabilidad de la magnetita es muy amplio y crece al disminuir la temperatura, de suerte que, realizando la reducción con gas de partida, relativamente más rico en hidrógeno respecto al agua y del  $CO_2$  respecto al  $CO_2$ , se deduce la oportunidad de trabajar a temperatura no excesivamente alta, para evitar el incurrir en una sobrerreducción a wustita o al límite a hierro metálico. Esencialmente, nuestras investigaciones de laboratorio han sido de tipo cinético. Ellas han puesto en evidencia la mayor reductibilidad de las cenizas de piritas respecto a hematitas naturales. Esto se indica en los diagramas de la figura 4 que ilustran, la mezcla de la cinética de reducción de tres diversas hematitas, de las cuales una, da cenizas de piritas, a 650° C. Como gas de reducción, se ha utilizado un gas al 33 por 100 de  $CO + H_2$ , y al 67 por 100 de  $N_2$ , que simula de forma aproximativa la composición de

un gas de craqueación de nafta. Han sido también efectuadas algunas medidas cinéticas de reoxidación a 300° C. Los resultados se ilustran en la figura 5. Es evidente que las tres magnetitas, producidas por hematitas naturales y por cenizas de piratas, se comportan de forma no muy diversa respecto a la reoxidación. Esta diferencia de comportamiento a la reducción, a la cual corresponde una

ha concluido que la reducción magnetizante en reactores a lecho fluido era desde luego realizable en escala industrial y que este sistema presentaba ventajas tanto técnicas como económicas, respecto a otros métodos de reducción.

En la figura 6 se indica el esquema de la reducción magnetizante, tal como ha sido adoptada por nosotros, en escala piloto, y sucesivamente en la

TABLA 1

Superficie específica m<sup>2</sup>/g

|                    | Producto no reducido | Producto reducido | Producto reoxidado |
|--------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| Cenizas de piratas | 1,65                 | 1,81              | 1,80               |
| Hematita italiana  | 0,20                 | 1,46              | 0,93               |
| Hematita brasileña | 0,21                 | 1,54              | 1,12               |

menor diferencia a la reoxidación, ha sido por nosotros atribuida a la superficie específica de los diversos minerales y de sus productos de reacción. Esto es evidente en los datos de la tabla 1. Un

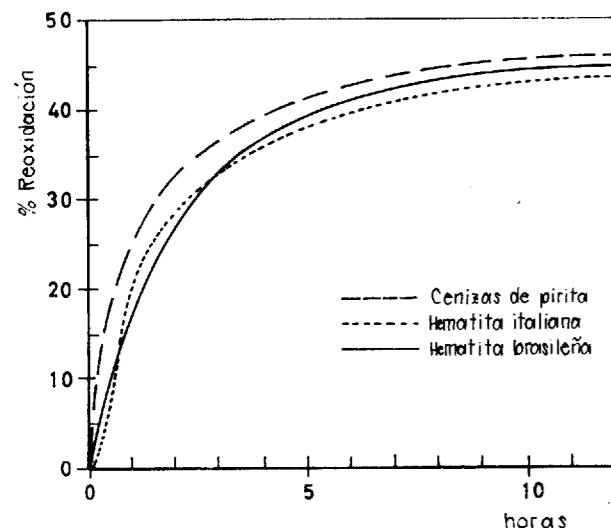


Fig. 5.—Reoxidación de magnetitas artificiales a 300° C.

trabajo experimental de este tipo ha sido flanqueado por investigaciones de laboratorio mediante análisis a rayos X, termogravimétricos y termodiferenciales.

A esta primera fase de investigación ha seguido una experimentación a escala piloto, con una planta de una capacidad de una tonelada diaria. Se

planta industrial de Follonica. Se hace expresamente constar que el fluido de reducción es producido directamente en el lecho por inyección directa de nafta con aire. Esto permite, respecto de una planta que utiliza gas de cracking producido separadamente, notables economías de explotación y de instalación.

Análogamente a esta investigación sobre la reducción, que he comentado más detenidamente, dado el carácter de novedad que ésta reviste, nosotros hemos desarrollado una intensa investigación, también sobre todas las otras fases del pro-

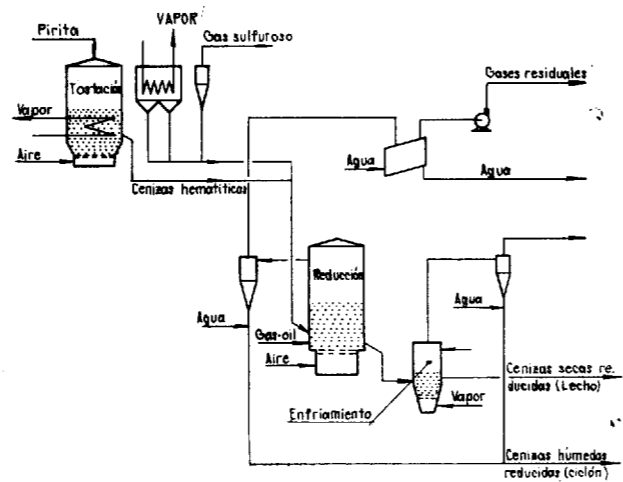


Fig. 6.—Esquema de la reducción magnetizante con sistema fluido a inyección directa de gas-oil.

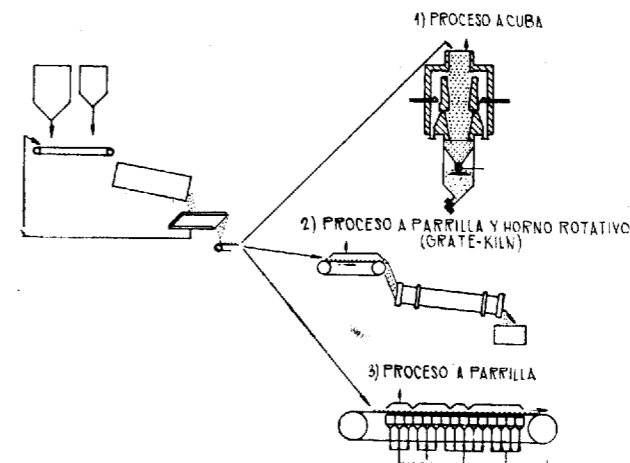


Fig. 7.—Esquema de los principales procesos de pelletización de los minerales de hierro.

| TIPO DE MAGNETITA  | ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICOS | ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| <b>a) Magnetita de ceniza de pirita</b><br>— Antes de la molienda (su superficie específica 1,5 m <sup>2</sup> /g)<br>- - - Después de la molienda (superficie específica 2,6 m <sup>2</sup> /g) |                             |                              |
| <b>b) Magnetita natural de Malmberget</b><br>— Antes de la molienda (superficie específica 0,2 m <sup>2</sup> /g)<br>- - - Después de la molienda (superficie específica 4,0 m <sup>2</sup> /g)  |                             |                              |

Fig. 8.—Efecto de la granulometría sobre la velocidad de oxidación de las magnetitas.

ceso Montecatini, en particular lo que se refiere a la fase de pelletización, cuya realización se presentaba bastante compleja. Existen, en efecto, tres diversos métodos de pelletización, a los que hacen referencia los tres procesos ilustrados en la figura 7. Como es sabido, la pelletización es un proceso mediante el cual un mineral concentrado, finísimo, es amasado con agua en un disco o en un tambor rotativo, en donde se forman partículas esféricas de dimensiones homogéneas, que después son desecadas y cocidas en un horno apto,

hasta que adquieran la resistencia mecánica deseada.

Nuestra investigación nos ha llevado a escoger el proceso de parrilla móvil, representado en la parte de abajo de la figura 7.

Nos hemos basado, para esta elección, en las consideraciones relativas a la rápida cinética de oxidación de la magnetita artificial procedente de las cenizas de pirita, como se indica claramente en los diagramas de la figura 8 (en donde nuestra magnetita se confronta con la natural de Malmber-

get), y a la elevada temperatura de eliminación del azufre de los pellets en fase de cocción, como puede verse en la figura 9, teniendo en cuenta también la temperatura de aglomeración y fusión incipiente de las cenizas, algo superior a los 1.300° C.

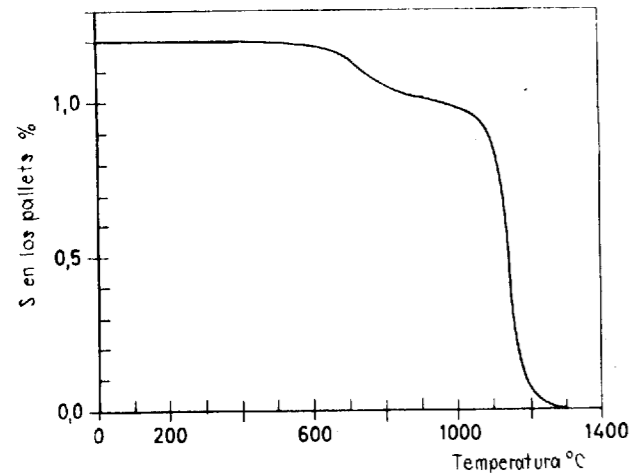


Fig. 9.—Eliminación del azufre de los pellets de piratas en función de la temperatura de cocción. Hasta cerca de 1.100° C tiene lugar la eliminación del azufre ligado a compuestos de hierro. Por encima de dicha temperatura es eliminado el azufre ligado como sulfato de calcio.

El proceso a parrilla se caracteriza por un óptimo control de la temperatura en cada zona del horno, y presenta además la ventaja de que los pellets antes del cocimiento, no son sometidos a cargas mecánicas importantes.

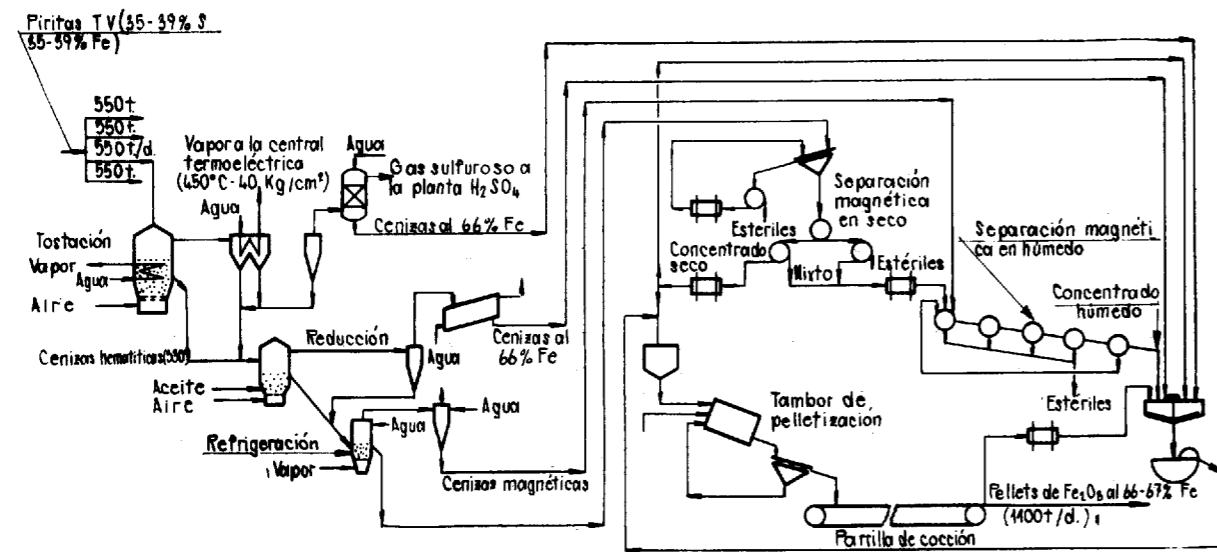


Fig. 11.—Proceso Montecatini para la utilización integral de las piratas. (Esquema de la realización industrial de Scarlino-Follonica).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO MONTECATINI

En la figura 10 se representa un esquema de principio del proceso. En la figura 11, por el contrario, el mismo proceso se describe de forma más detallada, haciendo referencia a la planta industrial de Follonica. Nosotros tratamos en Follonica apro-

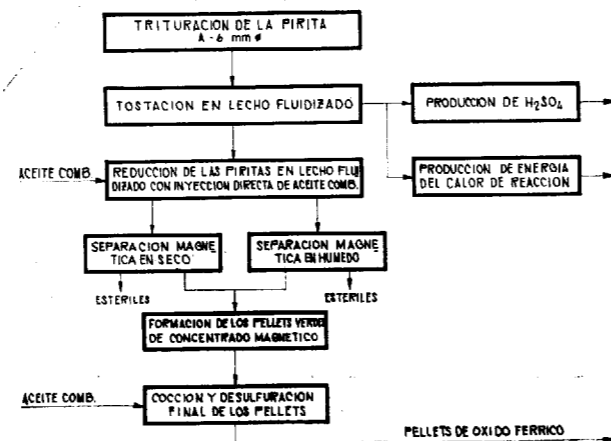


Fig. 10.—Esquema del proceso Montecatini.

ximadamente 700.000 toneladas año de piratas *tout venant*, con producción de 2.200 toneladas diarias de ácido sulfúrico, 1.100 toneladas diarias de pellets y 550-60.000 kwh/día, de energía eléctrica, utilizada una parte por las mismas, otra por la planta y aproximadamente el 50 por 100 queda dis-

ponible para nuevas realizaciones químicas. Algunos datos operativos sobre el proceso Montecatini están indicados en la tabla 2, mientras en la tabla 3 se indica la composición química de la pirita tratada, de las cenizas en las varias fases del proceso y de los pellets producidos.

TABLA 2

Principales datos operativos del proceso Montecatini en Follonica (referido a una tonelada de piratas al 38,8 % S y 38,5 % Fe)

|  | Aceite combustible kg | Energía eléctrica kWh | Mano de obra |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------|
| a) Materias primas y mano de obra:         |                       |                       |              |
| Planta de tostación ... ..                 |                       | 20,0                  | 0,135        |
| Planta ácido sulfúrico ... ..              |                       | 21,0                  | 0,161        |
| Central termoeléctrica ... ..              |                       | 2,0                   | 0,081        |
| Planta de reducción magnetizante ... ..    | 0,019                 | 2,5                   | 0,068        |
| Planta de enriquecimiento magnético ... .. |                       | 14,5                  | 0,063        |
| Planta de pelletización ... ..             | 0,011                 | 16,2                  | 0,102        |
| <b>TOTAL ... ..</b>                        | <b>0,03</b>           | <b>76,2</b>           | <b>0,62</b>  |

b) Productos obtenidos:

|  |         |
|--|---------|
| Acido sulfúrico ... ..                 | 1,08 t  |
| Vapor ... ..                           | 1,40 t  |
| Energía eléctrica del vapor (1) ... .. | 280 kWh |
| Pellets ... ..                         | 0,54 t  |

(1) En la planta de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> la aspiración de los gases es efectuada con turbina que utiliza 0,2 ton. de vapor (a 450° C y 40 kg/cm<sup>2</sup>) por t de pirita. La cantidad de vapor que puede ser transformada en energía eléctrica resulta, por lo tanto, de 1,20 ton./ton. de pirita en lugar de 1,4 ton./ton.

TABLA 3

Composición química de la pirita *tout-venant*, de las cenizas reducidas, del concentrado magnético y de los pellets en la fábrica de Follonica.

|   | Pirita <i>tout-venant</i> | Cenizas reducidas | Concentrado magnético | Pellets |
|---|---------------------------|-------------------|-----------------------|---------|
| % Fe total ... ..                       | 38,48                     | 49,40             | 67,11                 | 66,58   |
| % Fe ferroso ... ..                     | —                         | 16,45             | 22,20                 | 0,59    |
| % S total ... ..                        | 38,28                     | 2,86              | 1,11                  | 0,01    |
| % S sulfato ... ..                      | 0,16                      | 2,53              | 0,88                  | 0,01    |
| % S sulfuro ... ..                      | 38,12                     | 0,33              | 0,23                  | —       |
| % CaO ... ..                            | 6,00                      | 7,98              | 2,08                  | 2,07    |
| % MgO ... ..                            | 0,96                      | 1,26              | 0,32                  | 0,30    |
| % SiO <sub>2</sub> ... ..               | 10,49                     | 13,82             | 2,12                  | 2,11    |
| % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... .. | 1,19                      | 1,59              | 0,40                  | 0,36    |
| % CO <sub>2</sub> ... ..                | 3,14                      | 0,38              | —                     | —       |
| % Cu ... ..                             | 0,031                     | 0,039             | 0,031                 | 0,019   |
| % Zn ... ..                             | 0,040                     | 0,051             | 0,025                 | 0,022   |
| % Pb ... ..                             | 0,033                     | 0,042             | 0,016                 | 0,012   |
| % As ... ..                             | 0,020                     | 0,022             | < 0,001               | < 0,001 |

Las ventajas del proceso Montecatini se pueden resumir de la siguiente forma:

1) La pirita no necesita ningún tratamiento. Dicha pirita es alimentada en los hornos, después de ser triturada a —6 metros.

2) Las cenizas hematíticas calientes, producidas en la fase de tostación, alimentan directamente los reactores de reducción, sin necesidad de recalentamiento alguno. El sistema de reducción mediante inyección directa de aceite combustible en lecho fluidizado de las cenizas, es una operación simple y muy económica.

3) A causa de la decrepitación de la pirita en el curso de la tostación, el consumo de energía para la molienda, está reducido al mínimo y se limita a la necesidad de obtener un concentrado del grosor que requiere la fase de peletización.

4) Durante la peletización, el balance térmico es mejorado sustancialmente por efecto del calor de oxidación, de la magnetita y hematita. En tales condiciones se alcanza, además, una distribución homogénea de la temperatura a través de toda la sección de cada uno de los pelets, y ello permite obtener una desulfurización muy eficiente.

5) Todo el proceso es muy flexible. Las varias fases de tratamiento son simples, y su integración permite alcanzar una elevada eficacia, en condiciones altamente económicas.

Puede ser interesante un dato suplementario, además de los hasta ahora expuestos: el número de personas que actualmente presentan sus servicios en la fábrica de Follonica es de 250, mientras que la cifra anual de facturación de la fábrica se estima en más de diez millones de liras. Se realiza de esta forma una facturación *pro-capite* de más de cuarenta millones de liras. Se trata, pues, de un valor de facturación *pro-capite* muy superior a la medida obtenida en las fábricas de naciones tecnológicamente a la vanguardia, como Estados Unidos, Inglaterra y Alemania.

#### LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA EXTENSIÓN DEL PROCESO MONTECATINI AL TRATAMIENTO DE LAS PIRITAS IMPURAS

En el proceso Montecatini, tal como se aplica en la Fábrica de Follonica, no existen fases de depuración de las piritas, de los metales no ferrosos y del arsénico. Esto se debe a la circunstancia para nosotros favorable, de que las piritas italianas contienen cantidades extremadamente pequeñas de impurezas metálicas no ferrosas, y por consiguiente, la elaboración de las cenizas, da lugar a la producción de pelets, extremadamente puros, muy apreciados para empleos siderúrgicos.

Pero la situación de las piritas italianas no es análoga a la de las piritas de otros países y en particular de España. El proceso Montecatini no puede, por lo tanto, ser utilizado para el tratamiento de las piritas españolas, sin la inserción de operaciones especiales destinadas a la eliminación de las impurezas de cobre, zinc, plomo y arsénico, y a la recuperación del valor de los metales no ferrosos.

Debe decirse que diversas sociedades, también en otros países de Europa, están estudiando a fondo el problema de la utilización integral de piritas impuras. Un proceso estudiado por la sociedad finlandesa Outukompu está ya logrando la primera aplicación industrial, en una planta en cur-

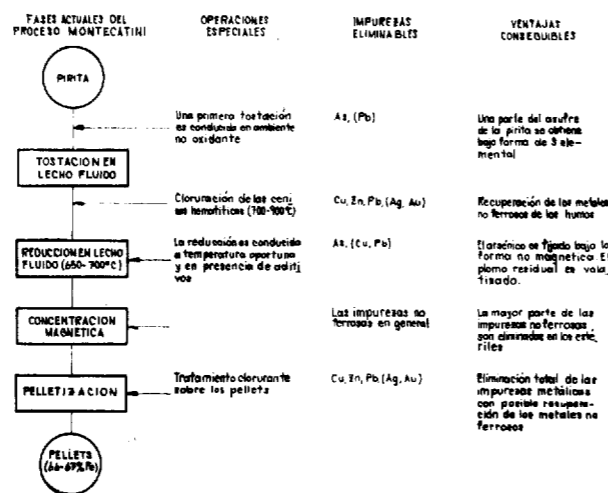


Fig. 12.—Esquema de las operaciones especiales insertadas en el proceso Montecatini para el tratamiento de piritas impuras.

so de realización en el Canadá. Otro proceso, fruto de la colaboración entre dos sociedades alemanas, se encuentra actualmente en estudio en escala piloto.

Por lo que se refiere a la Montecatini, se debe decir que se están llevando a cabo, en el Instituto de Investigación Donegani de Novara, importantes investigaciones, para adaptar el proceso Montecatini al tratamiento de piritas que contengan arsénico y metales no ferrosos. A título ilustrativo, en la figura 12 se indican las operaciones especiales que se encuentran actualmente en estudio por la Montecatini. Se debe subrayar que el proceso Montecatini se caracteriza por una gran flexibilidad, y que se considera que la inserción de estas especiales operaciones de depuración, y eventual recuperación de metales no ferrosos sean posibles, sin complicar mucho el ciclo principal.

Es obvio, que no todas las operaciones especiales indicadas en la figura 12, deben ser aplicadas en todos los casos. La elección del tipo de depuración y de recuperación debe ser esmeradamente estudiada, en relación con la calidad del mineral con las dimensiones de la planta, y con las situaciones locales, tanto técnicas como económicas.

Por ejemplo, la recuperación de una parte del azufre de las piritas bajo forma de azufre elemental, en vez de ácido sulfúrico, puede ser considerado extremadamente importante, para quien disponga de grandes reservas de minerales piríticos y no esté en situación de absorber cantidades demasiado elevadas de ácido sulfúrico, a poca distancia de la fábrica de tratamiento de las piritas. Sobre la base de nuestra experimentación, se puede decir que la obtención del 50 por 100 del azufre de las piritas bajo forma de azufre elemental, es una operación realizable también con reactores a lecho fluido. Es más, de las experiencias preliminares no es absurdo esperar, que la conversión a azufre elemental, pueda ser aumentada, hasta valores muy superiores al 50 por 100 del azufre total, existente en la pirita.

Como muy bien ha dicho un ilustre experto español en piritas, el doctor Isidro Pinedo Vara, cada país presenta sus propios problemas piríticos. Por tanto, sería ilusorio pensar que se pueden re-

solver los problemas de las piritas españolas transfiriendo directamente, sin modificación alguna, soluciones adoptadas en otros países, que evidentemente están ligadas no sólo a piritas distintas de las españolas, sino a situaciones de desarrollo industrial, que es obvio no pueden coincidir con las del país de ustedes. Por otra parte, me parecería injusto que al afrontar hoy los problemas de las piritas españolas, no se tuviese en cuenta todo lo que positivamente ya se ha realizado fuera de España. Un atento examen de los procesos ya indicados para la utilización integral de las piritas debería conducir a la elección de un procedimiento base, para insertar en él toda una actividad de investigación y desarrollo en escala piloto, destinada a realizar a la mayor brevedad, los objetivos industriales prefijados.

En conclusión, quisiera expresar la esperanza de que, también en esta experiencia de investigación y desarrollo industrial, pueda ser prontamente llamada a contribuir conjuntamente a la de los expertos españoles, que desde hace años están realizando estudios con mucho interés y vigor científico, francamente encomiable, a la resolución del fascinante problema del aprovechamiento integral de las piritas ibéricas.

Recibido el 14-VI-66.



# Investigaciones de aguas subterráneas en Burgos, para los Planes de Promoción Industrial.

por A. GALVEZ-CAÑERO y J. OCHOA BRETON

## RESUMEN

Lo expuesto es una síntesis del estudio hidrogeológico realizado en Burgos para la captación de aguas subterráneas con destino a los Polos de Promoción.

Del estudio se saca como primera consecuencia que las únicas rocas capaces de suministrar aguas abundantes son las calizas del Turonense.

La zona estudiada se ha dividido en cuencas hidráulicas.

Realizado el balance hídrico se llega a la conclusión de que pueden ser extraídos 1.000 litros por segundo.

Como consecuencia del estudio se han realizado tres sondeos: Villaverde 1 y 2, y Rubena 1. Con ellos se han cortado los niveles acuíferos previstos.

Sólo se ha aforado, hasta la fecha, el Villaverde 1, dando un caudal de 130 litros/segundo con sólo 1,20 m. de depresión.

En junio de 1966 presentaba el Instituto Geológico y Minero de España el Plan de Desarrollo Económico y Social, un proyecto de estudio hidrogeológico de una zona de la provincia de Burgos, proyecto que tenía como fin el determinar las posibilidades de alumbrar caudales subterráneos, hasta aquella fecha inéditos, que servirán para el abastecimiento del Polo de Promoción Industrial de la capital de dicha provincia.

Este proyecto se consideraba como primera y rápida solución al problema del abastecimiento de agua para el consumo del Polo, hasta tanto no se construyera un embalse proyectado con el mismo fin.

En síntesis, el proyecto constaba de dos fases:

### Primera fase

Estudio hidrogeológico completo.

### Segunda fase

Ejecución de sondeos basándose en los datos de la primera de las fases.

Posteriormente, los aforos de las aguas alumbradas para determinar las posibilidades de cada sondeo realizado.

El trabajo que a continuación presentamos es un resumen de la labor realizada hasta la fecha y de los resultados obtenidos.

Empezaremos por describir, muy someramente, la geología de la zona estudiada, comprendida entre los paralelos 42° 30' y 42° 39' de latitud N. y los meridianos 0° 10' O. y 0° 21' E.

### A) ESTRATIGRAFÍA

Los terrenos que afloran en la zona son, de más antiguos a más modernos, los siguientes:

Triásico.  
Jurásico.  
Cretáceo.  
Terciario.  
Cuaternario.

#### Triásico

Representado únicamente por el Keuper, siendo todos sus afloramientos diapíricos.

Su composición es la de arcillas abigarradas, con yesos y sal común, predominando los colores rojos y verdes.

#### Jurásico

Aparece en los núcleos anticlinales, generalmente fracturados, del Cretáceo, y está representado por el Lías margo-calizo.

#### Cretáceo

Desde el punto de vista del agua subterránea son los terrenos más importantes de la zona en estudio. Está representado por:

##### Cretáceo inferior o Eocretáceo

De facies Wealdense e incluye todos los tramos hasta el Albense inclusive.

Existen dos tramos principales:

Uno inferior, constituido por pudingas, arcillas y areniscas con algunos niveles de calizas lacustres.

El superior está constituido por areniscas silíceas, arenas blancas y arcillas claras o rojizas.

Su potencia es variable, alcanzando en algunos puntos hasta los 2.000 metros de espesor.

##### Cretáceo superior o Neocretáceo

Representado por:

##### Cenomanense

Se presenta formando las laderas en los núcleos anticlinales desmantelados, entre el crestón de las calizas turonenses y el núcleo constituido, generalmente, por la formación arenosa del Wealdense-Albense.

Lo constituyen unas areniscas blandas, con lechos arenosos y micáceos. Sobre ellas vienen unas arcillas lignitíferas y calizas arenosas, margas grises y calizas grumosas. En la parte alta está formado por calizas bastas que casi siempre son una lupaquela.

Su potencia está comprendida entre 60 y 100 metros.

##### Turonense

Constituido por dos tramos de desigual importancia, pues el inferior es poco potente y, por lo general, poco visible, mientras que el superior es duro y potente, subrayando nitidamente la estructura tectónica de la región.

Litológicamente, el tramo inferior está constituido por margas grises. El tramo superior está cons-

tituido por una potente bancada de calizas grises, duras y compactas, con una potencia media de 200 metros.

Es de notar, pues nos interesa mucho desde el punto de vista del agua subterránea, que son muy frecuentes en estas últimas calizas los fenómenos de disolución, formándose cavernas más o menos profundas.

##### Coniaciense

Sobre el banco de calizas turonenses descansa otro nivel de margas grises, más duras y calcáreas en la parte inferior y más puras y blandas en la superior, que se destaca también muy netamente en el terreno.

##### Santoniense

Es el nivel más elevado del Cretáceo, constituido por unas calizas de aspecto muy típico que las distingue fácilmente de las calizas turonenses. Son calizas de tonalidades rojizas, generalmente con muchos restos fósiles, que los agentes atmosféricos hacen destacar, dando a la superficie de la roca un aspecto rugoso. Su potencia es de unos 150 metros.

##### Terciario

Representado por los siguientes tramos:

El tramo inferior, Tortoniense, constituido por conglomerados y areniscas con ligeras intercalaciones arcillosas.

El tramo medio, Sarmatiense, constituido por margas con algunos lechos calcáreos, con una potencia de 60 metros.

El tramo superior, Pontiense, constituido por calizas compactas alternando con otras margosas. Su potencia oscila entre los 15 y los 20 metros.

En conjunto, el Mioceno visto y el Oligoceno y Eoceno no vistos, tienen una potencia que llega casi a los 1.000 metros.

##### Cuaternario

Está circunscrito a los aluviones de la red hidrográfica que la cruza, no conociéndose ninguna terraza.

### B) TECTÓNICA

En líneas generales podemos decir:

Al norte del anticlinal de Montorio, de dirección NO.-SE., y del de Quintanilla, Sobresierra-Hontomin, de dirección O.-E., existe una serie

monoclinal de buzamientos suaves hacia el N. y NE., que continúa hacia el Norte con amplias estructuras.

Al sur de la gran falla de Urbel del Castillo-Montorio, las estructuras se aprietan entre abundantes fallas, formando un gran arco, cuya rama occidental, de dirección NO.-SE., llega a ponerse en dirección O.-E., para cambiar pronto a SO.-NE. y dirigirse hacia Buezo. Esta inflexión se realiza al norte de Rioseras.

Al Este de Rubena existe un anticlinal de dirección E.-O. que pronto pasa a NO.-SE.

Existen numerosos asomos diapíricos en relación con fracturas y fallas, tales como las de Quintanilla de Pedro Abarca, todas las de Salinilla de Bureba y Buezo.

Abundan las fallas longitudinales con algunas transversales de menor importancia.

Los plegamientos principales deben corresponder a una primera fase alpínica. Después del Oligoceno ha habido algunos levantamientos, lo que se demuestra por la inclinación del Mioceno inferior, siendo el medio y superior subhorizontales.

Se deduce, en conclusión, que la zona estudiada, en su parte norte, puede considerarse de un alto interés tectónico, que ya parece como el centro de una serie de empujes combinados en la que la presencia de rocas ofíticas refuerza dicho interés.

Continuamos ahora describiendo, también muy someramente, la hidrología.

#### A) CUENCAS HIDRÁULICAS SUBTERRÁNEAS

Hay que distinguir dos conceptos: el de cuenca hidrológica y el de cuenca hidráulica subterránea.

La unidad de cuenca hidrológica es un factor fisiográfico y topográfico fácil de aislar: las cordilleras, montañas, elevaciones, etc., nos dividen la superficie del terreno en zonas dentro de las que el agua caída sobre ellas y que no se ha infiltrado en el terreno, es drenada por una red compuesta de una serie de barrancos, arroyos, ríos, etc. Esta cuenca hidrológica está alimentada, a veces, por los rebosaderos naturales (manantiales, etc.), de las cuencas subterráneas que en ella existen, pudiendo ocurrir, en otros casos, lo contrario.

El agua infiltrada en el terreno va descendiendo merced a la gravedad hasta que, retenida por un nivel impermeable, esta fuerza es contrarrestada por los rozamientos del agua contra la superficie de las partículas de las rocas y por la contrapresión que ejerce el aire contenido en las formaciones. Una vez detenida el agua en lo que se llama «zona de saturación» del acuífero, la acumulación y el movimiento del agua están determinados por fac-

tores litológicos, estratigráficos y tectónicos o estructurales, en una palabra, *geológicos*.

Estos factores geológicos son los que determinan y definen la unidad de cuenca hidráulica subterránea.

De lo dicho se infiere que dentro de una cuenca hidrológica pueden existir una o varias cuencas hidráulicas, independientes o no entre sí, y que una cuenca hidráulica puede estar en relación con varias cuencas hidrológicas.

En nuestro caso, donde la mayor extensión superficial de la zona en estudio corresponde al Terciario, francamente impermeable con excepción de las calizas pontienses y algunos de los tramos arenosos del Sarmatiense-Tortonense, los acuíferos están definidos por los tramos permeables del Cretáceo, especialmente el Turonense y Wealdense-Albense, coinciden a veces las divisiones de las aguas subterráneas con las divisorias de las aguas superficiales.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, podríamos separar varias cuencas hidráulicas subterráneas. Ahora bien, desde el punto de vista práctico-económico para el abastecimiento de los Polos de Promoción Industrial, no todas ellas pueden ser tomadas en consideración, ya sea por la gran distancia a dichos Polos, ya sea por la gran profundidad que deberían alcanzar las obras de captación, así que sólo tuvimos en cuenta las *tres cuencas más convenientes*.

Y dentro de esas tres cuencas sólo hemos considerado para realizar el balance hídrico a las calizas del Turonense.

Estas cuencas no son absolutamente independientes, sino que están relacionadas entre sí y con otras fuera de la zona estudiada.

#### B) PERMEABILIDAD

En las rocas calcáreas las aguas subterráneas originan problemas hidrogeológicos particulares. Su estudio, desde un punto de vista general, presenta un gran interés si se considera que estas rocas constituyen de un 5 a un 10 por 100 de los terrenos sedimentarios del globo terrestre.

La poca dureza de la caliza hace que la erosión del agua, o de las sustancias que arrastra consigo, se efectúe con mucha más facilidad que en otros tipos de rocas, sumándose la corrosión química. La consecuencia de ello es que un hilito de agua, al descender por una grieta, la va ensanchando rápidamente convirtiéndole en conducto que, con el tiempo, podrá transformarse en caverna, si la cantidad de agua que pasa es suficiente.

Los huecos de las rocas calcáreas se pueden clasificar según sus dimensiones, su forma, en tres

tipos: intersticios, las fisuras y las cavidades. Desde el punto de vista hidrológico, los huecos o espacios están constituidos, sobre todo, por fisuras más o menos abiertas y por cavidades.

den ser: fallas, diaclasas y las uniones entre los estratos.

Desde el punto de vista hidrológico son las diaclasas las que juegan el papel más importante.



Aforo del Sondeo n.º 1 de Villaverde de Peñahorada (Burgos)

Las calizas se caracterizan por su «permeabilidad en grande». La permeabilidad de las fisuras depende de sus dimensiones, de su frecuencia y de la orientación de las mismas. Grietas muy finas y estrechas pueden dar origen a un hilo capilar típico.

Debemos distinguir: la permeabilidad intrínseca de la caliza original y la permeabilidad «adquirida» por fisuración, ensanchamiento de los huecos, como consecuencia de la consolidación, de la corrosión y deformaciones tectónicas.

Hay que hacer notar que la corrosión de la caliza, al ensanchar las fisuras, libera depósitos sólidos que pueden colmatar los huecos. Por tanto, la permeabilidad puede aumentar como consecuencia de la corrosión en las calizas puras y dolomías.

Las fisuras, en su conjunto, dan a los depósitos calcáreos una heterogeneidad que constituye su carácter hidrogeológico esencial. Estas fisuras pue-

Las fisuras atacadas por corrosión se ensanchan y evolucionan, o se transforman, en cavidades. Estas cavidades constituyen verdaderas redes hidrográficas subterráneas, siendo conocidas en toda clase de rocas calcáreas: calizas compactas, calizas dolomíticas y cretas, siendo su desarrollo función de la estratigrafía y geomorfología regional.

Expuesto todo lo anterior, pasaremos a exponer el mecanismo de circulación de las aguas subterráneas en este tipo de rocas calcáreas.

El agua meteórica penetra en el suelo y pasa subverticalmente a la caliza por la acción de la gravedad, aunque en la realidad sigue un camino tortuoso, el de las fisuras, en línea quebrada lo más próxima a la vertical. Parte del agua queda retenida a causa del Coeficiente de Retención debido a las pequeñas fisuras e intersticios. El resto pasa al substrato y se acumula en la parte inferior del material acuífero, rellenando todos los huecos cual-



Aforo del Sondeo n.º 1 de Villaverde de Peñahorada (Burgos)

quiera que sean sus dimensiones. Después de cierto tiempo se observan dos zonas:

- Zona aparentemente seca, y
- Zona inundada.

En la primera de las zonas se acumula el agua de retención y de capilaridad de las fisuras. En ella los huecos más importantes, las fisuras abiertas y las cavidades o cavernas están secas y no hay lugar a circulación.

La segunda de las zonas, más inferior, que denominamos «zona inundada» para no emplear el término de *manto acuífero* que puede inducir a confusión, corresponde al *agua de fondo*. En esta zona todos los huecos están llenos de agua cualesquiera que sean sus dimensiones. Su formación está condicionada por la evolución de los materiales acuíferos, del nivel base y del substrato impermeable.

En esta zona las aguas circulan según las reglas generales: el agua, acabado su descenso más o menos vertical a través de las fisuras, suele correr más o menos horizontalmente, lo cual sucede cuando encuentra, inferiormente, una capa algo margosa, o simplemente una caliza más compacta y poco fisurada. Y lo hace a través de un camino que depende de las fisuras, pudiendo ser éstas independientes entre sí o formando una red anastomosada. La velocidad de circulación dependerá, entre otros factores, de la pendiente y el caudal.

Antes hemos mencionado el *nivel de base*. Se llama así al nivel de drenaje natural de la cuenca. La circulación lateral del agua estará condicionada, si la alimentación es constante, por la cota de ese nivel que, al mismo tiempo, determina las cotas de las emergencias, exurgencias y resurgencias.

Cuando la *posición estructural y estratigráfica* de las calizas es favorable, se forman entonces *capas acuíferas en carga*.

El coeficiente de infiltración depende de una serie de factores, siendo los métodos de medida numerosos y variados en relación con los fenómenos estudiados; estos métodos pueden ser directos o indirectos:

#### a) Métodos indirectos

Conocida la ecuación del balance hidráulico de una zona

$$P = R + E + I$$

la infiltración, I, se puede calcular por diferencia si la precipitación, escorrentía y evapotranspiración son conocidas,

#### b) Métodos directos

Estos métodos permiten calcular la cantidad de agua infiltrada en una superficie determinada.

Pueden basarse en:

— El caudal de las fuentes de una cuenca hidrogeológica individualizada en función de la Pluviometría.

— El estudio de las variaciones de la superficie piezométrica en una cuenca hidrogeológica y de las oscilaciones del nivel piezométrico en los pozos o fuentes.

— Los Lysímetros.

— Las medidas del gradiente vertical de humedad del suelo.

Aplicando para las calizas turonenses de la primera de las cuencas que hemos considerado, el primero de los procedimientos citados, tenemos:

El caudal anual de las fuentes procedentes de estas calizas, expresado en altura de agua en mm., es igual a la infiltración. Luego:

$$I = Q_m \text{ t/s } 1.000$$

donde

I es la altura de agua infiltrada anual en mm.

$Q_m$  es el caudal en metros cúbicos de las fuentes.

t el tiempo = año =  $31.536 \times 10^3$  segundos.

s la superficie de la cuenca en metros cuadrados.

Siendo:

$$s = 37.025 \times 10^3$$

$$I = Q_m \frac{31.536 \times 10^3}{37.025 \times 10^3} \cdot 1.000$$

tenemos

$$I = Q_m \cdot 851,7 \text{ mm.}$$

El coeficiente de infiltración será:

$$Q_m \cdot \frac{851,7}{570} \cdot 100$$

#### C) BALANCE HIDRÁULICO SUBTERRÁNEO

Al estudiar una cuenca hidráulica subterránea hemos de tener en cuenta su área de recarga, su área de circulación y su área de descarga, en orden a determinar el posible caudal subterráneo que, sin merma de las reservas, pueda suministrar dicha cuenca.

Como es lógico, dentro de cada cuenca en equilibrio:

$$\text{Recarga} = \text{Descarga.}$$

La cantidad de agua en circulación dependerá de las características de transmisión y del coeficiente de almacenamiento de la cuenca.

Una explotación racional de cada cuenca, debe tender a compensar la recarga y la descarga, forzando la recarga al máximo mediante el descenso general de los niveles, siempre dentro de los límites de rentabilidad y con calidades de agua aceptables.

La recarga proviene de las aguas meteóricas o de otras cuencas, sean subterráneas o hidrográficas, y la descarga se hace por labores de captación, manantiales, ríos, etc., evapotranspiración y desagüe en otras cuencas subterráneas.

El balance hidráulico de cuenca se establece por la ecuación:

$$P = R + E + I, \text{ siendo}$$

P = lluvia, nieve, etc.

R = escorrentía.

E = evapotranspiración.

I = infiltración.

Una vez expuesto lo anterior y antes de empezar el cálculo aproximado del balance hidráulico, señalaremos los diversos niveles susceptibles de constituir acuíferos.

De arriba a abajo, estratigráficamente, son permeables:

Las calizas pontienses.

Algunos tramos detríticos del Tortoniense.

Las calizas del Santoniense.

Las calizas del Turonense.

Las arenas, areniscas y conglomerados del Wealdense-Albense.

Las calizas pontiense están drenadas por la red hidrográfica. El agua en ellas infiltrada se traduce en una multitud de fuentes y manantiales.

Lo mismo podemos decir de los niveles detríticos del Tortoniense.

En cuanto a las calizas del Santoniense no se hallan, debido a la tectónica, en lugar adecuado para colocar posibles sondeos de investigación y explotación y, por otra parte, el agua en ellas infiltrada *no pasa* a las calizas del Turonense debido al Coniaciense margoso, y por tanto impermeable, situado entre los dos anteriormente citados pisos del Cretáceo.

Sólo hemos tomado en consideración a las calizas del Turonense para realizar el balance hídrico. Están, por una parte, en los sitios más adecuados, tanto geológicamente como desde el punto de vista de conducción de las aguas que se alumbren hasta los puntos de consumo, como, por otra parte, poseen todas las características hidrogeológicas que son de desear para obtener de ellas caudales que satisfagan las necesidades de los Polos de Promoción Industrial.

Respecto a las arenas Wealdense-Albense, poseyendo todas las ventajas desde el punto de vista hidrogeológico, no la poseen desde el punto de vista de la explotación: ocasionarían un desgaste rápido de las bombas.

Dicho todo lo anterior pasamos al cálculo del balance hídrico de las tres cuencas consideradas.

#### Cuenca núm. 1

Corresponde a la parte noroeste de la zona. En ella:

$$P = 570 \text{ litros/m}^2 = 669,21 \text{ litros/segundo.}$$

$$I = 560 \text{ litros/segundo.}$$

$$E = N \% \times I.$$

y la diferencia  $I - N \% \times I = 560 \left(1 - \frac{N}{100}\right)$

sería la cantidad de agua verdaderamente infiltrada.

Teniendo en cuenta la totalidad de los manantiales de las calizas Turonenses, llegamos a un caudal igual a 482,5 litros/segundo susceptibles de ser extraídos de la primera cuenca.

#### Cuenca núm. 2

Corresponde a la parte nordeste de la zona estudiada. En ella:

$$P = 570 \text{ litros/m}^2 = 656,10 \text{ litros/segundo.}$$

$$I = 524,8 \text{ litros/segundo.}$$

y teniendo, igual que anteriormente, en cuenta los valores de N y Q.

$(521,4 - Q)$  litros/segundo será la cantidad de agua que se podrá extraer de esta segunda cuenca.

Nos falta el valor de Q, pues en un principio no se consideró esta zona dentro de los límites de nuestro estudio. No obstante, podemos asegurar que pueden ser extraídos entre 300 y 400 litros/segundo.

#### Cuenca núm. 3

Corresponde a la parte sur de la zona. En ella:

$$P = 570 \text{ litros/m}^2 = 148,60 \text{ litros/segundo.}$$

$$I = 118 \text{ litros/segundo.}$$

luego el agua infiltrada será de 114,20 litros/segundo.

Hacemos la aclaración de que los 114 litros/segundo calculados valen para el agua infiltrada en el anticlinal de Rubena, pero hay que tener en cuenta que la denominada cuenca número 3 no es sino una pequeña parte de otra, mucho más extensa, que queda fuera de la zona considerada para

nuestro estudio, y correspondiente a los afloramientos cretácicos del borde N. de la Sierra de la Demanda. Por eso estimamos que se podrá extraer un caudal que sobrepasará mucho a la cantidad indicada anteriormente.

Realizada la primera de las fases, la correspondiente al estudio hidrogeológico, hemos sacado las siguientes conclusiones:

1.<sup>a</sup> No hay que pensar en la posibilidad de efectuar sondeos en la zona central de la zona estudiada, si estos sondeos van a tener como único objetivo cortar los acuíferos del Terciario. Obtendríamos caudales exigüos, a todas luces insuficientes para abastecer a los Polos de Promoción.

2.<sup>a</sup> Podrían efectuarse sondeos en la zona anteriormente citada si el objetivo es llegar al Cretáceo. Ahora bien, estos sondeos deberían alcanzar gran profundidad, entre los 800 y 1.000 metros.

3.<sup>a</sup> Teniendo en cuenta que el eje del anticlinal de Rubena pincha suavemente hacia el Noroeste, podría pensarse en la posibilidad de que dentro de una zona delimitada por Sotopalacios, Vivar del Cid, Celada de la Torre, Villayerno y Rubena, las profundidades antes mencionadas se vean reducidas y sólo hubiera que perforar unos 400 metros para llegar al Cretáceo.

4.<sup>a</sup> Los lugares más convenientes para colocar sondeos con plena garantía de éxito corresponden:

a) Al borde sur de los afloramientos cretácicos situados al norte de Villaverde de Peñahorada.

b) La zona de Rubena.

5.<sup>a</sup> Podrán extraerse, con un número adecuado de sondeos en las dos zonas mencionadas anteriormente, unos 1.000 litros/segundo.

De la segunda fase propuesta y como consecuencia de la primera, hasta la fecha se han efectuado tres sondeos. Dos corresponden a la zona de Villaverde de Peñahorada y uno a la zona de Rubena. Todos ellos han tenido como objetivo cortar las calizas fisuradas del Turonense.

Los resultados obtenidos han sido francamente halagüeños, habiendo cortado los tramos previstos en el estudio de la primera fase.

En el sondeo de Villaverde número 1 se han cortado acuíferos a los siguientes metros desde la boca del sondeo:

83- 85 m.  
137-138  
146-148  
159-161  
164-165

El nivel estático queda a 2 metros.

En el sondeo número 2 de Villaverde se cortaron a:

50- 51 m.  
83- 84  
113-115  
135-140  
152-156

Los acuíferos de este segundo sondeo corresponden con los del primero, teniendo en cuenta que por su situación, más próximo a las calizas, han sido cortados unos metros antes. El nivel estático queda a 4 metros.

En el sondeo número 1 de Rubena los acuíferos cortados han sido a los siguientes metros:

47- 52 m.  
64- 68  
97-103  
128-132  
140-180  
217-230

En este sondeo de Rubena se han alumbrado aguas artesianas, unos 4 litros/segundo, y correspondientes al acuífero entre 128 y 132 metros.

Hasta la fecha sólo ha sido aforado el Villaverde número 1, habiéndose obtenido un caudal de 130 litros/segundo, con una depresión de sólo 1,20 metros. Siendo evidente que con una depresión mayor obtendremos un caudal que sobrepasará, en mucho, al obtenido.

Recibido el 15-XII-67.

## Evolución histórico-geológica de la cuenca del lago de Maracaibo

por C. GONZALEZ DE JUANA

### RESUMEN

El autor revisa la evolución geológica de la Cuenca del Lago de Maracaibo, a partir de la orogénesis del final del Paleozoico. Analiza los ambientes sedimentarios del Cretáceo, en relación con sus características petrolíferas. Postula un levantamiento generalizado y suave al comienzo del Paleoceno, como requisito antecedente a los ambientes peculiares donde se sedimentaron las grandes lentes de arena del Eoceno, actualmente los mayores recipientes petroleros de los Campos del Centro del Lago. Pasada la orogénesis del final del Eoceno, analiza la sedimentación miocena con sus famosas arenas petrolíferas.

El autor razona que la Cuenca del Lago de Maracaibo no fue nunca una cuenca marina restringida, ni siquiera bien individualizada, hasta los periodos Aquitaniense y Burdigaliense, al final de los cuales la sedimentación se hizo exclusivamente continental.

### ABSTRACT

The author reviews the geological evolution of the Maracaibo Lake Basin, starting from the late Paleozoic orogenesis. Analyses the Cretaceous sedimentary environments in relation to the petroliferous character of the rocks produced. Postulates a gentle up-lift during early Paleocene, in order to explain the peculiar nature of the environments leading to the sedimentation of the thick eocene sand bodies, actually the most prolific reservoirs of the Central Lake Fields. Reviews the effects of the late Eocene orogenesis, and the subsequent miocene sedimentation, including several famous oil producing sands.

The author remarks that the Maracaibo Lake Basin was not a restricted, neither a well individualized marine basin, until the Aquitanian-Burdigalian periods, prior to the young Tertiary and Quaternary widespread continental deposits.

La cuenca del Lago de Maracaibo está constituida por una gran extensión de terrenos planos, cubiertos en parte por las aguas del propio Lago o Saco de Maracaibo, terrenos que hacia la periferia se hacen ligeramente ondulados hasta morir, a veces en forma brusca, en el piedemonte de las cordilleras circundantes. Tiene una forma aproximadamente trapezoidal y está limitada al Oeste por los contrafuertes de la Sierra de Perijá, al Sureste por los Andes Venezolanos y al Este por la Serranía de Trujillo.

Dentro de su extensión, de aproximadamente

6.000.000 de Ha, se han producido hasta el 31-12-65 unos 14.600 millones de barriles de petróleo, que justifican su fama mundial.

Su historia geológica es bastante complicada y ha sido, y sigue siendo, difícil de dilucidar, por cuanto la mayor parte de su extensión está cubierta por depósitos cuaternarios, o del Terciario muy joven, caracterizados por ambientes sedimentarios no marinos en posición horizontal, o muy próxima a la horizontal. Solamente una combinación de investigaciones geofísicas y de resultados de miles de sondeos, aproximadamente 10.000 de ellos,

estudiados en gran detalle por grupos de especialistas, ha permitido desentrañar esta complicada historia, para llegar a la interpretación actual.

En los finales del Paleozoico, todo el occidente de Venezuela sufre una orogénesis violenta que, de modo general, se relaciona con las últimas pulsaciones variscas. Durante este período, grandes masas graníticas intrusionan las formaciones paleozoicas; se conocen afloramientos de granito en las cordilleras y pre-cordilleras periféricas, en muchas localidades de los Andes venezolanos, en la Sierra de Perijá, donde se denomina Granito de El Palmar, y en un solo lugar de la Serranía de Trujillo, que es la región de El Baño, donde se encuentra levantado por una gran falla. Granitos similares se han perforado en los campos de La Paz y Mara y en algunos taladros profundos, en el propio Lago de Maracaibo.

Como detalle curioso se puede citar que los campos de La Paz y Mara han producido pequeñas cantidades de petróleo en la zona meteorizada y alterada del granito, y como detalle práctico debe mencionarse que el granito constituye, en grandes zonas del lago, el límite inferior de las posibles secciones productoras, pero desde el punto de vista de la evolución de la cuenca, el principal interés reside en que este período orogénico, del final del Paleozoico, deja como secuela una elevación dirigida aproximadamente S.-SE. a N.-NO. entre la Sierra de La Culata, al Norte de Mérida, y el levantamiento de El Palmar-Inciarte, al Oeste de la ciudad de Maracaibo.

El suscrito hizo referencia, en 1951, a este arco variscico, subsecuentemente designado por otros autores Arco de Santa Bárbara y, más recientemente por A. Salvador y E. Holz (1963), Arco de Mérida.

La gran extensión levantada en Venezuela occidental por la orogénesis fue sometida a intensa erosión, pero al reanudarse la sedimentación, en el Triásico-Jurásico, los sedimentos rojos de ambiente continental, de la formación La Quinta, no se depositaron sobre El Arco mismo, sino que aparecen con espesores considerables a ambos lados de la culminación de Mérida y en la Sierra de Perijá, la cual comienza a delinearse como una depresión Norte-Sur.

La sedimentación continental vino acompañada por considerable actividad volcánica. Una gran cantidad de sedimentos de este período muestra componentes lávicos, pero al acercarse a los centros volcánicos, como El Totumo, el volumen de las rocas extrusivas aumenta de modo considerable; las coladas y mantos se intercalan con las rocas sedimentarias y llegan a predominar sobre ellas. Centros volcánicos de menor magnitud existieron, también, en los Andes Venezolanos,

Al final del Jurásico, Venezuela occidental experimenta un nuevo levantamiento, esta vez de naturaleza vertical y no acompañado de fenómenos de compresión.

Durante el infra-cretáceo, el territorio que hemos definido como Cuenca del Lago de Maracaibo es un área positiva, sujeta a erosión, con la sola excepción de un surco angosto que bordea la parte sur-oriental de la Sierra de Perijá. La erosión desgasta y suaviza la topografía del Arco de Mérida y prepara el marco para la subsiguiente gran transgresión marina, que vendrá a caracterizar la sedimentación del Cretáceo Medio.

La transgresión cretácea, en Venezuela, progresa de Norte a Sur y de Oeste a Este. Concretándonos al Lago de Maracaibo, la primera tiene menos importancia y se manifiesta, solamente, en un pequeño surco en La Goajira, mientras que la invasión procedente del Oeste juega un papel preponderante.

Las aguas cubren primero las regiones bajas, fronterales a la Sierra de Perijá, en los surcos deposicionales de Machiques y del Uribante, donde se sedimentan grandes espesores de areniscas arcósicas, areniscas conglomeráticas y conglomerados, de ambientes no marinos, hoy conocidos como formación de Río Negro. La falta de fósiles diagnósticos, no permite determinar con gran exactitud la edad y duración de este período, que posiblemente comenzó en el Neocomiense y con gran probabilidad abarcó todo el Barremiense.

Quedan emergentes los Andes Venezolanos, propiamente dichos, y el antiguo Arco Variscico que, ya erosionado y con muy poco relieve topográfico, materialmente reducido a una penillanura, viene a constituir lo que el suscrito denominó, en 1951, la Plataforma de Maracaibo, en la cual se situará la futura producción petrolera del Cretáceo.

Durante el Aptiense y el Albiense, la transgresión progresa sobre estas áreas emergentes. Prescindiendo aquí de los Andes Venezolanos y concretándonos al Lago de Maracaibo, el avance de los mares aptienses produce sobre la plataforma una sección muy delgada de clásticos basales que, por norma de la nomenclatura formacional, sigue denominándose formación Río Negro.

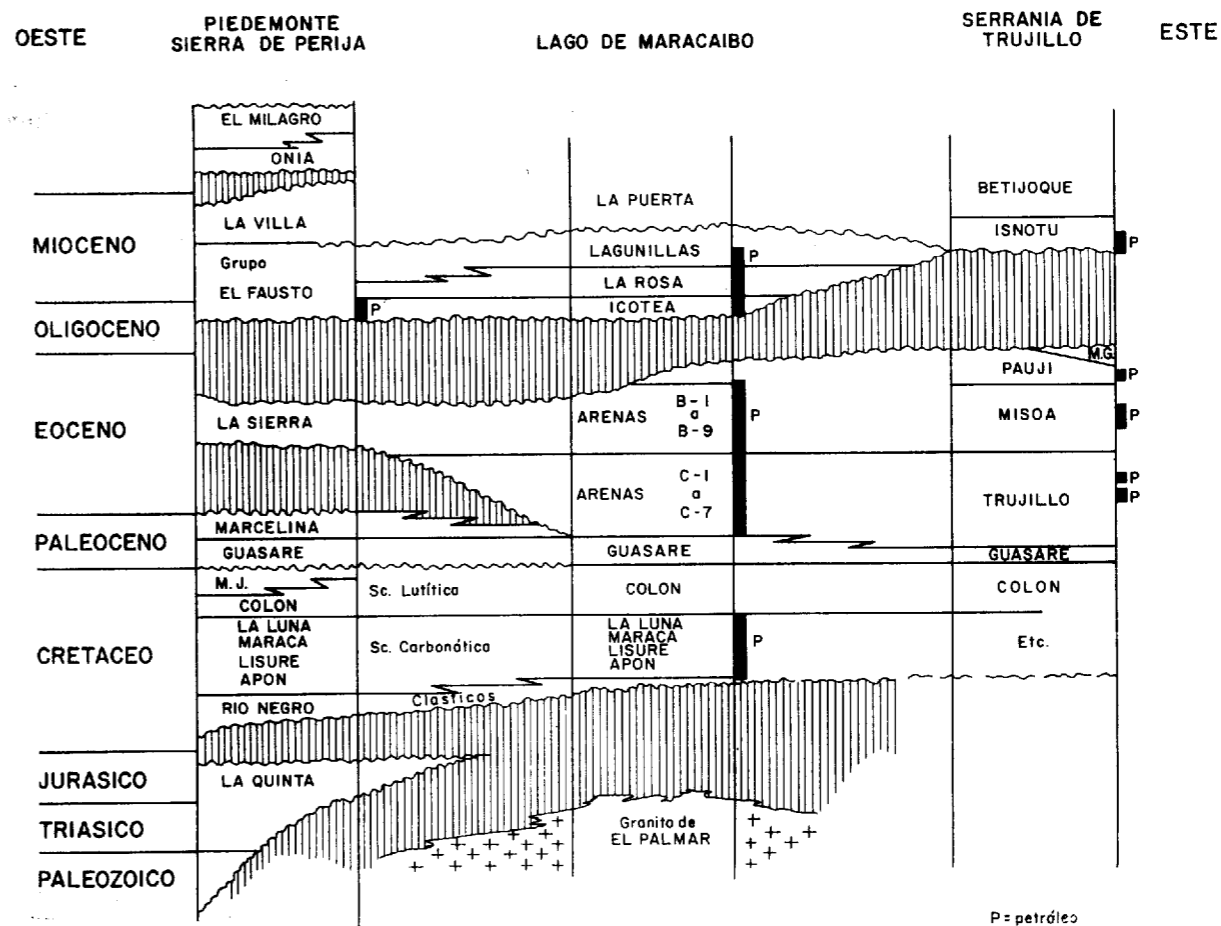
En los campos de Mara y La Paz, esta sección es productora esporádica de petróleo.

A los clásticos basales sigue una sección en la cual predominan las calizas; que comienza con un extenso bióstromo, seguido por intercalaciones menores de lutitas negras con nuevas calizas biostrómicas. Aunque estas intercalaciones no tienen mayor significación paleogeográfica, son interesantes por cuanto contienen una rica fauna de Ammonites, más diagnóstica que la encontrada en las calizas coquinoideas, aparte de su utilidad como ca-

pas guías para correlación entre taladros. La parte más alta de la formación contiene, nuevamente, calizas biostrómicas en la región del Lago de Maracaibo, pero hacia el Sur, en el flanco Andino, que todavía no es más que el flanco septentrional del área positiva de Guayana, aparece un fuerte aflujo de clásticos bajo forma de areniscas varias, intercaladas con las calizas.

como calizas arenosas glauconíticas y areniscas glauconíticas y micáceas. Aunque esta litología típica caracteriza la mencionada depresión, algunos intervalos arenosos y glauconíticos se extienden lateralmente, entre los sedimentos predominantemente calcáreos de la plataforma.

Al final del Albiense (Ford y Houbolt, 1963) quizá hasta comienzos del Cenomanense (Carlos



**CORRELACION SIMPLIFICADA  
A TRAVES DEL LAGO DE MARACAIBO**

Es conveniente notar que este aflujo de clásticos no afecta, en forma apreciable, la sedimentación contemporánea sobre la plataforma de Maracaibo.

Al final del Aptiense y durante el Albiense Inferior, la norma de la transgresión cretácea no varía fundamentalmente, pero con el avance de los mares la extensión de las depresiones existentes se acentúa y así, las depresiones del Uribante y de Machiques, ya unidas en una sola, frontal a la Sierra de Perijá, reciben sedimentos de distinta naturaleza

Key, 1960) las condiciones ecológicas se igualan de forma notable y un extenso desarrollo biostrómico, que caracteriza a la formación Maraca, se extiende sobre toda la Plataforma de Maracaibo, sobre la depresión de Machiques y sobre gran parte de los Andes Venezolanos.

La transgresión alcanza su máxima extensión territorial durante el Cenomanense, Turonense y Coniaciense, cubriendo toda Venezuela occidental, hasta el borde septentrional del Complejo de Gua-

yana, situado no lejos del curso actual del río Arauca. Con la profundización de los mares cretáceos, se produce un extraordinario cambio ambiental, por cuanto los ambientes marinos oxigenados anteriores pasan a ser francamente euxínicos, y en ellos se sedimentan calizas negras, lutitas calcáreas y lutitas negras más puras y, en ocasiones, intervalos ítaníticos con restos de peces, todo ello característico de la formación La Luna. Aun cuando no se encuentra en la base de esta formación evidencia clara de discordancia o hiatus, resulta evidente que el cambio entre los biostromos de Maraca, con numerosos ejemplares de *Ostrea*, y las calizas negras de la formación La Luna, es un fenómeno digno de ser tomado en cuenta.

A pesar de que todas las secciones de la formación La Luna, en la cuenca del lago, tienen aspecto muy similar, existen diferencias de importancia local. De modo general el porcentaje de carbonatos disminuye de Norte a Sur, especialmente entre la plataforma de Maracaibo y el flanco andino.

La cuenca se estabiliza durante el Campiense y el Maestrichtiense, depositándose grandes espesores de lutitas de foraminíferos, aunque localmente y de modo particular hacia el Noroeste, aparecen en la base de esta sección algunas calizas densas glauconíticas. Con esta sola excepción, la columna geológica del Cretáceo Superior es extremadamente monótona y solamente hacia el final del período se observan caracteres de relleno de cuenca, con la aparición de algunas lutitas arenosas y areniscas de grano fino.

Se cierra así el ciclo sedimentario cretáceo, durante el cual hemos pasado revista a la sedimentación de grandes espesores de rocas carbonatadas, primero de ambiente arrecifal y luego de ambiente euxínico, restringido, que han venido a constituir notables depósitos de petróleo en la parte Noroeste de la cuenca —campos de los distritos Maracaibo y Mara— y aún en el centro del Lago de Maracaibo, donde se han obtenido pozos de considerable rendimiento, que hoy constituyen legítimo incentivo para la perforación futura.

Sobre los intervalos biostrómicos, potencialmente buenos recipientes, hemos reseñado la sedimentación euxínica —calcárea primero y lutítica— marina después, que llegó a formar un grueso espesor de rocas, generalmente consideradas como buenas rocas madres del petróleo. La coexistencia de ambas facies, es suficiente para explicar la producción petrolera del Cretáceo, en el área del Lago de Maracaibo.

En la continuación de la historia geológica de esta región, el final de Cretáceo señala una emergencia general, particularmente bien marcada en los bordes de la cuenca. Indudablemente no se trata

de un período violento de orogénesis, ni tampoco de un «hiatus» de duración considerable, por cuanto nuestros registros paleontológicos son prácticamente continuos, pero el levantamiento gradual de las áreas marginales, está demostrado por la aparición de sedimentos típicamente costeros y la presencia de extensas lagunas litorales, en los bordes de la actual Sierra de Perijá y cerca del extremo noroeste de los Andes Venezolanos.

La emergencia en la base del Paleoceno se manifiesta en la Sierra de Perijá, mediante áreas positivas en la región de El Totumo-Inciarte. Estas áreas positivas producen sedimentación marginal de areniscas calcáreas y calizas coquinoides, conocidas como formación Guasare, bien desarrolladas en el entrante septentrional de la subcuenca del Socuy-Guasare, en el alto La Paz y hacia el Sur, aproximadamente hasta el paralelo de Alturitas y todavía bien discernibles en las perforaciones efectuadas en las grandes estructuras del centro del lago.

Al progresar la emergencia y definirse mejor el borde de la Sierra de Perijá, cambia el ambiente costero de Guasare a extensas lagunas litorales donde se sedimenta la serie marginal, lignítica, conocida como formación Marcelina. En el gran entrante de la depresión del Uribante, extensas regiones pantanosas producen los sedimentos, también ligníticos, del grupo Angostura.

Para comprender mejor la historia de la sedimentación paleoceno-eoceno, en el propio Lago de Maracaibo, se hace necesario considerar lo sucedido en el extremo Noroeste de la Cadena Andina, donde la incipiente emergencia de los Andes produce un profundo surco marginal, en el cual, dentro de una sedimentación típicamente flysch y localmente Wyld-flysch, se depositan bloques alóctonos del Cretáceo andino, desprendidos del borde Sur del surco, y bloques ígneo-metamórficos, aparentemente procedentes del borde Norte. El surco se extiende hacia el Oeste, ocupando gran parte de la Serranía de Trujillo (Renz, Lakeman y Van der Meulen, 1955).

La costa de Perijá no caía bruscamente al surco; por el contrario, entre ambos elementos se extendía una plataforma ancha que, durante el Paleoceno, tenía una suave inclinación general hacia el Este y, en consecuencia, las calizas coquinoides, muy costeras, de Guasare, cambian a calizas orbitoidales en la parte SE. de la cuenca del lago. De forma similar los sedimentos paludales de Marcelina y Angostura se convierten en lutitas y arenas, más marinas, en el lago y en la Serranía de Trujillo.

En este marco sedimentario viene a desarrollarse la sedimentación del Eoceno, época de vital im-

portancia por la gran producción de petróleo obtenida en las arenas de este período geológico.

Punto de gran interés es que tanto la Sierra de Perijá como grandes extensiones de los Andes vienen a ser elementos positivos que aportan sedimentos a la cuenca de Maracaibo, que tienen sus propias líneas de costa y su relieve propio, ocasionando cambios notables en la naturaleza de los sedimentos que, contrariamente al Cretáceo, donde formaciones de litología muy similar cubren áreas muy extensas, las unidades litológicas del Eoceno cubren extensiones relativamente pequeñas, varían rápidamente de características y son, frecuentemente, difíciles de correlacionar entre sí.

La incipiente Sierra de Perijá no es, todavía, una cadena abrupta, sino una elevación suave, aunque sujeta a erosión activa, en cuyo borde oriental se extendía una costa baja, de muy suave gradiente hacia el Este; en ella se depositaron sedimentos mezclados, preferentemente estuario-deltaico, localmente paludales y, a veces, costeros, influenciados por las corrientes fluviales y los aportes estacionales de las lluvias. En inclinaciones tan suaves los cambios de nivel de las aguas se traducen en avances y retrocesos considerables en la línea de costa y así, los sedimentos eocenos aparecen, en las estribaciones de la Sierra de Perijá, localmente discordantes sobre diversas formaciones del Cretáceo y, con más frecuencia y sin aparente angularidad, sobre el Paleoceno.

En el lado contrario, hacia el surco que entonces caracterizaba a la actual Serranía de Trujillo, la sedimentación es más regular; comienza con una formación de lutitas predominantes, formación Trujillo, la sedimentación es más regular; comienza con una formación de lutitas predominantes, formación Trujillo, entre las cuales se intercalan algunas arenas de grano fino y algunas lentes de calizas orbitoidales. Al rellenarse el surco, la sección cambia a un intervalo más arenoso, de grano más grueso, con frecuente estratificación cruzada, que aparentemente representa un extenso episodio de abundante aporte clástico, discernible en grandes extensiones de la cuenca del Lago de Maracaibo.

Durante el Eoceno Medio-Superior en la Serranía de Trujillo, las condiciones se hacen mucho más marinas, depositándose gruesos espesores de lutitas de foraminíferos que, en varios lugares, muestran cerca de su tope un intervalo de calizas orbitoidales.

Entre los ambientes costero-paludales de Perijá y la sedimentación marina del surco de la Serranía de Trujillo, se extendió durante todo el Eoceno una plataforma ancha, generalmente de más de 100 kilómetros y menos de 175 kilómetros, en la cual tuvo lugar una sedimentación peculiar, de carácter

predominante arenoso y en la cual se encuentra la gran producción de petróleo del Eoceno de Venezuela.

Una de sus características más distintivas son los grandes cambios laterales que, tanto en espesor como en porcentaje de arena, experimentan todas las formaciones; este fenómeno fue sintetizado por Gordon A. Young (1961) al decir que «todo el área no fue cubierta por el mismo ambiente, al mismo tiempo» refiriéndose así a un principio básico, que no puede perder de vista ningún geólogo de petróleo. En este tipo de sedimentación se observa la intercalación de grandes unidades litológicas, magnafacies, unas formadas por grupos de lentes de arena y otras fundamentalmente lutíticas, que progresan en tiempo y en espacio. Como consecuencia se hace imposible seguir un horizonte determinado de arena por una distancia apreciable, e incluso las unidades litoestratigráficas mayores, como grupos de arenas, muestran continuos y rápidos cambios laterales litológicos y aún faunales, dentro de lo muy limitado de las faunas que se obtienen, y las líneas crono-estratigráficas cruzan oblicuamente las magnafacies arenosas.

Entre estas magnafacies arenosas tienen especial importancia económica, por ser grandes productoras de crudo, la facies basal o grupos de arenas C-7 a C-4, intervalo formado por intercalaciones de lutitas y areniscas macizas, en el cual, estas últimas llegan a alcanzar el 50 por 100 del espesor total. En este intervalo las lentes de arena tienen tendencia a agruparse sobre los arcos estructurales, donde alcanzan espesores considerables.

La magnafacies inmediatamente superior comprende los grupos de arenas C-1 a C-3 y muestra, de modo general, preponderancia de lutitas; el contenido de areniscas suele mantenerse por debajo del 20 por 100.

Otro intervalo de gran importancia comercial lo constituye la sección basal de las arenas «B» formado por los grupos B-9 a B-6, y de modo muy particular este último, cuando no ha sido removido por la erosión post-eocena. Esta magnafacies muestra espesores variables entre 230 y 380 metros, capas individuales de hasta 30 metros de espesor y un contenido total de arenas sobre el 60 por 100 del espesor total del intervalo.

La magnafacies superior lutítica, Arenas «A» o formación Paují, del Eoceno Medio-Superior, varía de E. a O. desde prácticamente 95 por 100 de lutitas y 5 por 100 de arenas, hasta 15 por 100 de arenas finas, en desarrollos epicontinentales, marginales al propio canal de la Serranía de Trujillo.

El Eoceno Superior se caracteriza por una nueva transgresión marina que, a medida que es mejor conocida, va cobrando importancia de orden regio-

nal, pero que, en la propia cuenca de Maracaibo, tiene menor significación, por cuanto la mayor parte de los sedimentos de este período fueron removidos por la erosión post-eocena, de modo que sus remanentes se observan casi exclusivamente en zonas marginales, como en la Serranía de Trujillo, bajo forma de calizas orbitoidales, en la Sierra de Perijá bajo forma de gruesas areniscas transgresivas y en la depresión de Tarra-Táchira, bajo forma de arenas, lutitas arenosas y lignitos.

El final del Eoceno marca uno de los períodos de levantamiento y orogénesis mejor conocidos en Venezuela Occidental y, de modo particular, en la cuenca del Lago de Maracaibo.

Además de reactivarse los elementos positivos ya conocidos, como los Andes venezolanos y la Sierra de Perijá, se levanta la Serranía de Trujillo, que viene a jugar un papel de primera importancia en la tectónica de la cuenca. Concomitante al levantamiento ocurre un plegamiento compresional que viene a definir todas las grandes estructuras de la cuenca de Maracaibo, y con él aparecen, por primera vez, claramente definidas, estructuras que se hicieron famosas en la historia de la producción de petróleo, como son: el anticlinorio de Tarra, el levantamiento de La Paz-Tetones y el complejo anticlinal de La Concepción, en la parte occidental del lago; el levantamiento de VLA-Urdaneta, y el anticlinal de Pueblo Viejo, con su prolongación hacia el Sur, en el lago mismo; y la nariz anticlinal de Misoa-Mene Grande, en el Hanco de la Serranía de Trujillo.

Prescindiendo de toda la cadena de los Andes venezolanos y concretándonos de modo exclusivo a la cuenca del Lago de Maracaibo, los ejes tienen una dirección aproximada Norte-Noroeste, subparalelos a los elementos mayores de la Sierra de Perijá y de la Serranía de Trujillo, pero sin relación con los alineamientos estructurales andinos.

Con la culminación de la orogénesis, prácticamente toda Venezuela Occidental ha sido levantada y comienza un período de erosión que abarca el Oligoceno Inferior y Medio. Solamente en la depresión de Tarra-Táchira, es posible pensar en una sedimentación continua entre el Eoceno y el Oligoceno Superior y en una columna geológica no interrumpida, que estaría representada por formaciones de ambientes no marinos; pero en la propia cuenca del lago un período de erosión intensa, en el Oligoceno, está fuera de toda duda.

La profundidad de esta erosión modifica, de modo fundamental, la potencialidad petrolera de determinadas zonas. En algunas partes es de tal magnitud, que ha removido toda la sección eocena, dejando en contacto el Cretáceo con el Oligo-Mioceno, pero, en general, solamente una parte de la sección eocena ha sido removida. En la estructura

central del lago, las arenas «C» inferiores se encuentran en contacto discordante bajo la arena de Santa Bárbara de la formación La Rosa, mientras que hacia el Este, en el campo de Lagunillas, es más frecuente encontrar, bajo el Mioceno, los grupos superiores de arenas «B».

Como consecuencia de este período de intensa erosión, al llegar al Oligoceno Superior, la mayor parte de la cuenca del Lago de Maracaibo, se ha convertido en una extensa penillanura y las serranías marginales han sido rebajadas, en tal forma, que la sedimentación del nuevo período se inicia con clásticos finos.

En la penillanura central, la formación Icótea rellena, con una sección delgada y distribuida de modo esporádico, las depresiones existentes; esta formación no es marina. Hacia la costa occidental del lago, los sedimentos basales del grupo El Fausto tienen mayores espesores y son más continuos, pero conservan granulometría fina y son producto de ambientes salobres; solamente en los contrafuertes de la Sierra de Perijá se encuentran grandes espesores de areniscas que muestran marcada influencia fluvio-continental.

Resulta, pues, que ninguno de los sedimentos del Oligoceno Superior, en la Cuenca del Lago de Maracaibo, es marino en la pura acepción de la palabra.

Es necesario considerar, sin embargo, que hacia el Este-Noreste de la Cuenca del Lago, y no muy lejos de ella, se desarrollaron durante este período geológico ambientes marinos, dentro de una depresión que el suscrito denominó, en 1938, el Canal Falconiano. Este canal terminaba por el Oeste en un clásico «cul de sac» a partir del cual se hundía hacia el Este. Aunque el Canal era estrecho y estuvo ocasionalmente flanqueado por grandes arrecifes, en su centro y en su prolongación hacia el Este-Noroeste se depositaron abundantes lutijas marinas, mientras que en el fondo del saco y en las zonas marginales, más influenciadas por el aporte de las costas bajas, la sedimentación se caracterizó por mayor abundancia de arenas, inclusive con algunos intervalos ligníticos.

Es conveniente recalcar que las facies del Canal Falconiano, características del Oligoceno Superior, no pasan a la Cuenca del Lago de Maracaibo.

El Aquitaniense se inicia con una invasión marina que, eventualmente, alcanza gran extensión en nuestra Cuenca, particularmente en el área de los Campos Costaneros del Distrito Bolívar, extensiva hacia el Oeste hasta los campos del Distrito Maracaibo en la parte occidental del Lago (Geólogos de la Caribbean Petrol. Co., 1948) y en los campos del Centro del Lago, prolongándose hacia el Suroeste a la depresión de Tarra-Táchira. La base de

esta transgresión está representada por la arena de Santa Bárbara, de la formación La Rosa, uno de los grandes recipientes petrolíferos del Lago de Maracaibo.

Contemporánea con esta invasión marina se registra una transgresión general en el Canal Falconiano. En 1946 Sutton dio forma a la idea, entonces generalizada, de que la invasión marina de La Rosa pudo preceder del Canal Falconiano, pero hoy, después de numerosos sondeos en el centro del Lago, es conveniente revisar este concepto y considerar que la invasión marina se produjo, más bien, de Oeste a Este desde Colombia, sin que esto excluya la posibilidad de una comunicación con los ambientes marinos del Aquitaniense de Falcón.

La considerable extensión superficial de la arena de Santa Bárbara, en relación con un pequeño espesor, sugiere que el fondo aquitaniense era una superficie regular de muy poca pendiente, en la cual se depositó en forma de manto esta notable arena.

La invasión marina de La Rosa no cubrió toda la cuenca del Lago de Maracaibo, y en las áreas marginales continuaron los ambientes salobres y continentales del Oligoceno Superior.

Durante el Burdigaliense, en parte por relleno de cuenca, y en parte por elevación del fondo y retirada de los mares, los ambientes se hacen alternativamente marinos de aguas bajas, salobres y terrestres. En su comienzo se desarrolla otro gran recipiente petrolero, Las Arenas Inferiores de Lagunillas, que durante mucho tiempo aportaron la producción más sustancial de todo el Lago de Maracaibo. Posteriormente los ambientes se hacen más terrestres y en la parte superior de Lagunillas aparecen significativos intervalos ligníticos.

A partir de este período se inician en la cadena andina movimientos verticales recurrentes que ocasionan gruesos intervalos conglomeráticos intercalados con clásticos más finos. La sedimentación verdaderamente gruesa ocurre en el piedemonte y no en las partes centrales de la cuenca del lago, indicando que ésta permaneció relativamente estable durante el período de elevación de los Andes venezolanos. Toda sedimentación del Terciario joven del Lago de Maracaibo, se distingue por su carácter continental, tanto en la periferia como en el centro de la cuenca.

En el arco de las Antillas y aún en ciertas regiones septentrionales de Venezuela, como Falcón, se encuentran indicios de una orogénesis, corta y violenta, conocida como la Orogénesis Antillana, ocurrida en el Plioceno Inferior, pero estos movimientos violentos no se extienden a la cuenca del Lago de Maracaibo, que se caracteriza, en sus últimas etapas, por una gran estabilidad tectónica.

Del somero resumen anterior podemos deducir que la historia estructural de la cuenca del Lago de Maracaibo ha sido simple, en lo que a grandes movimientos corticales se refiere, pero que los períodos de levantamiento, predominantemente vertical, no acompañados de fuerte plegamiento, fueron de larga duración, e incluso muy significativos desde el punto de vista de la acumulación del petróleo.

Salvador y Holz (1963), al referirse a las grandes estructuras productoras del Cretáceo, en la parte nordoccidental de la cuenca, postulan durante el Terciario Inferior la presencia de un marco suave, cuya cresta seguía, aproximadamente, la situación de los campos petroleros actuales, en la cual suponen superimpuestas las estructuras que hoy conocemos; dicen también, que los mapas isopacos indican que estas estructuras continuaron creciendo durante el Eoceno.

No hay razón para suponer que las grandes estructuras eocenas del lago mismo, y aún de la Serranía de Trujillo, no hayan tenido una historia semejante; esto incluye las grandes fallas normales del centro del lago, «horst» de VLA., levantamiento de Pueblo Viejo, gran falla axial de la Serranía de Trujillo, etc.

Extensas áreas del Lago de Maracaibo no son conocidas en gran detalle, por falta de densidad de perforación, pero la región intensamente perforada ha puesto de manifiesto dos sistemas de fallas normales y escalonadas, uno longitudinal, de rumbo ligeramente variable alrededor del Norte-Sur, buzamiento alto y desplazamientos más frecuentes hacia el Este, que sigue la norma de las grandes estructuras mencionadas; y otro sistema transversal, de rumbo promedio N. 35° O., con buzamiento también alto y desplazamientos de pequeña magnitud, generalmente hacia el SO.

H. D. Borger y E. F. Lenert (1959) opinan que el sistema transversal, o Noroeste, fue originado primero, al principio del Oligoceno, porque sus fallas desplazan a otras, menores, del sistema N.-S.

Ricardo D. Corrie (1961) considera que no pocas fallas eocenas fueron reactivadas durante el Mioceno, mencionando específicamente entre estas fallas reactivadas, es decir, presentes al final del Eoceno, al «horst» de VLA. Corrie concede gran importancia, y en ello coincide con Borger y Lenert, al crecimiento estructural del centro del lago durante el Eoceno Inferior y Medio, con formación de fallas tensionales menores, algunas de las cuales no fueron iniciadas antes de la sedimentación de la formación Lagunillas inferior (Burdigaliense).

De acuerdo con lo ya expresado, el suscrito se inclina a pensar que las grandes líneas estructurales de la cuenca del Lago de Maracaibo, de rum-



bo aproximado y predominante N.-S. estuvieron marcadas con anterioridad a la orogénesis del final del Eoceno, fueron reajustadas, activadas y definitivamente establecidas por ella, y nuevamente rejuvenecidas durante el Mioceno, en un proceso que duró hasta que fue completado el levantamiento vertical de los Andes venezolanos.

El mecanismo de acumulación del petróleo, en las enormes cantidades descubiertas en la cuenca del Lago de Maracaibo, ha sido tratado en detalle por numerosos autores, de modo particular por los geólogos de la Caribbean Petroleum Co. (1948), en lo que se refiere a las acumulaciones periféricas del lago y a la parte Nordeste de los campos costaneros del distrito Bolívar, por Borger y Lenert (1959) sobre las acumulaciones miocenas y eocenas del Lago Maracaibo, propiamente dicho, y por Salvador y Holz (1963) en los campos productores del Cretáceo. Todos estos autores hacen notar, con especial énfasis, la presencia y coexistencia en la cuenca del Lago de Maracaibo de todos los requisitos fundamentales para la existencia de tales acumulaciones de petróleo: rocas madres, buenos recipientes, rocas protectoras y trampas favorables.

Pero es de notar que, al analizar anteriormente la evolución de la cuenca misma, o sea, su forma y naturaleza, no hemos encontrado durante largos períodos de evolución geológica, cruciales en su historia petrolera, ninguna cuenca marina bien individualizada en el sentido estricto de la palabra y, menos aún, una cuenca cerrada, semicerrada, o restringida, como son las cuencas petrolíferas ideales, que presentan los libros de texto. La cuenca del Lago de Maracaibo solamente presenta un carácter más restringido, dentro de ambientes marinos, durante el Mioceno Inferior y parte del Mioceno Medio, período de tiempo demasiado corto para que pueda ser considerado determinante en la larga historia geológica y petrolera esbozada. Pasado este corto lapso, desaparecen los ambientes marinos, que pasan a ser definitivamente continentales, y es solamente durante el Terciario joven y durante el Cuaternario, que se llega a la topografía cerrada

y a la forma insaculada, característica de nuestros días.

#### REFERENCIAS CITADAS

- BORGER, H. D., y LENERT, F. F.: *The Geology and Development of the Bolivar Coastal Fields at Maracaibo, Venezuela*. «A. V. G. M. P. Bol. Inform.», Vol. 2, núm. 9, 1959.
- CORRIE, Ricardo D.: *Resumen descriptivo del post-Eoceno, Bloques I y II de la Shell y áreas adyacentes al Norte y Este de Maracaibo*. «Tercer Cong. Geol. Venez. Mem.». Tomo IV, 1961.
- FORD, A., y HOUBOLT, J. J. H. C.: *Las Microfacies del Cretáceo de Venezuela Occidental*; Leyden (Holanda), E. J. Brill, 1963.
- GONZÁLEZ DE JUANA, Clemente: *Contribución al Estudio de la Cuenca Sedimentaria Zulia-Falcon*. «Bol. de Geol. y Min.», Vol. 2, núms. 2, 3 y 4. Caracas, 1968.
- — *Introducción al Estudio de la Geología de Venezuela*. «Bol. de Geol.», Vol. 1, núms. 2, 3 y 4. Caracas, 1951.
- — y FONTE RODRÍGUEZ, L.: *Fundamental Geological Characteristics of the Venezuelan Oil Basins*. «III Congr. Internac. de Petrol.», La Haya (Holanda), 1951.
- KEY, Carlos E.: *Estratigrafía del Subsuelo de Alturitas*. «III Congr. Geol. Venez. Mem.», Tomo II, 1960.
- RENZ, O.; LAKEMAN, R., y VAN DER MEULEN, E.: *Submarine sliding in Western Venezuela*. «Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.», Vol. 39, núm. 10, 1955.
- SALVADOR, A., y HOLZ, E. E.: *Cretaceous Production in Venezuela*. «VI Congr. Intern. de Petrol.», Frankfurt (Alemania), 1963.
- Staff of Caribbean Petroleum Company: *Oil fields of Royal Dutch-Shell Group in Western Venezuela*. «Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.», Vol. 32, núm. 4, 1948.
- SUTTON, F. A.: *Geology of Maracaibo Basin, Venezuela*. «Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.», Vol. 30, núm. 10, 1946.
- YOUNG, Gordon A.: *Problemas de Correlación del Eoceno en el Lago de Maracaibo*. «A. V. G. M. P. Bol. Inform.», Vol. 4, núm. 8, 1961.

Recibido el 3-3-67.

## Tendencias actuales de las técnicas de prospección sísmica

por A. MARTIN DIAZ

#### RESUMEN

Se efectúa un análisis sobre la evolución que ha experimentado la exploración sísmica en los dos últimos años, tanto en sus técnicas de trabajo de campo (con los procesos de recubrimiento múltiple), como en los recursos instrumentales empleados en la fuente de energía, en el laboratorio y en la central de proceso de datos. Finalmente considera las características y posibilidades del registro digital.

#### SUMMARY

An analysis is made on the evolution undergone in the last two years by seismic exploration, in its field work techniques (with processes of multiple coverage) as well as in the instrumental resources used at the energy source, the Laboratory and the Data Processing Centre. It finally considers the features and possibilities of digital recording.

Los perfeccionamientos de la exploración sísmica (tan directamente ligada a la potente industria petrolífera), prosiguen ininterrumpidamente al compás de los progresos tecnológicos, forzados por la necesidad de obtener buena información en muchas áreas en donde los sistemas tradicionales no lograron resultados satisfactorios.

En los dos últimos años han rebasado la fase de experiencias, e incorporado a la explotación comercial, algunas variantes de las técnicas sísmicas, sobre las que vamos a pasar revista.

El escalón más importante del último decenio lo constituyó sin duda el registro sobre cinta magnética. Sus enormes posibilidades se evidencian, una vez más, en los recientes adelantos, que en el registro de campo se orientan hacia tres tipos de recursos: El primero pudiéramos calificarle de *reiteración del registro*; el segundo afecta a la *fuente de energía* y el tercero es la *evolución del registrador*, es decir, equipos numéricos o digitales.

#### PROCESO DE REITERACIÓN

El recurso de reiteración, lo calificaremos así porque sustancialmente consiste en registrar mag-

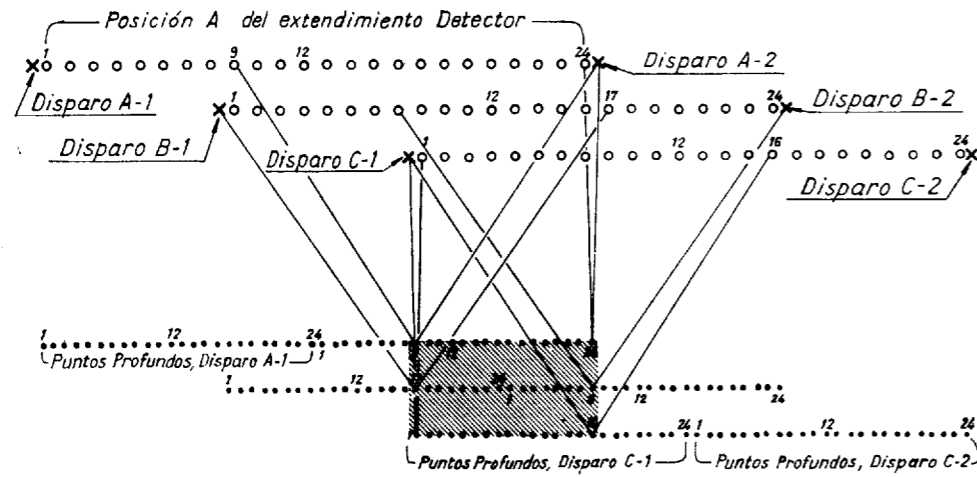
netófonicamente con un mismo dispositivo superficial (es decir, una posición del conjunto de cables y detectores o geófonos) varias veces, e integrar finalmente las diferentes grabaciones en un registro único («stacking»). Se comprende que la adecuada suma de una serie de registros teóricamente idénticos, debe forzosamente mejorar la señal y anular estadísticamente el ruido casual.

En la práctica, debemos señalar que lo que tiene importancia para la integración descrita, es la equivalencia de los caminos recorridos por las ondas. De aquí que para mejorar la anulación de las señales indeseables (parte de las cuales no son ruido casual, sino coherente) se sustituya la suma de registros idénticos, por otros diferentes, pero de un modo tal que sólo se compongan trayectorias con igual punto de reflexión. Esta técnica es la del *Recubrimiento múltiple, según el «punto profundo común»*.

Como este proceso es ya bien conocido, nos limitaremos aquí a recordar sus principios. Si colocamos en el campo nuestro extendimiento detector en la posición A (fig. 1), al disparar en A-1, nuestros geófonos 1, 2, 3..., 24 recogerán los ecos reflejados en los respectivos puntos profundos (A-1), 1, 2, 3..., 24. Al disparar en A-2 obtendremos igual-

mente reflejos de sus correspondientes puntos profundos. Supondremos ahora trasladado nuestro extendimiento detector 1/3 de su longitud, a la posición B, sobre la misma línea, de modo que el geófono 1 ocupa la posición del 9, el 2 la del 10, etc. (En la figura se han representado las posiciones

investigación. En la práctica, el uso tradicional de los pozos y explosivos para emplearlos reiterativamente, alcanzaría costos prohibitivos. De aquí que se haya recurrido a distintas variantes para comunicar la energía necesaria al suelo, dentro de límites prácticos y razonables.



Recubrimiento múltiple de orden 3, por el sistema del Punto Profundo Común.

Fig. 1

no superpuestas, simplemente por claridad). Se observará que los geófonos 17 a 24 del tiro B-1, y 1 al 8 del tiro B-2, recibirán las señales reflejadas en los mismos puntos profundos que anteriormente registraron los geófonos 9 a 24 del disparo A-2.

La misma consideración puede hacerse para la posición C del extendimiento detector, de modo que la superficie sombreada de la figura, quedará explorada tres veces con las posiciones y disparos descritos. Aunque los recorridos de los rayos que se reflejan en un mismo punto profundo, ciertamente que son distintos (compárense A-2/9, B-1/17 y C-1/1), se comprende que podemos convertirlos en iguales, transformándolos en sus equivalentes recorridos verticales; esto es, efectuando la corrección de «normal move out».

El sistema es ampliamente utilizado hoy por los equipos comerciales, que emplean, recubrimientos múltiples de orden 3, 6 ó hasta 12, comparables, como hemos señalado, a una repetición y subsiguiente composición de 3, 6 ó hasta 12 registros teóricamente idénticos.

FUENTE DE ENERGÍA

No es preciso decir que la repetición de los registros es un proceso que encarece y complica la

Estas variantes son hoy muchas, pero únicamente aludiremos a las más comercializadas: el disparo secuencial, el método de caída de peso («Thumper»), la explosión de gas («Dinoseis») y el «Vibroseis».

Describamos sumariamente cada una de ellas.

Disparo secuencial.

No es sino la adaptación de la más tradicional fuente de energía sísmica, el explosivo, a las nuevas técnicas reiterativas. En efecto, la única variante sustancial es puramente cuantitativa, afectando a los tres factores clásicos: número de pozos, carga y profundidad. Así, multiplica el número de pozos, pero en lugar de agruparlos en una figura geométrica y dispararlos simultáneamente (como en los sistemas de «patrones de pozos»), los coloca generalmente en línea con el extendimiento detector y a cierta distancia de éste, efectuando registros individuales de la explosión de cada pozo. Los distintos registros se componen posteriormente. Como es lógico, las cargas son ahora muy pequeñas, centenares de gramos, y las profundidades de los pozos de 2 ó 3 metros. La técnica de campo es muy similar a la del «Thumper», que considera-

mos a continuación, aunque en su variante de extendimiento detector clásico.

Caída de peso o «Thumper».

Es evidente, que un procedimiento de comunicar un impulso breve y enérgico al suelo es el dejar caer desde suficiente altura una masa apropiada. Esta es la vieja idea del «Thumper», que, en efecto no es sino un dispositivo emplazado en la parte posterior de un camión, que permite izar y dejar caer una placa de cerca de 3 toneladas, desde 3 metros de altura. Naturalmente la energía comunicada no suele alcanzar la magnitud de un disparo sísmico convencional; sin embargo, la diferencia

equivalentes a las que se hubieran obtenido disparando en A (después en B) con los detectores en 1, 2..., 24.

Sin embargo, modernamente se emplean técnicas de caída de peso, o fuente de energía superficial con disposición detectora enteramente igual que la clásica, es decir, sin transposición.

El empleo del «Thumper», como se ve, suprime la ejecución de pozos y el consumo de explosivos, factores siempre sustanciales en el costo de una campaña sísmica. Por otra parte, se comprende que la repetición de golpes en un punto, es combinable con el desplazamiento del punto del impacto y de consiguiente con las técnicas que ya antes describimos del recubrimiento múltiple. La complicación en el registro es desde luego mucho mayor,

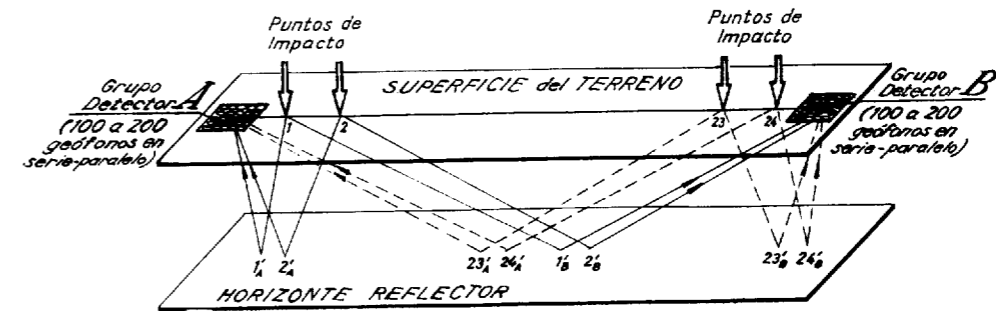


Fig. 2

no es tan importante como a primera vista pudiera creerse, dado que el efecto de la caída de peso aprovecha toda su energía directamente en el sentido más útil (hacia abajo, en tanto que la explosión lo hace esféricamente).

Por otra parte, la grabación magnética y los adecuados enlaces electrónicos por radio, permiten de modo muy similar a la reiteración que antes describimos, registrar separadamente una serie de golpes y componer o sumar las grabaciones individuales. Con ello se alcanza un nivel de energía enteramente comparable, o aún superior, al del explosivo.

Las técnicas de campo del «Thumper» generalmente difieren de las convencionales en la forma de colocar los dispositivos detectores, pues como es sabido, se opera con un sistema que representa una transposición entre la fuente de energía y las estaciones detectoras (fig. 2). En cada impacto en la estación 1, se registra solamente la traza 1 del sismograma A (y también simultáneamente en otra cinta magnética, la 1 del sismograma B); cuando se golpea sobre las estaciones 2, 3..., 24 se van registrando individualmente las sucesivas trazas,

y para una económica explotación de esta técnica combinada se requiere un laboratorio registrador muy evolucionado y complejo.

Explosión de gas o «Dinoseis».

Otro reciente procedimiento de imprimir energía a la tierra consiste en provocar una explosión, en una cámara adecuada situada sobre la superficie. El aparato a que aludimos, patentado con el nombre comercial de «Dinoseis», es un generador de impulsos sísmicos montado sobre una máquina Euclíd. Como mezcla detonante utiliza oxígeno y propano, de los que se abastece en envases comerciales corrientes.

La cámara de detonación se presiona contra el suelo a intervalos dados, para ello el vehículo levanta las ruedas posteriores. De esta forma todo el peso de la máquina (10 tn.) se constituye en elemento de inercia. Dentro de la cámara de detonación va un émbolo de unos 250 kilogramos que en el momento de la detonación percute con-

tra el suelo transfiriendo una energía de unos 50 kilogramos/cm<sup>2</sup> en un intervalo de tiempo de unas dos milésimas de segundo.

Naturalmente que las detonaciones son provocadas por radio desde el camión laboratorio, para su apropiado registro y posterior composición sincrónica; esto permite que operen simultáneamente 2, 3 o más máquinas si es preciso, lo que representa una significativa ventaja respecto al «Thumper» (cuya técnica sólo permite un aparato).

*El «Vibroseis».*

El «Vibroseis» es un sistema de comunicar energía al terreno, que afronta los problemas sísmicos de un modo notoriamente distinto al convencional.

Desde un principio se observó que el espectro de frecuencia del impulso provocado por la explosión, abarca una amplia gama, de la que solamente un sector es útil a los efectos de propagación y reflexión. Sin embargo, buena parte de las frecuen-

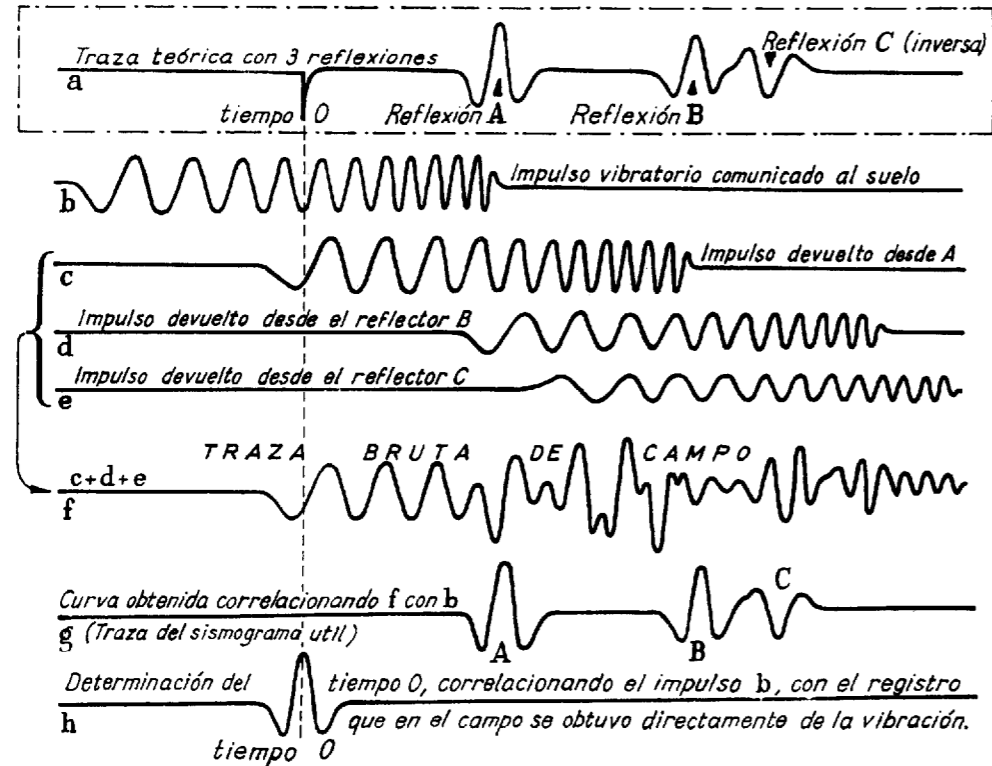


Fig. 3

No es preciso decir que el «Dinoseis», al igual que el «Thumper», es completamente apto para comunicar muchos impulsos por estación, así como para efectuar todas las estaciones que requiera el tipo de recubrimiento múltiple utilizado.

Aunque el empleo de ambas máquinas es muy similar, hay que hacer observar que mientras el «Thumper» imprime al suelo una carga aproximada de 10 kgs/cm<sup>2</sup>, el «Dinoseis» le comunica 50 kilogramos/cm<sup>2</sup>, además el espectro del impulso de este último, parece en muchas áreas más adecuado a la propagación sísmica y rico en altas frecuencias.

cias innecesarias contribuyen al ruido que se registra en los sismogramas.

Por otra parte, la distinción en los registros entre «señal» y «ruido», ofrece en algunas áreas serios problemas con las técnicas de disparo habituales. De aquí que se abriese camino la idea de introducir en el terreno una señal predeterminada, de espectro conveniente a la gama de propagación más adecuada a una zona. Ello podría conducir a dos objetivos: necesidades de energía menores y más fácil distinción de las reflexiones en un fondo de mucho ruido. Tal es la idea del «Vibroseis»,

En tanto que un disparo representa una conmoción instantánea y única, el «Vibroseis» imprime al terreno un tren de ondas vibratorio que suele tener varios segundos.

Por supuesto que este tren de ondas está perfectamente controlado y se ajusta a un patrón elegido de antemano. Por ejemplo, una serie de oscilaciones típicas puede comenzar con vibraciones de 15 ciclos por segundo y variar progresivamente hasta terminar en 42 c. p. s. en un intervalo de siete segundos (fig. 3 b).

Evidentemente, una señal de esta naturaleza sufrirá la misma propagación, reflexiones e incidencias, que el impulso del disparo convencional. Ahora bien, como las reflexiones sucesivas están generalmente situadas a intervalos muy inferiores a

$\Sigma = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 \dots a_n b_n$  (fig. 4 R). Esta cifra es una medida de la coherencia o coincidencia entre ambas curvas, pues si en efecto se correspondiesen muchas crestas y valles, el valor total obtenido sería muy alto y muy bajo en el caso contrario. Obsérvese que una coincidencia muy elevada debería representar la identificación de una reflexión (o ruido organizado). Si deslizásemos ahora el patrón de la señal sobre la traza, y por cada posición,  $t$ , efectuamos el cálculo antedicho, obtendríamos una serie de valores  $\Sigma(t)$  —es decir, una nueva curva, fig. 4 S— que sería la correlación o medida de la coherencia entre la señal recibida o las sucesivas posiciones de la enviada. A esta curva se la llama correlograma. Por supuesto que el proceso que hemos considerado para una traza,

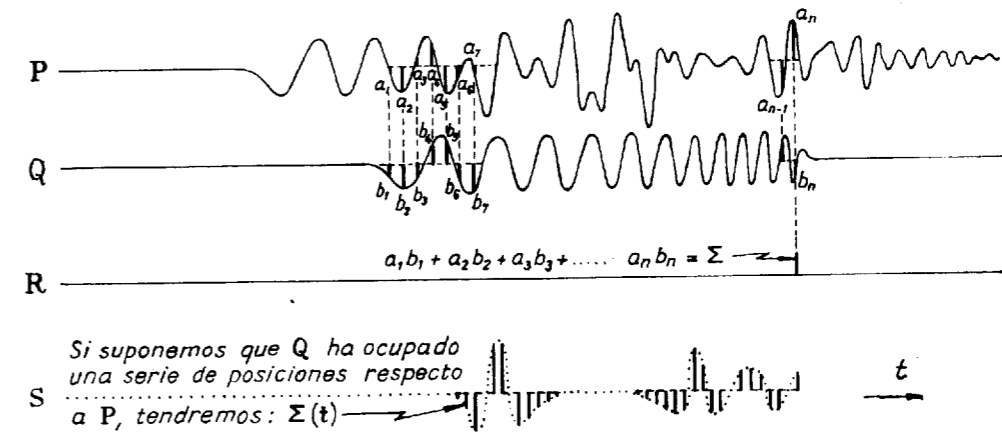


Fig. 4

la duración de la señal emitida, lo que registraremos en superficie será la superposición o solapamiento de las distintas reflexiones del tren de ondas, más los ruidos. Es decir, un sistema de interferencias, en apariencia indescifrable (fig. 3 f). No obstante, esta dificultad logró superarse con los modernos sistemas de correlación o «crosrelación».

Haciendo un paréntesis, diremos que el proceso de correlación consiste esencialmente en comparar milisegundo a milisegundo cada traza de la señal recibida (fig. 3 f) con la enviada (fig. 3 b), determinando electrónicamente su parecido. Sin pretender entrar en el detalle del proceso, trataremos de explicarlo del modo siguiente. Coloquemos el patrón de la señal enviada, superpuesto en cualquier posición sobre una de las trazas recibidas (fig. 4 P y Q). Si ahora multiplicamos todas las ordenadas que se correspondan de una y otra curva y sumamos los productos, obtendremos una cifra:

puede extenderse a las demás y su conjunto constituirá el correlograma normal, enteramente semejante ya, a un sismograma corriente.

Volviendo a nuestra fuente de energía, el aparato que la genera está montado en la parte posterior de un vehículo (camión o tractor). Esquemáticamente es una especie de gran gato hidráulico que apoyándose en el suelo levanta la trasera del camión (cuyo peso se constituye en el elemento de inercia). Dentro del cilindro del mencionado gato, va un émbolo pesado que se desplaza verticalmente con impulsos hidráulicos controlados por radio desde el laboratorio registrador. Comúnmente se trabaja con más de un camión vibrador, que, por supuesto, vibran sincrónicamente. La vibración transmitida al suelo resulta bastante energética y perfectamente sensible para cualquier observador próximo.

Es de señalar aquí, que esta fuente de energía no excesivamente ruidosa, permite su empleo en

zonas habitadas, habiéndose efectuado líneas sísmicas, en horas de poco tráfico, por los arrabales de algunas poblaciones.

Aparentemente, el «Vibroseis» introduce nuevas complicaciones en el ya complejo problema del registro. Sin embargo, aporta positivas ventajas. De una parte, tiene en común con las restantes fuentes de energía superficiales, las características de evitar la perforación y el uso de explosivos y el no consumir energía en la fracturación de la roca. Tampoco necesita generar frecuencias que no sean transmisibles por el terreno. Estas últimas circunstancias, compensan en parte la debilidad de la señal introducida en el suelo.

Pero la principal ventaja, es su capacidad de discriminación de la señal, frente al ruido desorganizado (gracias al proceso de correlación), que le permite distinguir señales de intensidad hasta quince veces menor que el ruido del viento. La razón de ello está en que utiliza un proceso de filtrado idealmente adaptado a la señal emitida y también que emplea en la discriminación, no sólo la amplitud, sino también la duración de la señal introducida al terreno. Respecto al ruido organizado, evidentemente aparecerá igual que en los sistemas tradicionales, por lo que para su eliminación se requieren las medidas apropiadas, que como se sabe, afectan a las técnicas de campo y al tratamiento de los datos en las centrales «Play Back». Así *en campo*: estudio de las características del ruido, e implantación consiguiente de las fuentes de energía y los dispositivos receptores a las distancias adecuadas. Y *en las centrales de procesamiento de datos* («Play Back»): filtrados temporales (o de frecuencias, es decir, clásicos) y espaciales (capaces de eliminar señales que aparecen en los registros con determinados ángulos), así como composición de registros («Stacking»).

#### EVOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE REGISTRO

##### Registadores analógicos.

El registro magnético convencional o analógico, ha permitido la ejecución del registro sísmico de campo con los nuevos métodos de trabajo, que como hemos visto, han ido complicándose de día en día debido a las exigencias de la industria petrolífera.

De aquí que los laboratorios sismográficos hayan ido haciéndose más complejos, para poder efectuar eficiente y económicamente el registro, transferencia y elaboración del volumen de datos que requieren las nuevas técnicas.

La transistorización ha contribuido grandemente

a la posibilidad de trabajar en el campo con unidades de registro compactas y confiables, de enorme ductilidad. Algunas de ellas, como el «Unicord», es capaz de proporcionar en el campo acabadas representaciones finales o «Play Back», con todas las correcciones efectuadas, veinticuatro horas después de haberse obtenido los registros originales de campo. Recordaremos aquí que es frecuente en los equipos (normalmente no dotados en campo de instrumentos adecuados) un retraso entre el registro y confección del «Play Back», raramente inferior a un mes; pues se precisa remitir las cintas magnéticas a alejadas centrales fijas, para su reelaboración.

Esta doble función de Registrador y Central de Reelaboración, la realiza el instrumento que comentamos en dos fases: La primera de día, en el campo como sismógrafo normal. La segunda por la noche, como central «Play Back», con las cintas magnéticas que la oficina de campo estudió el día anterior.

De este modo es posible efectuar la interpretación previa de campo, sobre documentos confiables y prácticamente definitivos y programar las líneas sísmicas en los sectores de más interés, con mayor precisión y economía.

El registro analógico tiene sin embargo sus limitaciones, la principal de las cuales es su gama dinámica. En efecto, cuando se graba en Amplitud Modulada, las variaciones de voltaje que tuvieron su origen en los detectores son finalmente llevadas a las cabezas magnéticas para grabar sobre la cinta unas imantaciones que se pretende sean proporcionales al respectivo voltaje. Evidentemente este tipo de registro está limitado por la no linealidad del medio magnético: el flujo magnético no es perfectamente proporcional a la fuerza magnetizante y la magnetización retenida tampoco es exactamente proporcional al flujo existente cuando se aplica la fuerza. Por consiguiente, aparecen unas limitaciones que se reflejan en una distorsión del tipo del 3 por 100 y una gama dinámica útil de unos 45 decibelios.

Si el sistema de grabación empleado es el de Frecuencia Modulada, lo que se registra en la cinta es una «onda portadora» cuya frecuencia viene controlada por el voltaje en cuestión. Aquí, como solamente es la frecuencia de la portadora lo que contiene la señal, no interviene la linealidad del medio magnético. Pero ahora las limitaciones proceden de la velocidad de avance de la cinta, cuyas pequeñas variaciones, tanto en el grabador como en el reproductor, introducen alteraciones de frecuencia indistinguibles de la señal. De aquí que las especificaciones de este tipo de instrumentos

señalen una distorsión del 1 por 100 y una gama dinámica de unos 55 decibelios.

##### Registro digital o numérico.

Los requerimientos de sensibilidades de registro, cada vez más rigurosos, así como la necesidad de evitar la degradación de la señal en las numerosas manipulaciones, filtrados y transferencias a que hay que someterla, han llevado a una importante modificación del registro magnético: el registro numérico o digital. Por supuesto que no es un invento nuevo, sino la aplicación a la sísmica de un proceso ya ampliamente utilizado en multitud de aplicaciones tecnológicas, como la telemetría, telecomunicaciones, ordenadores electrónicos, etc. Se trata también de registro magnetofónico múltiple: pero en lugar de grabar las señales generadas en los detectores «analógicamente», esto es, con grados de imantación de la pista magnetofónica «análogos» o proporcionales a la amplitud de la señal, lo que hace es medir a intervalos de muestreo dados (uno, dos o cuatro milisegundos), las amplitudes de la señal y grabar sobre la cinta las cifras que expresan esa medida. Por supuesto que estas cifras se traducen previamente al código binario (que como es sabido sólo requiere dos símbolos, 0 y 1, es decir, «magnetización positiva» y «magnetización negativa») y en tal lenguaje es en el que quedan grabadas en la cinta (fig. 5).

Recordaremos que para expresar una cifra en el sistema binario basta descomponerla en potencias de 2; así, las ordenadas de nuestra figura serían  $2 = 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1$ ;  $15 = 1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3$ , etc. O lo que es lo mismo, que el 2 en el sistema binario se escribe 01; el 15, 1111; el 37, 101001; etc. Por lo tanto, cada columna de la cinta, constituida por una serie de puntos (o «bits») magnetizados positiva o negativamente representa una cifra.

Si en el sismograma sólo tuviéramos que codificar una traza, la grabación sería efectivamente como la representada; ahora bien, para registrar las 24 trazas de que consta (más a veces 1 ó 2 auxiliares) se recurre a un proceso algo similar al de la exploración de la imagen en televisión, aprovechando el intervalo de milisegundos que media entre la grabación de dos ordenadas consecutivas de la misma traza, para grabar las ordenadas de las 23 restantes. Por ejemplo, para el milisegundo 1 se registra la amplitud de la traza 1, después la de la traza 2, 3..., 23 y 24; a continuación para el milisegundo 3 (supuesto un intervalo de muestreo de dos milisegundos) se graba de nuevo la amplitud de la traza 1, seguido del de la 2, 3..., 24, etc., con lo que la disposición de la cinta se asemeja a la

de la figura 6. En un mismo tambor de cinta (que en algunos instrumentos es de unos 12 mm. de ancho y varios centenares de metros de longitud, pueden grabarse uno a continuación de otro, más de cien sismogramas de duración normal.

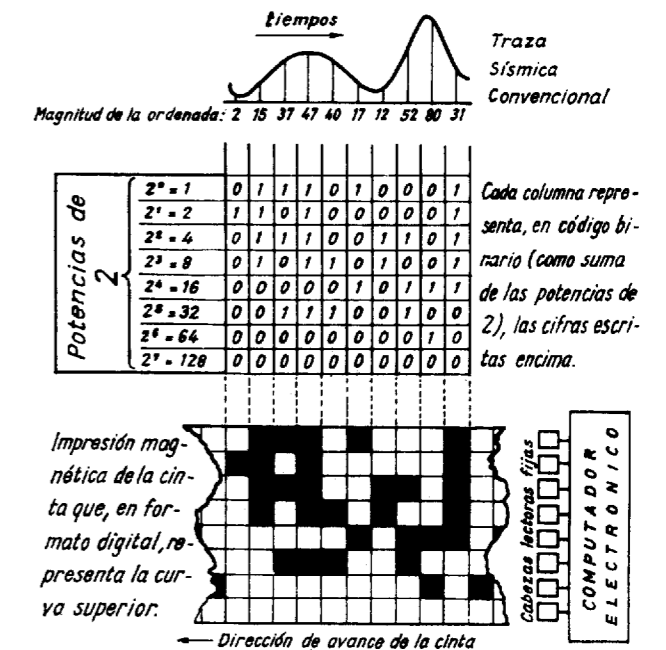


Fig. 5

Las ventajas de este nuevo sistema de grabación son varias, en primer lugar la gama dinámica, que en los equipos analógicos es de unos 45 ó 55 decibelios, se puede incrementar ilimitadamente. Ello permite teóricamente prescindir del sistema automático de variación de la ganancia (A. G. C.) y conservar sin distorsión las verdaderas relaciones entre las amplitudes de reflexiones próximas (lo que resulta muy importante al interpretador, como criterio de identificación del carácter). Otra ventaja del sistema digital, completada por la elevada calidad de sus componentes auxiliares, es su bajo nivel de ruido instrumental, que conduce a una degradación en las composiciones, muy pequeña, con posibilidad de recuperar señales, de nivel (respecto al ruido), significativamente menor de lo que actualmente era posible.

Pueden señalarse, ciertamente, otras positivas ventajas, como la mayor adaptación y flexibilidad para los procesos de «crosacorrelación», representación automática, o aún la posibilidad (todavía no comercializada) de transmisión por circuito telefónico desde los equipos de campo hasta las alejadas centrales de procesamiento de datos (Centrales «Play

Back»). Pero sin duda el mayor adelanto introducido por el nuevo sistema, es su posibilidad de tratamiento en computadores electrónicos y consecuentemente el ilimitado campo abierto a los procesos de convolución (filtrado numérico) y de convolución.

Por supuesto, que una vez concluida la elaboración de los datos en la calculadora electrónica (abarcando todo tipo de correcciones, composiciones, filtrados, etc.) es preciso un aparato auxiliar que efectúe la traducción y representación de las secciones sísmicas en cualquiera de los formatos

ción por el terreno, reflexión, interferencias y ruidos, detección, amplificación y registro. Puesto que la transformación total de la señal, equivale a un filtrado de los que potencialmente podrían conseguirse con el proceso de convolución, se puede imaginar que si fuéramos capaces de diseñar un antifiltro adecuado, al tratar con él nuestro registro podríamos compensar todas las distorsiones indeseables, recuperando la señal buscada. Las últimas consecuencias de esta idea nos llevarían evidentemente a obtener el impulso original por un lado, y el sismograma sintético o la ley real de

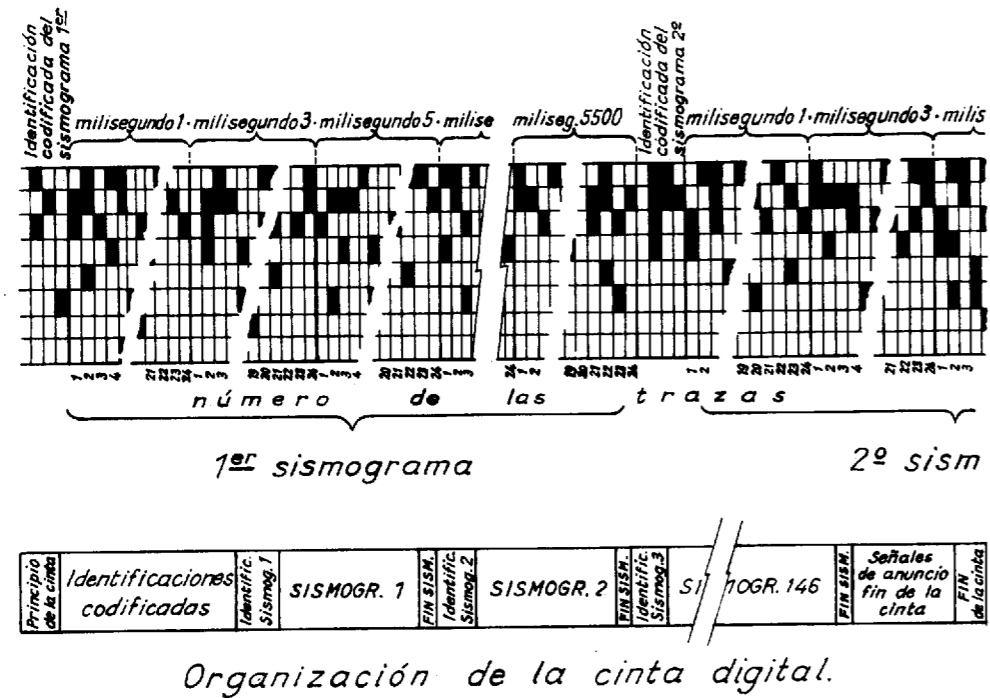


Fig 6

habituales al geofísico, como área, densidad o amplitud variables.

Como ya hemos indicado, uno de los más importantes recursos que se sabe hoy emplear en las computadoras, es el filtrado numérico o convolución (del que el filtrado de frecuencias convencional, no es sino un caso particular). De hecho la explotación de sus posibilidades no ha hecho sino comenzar y ya ha abierto el camino a una idea de trascendencia, la del antifiltrado o deconvolución.

La síntesis de esta teoría pudiéramos exponerla así:

La señal que registramos en nuestros sismogramas ha sufrido toda una serie de sucesivas deformaciones y distorsiones a lo largo de su propaga-

velocidades, por otro. Naturalmente que este ideal no se ha conseguido, puesto que son demasiados factores invaluables o cambiantes, sin embargo, se ha progresado notablemente en esta dirección, y varias de las distorsiones graves de la señal, como reverberaciones, «ringing» (resonancias acústicas, especialmente en sísmica marina), «ghost» (duplicación de las reflexiones), etc., se eliminan hoy casi por completo, con procesos de deconvolución aproximados.

Aunque muchos de los complejos tratamientos de la información que hoy se aplican a los registros sísmicos digitales se pueden teóricamente aplicar también a los analógicos, de hecho en éstos se alcanzan rápidamente límites de aplicación práctica, que no existen en los procesos digitales.

Hay que indicar también, que los registros magnéticos convencionales pueden transcribirse al sistema digital y beneficiarse así de las últimas técnicas. Sin embargo, conviene no olvidar a este respecto, que los nuevos sistemas son capaces de eliminar gran cantidad de señales parásitas, pero que naturalmente no pueden hacer aparecer algo que ya no exista en el registro. Es decir, que si el problema de los registros originales fuese la falta de señal, nada se puede conseguir con ellos. Caso muy distinto, por supuesto, es aquel en el que interferencias fuertes de variada índole (frecuentemente bien visibles), oculten la señal, en tal caso los resultados pueden ser muy notables.

## COMENTARIO FINAL.

Para resumir nuestro superficial análisis sobre el enorme desarrollo experimentado en las técnicas de exploración sísmica en los últimos años, diremos que se han abierto caminos nuevos como el «Vibroseis» y el registro digital, cuya influencia futura en la prospección probablemente representa un progreso sólo comparable al que hace años supuso la introducción del registro magnético.

## BIBLIOGRAFÍA

## SOBRE COMPOSICION DE REGISTROS («Stacking»).

HARRY, W.: Common reflection point horizontal data stacking techniques, «Geophysics», Vol. XXVII, núm. 6, 1962.

Optimum Wide-band stack, «G. S. I. Technical Bulletin», 63-2.

Optimum horizontal stack, «G. S. I. Technical Bulletin», 63-3.

## SOBRE TECNICAS DE CAIDA DE PESO

(«Thumper»).

NEITZEL, Edwin B.: Seismic reflection records obtained by dropping a weight, «Geophysics», Vol. XXIII, núm. 1, Jan. 58.

DOMENICO, S. N.: Generation of seismic waves by weight drops, «Geophysics», Vol. XXIII, núm. 4, Oct. 1958.

PEACOCK, Robert B. and NASH, M.: Thumping techniques using full spread of geophones, «Geophysics», Vol. XXVII, núm. 6, Part. II, Dec. 1962.

## SOBRE DINOSEIS (Explosión de gas).

BURKE, Robert: Dinoseis makes a big «hit» in West Texas, «Oil and Gas Journal», Oct. 25, 1965.

Características sísmicas de la fuente superficial Dinoseis, «Geophysics», Vol. XXX, núm. 6, diciembre 1965.

## SOBRE VIBROSEIS (Energía vibratoria).

An introduction to VIBROSEIS, Monografía de Seismograph Service Corporation.

CRAWFORD; DOTY and LEE: Sismógrafo de señal continua, «Geophysics», Vol. XXX, núm. 1, 1960.

FINN, R. S. and HEAP, W. O.: How vibratory seismic systems are performing, «World Oil», April 1962.

ANSTEX, N. A.: Vibroseis gentle massage obtains structural data safely, economically, «Oil and Gas Journal», 18 March 1963.

## SOBRE REGISTRO DIGITAL.

DOBRIN, M. B. and WARD H. Stanley: Tools for tomorrow geophysics, «Geophysical Prospecting», Vol. X, núm. 4, Dec. 1962.

SMITH, Mark K.: A review of methods of filtering seismic data, «Geophysics», Vol. XXIII, núm. 1, Jan 1958.

KUNETZ, G.: Principes du filtrage numerique des sismogrammes, Monografía de C. G. G.

ENRIGER, Robert J.: New seismic exploration tool being used by oil hunters, «Oil and Gas Journal», July 27, 1964.

Digital seismic service technology: Instrumentation, «G. S. I. Technical Bulletin», 64-1.

Recibido el 15-6-66.

# La determinación fotométrica con llama del manganeso en los vidriados del tipo silicio-potasio-plomo (\*)

por H. SVEJDA (\*\*)

## INTRODUCCIÓN

Un gran programa de investigación en nuestro Instituto de Investigaciones hubo de comprender la rápida investigación de la función de los colorantes en los vidriados o esmaltes. Puesto que de todas maneras determinamos por espectrometría de llama los álcalis y los alcalinotérreos, nos hallamos cerca del pensamiento de analizar también tales elementos por nuestro método.

Primeramente nos referiremos a un sistema que posee gran importancia para la producción de objetos de alfarería y cerámica artística, en donde es esencial el conocimiento de los componentes colorantes para dar color a los objetos fabricados, es decir, a los vidriados del grupo Si-K-Pb.

Este sistema es, ciertamente, según su composición química, relativamente sencillo; sin embargo, espectroscópicamente ofrece algunos problemas cuando hay que determinar Mn. Por una parte, deben determinarse cantidades de Mn relativamente grandes en concentraciones de componentes con matrices análogas; por otra, aparecen las rayas del Pb y el K, es decir, los elementos que se encuentran en mayor concentración en la inmediata cercanía de las más sensibles rayas del Mn (véase figura 1 y tabla 2).

TABLA 1

Composición ordinaria de los vidriados K-Pb, en %

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub> ... .. | 23-52 |
| PbO ... ..              | 35-66 |
| K <sub>2</sub> O ... .. | 9-17  |
| MnO <sub>2</sub> ... .. | 1-10  |

La tabla 1 muestra la composición ordinaria de los vidriados a base de Si-K-Pb; la tabla 2 algunos datos acerca de las rayas para Mn, Pb y K.

Del comportamiento de ionización pueden esperarse interferencias, especialmente puesto que K se disocia de manera mucho más fácil o ligera y representa siempre una fuente donadora de electrones. Además, la altura de emisión de K y Mn son iguales en la llama.

TABLA 2

Longitudes de onda, potenciales de excitación e ionización

|           | nm      | Potencial de excitación eV | Potencial de ionización eV |
|-----------|---------|----------------------------|----------------------------|
| Mn ... .. | 403,1-4 | 3,06                       | 7,43                       |
| K ... ..  | 404,4-7 | 3,05                       | 4,43                       |
| Pb ... .. | 405,7   | 1,3-4,36                   | 7,42                       |

Para el establecimiento de un programa de trabajo se investigaron los siguientes parámetros en la emisión del Mn, tanto en una llama de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como en una de C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>:

- 1) Influencia de las diversas relaciones de gas combustible/oxígeno.
- 2) Influencia de los componentes del vidriado sobre Mn solamente, es decir, sobre la emisión de mezclas de Mn con los componentes aislados.
- 3) Influencia del ácido perclórico sobre una solución modelo de vidriado.
- 4) Influencia de los disolventes orgánicos solubles en agua metanol, acetona, propanol-i.

(\*) Por su interés para el análisis de los silicatos naturales, publicamos este interesante trabajo en nuestra Revista.

(\*\*) Profesor Ing. Dip. H. Svejda. Presidente de la División e Institución Superior de Investigaciones para la técnica del silicato en TGM, Viena IX. Véase a este respecto la Memoria en el VI Coloquio de Espectroscopía, España, en Madrid el 14-10-66.

- 5) Influencia de ADTA (Complexon III).
  - 6) Influencia del Na.
- La influencia del SiO<sub>2</sub> y otros aniones no fue tenida en cuenta, puesto que la disgregación de los vidriados se realiza por medio de HF y HClO<sub>4</sub>. Con ello se transforma el SiO<sub>2</sub> en forma

pesada de 1 g, con relación a 1 dm<sup>3</sup> de volumen total. Así pueden leerse directamente sobre las curvas de calibrado los contenidos de MnO<sub>2</sub> de las probetas. La adición de HClO<sub>4</sub> y de Adta, se expresan como tantos por ciento ponderales o volumétricos totales; la normalización de las ma-

LÍNEAS DE Mn, Pb, K, EN CONCENTRACIONES DIFERENTES Y SU POSICIÓN RELATIVA ENTRE SI, DENTRO DEL ESPECTRO

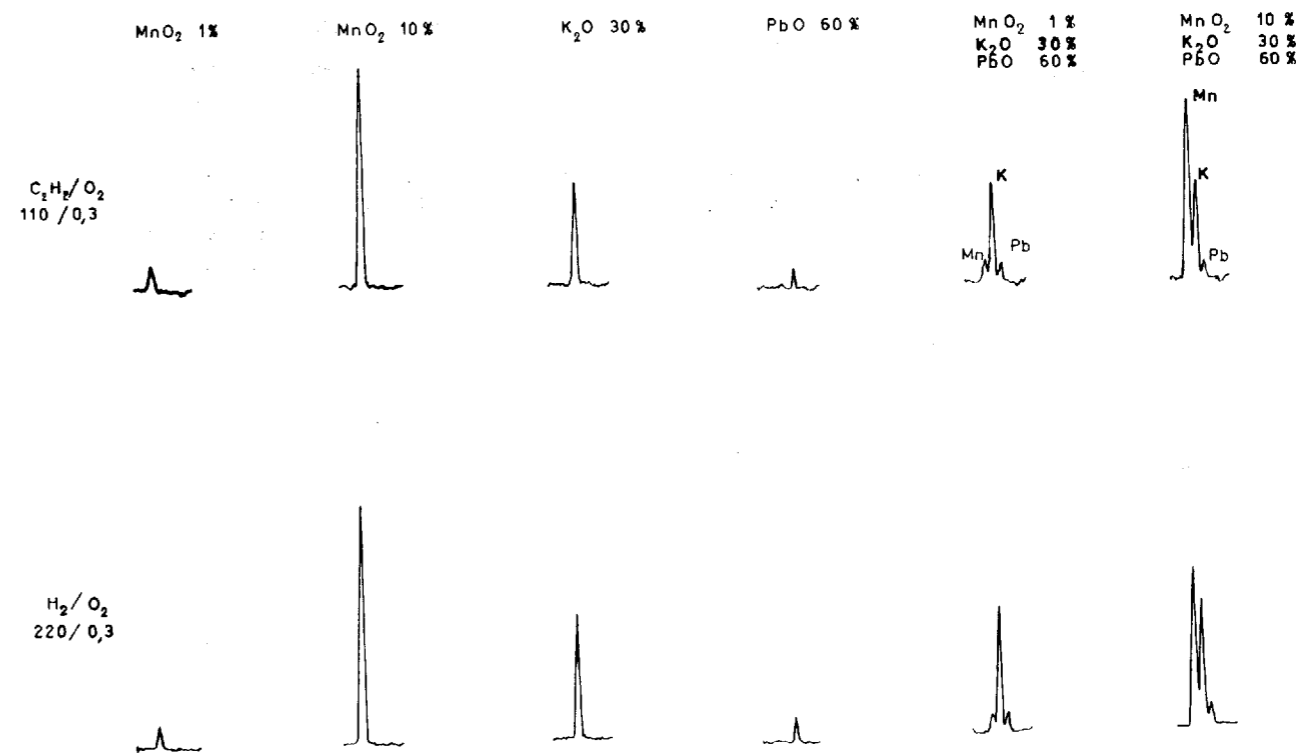


Fig. 1.

de SiO<sub>4</sub> y se desprende en forma de gas HF. Por ello no hay que esperar ninguna perturbación debida a estas materias.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

La solución base se preparó de nitratos de K, Pb, Mn. Las cantidades de estos metales se calculan como MnO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, PbO y se expresan como tanto por ciento de contenido sobre una

terias de adición se obtiene en esta forma, en su solución principal.

La valoración de las líneas descritas se realiza según el método de líneas base. Las alturas de las mismas se miden en mm y constituyen una medida para todas las ordenadas que muestran la emisión. Para este método se supone un fondo apropiado. Este es aquí el caso, cómo aparece el campo de fondo de 400-410 nm, registrado en la figura 2.

TABLA 3

Presiones de gas combustible y oxígeno, o cantidades/litro

| Oxígeno   |              |              |              |
|-----------|--------------|--------------|--------------|
| P         | 0,26 at      | 0,29 at      | 0,32 at      |
| l/h       | 226          | 238          | 249          |
| Hidrógeno |              |              |              |
| p         | 200 mm C. A. | 220 mm C. A. | 240 mm C. A. |
| l/h       | 332          | 354,5        | 376          |
| Acetileno |              |              |              |
| p         | 90 mm C. A.  | 100 mm C. A. | 110 mm C. A. |
| l/h       | 63,4         | 68,4         | 72,2         |

TABLA 4

| mm C. A. | O <sub>2</sub> at |      |      |                               |
|----------|-------------------|------|------|-------------------------------|
|          | 0,26              | 0,29 | 0,32 |                               |
| 90       | 3,56              | 3,76 | 3,93 | O <sub>2</sub>                |
| 100      | 3,30              | 3,48 | 3,64 | —                             |
| 110      | 3,13              | 3,30 | 3,45 | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> |
| 200      | 0,68              | 0,72 | 0,75 | O <sub>2</sub>                |
| 220      | 0,64              | 0,67 | 0,70 | —                             |
| 240      | 0,60              | 0,63 | 0,66 | H <sub>2</sub>                |

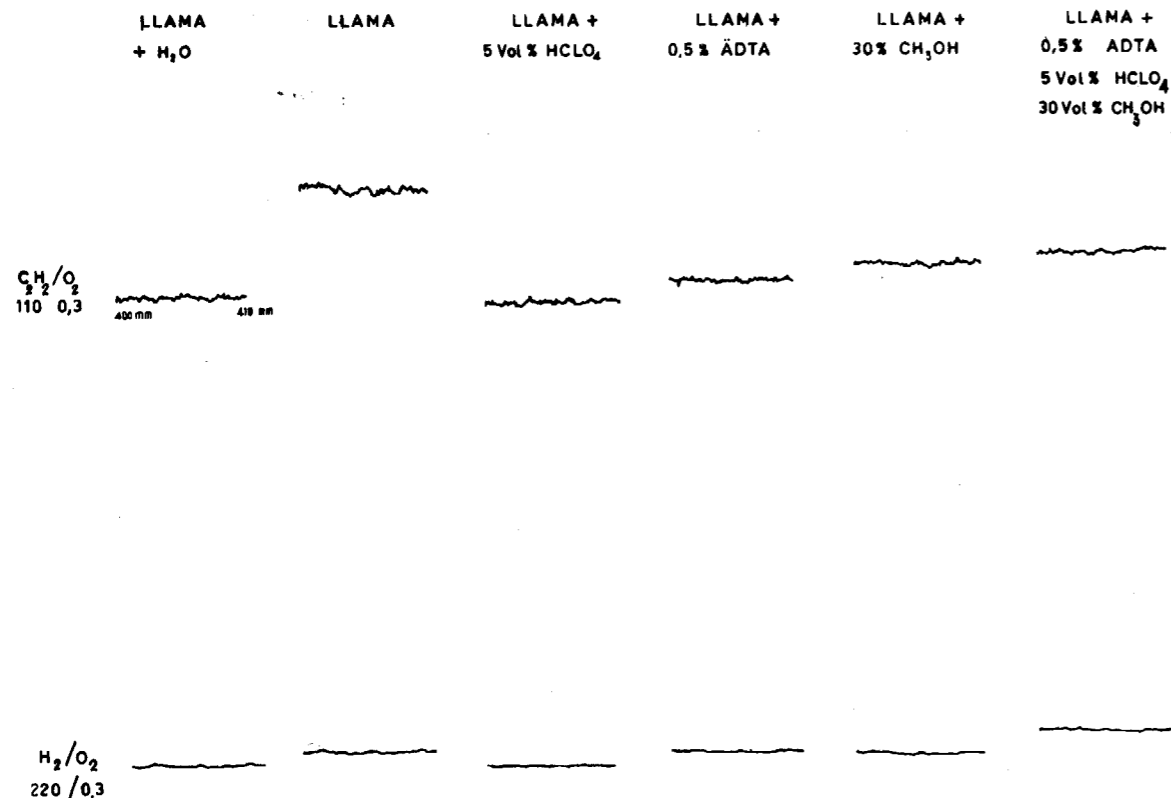


Fig. 2.

1) Influencia de las diversas relaciones gas combustible/oxígeno

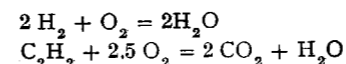
Se estudiaron las mezclas de gases combustibles señaladas en la tabla 3, con oxígeno, y su influencia sobre la emisión Mn, en una solución pura

de MnO, al 10 % y sobre la emisión Mn de una solución modelo, de vidriado (10 % MnO<sub>2</sub>-80 % PbO-10 % K<sub>2</sub>O).

Así se obtienen las siguientes relaciones en cantidad de oxígeno, referido al gas combustible.

Cuando los gases de combustión arden de ma-

nera ideal, es decir, en las condiciones estequiométricas, de las ecuaciones de oxidación se deduce la siguiente necesidad de oxígeno:



La desviación de las relaciones molares, según la tabla 4, es por tanto:

En la llama de H ..... 0,6 a 0,75.O<sub>2</sub> en lugar de 0,5.O<sub>2</sub>  
 En la llama de C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> ..... 3,13 a 3,93.O<sub>2</sub> en lugar de 0,5.O<sub>2</sub>

bla 6. Se han comparado con el exceso de oxígeno en la tabla 7.

En seguida aparece que la emisión Mn es más elevada en la solución pura que en el vidriado o solución de vidriado, y que las diferencias entre ambas curvas de mezcla son bastante iguales. Esto permite sacar la conclusión de la acción de un factor constante: como se verá más adelante, la interferencia de K y Pb es dicho factor. También son las curvas en esencia paralelas una a

TABLA 5

Cantidades estequiométricas (st) y en exceso (U) expresadas en l/h

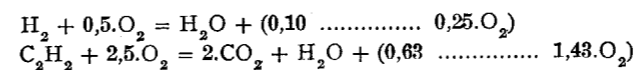
| Gas combustible                                  | C <sub>2</sub> (l/h) | [at]  |      |      |      |
|--|----------------------|-------|------|------|------|
|  |                      | 0,26  | 0,29 | 0,32 |      |
|  |                      | st    | Ü    | Ü    | Ü    |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> mm columna de agua | 90                   | 158,5 | 67,5 | 79,5 | 90,5 |
|  | 100                  | 170,1 | 55,9 | 57,9 | 78,9 |
|  | 110                  | 180,5 | 45,5 | 57,5 | 68,5 |
| H <sub>2</sub> mm columna de agua                | 200                  | 166,0 | 60,0 | 72,0 | 83,0 |
|  | 220                  | 117,3 | 48,7 | 60,7 | 71,7 |
|  | 240                  | 188,0 | 38,0 | 50,0 | 61,0 |

TABLA 6

| Gas combustible                                  | Em [mm] | O <sub>2</sub> [at] |      |      |      |      |      |
|--|---------|---------------------|------|------|------|------|------|
|  |         | 0,26                | 0,29 | 0,32 | 0,26 | 0,29 | 0,32 |
| H <sub>2</sub> mm columna de agua                | 200     | 41,2                | 35,0 | 29,9 | 29,0 | 24,0 | 19,6 |
|  | 220     | 54,3                | 47,0 | 41,5 | 39,0 | 33,2 | 27,8 |
|  | 240     | 72,5                | 66,0 | 58,0 | 53,2 | 46,7 | 40,0 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> mm columna de agua | 90      | 44,0                | 39,9 | 35,4 | 33,5 | 29,8 | 26,3 |
|  | 100     | 55,9                | 47,3 | 40,8 | 41,8 | 36,3 | 31,1 |
|  | 110     | 72,0                | 56,0 | 48,8 | 57,9 | 44,7 | 37,8 |

Solución 10 % MnO<sub>2</sub> pura      Solución modelo vidriado

Por tanto, en la composición estequiométrica también existe un exceso de O<sub>2</sub>:



En la tabla 5 se resume la exigencia estequiométrica en dm<sup>3</sup>, así como el exceso de O<sub>2</sub>.

Estas relaciones de cantidades de gas corresponden a los valores de emisión Em, en la ta-

otra, señal de que la variación de afluencia de gas combustible no lleva consigo ninguna variación complicada de la excitación.

Además, se ve que al aumentar la afluencia de oxígeno desciende la emisión. Esto está condicionado, por una parte, porque la llama sobreestequiométrica se hace cada vez más tenue por la elevación del oxígeno de carga, y por otra, porque se lleva más solución a la llama y ésta es por tal razón más fría.

TABLA 7

| GAS COMBUSTIBLE                                  | Ü [l/h] | 0,62 at      |      | 0,92 at      |      | 0,82 at      |      |      |      |      |
|--|---------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|------|------|------|
|  |         | Emisión [mm] |      | Emisión [mm] |      | Emisión [mm] |      |      |      |      |
|  |         | I            | II   | I            | II   | I            | II   |      |      |      |
| H <sub>2</sub> mm columna de agua                | 200     | 60,0         | 41,2 | 29,0         | 72,0 | 35,0         | 24,0 | 88,0 | 29,9 | 19,6 |
|  | 220     | 48,7         | 54,3 | 39,0         | 60,7 | 47,0         | 33,2 | 71,7 | 41,5 | 27,8 |
|  | 240     | 38,0         | 72,5 | 53,2         | 50,0 | 66,0         | 46,7 | 61,0 | 58,0 | 40,0 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> mm columna de agua | 90      | 67,5         | 44,0 | 33,5         | 79,5 | 39,9         | 29,8 | 90,5 | 35,4 | 26,3 |
|  | 100     | 55,9         | 55,9 | 41,8         | 67,9 | 47,3         | 36,3 | 78,9 | 40,8 | 31,1 |
|  | 110     | 45,5         | 72,0 | 57,9         | 57,5 | 56,0         | 44,7 | 68,5 | 48,8 | 37,8 |

Ü = Exceso: I = Solución 10 % MnO<sub>2</sub> pura  
II = Solución modelo vidriado

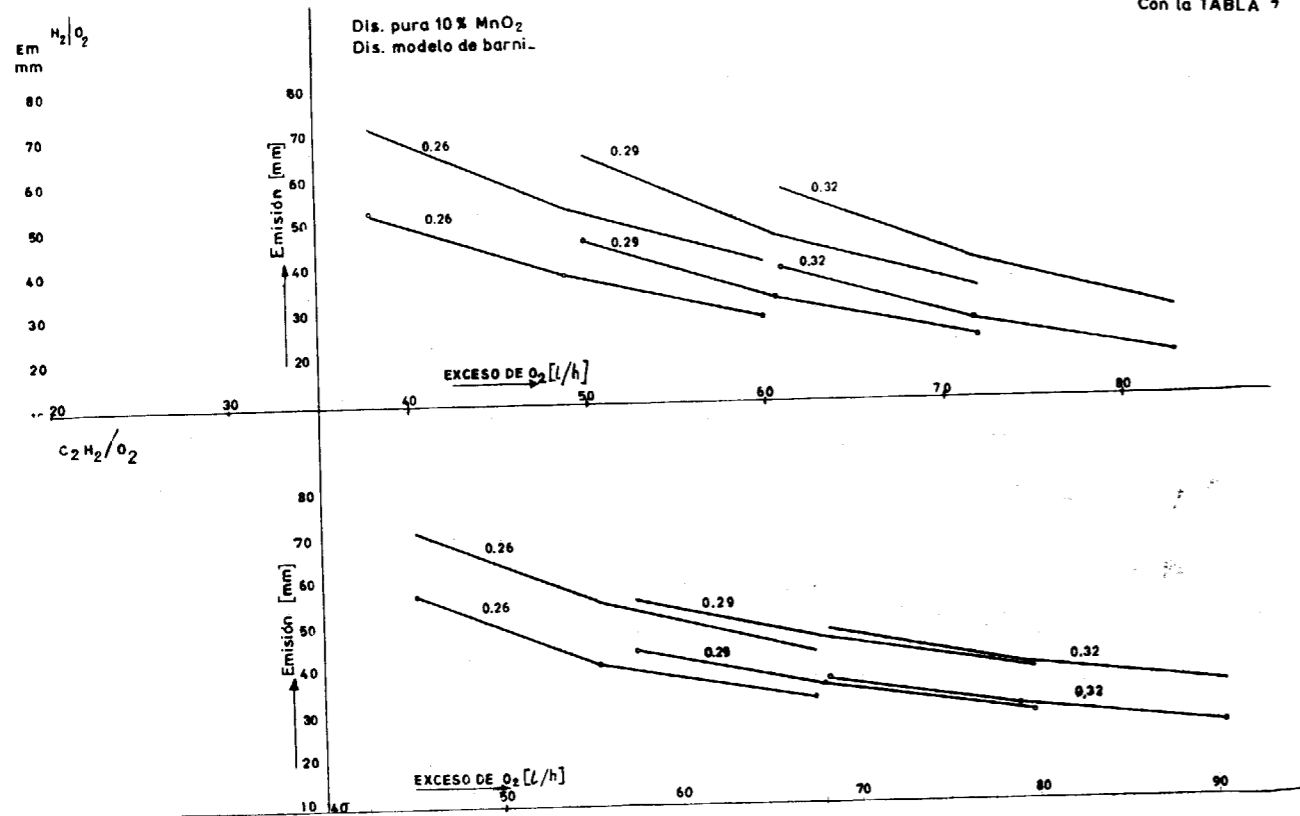


Fig. 3.

TABLA 8

a) Variaciones de emisión por las diferencias de presión en el gas de combustión

|                                | Disoluciones de Mn puro. |      |      | Disoluciones de modelo vidriado. |      |      |   |
|--------------------------------|--------------------------|------|------|----------------------------------|------|------|---|
|                                | 0,26                     | 0,29 | 0,32 | 0,26                             | 0,29 | 0,32 |   |
|                                | 40 mm columna de agua    | 31,3 | 31,0 | 28,1                             | 24,2 | 22,7 |   |
| 1 mm columna de agua           | 0,78                     | 0,77 | 0,70 | 0,63                             | 0,57 | 0,54 |   |
| 20 mm columna de agua          | 28,0                     | 13,4 | 13,4 | 24,4                             | 14,9 | 11,5 | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
| 1 mm columna de agua           | 1,4                      | 0,81 | 0,67 | 1,22                             | 0,75 | 0,68 |   |
| wH <sub>2</sub>                | 0,08                     |      |      | 0,09                             |      |      | para 1 mm columna de agua                     |
| wC <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | 0,73                     |      |      | 0,54                             |      |      |   |

0,78 unidades de emisión son, aproximadamente, 0,12 % MnO<sub>2</sub>  
1,40 unidades de emisión son, aproximadamente, 0,2 % MnO<sub>2</sub>

b) Variaciones de emisión por diferencias de presión de O<sub>2</sub>

|                                | Disolución de Mn puro. |      |      | Disoluciones de modelo vidriado. |      |      |   |
|--------------------------------|------------------------|------|------|----------------------------------|------|------|---|
|                                | 200                    | 220  | 240  | 200                              | 220  | 240  |   |
| 0,06 atmósferas                | 11,3                   | 12,8 | 14,5 | 9,4                              | 11,2 | 13,2 | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                |
| 0,01 atmósferas                | 1,88                   | 2,14 | 2,41 | 1,54                             | 1,87 | 2,2  |   |
| 0,06 atmósferas                | 90                     | 100  | 110  | 90                               | 100  | 110  | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
| 0,01 atmósferas                | 8,6                    | 15,1 | 23,2 | 7,2                              | 10,7 | 20,1 |   |
| wH <sub>2</sub>                | 0,53                   |      |      | 0,66                             |      |      | para 0,01 atmósferas                          |
| wC <sub>2</sub> H <sub>2</sub> | 2,61                   |      |      | 2,14                             |      |      |   |

2,41 unidades de emisión son, aproximadamente, 0,41 % MnO<sub>2</sub>  
3,85 unidades de emisión son, aproximadamente, 0,55 % MnO<sub>2</sub>

w = dispersión (diferencia entre los valores máximo y mínimo medidos).



Estos estudios permiten conocer si los defectos de ajuste de la presión de los gases se hace sensible de manera perturbadora en la emisión, o si son tolerables. La contestación puede verse en la tabla 8. En ella se han calculado las variaciones en la emisión para 1 mm de columna de agua para el acetileno y de 0,01 atmósferas para el oxígeno. Al mismo tiempo se dan los contenidos de MnO<sub>2</sub> que corresponden a estas variaciones,

Por esta causa los defectos de ajuste se hacen más observables para el acetileno que para el oxígeno. Lo mismo es válido cuando hay que variar la presión del O. Además, de la tabla 8 puede deducirse que para presiones de gas de combustión más elevadas, la diferencia o diferencias en la emisión son más elevadas que para las presiones pequeñas. Esto debe atribuirse a que para presiones de gases de combustión más bajas las

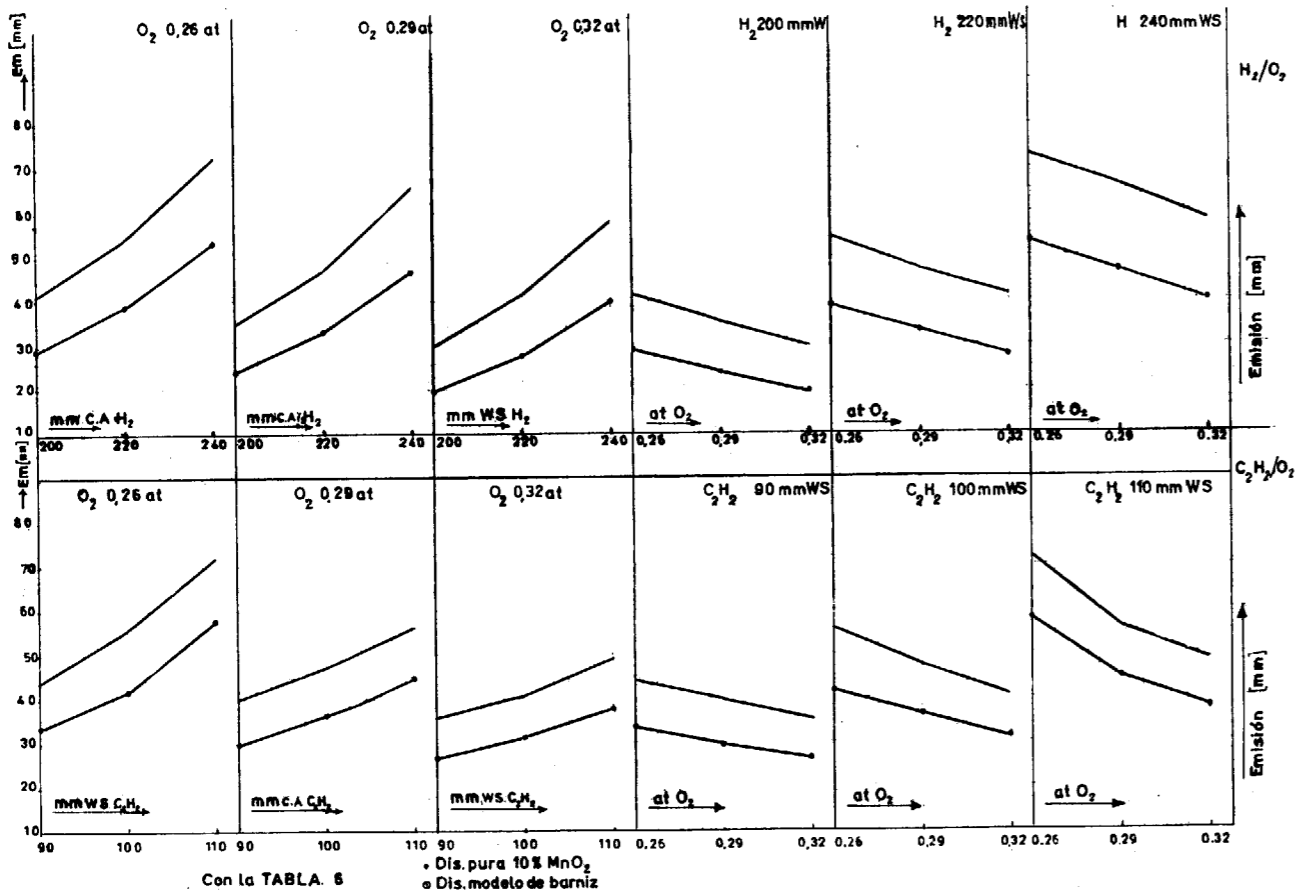


Fig. 4.

como se obtienen de las curvas de calibrado válidas finales. Como se ve, el ajuste de los gases combustibles es bastante crítico, tanto más cuando en el aparato Zeiss para gases de combustión, solamente existen marcas de medida para cada 5 mm de columna de agua y los números de presión que se encuentran debajo deben apreciarse a la estima. Lo mismo ocurre para el O. El aparato se encuentra provisto con marcas para 0,01 atmósferas que aproximadamente deben apreciarse a la estima por valores de un tercio y realizar el ajuste.

llamas se encuentran más próximas al equilibrio estequiométrico que en el caso 2 (pequeña presión de gas de combustión, elevada presión de O), donde las llamas se atenúan fuertemente y una pequeña variación no actúa de manera tan intensa.

De las investigaciones, de las exigencias acerca de la estabilidad y constancia de la llama y para un vaciado suficientemente rápido de la cánula y del tubito de absorción de probeta, lo que es de importancia para el trabajo en serie, y teniendo en cuenta todos los parámetros, se dedu-

cen las siguientes presiones o cantidades de gases:

|   |           |
|---|-----------|
| H <sub>2</sub> 220 mm columna de agua ... ..                | 354,5 l/h |
| O <sub>2</sub> 0,3 atmósferas ... ..                        | 241,5 l/h |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 110 mm columna de agua ... .. | 72,2 l/h  |

2) Influencia de los componentes del vidrioado sobre la emisión de Mn

TABLA 11b  
Influencia de K sobre (10 Mn + 80 PbO)

| % K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
|--------------------|--------------------------------|---|
| 0                  | 36,2                           | 44,3  |
| 3                  | 37,1                           | 48,5  |
| 10                 | 37,3                           | 48,0  |
| 30                 | 36,9                           | 50,1  |

TABLA 9  
Acción de K sobre Mn (figura 5)

| % K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
|--------------------|------------------|---|
| 0                  | 50,0             | 50,0  |
| 3                  | 49,3             | 50,5  |
| 10                 | 47,8             | 52,6  |
| 30                 | 41,7             | 56,0  |

TABLA 10  
Acción de Pb sobre Mn (figura 6)

| % Pb | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
|------|--------------------------------|---|
| 0    | 50,0                           | 50,0  |
| 10   | 37,6                           | 49,5  |
| 30   | 38,3                           | 47,1  |
| 80   | 37,3                           | 47,8  |

La acción de K y de Pb solos, muestran claras distinciones en relación con la llama. En la llama de H actúan tanto K como Pb produciendo una intensa disminución de la emisión Mn (tablas 9 y 10 ó figuras 5 y 6). En la llama de acetileno, por el contrario, K eleva la emisión de Mn, y Pb desciende solamente poco en comparación con la llama de H.

TABLA 11a  
Influencia de K sobre (10 Mn + 10 PbO)

| % K <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
|--------------------|--------------------------------|---|
| 0                  | 36,3                           | 47,9  |
| 3                  | 37,1                           | 48,5  |
| 10                 | 37,3                           | 49,5  |
| 30                 | 36,8                           | 50,8  |

TABLA 12a  
Acción del Pb sobre (10 Mn + 10 K<sub>2</sub>O)

| % PbO | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
|-------|--------------------------------|---|
| 0     | 47,1                           | 52,9  |
| 10    | 38,5                           | 49,6  |
| 30    | 37,1                           | 48,7  |
| 80    | 37,3                           | 48,0  |

En la influencia de una solución (Mn + Pb) por K en la llama de H (tabla 11 a, b o figura 7) se muestra lo siguiente: El Pb desciende fuertemente la emisión; en cambio, permanece constante por la adición de K, es decir, K no ejerce influencia alguna. Pero el Pb a partir del 10 % ya no hace descender la emisión de Mn (véase figura 6-H<sub>2</sub>) y las curvas (Mn + 10.Pb) y (Mn + Pb.80) son idénticas. Por la misma causa se diferencian las curvas para 10 % y 80 % de PbO más intensamente que para H (según la figura 6 - C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), porque el Mn desciende menos por el 10 % de PbO que por el 80 % de PbO. Por esto, la curva (Mn + 10 % PbO) es más elevada que la curva (Mn + 80 % PbO).

Una inversión de las condiciones de ensayo (véase tabla 12 a, b o figura 8); por tanto, la acción del Pb sobre el (Mn + K) muestra que en la llama de H prácticamente no tiene influencia alguna sobre el Pb. La emisión es fuertemente descendida —véase curva o familia de curvas H<sub>2</sub>—, pero las dos curvas (Mn + 10.K<sub>2</sub>O) y (Mn + 30.K<sub>2</sub>O) se diferencian una de otra de manera insignificante o no esencial. Otra cosa es en la llama del acetileno. Aquí la influencia de Pb es menor (véase figura 6 - C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>); por eso puede actuar más intensamente K. Puesto que K en la llama de acetileno emite más intensamente para 30 % K<sub>2</sub>O, que para 10 % K<sub>2</sub>O (véase figura 5 - C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), la curva 30 % K<sub>2</sub>O es más elevada que la curva 10 % K<sub>2</sub>O.

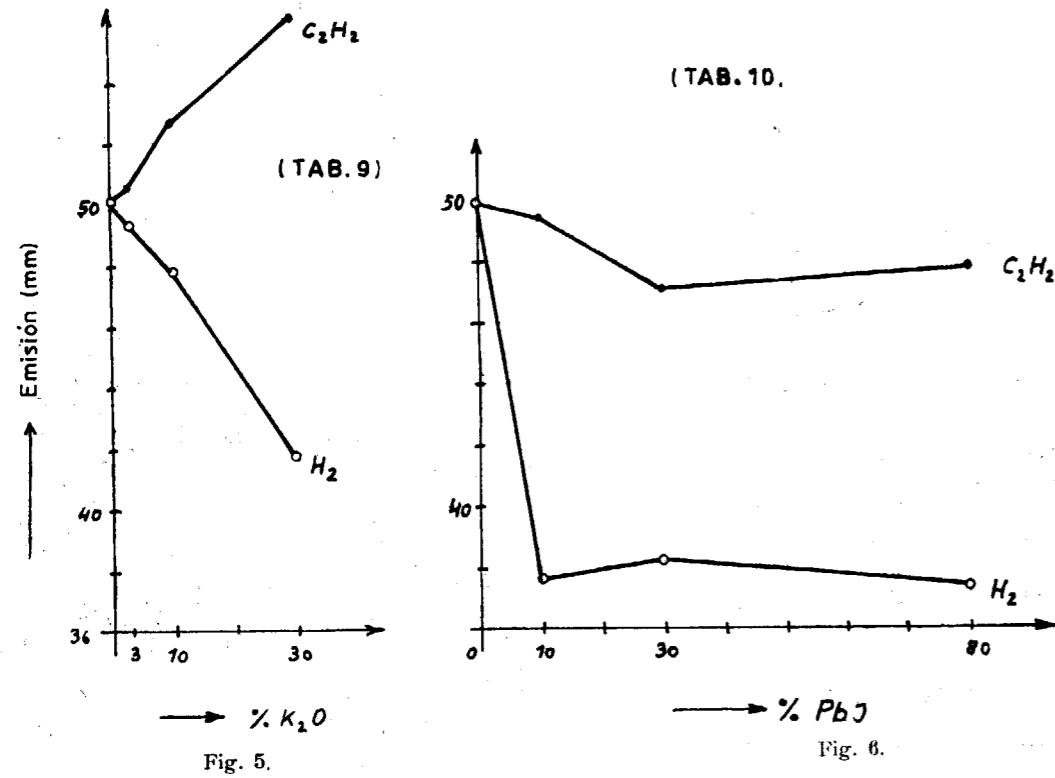


Fig. 5.

Fig. 6.

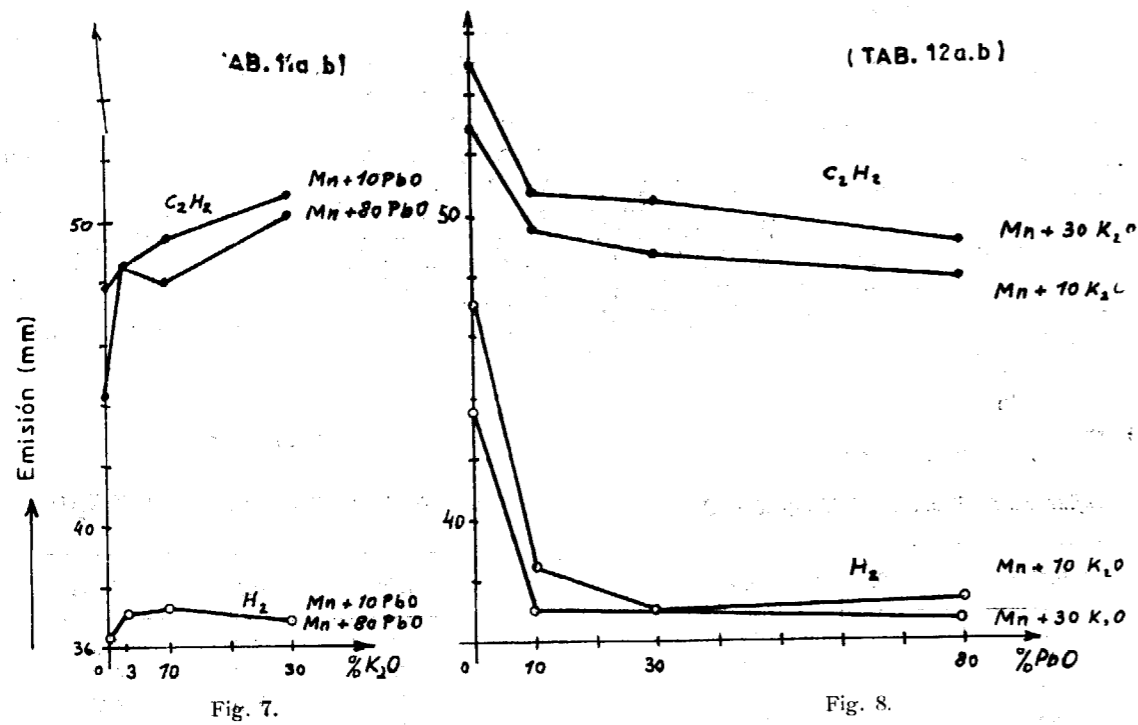


Fig. 7.

Fig. 8.

TABLA 12 b  
Acción del Pb sobre (10.Mn + 30.K<sub>2</sub>O)

| % PbO | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
|-------|--------------------------------|---|
| 0     | 48,6                           | 55,0  |
| 10    | 37,1                           | 50,8  |
| 30    | 36,9                           | 50,5  |
| 80    | 36,7                           | 49,1  |

TABLA 15 (figura 10)  
Influencia sobre 10 % MnO<sub>2</sub> + 10 % K<sub>2</sub>O

| HClO <sub>4</sub> %                           | 0,0  | 0,7  | 2,1  | 7,0  | 21,0 |
|---|------|------|------|------|------|
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                | 41,1 | 44,7 | 47,9 | 47,5 | 50,7 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | 50,5 | 53,0 | 58,4 | 57,4 | 58,5 |

TABLA 16 (figura 11)  
Influencia sobre 10 % MnO<sub>2</sub> + 80 % PbO

| HClO <sub>4</sub>                             | 0,0  | 0,7  | 2,1  | 7,0  | 21,0 |
|---|------|------|------|------|------|
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                | 35,9 | 44,1 | 43,0 | 42,3 | 50,5 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | 48,4 | 53,8 | 50,1 | 48,7 | 51,7 |

Resumiendo puede decirse que la influencia de K y de Pb depende en primer término de la llama, y que el Pb constituye el factor dominante con mucho en el vidriado. Para realizar un juicio se dedujo el valor de  $w$ , es decir, la diferencia entre los valores máximo y mínimo, o dispersión (5-7, según el valor tabular), puesto que este valor sobre 8 valores de medida es más eficaz que la desviación «standard». Según esto las medidas de ambas llamas son de igual valor a las de la tabla 9-12, como se deduce de la tabla 13. Es interesante que el término medio de todos los valores  $w$  de la solución pura Mn ( $\emptyset w$ ) se dispersan algo más intensamente que las soluciones con K y Pb ( $\emptyset w L$ ). Podría admitirse, por tanto, una acción estabilizadora de estos elementos.

TABLA 13

|                                     | $\emptyset w$ | $\emptyset w L$ |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|
| H <sub>2</sub> .....                | 2,2           | 1,7             |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ..... | 1,8           | 1,7             |

TABLA 14 (figura 9)

Influencia sobre la solución 10 % MnO<sub>2</sub>

| HClO <sub>4</sub> %                           | 0,0 | 0,7  | 2,1  | 7,0  | 21,0 |
|---|-----|------|------|------|------|
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                | 50  | 43,7 | 43,7 | 46,8 | 58,6 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | 50  | 50,5 | 52,1 | 57,3 | 62,6 |

3) Influencia del ácido perclórico sobre la emisión Mn en una solución pura, así como las soluciones de combinación y de modelo de vidriado

La acción del ácido perclórico sobre la emisión del Mn solamente (tabla 14, figura 9), está determinada claramente por la llama. En la llama H desciende en seguida la emisión Mn, y solamente a partir de 11 % de HClO<sub>4</sub> se produce una elevación con respecto a una solución acuosa pura (compárese la líneas rota para 50 mm en la figura 9). En la llama de acetileno se produce en seguida una elevación. En las soluciones de combinación es, en general, la emisión de la llama F más baja que en la de acetileno. En lo demás el curso de la emisión es en ambas llamas análogo. A partir de 2,1 % las curvas son prácticamente constantes en las soluciones de combinación y en la solución modelo; en la llama H se observa una intensa elevación a partir del 7 %. Para 0,7 de HClO<sub>4</sub> aparece un pico en la figura 11, que también permanece en la solución modelo figura 12, y que procede del plomo.

La solución modelo de la emisión Mn se encuentra de manera digna de observar, cerca del valor medio de las emisiones Mn del (10 % MnO<sub>2</sub> + 10 % K<sub>2</sub>O) y de la (10 % MnO<sub>2</sub> + 80 % PbO) (véase tabla 18),

Influencia de HClO<sub>4</sub>

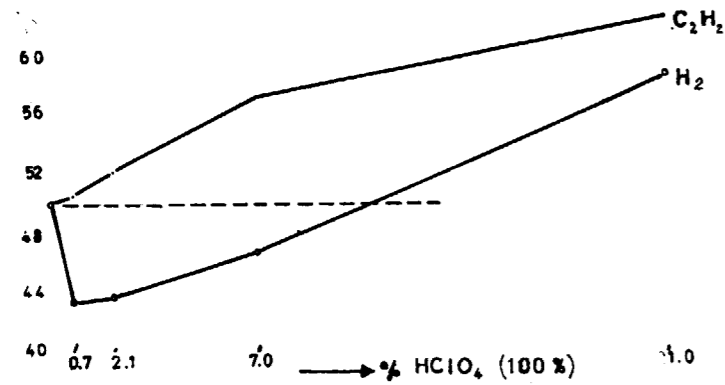


Fig. 9.

(v. Tab. 14)

10% MnO<sub>2</sub>

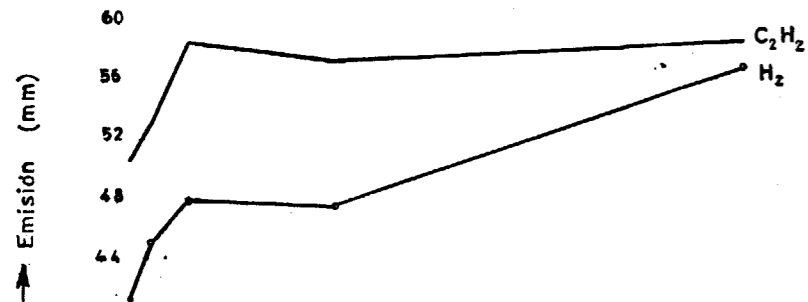


Fig. 10.

(v. Tab. 15)

10% MnO<sub>2</sub> + 10% K<sub>2</sub>O



Fig. 11.

(v. Tab. 16)

10% MnO<sub>2</sub> + 80% PbO

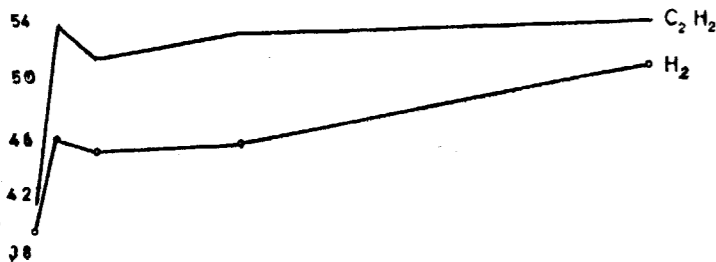


Fig. 12.

(v. Tab. 17)

10% MnO<sub>2</sub> + 10% K<sub>2</sub>O + 80% PbO

con la Tab. 20

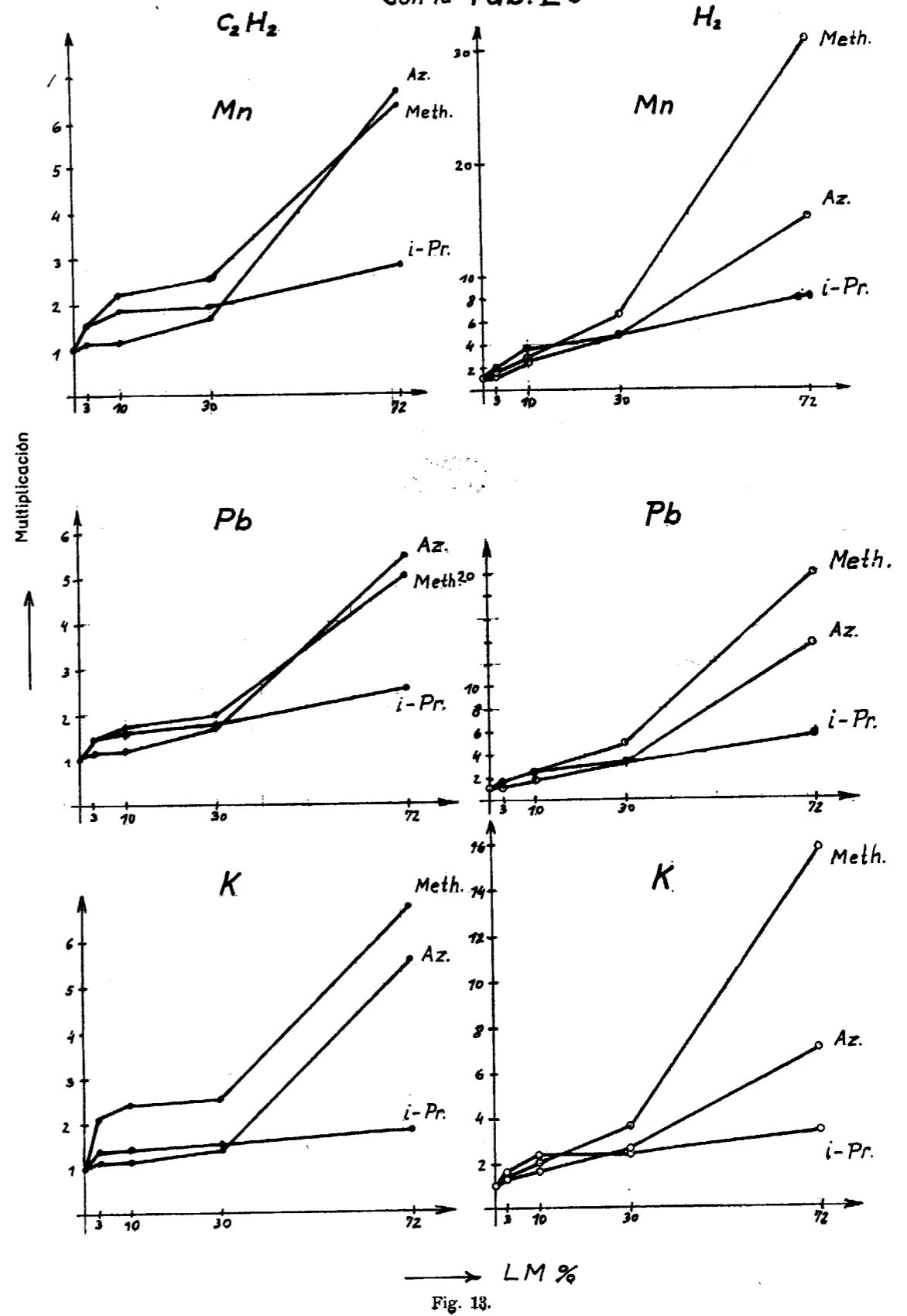


Fig. 13.

Tabla 17 (figura 12)

Influencia sobre una solución modelo 10 % MnO<sub>2</sub> + 10 % K<sub>2</sub>O + 80 % PbO

| HClO <sub>4</sub> %                           | 0,0  | 0,7  | 2,1  | 7,0  | 21,0 |
|---|------|------|------|------|------|
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                | 39,7 | 45,9 | 45,3 | 45,8 | 51,5 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | 41,6 | 53,8 | 51,6 | 53,3 | 54,2 |

4) La influencia de disolventes orgánicos, solubles en el agua, sobre la emisión de Mn, K, Pb

Se investigó la acción de la acetona, el metanol y el propanol-i, cada uno en contenidos de 3, 10, 30 y 72 volúmenes en % sobre una solución modelo de vidrioado (10 % MnO<sub>2</sub>, 10 % K<sub>2</sub>O, 80 % PbO). Era importante no solamente considerar la intensificación del Mn, sino también determinar cómo actúa la intensificación que se es-

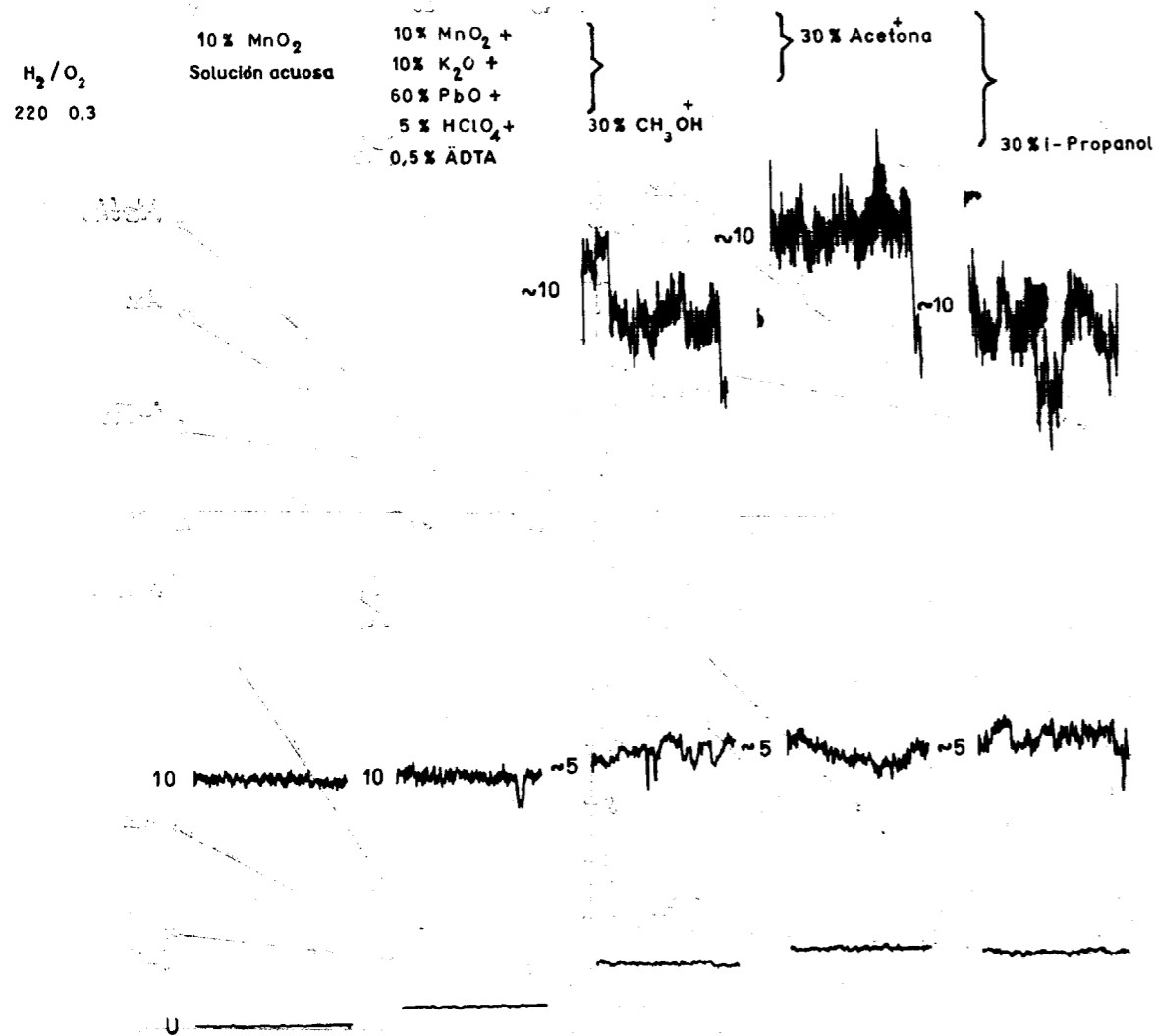


Fig. 14.

Tabla 18

| % HClO <sub>4</sub> ...   | 0,7   | 2,1   | 7,0   | 21,0  | 0,7   | 2,1   | 7,0   | 21,0  |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Valor medio «calculado».. | 44,4  | 45,5  | 44,9  | 53,6  | 53,4  | 54,3  | 53,1  | 54,7  |
| Valor de medida Tabla 17. | 45,9  | 45,3  | 45,8  | 51,5  | 53,8  | 51,6  | 53,3  | 54,2  |
| Dispersión (mm emisión).  | + 1,5 | - 0,2 | + 0,9 | - 2,1 | + 0,4 | - 2,7 | + 0,2 | - 0,6 |

pera sobre los elementos de las partes principales del vidrioado, cuyas líneas se encuentran cada una en inmediata proximidad de las líneas Mn.

En primer lugar, algunos de los valores de constantes importantes de los disolventes (véase tabla 19).

Tabla 19

|                  | MG | p   | γ 20° C | entalpía de combustión, Kcal |
|------------------|----|-----|---------|------------------------------|
| Metanol .....    | 32 | 0,8 | 0,584   | 173,7                        |
| Acetona .....    | 58 | 0,8 | 0,322   | 430,9                        |
| i-Propanol ..... | 60 | 0,8 | 2,39    | 478,9                        |

Se eligieron estas materias porque son obtenibles fácilmente y puras y baratas para la explo-

tación de rutina, y porque por su perfecta solubilidad en el agua permitía esperar la no existencia de ninguna dificultad práctica. Además, la emisión de Mn es en sí y por sí tan intensa en los campos de concentración considerados, que el empleo de tales materiales no es imprescindible para el aumento de la emisión.

La introducción de materiales combustibles en la llama exige, en primer término, un balance de oxígeno. Cada minuto se aspira y pulveriza por término medio una cantidad de 0,56 ml de probeta. Los datos siguientes se refieren a la máxima concentración todavía admisible de 30 % en volumen. En 0,56 ml de probeta se contienen 0,168 ml de disolvente que corresponden a un peso específico de 0,8, 0,156 g. Según los cálculos se obtienen en la llama H excesos de oxígeno de L, 168 g/min hasta 1,227 g/min. La llama permanece, pues, considerablemente oxidante. En

Tabla 20 (véase figura 13)

Multiplicación de la emisión de soluciones orgánicas referidas a la solución acuosa = 1

| LM % | Mn   | Pb   | K    | Mn    | Pb    | K     |            |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|------------|
| 0    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  | 1,00  | 1,00  |            |
| 3    | 1,16 | 1,15 | 1,13 | 1,37  | 1,22  | 1,27  | Acetona    |
| 10   | 1,18 | 1,18 | 1,17 | 2,55  | 1,90  | 1,67  |            |
| 30   | 1,70 | 1,67 | 1,40 | 4,78  | 3,28  | 2,52  |            |
| 72   | 6,66 | 5,45 | 5,54 | 15,20 | 13,60 | 7,04  |            |
| 0    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  | 1,00  | 1,00  |            |
| 3    | 1,57 | 1,44 | 2,10 | 1,62  | 1,57  | 1,44  | Metanol    |
| 10   | 2,21 | 1,74 | 2,40 | 2,84  | 2,29  | 2,05  |            |
| 30   | 2,55 | 1,98 | 2,50 | 6,69  | 5,00  | 3,65  |            |
| 72   | 6,34 | 5,05 | 6,75 | 30,80 | 19,90 | 15,80 |            |
| 0    | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00  | 1,00  | 1,00  |            |
| 3    | 1,55 | 1,44 | 1,37 | 2,10  | 1,74  | 1,69  | i-Propanol |
| 10   | 1,86 | 1,63 | 1,40 | 3,70  | 2,74  | 2,33  |            |
| 30   | 1,95 | 1,73 | 1,50 | 4,85  | 3,47  | 2,37  |            |
| 72   | 2,81 | 2,53 | 1,83 | 8,00  | 5,82  | 3,40  |            |

LM % = Disolvente en % volumétrico.

la tabla 20 se resumen los aumentos de emisión de Mn, K y Pb por adición de disolvente (véase figura 13).

Los resultados de la tabla 20 señalan una acción intensificadora relativa «química» mucho más fuerte de los medios disolventes en la llama H que en el acetileno, referida a la emisión en solución acuosa. La mejor acción intensificadora la presenta el metanol. El propanol-i, a pesar de su entalpia de combustión elevada, es solamente comparable con la del metanol en pequeñas concentraciones o la acetona. Esto demuestra claramente la importancia de la viscosidad, que interviene para la formación del aerosol (véase tabla 19). En algunas circunstancias también es de importancia la escasa movilidad y por tanto la pequeñez de la molécula del metanol. La consecuencia de la acción para concentraciones es la disparidad de las llamas, mientras en la llama de acetileno la intensificación para valores mayores del 30 % es comparable con la del metanol y la acetona, en la llama H se determina una clara posición intermedia de la acetona (figura 13).

De los elementos acompañantes es el Pb, por término medio, el menos intensificado, con excepción del metanol, también de K. Esto es de mucha importancia para el caso que nos ocupa, puesto que una abertura de 0,02 mm es necesaria para conseguir una solución suficiente para una intensificación admisible simultánea. En otra forma, la acción química intensificadora sería compensada por la producción de una abertura mayor.

De los experimentos se deduce que una solución al 30 % de metanol se demuestra como la más favorable. Una concentración más elevada de disolvente produce una llama inestable que incluso se apaga, o tiende a apagarse. También pueden producirse dificultades para la producción de la mezcla, en lo que respecta al volumen y a la disolución. Otra ventaja del metanol: su punto de ebullición más elevado con respecto a la acetona, y, por tanto, su manejo más fácil.

Desgraciadamente se demuestra entonces por la formación de la curva de calibrado y por consideraciones estadísticas, que los disolventes orgánicos en concentraciones del 30 % hacen la llama en tales condiciones tan poco tranquila que es preciso renunciar a su utilización. El comportamiento de tales soluciones y sus causas o fundamentos en 403 se representa en las figuras 14 y 15.

Además, las soluciones de que se trata tienen sus fundamentos correspondientes en que la emisión de las diversas llamas se registra durante tres minutos. Los huecos o aberturas con metanol, acetona y propanol-i muestran emisiones más in-

tenas con respecto a las probetas exentas de disolventes, pero también la importantemente intensa intranquilidad de las llamas, a igualdad de amplificación eléctrica (desviación del galvanómetro 10) (\*).

Para demostrar que no es la amplificación eléctrica la que condiciona esta intranquilidad de la llama se acometió por dos veces:

1) En la figura 14 se registró la amplificación eléctrica de la emisión con medios disolventes, según el registro 1, reduciéndola al nivel de las probetas exentas de medios disolventes (compárese flecha y huella de registro ~ 5). A pesar de ello se mantuvo la inconstancia.

2) En la figura 15, por el contrario, se elevó la elevación eléctrica de la emisión exenta de disolventes al nivel de la emisión con medios disolventes (véase flecha y huella de registro ~ 20). A consecuencia de la elevación de la amplificación eléctrica aumentó de manera forzada la intranquilidad, pero no alcanzó la inconstancia de la llama de medios que contienen disolventes.

Puesto que la inconstancia de probetas conteniendo pocos medios disolventes era, por lo menos, tan grande como la elevación de la amplificación eléctrica de 10 hasta 15 (desviaciones del galvanómetro), se renunció por ello al empleo de disolventes de naturaleza orgánica. De esta manera se simplificó y aceleró la preparación de las probetas.

### 5) Influencia del ADTA (Complexon III)

Como ya se ha señalado anteriormente, el Pb posee especialmente una acción favorable para la disminución de las diferencias en las composiciones de los vidriados (véase tabla 13). Ahora bien, el Pb para la concentración activa más favorablemente (aproximadamente el cuádruplo del contenido máximo admisible de PbO en los vidriados) está ya tan concentrado, que el mechero comienza a marchar de manera irregular y, además, aumenta la depresión. Hubo que abandonar este camino, por satisfactorio que pareciera, y ensayar la acción de un fuerte formador de complejo. Las siguientes tablas 21 a 23 muestran los resultados

(\*) Puesto que la intensificación (o amplificación) en la llama H se sale mucho fuera del papel registrador (figura 14), hay que disminuir la amplificación eléctrica para poder conseguir un registro. Las relaciones reales elevadas correspondientes, no corresponden en este caso; es decir, la intensificación es mayor que la real y la intranquilidad de llama mucho más fuerte.

de la acción de 0,5 % ADTA en volumen de probeta sobre la emisión de Mn en soluciones de contenido variable de Pb y K.

Influencia de 0,5 % volumétrico de ADTA sobre:

TABLA 21

| 10 % MnO <sub>2</sub> + Y % K <sub>2</sub> O  |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|
| K <sub>2</sub> O % Y                          | 0    | 1    | 10   | 30   |
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                | 50,0 | 58,6 | 57,6 | 56,6 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | 50,0 | 71,6 | 71,4 | 70,3 |

TABLA 22

| 10 % MnO <sub>2</sub> + X % PbO               |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|
| PbO % X                                       | 0    | 10   | 30   | 80   |
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                | 50,0 | 57,5 | 57,5 | 59,1 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> | 50,0 | 67,0 | 67,1 | 67   |

TABLA 23

| 10 % MnO <sub>2</sub> + X % PbO + Y % K <sub>2</sub> O |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|
| PbO % X  | 0    | 80   | 60   | 30   |
| K <sub>2</sub> O % Y                                   | 0    | 1    | 30   | 15   |
| H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                         | 50,0 | 57,4 | 58,7 | 58,2 |
| C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>          | 50,0 | 67,1 | 68,1 | 67,3 |

Las casillas comprendidas bajo O, contienen las emisiones de las soluciones Mn, sin ADTA.

De las tablas puede verse que, dentro de las amplias variaciones de composición los valores coinciden de manera satisfactoria. Además, la introducción de la materia orgánica condiciona una elevación de la emisión Mn, que para el acetileno es algo más intensa que para el hidrógeno.

### 6) La influencia del sodio

La aplicación de ADTA lleva simultáneamente consigo la introducción de sodio. Para comprobar si el Na perturba la emisión de Mn, se adi-

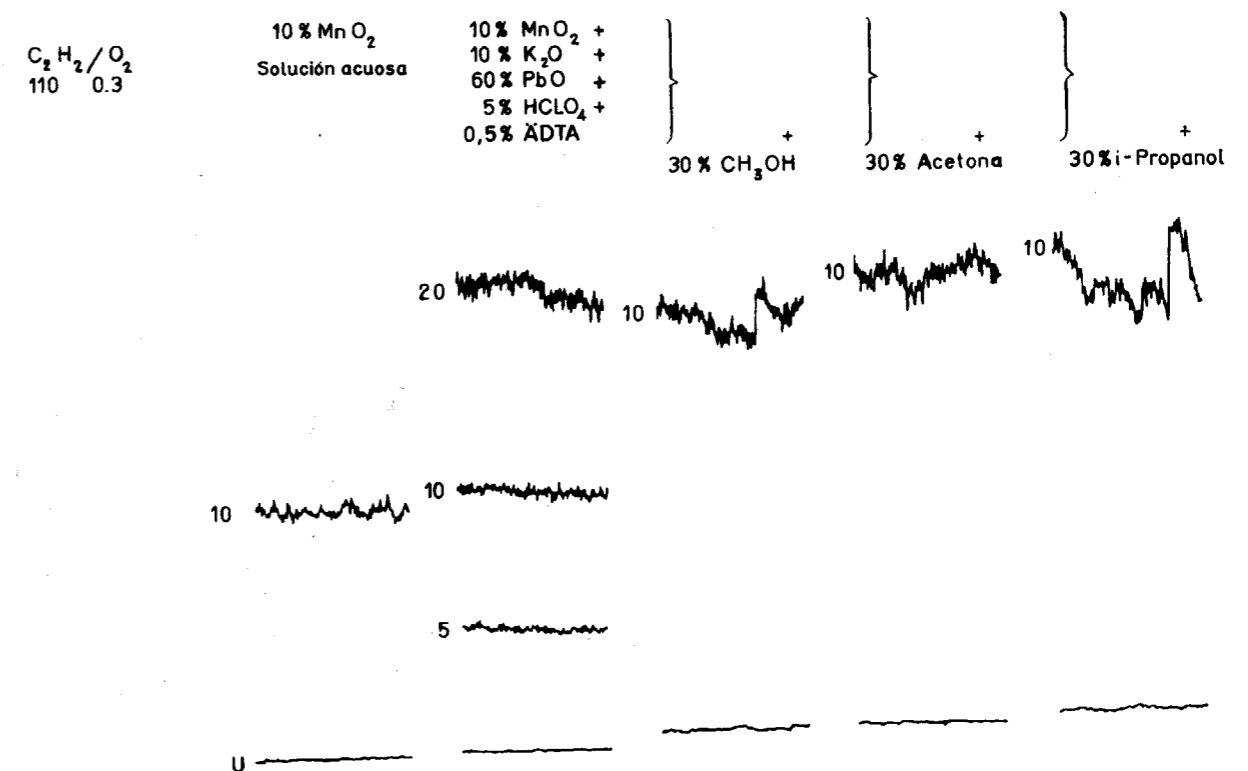


Fig. 15.

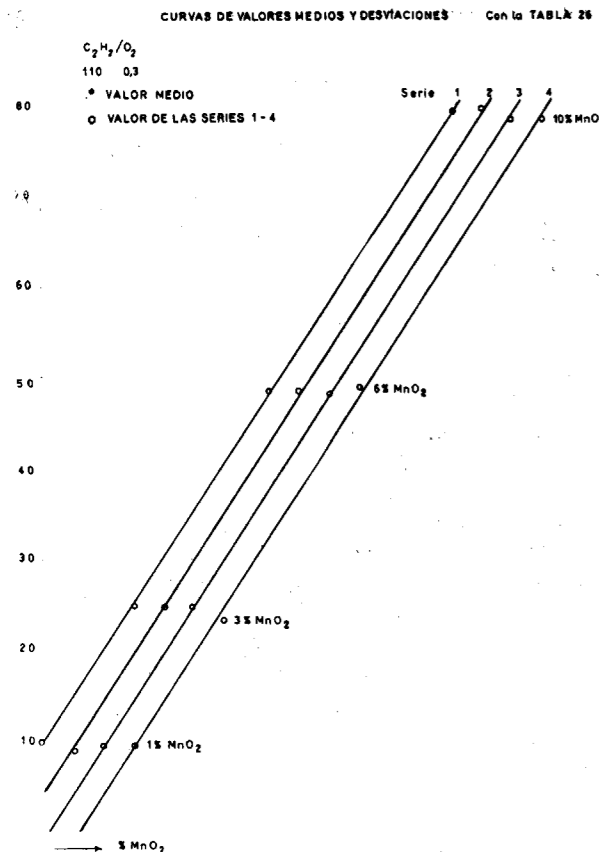


Fig. 16.

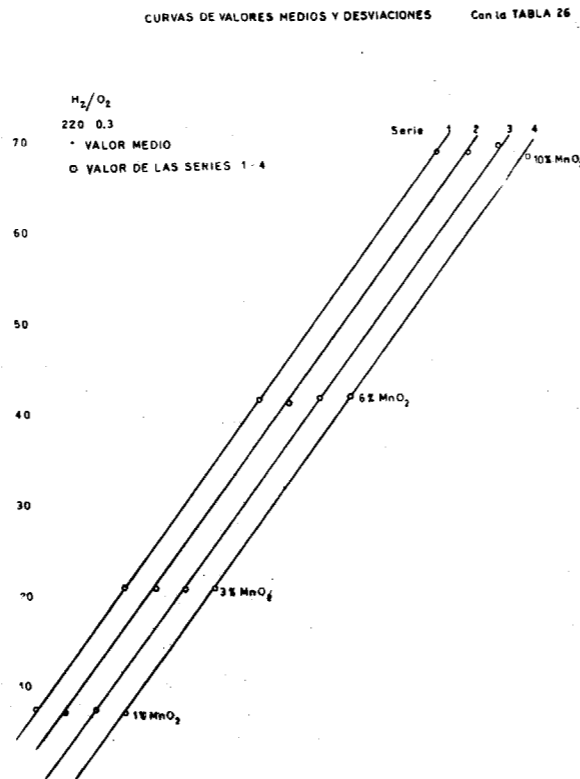


Fig. 17.

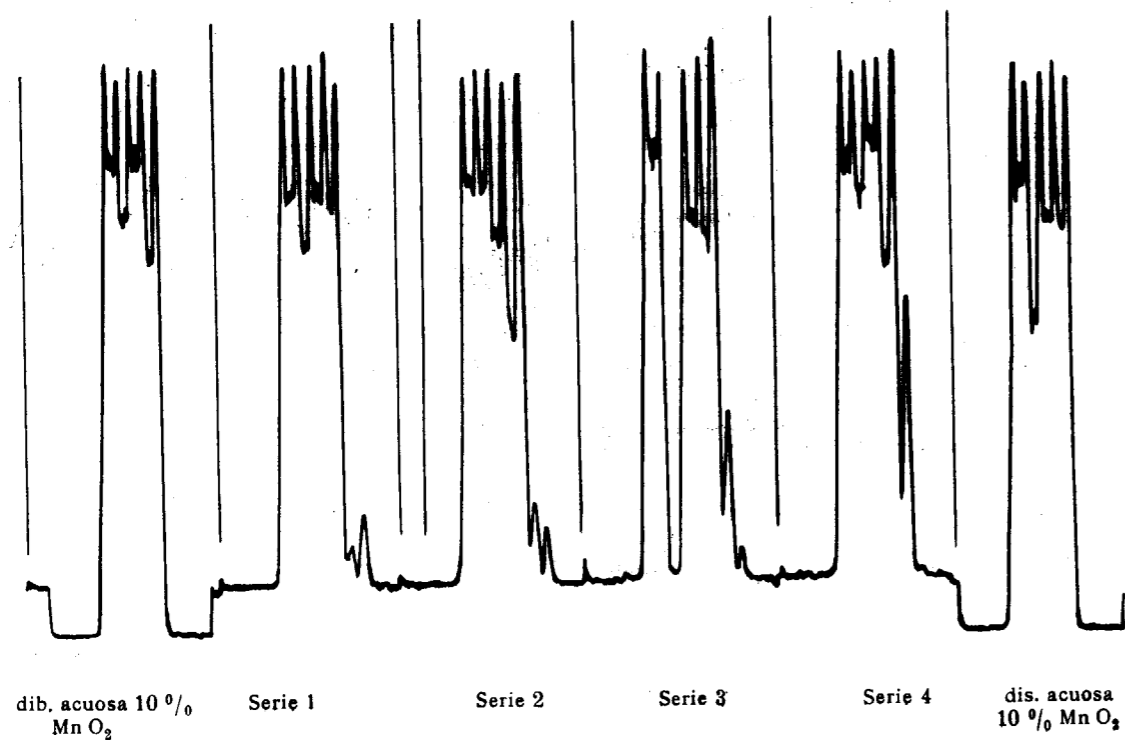


Fig. 18.

cionó la cantidad equivalente de 0,1 g de ADTA en forma de  $\text{NaNO}_3$  (= 0,046 g) y se compararon las emisiones con y sin adición de Na.

El ensayo demostró que no se observa ninguna influencia perturbadora por esta cantidad de Na.

COMPOSICIÓN DE LAS SOLUCIONES FINALES Y PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRADO

De los ensayos anteriores se deduce que 0,5 % de ADTA es suficiente para garantizar un amortiguado suficiente de la interferencia de K y Pb.

brado (véase series horizontales junto a  $\emptyset$ ). Las curvas de calibrados se caracterizaron para cada llama; para mejor visualización se traspusieron cuatro veces unas con respecto a otras y se proyectaron con los puntos reales de medida de cada serie (figuras 16 y 17).

Las comprobaciones estadísticas de las medidas aisladas o individuales muestran que las condiciones elegidas para la formación de las curvas de calibrado, son apropiadas (véase tabla 27).

Para los cálculos estadísticos se aplicaron los conceptos de O. Pericard (\*) sobre las bases de los conocimientos de Dean u. Dixon (\*\*).

TABLA 24

| Influencia del sodio (sin ADTA) |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| PbO ... ..                      | 0    | 80   | 60   | 30   |
| $\text{K}_2\text{O}$ ... ..     | 0    | 1    | 30   | 15   |
| Con Na ... ..                   | 50,0 | 35,3 | 33,4 | 32,9 |
| Sin Na ... ..                   | 50,0 | 35,4 | 34,4 | 32,5 |
| Con Na ... ..                   | 50,0 | 50,0 | 49,9 | 48,8 |
| Sin Na ... ..                   | 50,0 | 50,5 | 51,1 | 48,0 |

TABLA 25

|                | % $\text{MnO}_2$ | % $\text{K}_2\text{O}$ | % PbO | % $\text{HClO}_4$ | % ADTA |
|----------------|------------------|------------------------|-------|-------------------|--------|
| Serie 1 ... .. | 1, 3, 6, 10      | 5                      | 80    | 5                 | 0,5    |
| Serie 2 ... .. | »                | 10                     | 60    | 5                 | 0,5    |
| Serie 3 ... .. | »                | 20                     | 34    | 5                 | 0,5    |
| Serie 4 ... .. | »                | 30                     | 10    | 5                 | 0,5    |

La influencia de la acidez de la solución se compensa con 5 % volumétrico de  $\text{HClO}_4$  (100 %).

Con estas adiciones se produjeron 4 series de soluciones para determinar en el campo necesario de  $\text{MnO}_2$ , si se obtiene una uniformidad suficiente para diversas composiciones matrices que sobrepasan en mucho el campo ordinario de los componentes del vidriado, y si, de esta manera, puede obtenerse una curva de calibrado (tabla 25). Estas series fueron estudiadas; los datos pueden verse en la tabla 26.

Dentro de cada concentración de  $\text{MnO}_2$ , se formó una mediana de las series elementales (mediana de serie) y con ellas se formó la mediana total, cuyo valor se eligió para la curva de cali-

Mediana *m*: Los valores medios se ordenan según su importancia y se toman para un número total impar. Para número total par, de valores medidos, se toma el valor de la media aritmética de los dos valores centrales o intermedios, en lugar del valor medio.

Por ejemplo, se dispone de los siguientes valores de medida:

1,1 1,2 1,2 1,3 1,5

(\*) M. PERICARD: Institut. National d'Agronomie. Comunicación en Afnor. Febrero 1959.

(\*\*) DEAN & DIXON: «Anal. Chem.», Abril 1951.

Son 5 valores medidos (número impar):  $m = 1,2$  (el valor de la media aritmética sería 1,26), o bien:

1,1 1,2 1,2 1,3 1,5 1,5

Número par de valores medidos, por tanto  $(1,2 + 1,3):2 = 1,2$  (el valor medio aritmético sería 1,3).

La mediana es, para pequeñas probetas, más segura que el valor medio.

Dispersión  $w$ : Diferencia entre los valores medidos más grande y más pequeño. Con ella puede calcularse, por medio de factores, la desviación

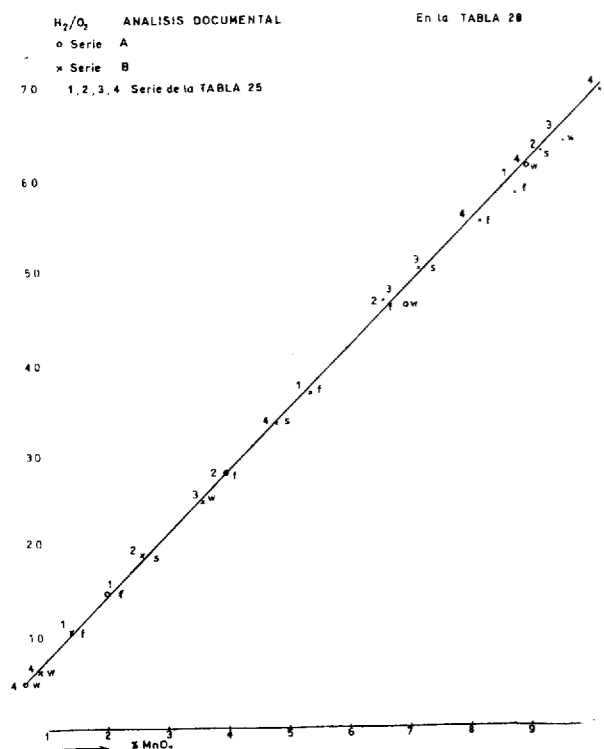


Fig. 19.

«standard»  $s$ . Sin embargo, para 8 valores medidos, ésta resulta menos expresiva que  $w$ . Sin embargo, se incluyó su valor (tabla 27) porque el mismo y el coeficiente de variación pueden emplearse mejor.

#### INSTRUCCIONES DE TRABAJO Y SU COMPROBACIÓN

Pueden establecerse las siguientes indicaciones o prescripciones de trabajo: 0,1 g de probeta se evaporan a sequedad con 3 ml de HF y 1,5 ml de HClO<sub>4</sub>; en seguida se escriben con 0,5 ml de

HClO<sub>4</sub> y se evaporan casi hasta la sequedad. Se reciben con 5 ml de HClO<sub>4</sub> + 25 ml de H<sub>2</sub>O y se calientan hasta la disolución. Posteriormente se mezclan con 25 ml al 2 % de solución ADTA y se rellena sobre 100 ml.

Aparatos: Fotómetro Zeiss PMII con adición de llama, pulverizador directo y mantenedor de nivel constante (\*). Ranura 0,02. Inscritor (o registrador) Göerz, «Servogor».

Parámetros de llama:

Oxígeno: 0,3 atmósferas = 241,5 l/h.

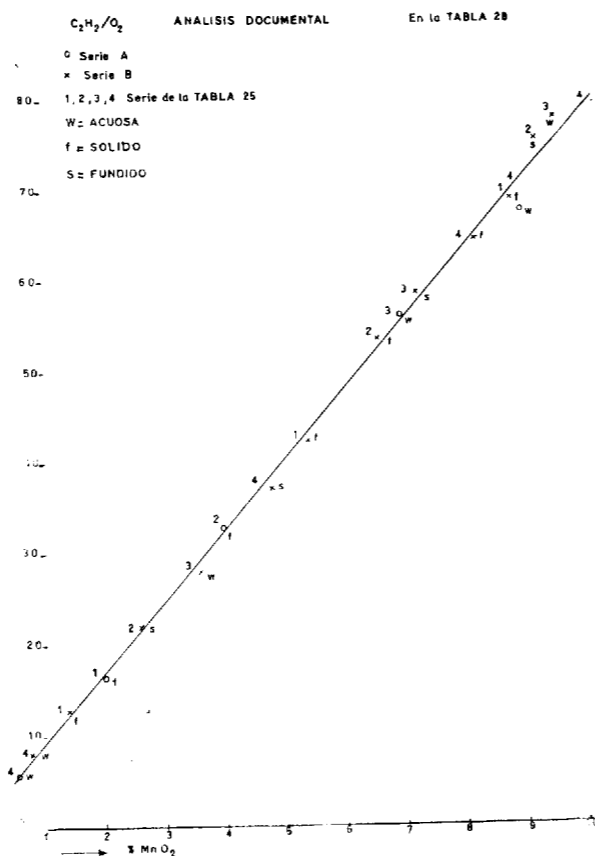


Fig. 20.

Hidrógeno: 220 mm columna de agua = 3,45,5 l/h.

Acetileno: 110 mm columna de agua = 72,2 l/h.

La iluminación se realiza de manera que el registro comienza para 400 nm, proporciona de 5 a 7 veces el máximo de emisión y termina para 408 nm. Esta clase de registro tiene la ventaja de ser más rápida que aquella en que se inscribe

(\*) H. S. SVĚJDA: «Microchimica Acta», 1963, 45-51.

(o registra) todo el campo de registro. Ciertamente que se reconocen picos discretos que comprenden con seguridad el máximo y pueden valorarse aisladamente según el método de líneas bases. De esta manera es esta forma de registro accesible también para consideraciones estadísticas, lo que para la segunda, que por otra parte es la clase ordinaria de registro, es decir, el establecimiento de un tiempo determinado sobre el máximo de emisión, no va bien. La figura 18 muestra uno

metro, correspondiendo a 75 nm en el inscristor (o registrador).

2) La serie de registros fue:

10 % solución acuosa MnO<sub>2</sub>.

2 probetas.

1 patrón 3 %.

2 probetas.

1 patrón 10 %.

2 probetas.

10 % solución acuosa MnO<sub>2</sub>, 10 %.

TABLA 26 (véase figuras 16 y 17)

| Serie | 1 % Mn O <sub>2</sub> |                 |                     | 3 % Mn O <sub>2</sub> |                 |                     | 6 % Mn O <sub>2</sub> |                 |                     |      |         |       |   |
|-------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------|---------|-------|---|
|       | medias                | dispersión de Ø |                     | mediana               | dispersión de Ø |                     | mediana               | dispersión de Ø |                     |      | mediana |       |   |
|       |                       | m m             | % Mn O <sub>2</sub> |                       | m m             | % Mn O <sub>2</sub> |                       | m m             | % Mn O <sub>2</sub> |      |         |       |   |
| 1     | 8,0                   | + 0,3           | + 0,045             | 21,2                  | ± 0,0           | 0,000               | 42,0                  | ± 0,0           | 0,000               | 69,1 | - 0,1   | 0,015 | H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>                |
| 2     | 7,6                   | - 0,1           | 0,015               | 21,3                  | + 0,1           | 0,015               | 41,5                  | - 0,5           | 0,075               | 69,0 | - 0,2   | 0,030 |   |
| 3     | 7,8                   | + 0,1           | 0,015               | 21,4                  | + 0,2           | 0,030               | 42,0                  | ± 0,0           | 0,000               | 69,6 | + 0,4   | 0,060 |   |
| 4     | 7,4                   | - 0,3           | 0,045               | 21,0                  | - 0,2           | 0,030               | 42,1                  | + 0,1           | 0,015               | 68,3 | - 0,9   | 0,135 |   |
| w     | 0,6                   |                 | 0,090               | 0,4                   |                 | 0,060               | 0,6                   |                 | 0,09                | 1,3  |         | 0,195 |   |
| Ø     | 7,7                   |                 |                     | 21,2                  |                 |                     | 42,0                  |                 |                     | 69,2 |         |       |   |
| 1     | 9,5                   | + 0,0           | 0,000               | 24,9                  | + 0,1           | 0,013               | 48,5                  | + 0,1           | 0,013               | 79,4 | + 0,4   | 0,052 | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> |
| 2     | 8,8                   | - 0,8           | 0,124               | 24,8                  | ± 0,0           | 0,000               | 48,7                  | + 0,2           | 0,026               | 79,5 | + 0,5   | 0,065 |   |
| 3     | 9,5                   | ± 0,0           | 0,000               | 24,8                  | ± 0,0           | 0,000               | 48,1                  | - 0,5           | 0,065               | 78,5 | - 0,5   | 0,065 |   |
| 4     | 9,6                   | + 0,1           | 0,013               | 23,5                  | - 1,3           | 0,169               | 49,1                  | + 0,5           | 0,065               | 78,6 | - 0,4   | 0,052 |   |
| w     | 0,8                   |                 | 0,137               | 1,4                   |                 | 0,176               | 1,0                   |                 | 0,130               | 1,0  |         | 0,130 |   |
| Ø     | 9,5                   |                 |                     | 24,8                  |                 |                     | 48,6                  |                 |                     | 79,0 |         |       |   |

w = dispersión. Ø = mediana de las 4 medianas de serie (segunda casilla).

Mediana = mediana de 5-7 medidas aisladas.

«Discrepancia, de Ø» = discrepancia o diferencia (mm) de Ø.

% MnO<sub>2</sub> = discrepancia o diferencia en % calculada de la curva de calibrado.

de estos registros originales para la determinación de la curva de calibrado para 10 % de MnO (llama H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Se obtuvo durante un tiempo ininterrumpido de una hora de marcha del aparato.

La normalización y relacionado de los valores medidos, de las probetas y de control, y los análisis sobre las curvas de calibrado se llevaron a cabo del modo siguiente:

1) La amplificación del aparato se ajustó con una solución acuosa al 10 % de MnO<sub>2</sub> para 400 nm = 0 y para 403 nm = 15 en el galvanó-

Con las soluciones acuosas 10 % MnO<sub>2</sub> al principio y al fin, se corrigió gráficamente las variaciones de amplificación eléctrica del aparato, es decir, se controló el envejecimiento de las fotocélulas y otros elementos.

Los valores corregidos se normalizaron a 75 nm por medio del cálculo.

Para las probetas de control, o los análisis reales, se obtuvo la referencia sobre la curva de calibrado, cuando fue necesario, con el factor, o en

todo caso el valor recíproco de este valor, sobre el valor medio de los cocientes:

$$\frac{\text{Patrón 3 \% (probeta)}}{\text{Patrón 3 \% (curva calibrado)}} = \frac{\text{Patrón 10 \% (probeta)}}{\text{Patrón 10 \% (curva calibrado)}}$$

En 18 probetas se comprobó la validez de las prescripciones o indicaciones de trabajo y de las rectas de calibrado. Se prepararon luego diversas tablas (series A y B) con probetas sintéticas de soluciones (Nrs 1, 2, 6, 11, 15, 17), mezclas (Nrs tabla 28, 3, 4, 7, 9, 10, 13, 14, 18) y coladas fundidas Nrs tabla 28, 5, 8, 12, 16) de sales

sólidas. Las mezclas o coladas fundidas se trataron, como se mencionó en las prescripciones de trabajo, y fueron tratadas nuevamente. Se distribuyeron al azar sobre las series aisladas. Los valores de  $\text{MnO}_2$  de las soluciones tratadas de las coladas fundidas se controlaron espectrográficamente.

La tabla 28 muestra los valores medidos resultantes, las medianas y las discrepancias o desviaciones en diversas formas de exposición. Se han llevado en las curvas 19 y 20 gráficamente, así como su situación con respecto a las curvas de calibrado.

TABLA 27

*Datos estadísticos sobre las medidas aisladas o elementales de las series de curvas de calibrado*

| Serie | 1 %     |     |       |            |      | 3 %     |     |       |            |      |
|-------|---------|-----|-------|------------|------|---------|-----|-------|------------|------|
|       | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  |
| 1     | 8,0     | 0,2 | 0,086 | 0,076      | 1,08 | 21,2    | 1,3 | 0,559 | 0,494      | 2,67 |
| 2     | 7,6     | 0,1 | 0,043 | 0,038      | 0,57 | 21,3    | 1,3 | 0,559 | 0,494      | 2,62 |
| 3     | 7,8     | 0,7 | 0,3   | 0,264      | 3,9  | 21,4    | 1,8 | 0,774 | 0,682      | 3,62 |
| 4     | 7,4     | 0,4 | 0,162 | 0,143      | 2,19 | 21,4    | 1,8 | 0,774 | 0,682      | 3,62 |

| Serie | 6 %     |     |       |            |      | 10 %    |     |       |            |      |
|-------|---------|-----|-------|------------|------|---------|-----|-------|------------|------|
|       | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  |
| 1     | 42,0    | 1,1 | 0,476 | 0,418      | 1,13 | 69,1    | 2,9 | 1,248 | 1,098      | 1,81 |
| 2     | 41,5    | 1,6 | 0,688 | 0,606      | 1,66 | 69,0    | 1,8 | 0,774 | 0,681      | 1,12 |
| 3     | 42,0    | 2,7 | 1,161 | 1,022      | 2,76 | 69,6    | 4,4 | 1,892 | 1,665      | 2,74 |
| 4     | 42,1    | 1,1 | 0,476 | 0,418      | 1,13 | 68,3    | 2,1 | 0,92  | 0,810      | 1,35 |

| Serie | 1 %     |     |       |            |      | 3 %     |     |       |            |      |
|-------|---------|-----|-------|------------|------|---------|-----|-------|------------|------|
|       | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  |
| 1     | 9,5     | 0,6 | 0,258 | 0,277      | 2,73 | 24,9    | 1,4 | 0,602 | 0,530      | 2,44 |
| 2     | 8,8     | 0,3 | 0,129 | 0,115      | 1,47 | 24,8    | 0,3 | 0,129 | 0,114      | 0,52 |
| 3     | 9,5     | 0,4 | 0,172 | 0,151      | 1,81 | 24,8    | 0,7 | 0,301 | 0,264      | 1,21 |
| 4     | 9,6     | 0,4 | 0,172 | 0,151      | 1,79 | 23,5    | 0,7 | 0,301 | 0,264      | 1,28 |

| Serie | 6 %     |     |       |            |      | 10 %    |     |       |            |      |
|-------|---------|-----|-------|------------|------|---------|-----|-------|------------|------|
|       | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  | Mediana | w   | s     | $\Delta_x$ | V %  |
| 1     | 48,5    | 0,9 | 0,317 | 0,279      | 0,65 | 79,4    | 1,2 | 0,516 | 0,454      | 0,65 |
| 2     | 48,7    | 1,0 | 0,430 | 0,378      | 0,88 | 79,5    | 3,7 | 1,59  | 1,40       | 2,00 |
| 3     | 48,1    | 1,7 | 0,731 | 0,643      | 1,52 | 78,5    | 3,6 | 1,55  | 1,365      | 1,97 |
| 4     | 49,1    | 1,7 | 0,731 | 0,643      | 1,49 | 78,6    | 1,4 | 0,602 | 0,53       | 0,77 |

w = dispersión de las mediciones elementales (5-7).

s = discrepancia «standard» de las mediciones elementales.

$\Delta x$  = discrepancia dentro de la que se encuentra el valor medido, con 99 %.

V % = coeficiente de variación.

TABLA 28 (figuras 19 y 20)

| Nº de muestra | serie | debe   | mediana | DISCREPANCIAS    |                  |                               | mediana | absolutas<br>o/o | relativas<br>o/o | mg Mn O <sub>2</sub><br>por l |
|---------------|-------|--------|---------|------------------|------------------|-------------------------------|---------|------------------|------------------|-------------------------------|
|               |       |        |         | absolutas<br>o/o | relativas<br>o/o | mg Mn O <sub>2</sub><br>por l |         |                  |                  |                               |
| 1             | 4     | w 0,5  | 0,53    | 0,03             | 6,00             | 0,3                           | 0,50    | 0,00             | 0,00             | 0,0                           |
| 2             | 4     | w 0,8  | 0,83    | 0,03             | 3,78             | 3,5                           | 0,80    | 0,00             | 0,00             | 0,0                           |
| 3             | 1     | f 1,4  | 1,43    | 0,03             | 2,14             | 0,3                           | 1,45    | 0,05             | 3,45             | 0,5                           |
| 4             | 1     | f 2,0  | 1,95    | -0,05            | -2,5             | 0,5                           | 2,02    | 0,02             | 0,99             | 0,2                           |
| 5             | 2     | s 2,6  | 2,67    | 0,07             | 2,69             | 0,7                           | 2,63    | 0,03             | 1,14             | 0,3                           |
| 6             | 3     | w 3,6  | 3,43    | -0,17            | -4,72            | 1,7                           | 3,53    | -0,07            | -1,98            | 0,7                           |
| 7             | 2     | f 4,0  | 4,03    | 0,03             | 0,75             | 0,3                           | 3,98    | -0,02            | -0,53            | 0,2                           |
| 8             | 4     | s 4,8  | 4,53    | -0,28            | -5,83            | 2,8                           | 4,76    | -0,04            | -0,84            | 0,4                           |
| 9             | 1     | f 5,4  | 5,22    | -0,18            | -3,37            | 1,8                           | 5,24    | -0,16            | -3,05            | 1,6                           |
| 10            | 2     | f 6,6  | 6,63    | 0,03             | 0,45             | 0,3                           | 6,72    | 0,12             | 1,78             | 1,2                           |
| 11            | 3     | w 7,0  | 6,99    | -0,01            | -0,14            | 0,1                           | 6,65    | -0,35            | -5,26            | 3,5                           |
| 12            | 3     | s 7,2  | 7,08    | -0,12            | -1,67            | 1,2                           | 7,24    | 0,04             | 0,55             | 0,4                           |
| 13            | 4     | f 8,2  | 8,07    | -0,13            | -1,59            | 1,3                           | 8,03    | -0,17            | -2,12            | 1,7                           |
| 14            | 1     | f 8,8  | 8,67    | -0,13            | -1,48            | 1,3                           | 8,48    | -0,32            | -3,77            | 3,2                           |
| 15            | 4     | w 9,0  | 8,57    | -0,43            | -4,78            | 4,3                           | 8,90    | -0,10            | -1,12            | 1,0                           |
| 16            | 2     | s 9,2  | 9,55    | 0,35             | 3,81             | 3,5                           | 9,12    | -0,08            | -0,88            | 0,8                           |
| 17            | 3     | w 9,6  | 9,81    | 0,21             | 2,19             | 2,1                           | 9,3     | -0,30            | -3,26            | 3,0                           |
| 18            | 4     | f 10,2 | 10,05   | -0,15            | -1,47            | 1,5                           | 10,1    | -0,01            | -0,10            | 0,1                           |

w = solución acuosa

f = mezcla sólida

s = colada fundida

} sales sólidas

Serie: s (vér tabla 25).

Recibido el 10-I-67.



# Características y edad de una roca piroclástica en el valle del río Torio (Prov. de León)

por J. L. SAAVEDRA (\*)

## RESUMEN

En la sucesión invertida Cámbrico-Carbonífera, cortada por el río Torio justo al norte de Gete y Getino, se intercala una formación de casi 100 metros de potencia de areniscas piroclásticas verdes, que a veces son muy ricas en cenizas volcánicas y toman color rojo. Su disposición bajo las cuarcitas de Barrios y la existencia de filones-capa de basalto dolerítico en las areniscas de Oville, fijan la edad de la erupción en el tránsito Postdamiense-Ordoviciense.

## ABSTRACT

North of Gete and Getino (N. León) the Torio river cuts an inverted Cambrian-Carboniferous succession, in which there is an intercalated formation of about 100 m. of green pyroclastic sandstone, that is sometimes very rich in ashes taking the red colour. Its disposition, under the cuarcitas de Barrios and the existence of bedded veins of doleritic basalt into the «areniscas de Oville», determine the age of its eruption in the transit Postdamian-Ordovician.

El río Torio sigue una dirección en general N.-S., y atraviesa perpendicularmente las largas alineaciones paleozoicas de esta zona, al N. de León (hoja 103 del Mapa topográfico nacional, a escala 1:50.000).

Justo al N. de los pueblos de Gete y Getino el Torio se encajona en una cerrada, en la que la Confederación del Duero estudia la posibilidad de construir una presa. Más aguas arriba el valle se abre, extendiéndose ampliamente hacia el E. y el O., y el Torio recibe las aguas de sendos afluentes, Valverdín y Velluga, figura 1.

La alineación montañosa que pasa por la cerrada está formada por la siguiente sucesión estratigráfica:

**Cámbrico**, que incluye calizas (calizas de Láncara), pizarras silíceas y areniscas (gres de Oville).

**Ordoviciense**, formado por cuarcitas (cuarcitas de Barrios).

**Silúrico**, formado por pizarras ampelíticas (esquistos de Formigoso) y areniscas silíceas, casi siempre ferruginosas (gres de San Pedro).

**Devónico**, con dolomías, calcoesquistos y areniscas silíceas (que en conjunto forman el complejo de Lavid y la arenisca de La Ermita).

**Carbonífero**, con pizarras de facies Culm y calizas masivas de facies arrecifal.

Los estratos siguen una dirección N. 110-130° E., sus buzamientos varían entre 55° y 70° N., y su disposición general está invertida, correspondiendo a pliegues rotos, levantados y colocados hacia el Sur por la tectónica hercínica (Comte, 1959).

La figura 2 es un dibujo esquemático de la margen izquierda del Torio. En ella se ven tres crestones salientes separados por dos zonas lisas de roca más suelta.

Los dos primeros crestones y la zona más lisa que los separa están formados por las capas de unas areniscas que hemos interpretado como parte de la formación de Oville (gres de Oville de Comte). Contienen cuarzo en granos de tamaño irregular, medio a fino, y su cemento es arcilloso, en tránsito a filita; en menor cantidad incluye mica, clorita y óxidos de Fe.

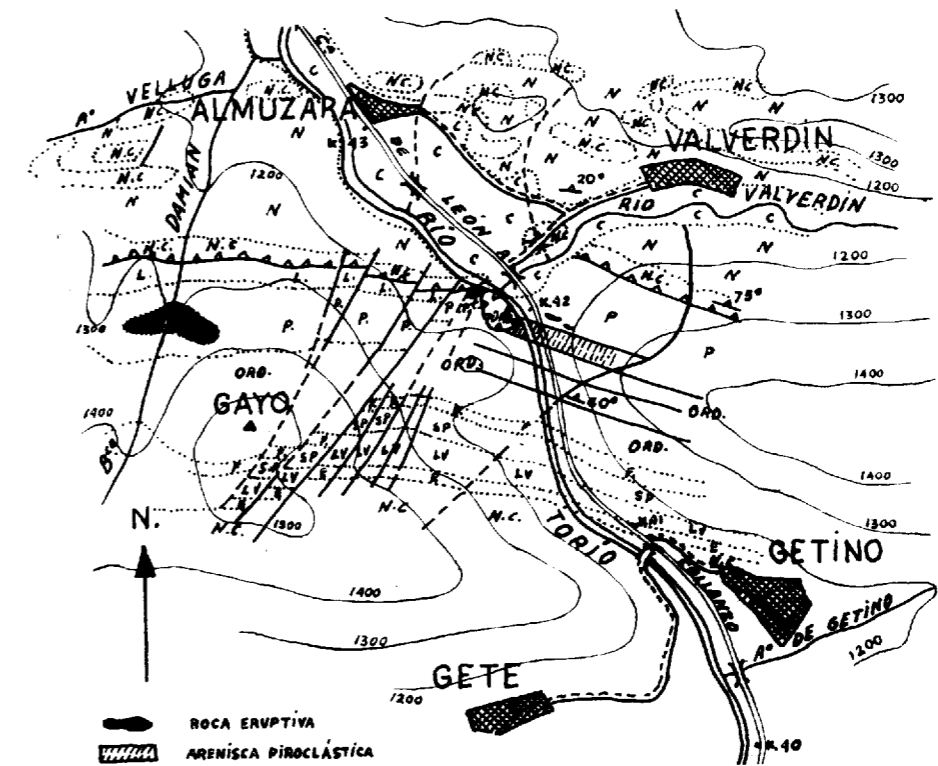


Fig. 1. Mapa estratigráfico de la zona, a escala 1:25.000; tomado de L. U. de Sitter (1963) y modificado. C. Cuaternario, aluviones.—N. Namuriense-Westfaliense (facies Culm).—N. C. Namuriense-Westfaliense, calizas masivas.—E. Arenisca de la Ermita, Famenienne.—L. V. Complejo de Lavid, Emsiemse.—S. P. Arenisca de San Pedro, Gedinnienne.—F. Pizarras de Formigoso, Gotlandiense.—ORD. Cuarcitas de Barrios, Ordoviciense. P. Areniscas de Oville, Postdamiense.—L. Calizas de Láncara, Georgiense.

En la base del primer crestón las areniscas son ocreamarillentas, deleznales y micáceas, y contienen, además de cuarzo y mica, fragmentos irregulares menudos de neises precámbricos, partículas de feldespatos (microclina, oligoclasa y algo de ortosa) y epidota, todo lo cual debe proceder también de los neises.

En algunas capas los óxidos de hierro forman pequeñas manchas rojizas sobre las superficies frescas.

Cerca del borde sur de esta primera zona lisa, entre los estratos de arenisca aparecen filoncillos de 4-10 cm. de una roca eruptiva muy alterada, pero en la que se reconoce un basalto normal.

El segundo crestón es más duro que el primero y está formado por 15 metros de areniscas de grano medio, con cemento arcilloso escaso, lo que da origen a una roca casi cuarcítica, que puede pertenecer ya a la formación siguiente: las cuarcitas de Barrios,

La segunda zona lisa, más blanda, de unos 100 metros de anchura, está formada por una arenisca piroclástica. En el contacto con las areniscas cuarcíticas duras del segundo crestón, donde surge una pequeña fuente, las capas de arenisca piroclástica están muy alteradas y teñidas de rojo, y contienen una proporción elevada de cenizas volcánicas.

Casi toda esta segunda zona lisa está formada por una arenisca de colores verdosos, bastante coherente y que, vista al microscopio, se parece a las areniscas de Oville, pero además de los componentes de aquéllas, está cargada de fragmentos de rocas efusivas, especialmente lavas. A veces los granos de lava, que en su mayor parte tienen estructura hialina vacuolar (de piedra pómez), son gruesos como avellanas y la arenisca toma la forma de un conglomerado o brecha pobre en cantos.

En toda esta formación hay partes en que la arenisca yace en capas de 5-40 cm. bien estratificada, y otras en que la estratificación no es clara

\* Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas. Madrid.

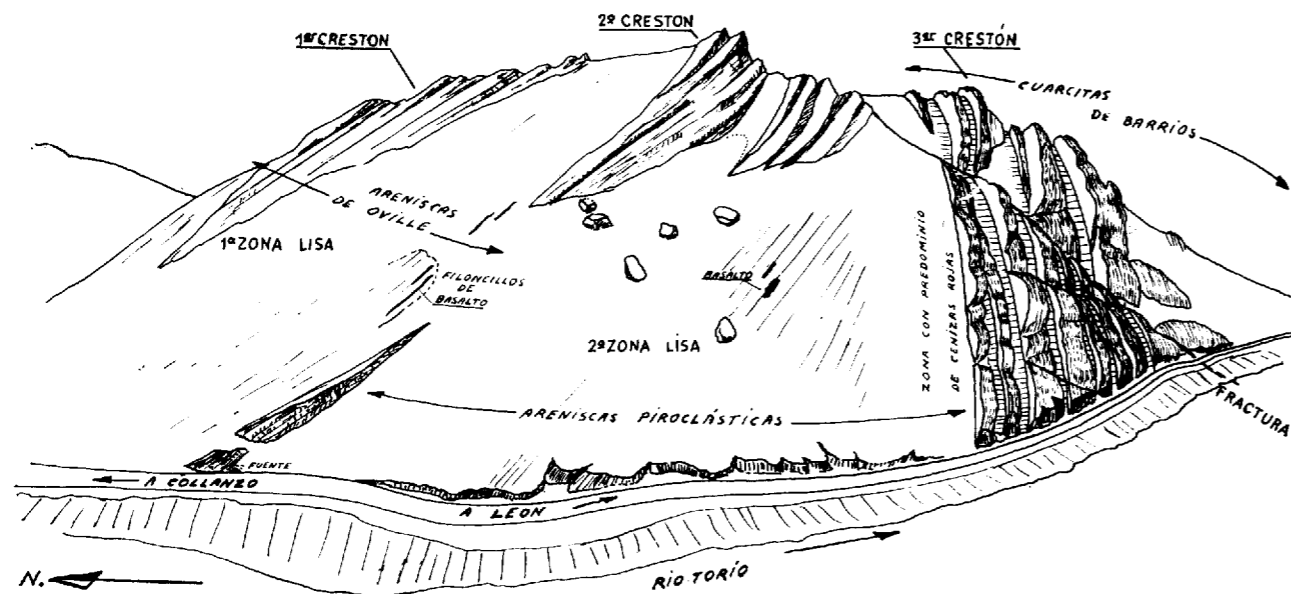


Fig. 2. Cerrada del Torio al N. de Get y Getino. Panorámica del lado izquierdo.

y los bancos resultan masivos y diaclasados. En algún punto se ven pequeñas masas de basalto.

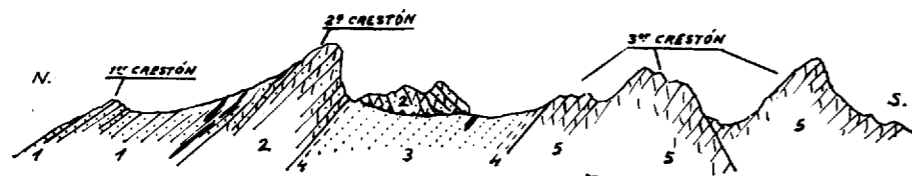
La parte final de esta zona, en contacto con el tercer crestón es aún más blanda que el resto, su color es rojo-castaño, con granos angulosos verdes y en algunos puntos da moderada efervescencia con el ClH, lo que indica una cierta proporción de carbonatos, acaso originados por la alteración de los minerales eruptivos. También su proporción de arcilla es elevada por alteración de cenizas volcánicas y ello le da una visible plasticidad.

En medio de esta segunda zona lisa aparece una loma de arenisca cuarcítica que litológicamente es idéntica a la del segundo crestón y que llega hasta el pie de éste. Es difícil ver su estratificación, pero el buzamiento parece inverso al de toda la zona,

por lo que resulta evidente que se trata de un bloque desplomado del segundo crestón, encima de las areniscas piroclásticas.

El tercer crestón está formado íntegramente por cuarcitas duras (que corresponden a las cuarcitas de Barrios) en bancos que varían desde 5 cm. hasta un metro, y con muchas superficies de fractura coincidentes con la estratificación, que dejan alternativamente levantados y hundidos los paquetes de bancos. Son cuarcitas blancas, formadas por un conjunto apretado de granos más o menos rodados de cuarzo de talla media y unidos por escaso cemento, también silíceo, lo que da a esta roca su gran dureza y compacidad.

La figura 3 es un corte estratigráfico de la sucesión acabada de describir.



- 1.- Arenisca de Oville.
- 2.- " cuarcítica (Oville?).
- 3.- " piroclástica.
- 4.- Zona rica en cenizas rojas.
- 5.- Cuarcitas de Barrios.
- Filoncillos de basalto.

Fig. 3. Corte estratigráfico de la ladera izquierda de la cerrada de Getino.

CARACTERES DE LAS ROCAS ERUPTIVAS Y PIROCLÁSTICAS

Según Comte (1959) es en la parte superior de la formación de Oville donde se intercala un filón-capa de roca eruptiva dolerítica de color verde oscuro y de hasta 20 metros de potencia.

Esta roca está en la margen derecha del río Torio, 200 metros antes de que entre en el encajonamiento de la cerrada. Este afloramiento queda limitado por un crestón de cuarcitas (de Barrios), el cual parece cortar el camino.

El basalto es castaño oscuro en superficie alterada, con aspecto granudo. En lámina transparente se ve su textura ofítica con fenocristales largos de labrador y otros redondeados de augita y oli-

vino. La augita está uralitizada y el olivino serpentinizado (dando serpentina, biotita, clorita, epidota y calcita). Acompañan como accesorios magnetita titanífera y apatito.

En puntos próximos los caracteres del basalto varían, y así puede tener la pasta de grano más fino, en cuyo caso se reconocen microlitos tabulares de plagioclasa (andesina).

En los pequeños afloramientos del lado izquierdo la textura varía y corresponde a la de un basalto normal, con fenocristales muy alargados de labrador y otros cortos de augita totalmente cloritizada. La pasta intergranular es de grano fino, con los microlitos tabulares de plagioclasa indistintamente orientados. Su yacimiento en capa delgada, debe haber facilitado la alteración, porque ésta es casi

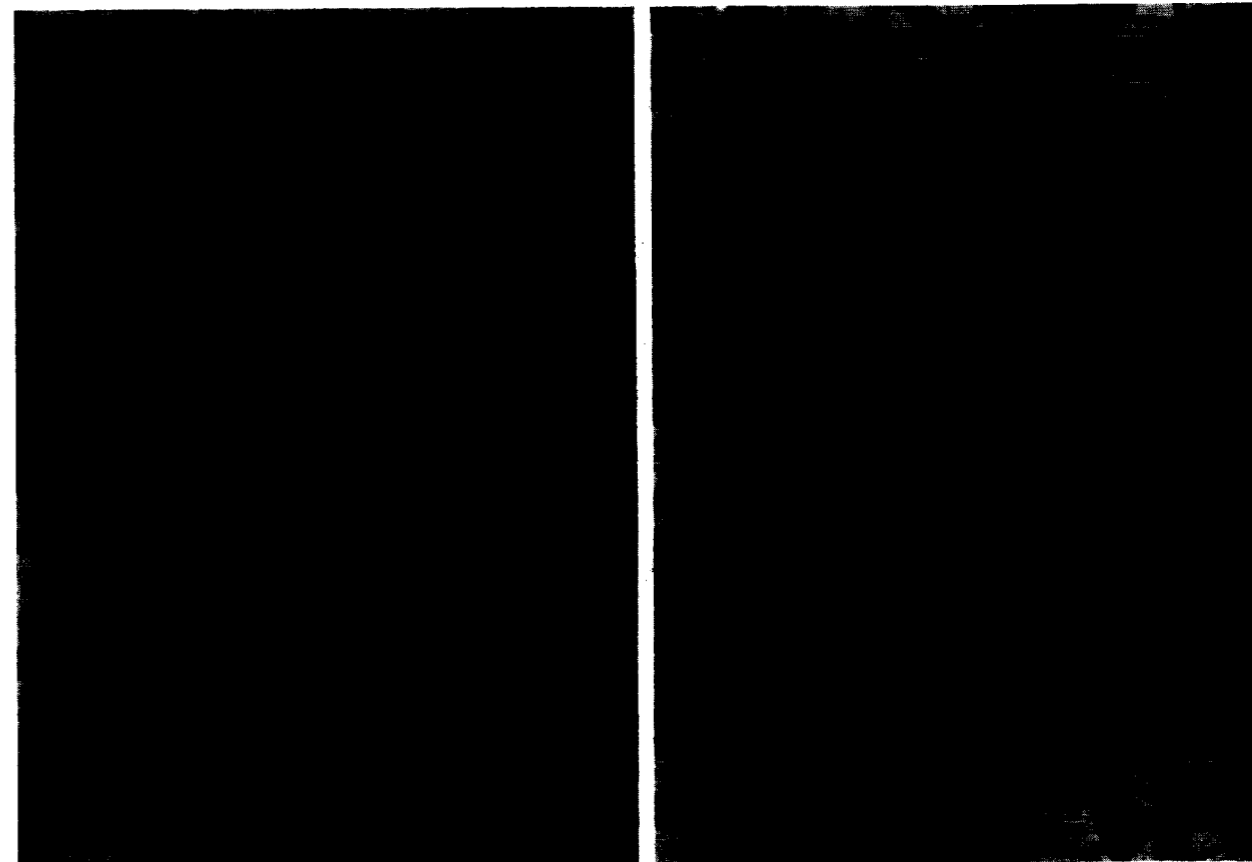
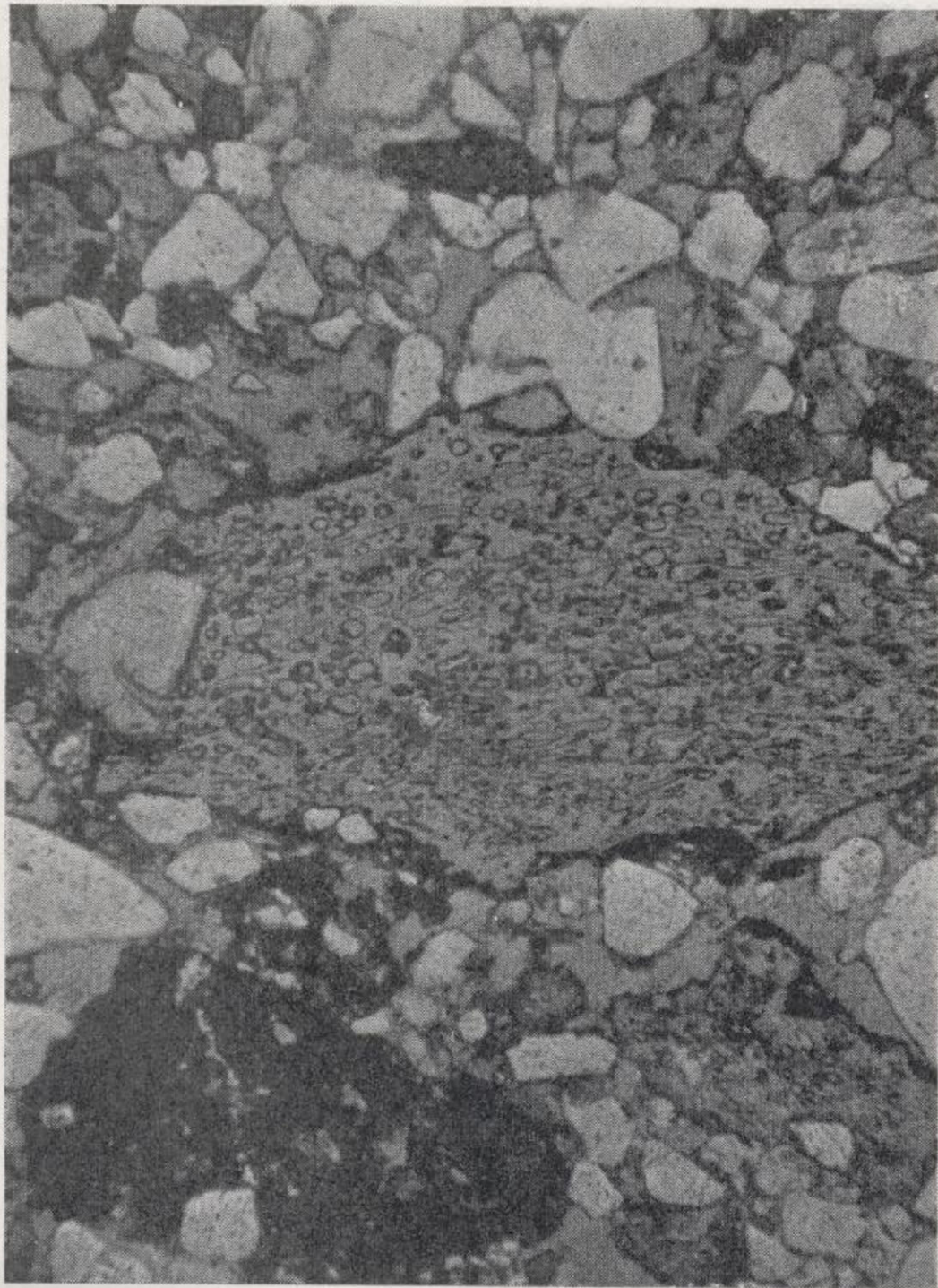
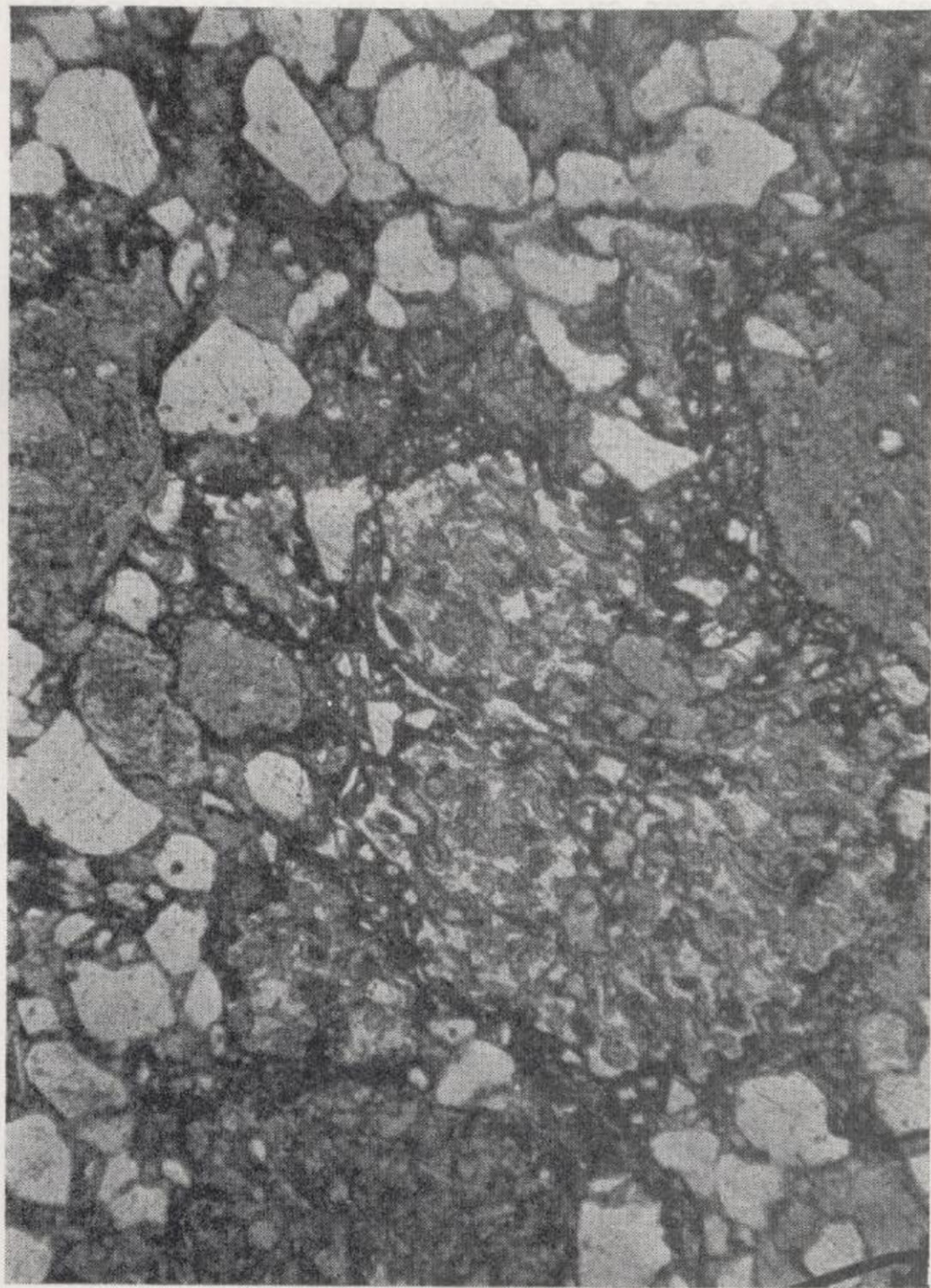


Fig. 4. Aspecto microscópico de las areniscas piroclásticas verdes, x 60. Los fragmentos eruptivos incluidos son de varios tipos: unos vitreos, hialino-vacuolares (tipo pómez), otros microlíticos con cuarzo formado en dos tiempos, plagioclasa, esfena, clorita y calcita y otros de basaltos, como los descritos anteriormente.

Fig. 5. Aspecto microscópico de las areniscas piroclásticas rojas, x 60. Se diferencian de las anteriores en que el cemento contiene mucha ceniza volcánica alterada, con aspecto arcilloso. La proporción de cuarzo sedimentario es la misma o algo menor y los granos de rocas eruptivas son de las mismas características.



*Fig. 4. Aspecto microscópico de las areniscas piroclásticas verdes,  $\times 60$ . Los fragmentos eruptivos incluidos son de varios tipos: unos vitreos, lialino-vacuolares (tipo pómez), otros microlíticos con cuarzo formado en dos tiempos, plagioclasa, esfena, clorita y calcita y otros de basaltos, como los descritos anteriormente.*



*Fig. 5. Aspecto microscópico de las areniscas piroclásticas rojas,  $\times 60$ . Se diferencian de las anteriores en que el cemento contiene mucha ceniza volcánica alterada, con aspecto arcilloso. La proporción de cuarzo sedimentario es la misma o algo menor y los granos de rocas eruptivas son de las mismas características.*

total, con la augita totalmente sustituida por cloritas, carbonatos y esfenas.

En las areniscas piroclásticas hemos hablado de dos tipos de rocas. Una, de color verde, dura, cuyo aspecto microscópico (fig. 4) recuerda mucho a las areniscas de Oville, pero incluyendo, junto con los elementos de éstas, granos de rocas eruptivas diversas.

Otras, son de color rojo-castaño, muy blandas y con granos verdes. Su aspecto microscópico es muy parecido al de las areniscas verdes (fig. 5).

#### EDAD DE LA ERUPCIÓN

En el afloramiento importante de basalto en la margen derecha del Torío, 200 metros antes de la cerrada, a la masa eruptiva siguen unas capas de arenisca cuarcítica y luego un microconglomerado, en el que se ven casi exclusivamente los elementos eruptivos junto con escaso cuarzo. Siguiendo la serie, a 25 metros, aparecen las cuarcitas puras de Barrios.

La edad de esta erupción puede ser cualquiera pre-Estefaniense (las capas de basalto están afectadas por la misma tectónica hercínica que el resto de la serie stratigráfica), pero la presencia de elementos piroclásticos en la base de las cuarcitas de Barrios, señala que hubo una erupción hacia principios del Ordoviciense, a menos que se tratara de dos procesos eruptivos diferentes en un mismo punto. No hay seguridad de si los elementos eruptivos de las areniscas son del mismo magma que el basalto. Comte (1959) dice que parecen algo más ácidas las lavas vítreas (sin duda por su parecido

con un pómez), pero no se ven minerales que lo indiquen claramente.

Según hemos dicho en la descripción de la ladera izquierda de la cerrada, tras unas capas de arenisca cuarcítica (segundo crestón) que lo mismo pueden pertenecer todavía al final de la formación de Oville, que al principio de la de Barrios, aparecen las areniscas piroclásticas verdosas y rojizas con granos de rocas basálticas, cenizas y lavas vítreas vacuolares.

La disposición del basalto en filón capa dentro del gres de Oville indica que la erupción volcánica ocurrió después del depósito del Postdamiense o en su final y la presencia de areniscas piroclásticas bajo las cuarcitas de Barrios demuestra que la sedimentación de los elementos volcánicos (cenizas, granos y cantos) ocurrió antes del ordoviciense o en su principio. Queda así fijada la edad de la erupción en el tránsito Postdamiense-Ordoviciense.

#### BIBLIOGRAFÍA

COMTE, P., 1959. *Recherches sur les terrains anciens de la Cordillère Cantabrique*, «Mem. Inst. Geol. y Min. de España», 60.

SITTER, L. U. de, 1963. *The structure of the southern slope of the Cantabrian Mountains*, «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», LXXIV.

Instituto Geográfico Catastral, «Hoja 103 del Mapa topográfico Nacional a escala 1 : 50.000».

Recibido 3-X-66

# INFORMACION

## Noticias

### REUNIONES CIENTIFICAS

ASOCIACION INTERNACIONAL DE VULCANOLOGIA Y DE LA QUIMICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA (A. I. V. C. I. T.)

En la Reunión de la Asociación Internacional de Vulcanología, celebrada con ocasión de la XIV Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, se tomó el acuerdo de organizar la Asociación en los siguientes grupos: 1.º Geofísica de los Volcanes, 2.º Isótopos radiogénicos y sus aplicaciones geofísicas, 3.º Mapa mundial de los volcanes postmiocenos, 4.º Generación de los magmas, 5.º Vulcanismo submarino, 6.º Estudio vulcanológico del Atlántico Central.

ASOCIACION INTERNACIONAL DE HIDROLOGIA CIENTIFICA (A. I. H. S.)

Con ocasión de la XIV Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica se tomaron, en la Asociación Internacional de Hidrología Científica, los siguientes acuerdos:

Creación de una Comisión de Geoquímica Hidráulica.

Creación de una Comisión de Modelos Hidráulicos y Empleo de Calculadores Electrónicos en el manejo de datos e investigación hidráulica.

Creación de una Comisión para el empleo de los satélites, en la determinación de la extensión de nieve y hielos, de extensión de capas de agua de zonas pantanosas y lacustres, y delimitación de aguas dulces y saladas, mediante fotografía infrarroja.

Síntesis de métodos de evaluación cuantitativa de cuencas y morfología fluviales, considerando que la circulación hidrográfica es única en las redes superficial y subterránea, dado que las aguas pasan de una a otra y recíprocamente.

Impulsar la redacción y edición de mapas hidrogeológicos.

Activar los trabajos y las obras de realimentación de capas subterráneas.

Investigación de métodos para evitar la intrusión de aguas saladas, especialmente del mar, en las capas de aguas dulces.

Estudiar los problemas mundiales que plantea el agotamiento de las aguas subterráneas.

Investigación de métodos para facilitar la ascensión del agua desde las grandes profundidades y utilización de su potencial energético de origen térmico

Investigación de zonas cársticas y de regiones áridas, para la mejor utilización de sus recursos hidráulicos.

Estudio de la utilización integral de los recursos hidráulicos, mediante la regularización de las aguas superficiales con lagos y embalses, y la complementaria de las aguas subterráneas, realimentando estas últimas con embalses permeables, empleando para esto las aguas que no puedan almacenar los primeros.

Estudio de la posibilidad de obtener agua por condensación de la humedad atmosférica.

Estudio de la utilización de recursos hidráulicos procedentes de nieves y glaciares, y técnicas para lograrla.

Organización de un Symposium sobre la Investigación Glaciológica antártica.

Redacción de un Manual de utilización y desarrollo de los recursos hidráulicos.

ASOCIACION INTERNACIONAL DE GEOMAGNETISMO Y DE AERONOMIA (A. I. G. A.)

Las recomendaciones en el campo de geomagnetismo y de aeronomía de la IV Asamblea General de Geodesia y Geofísica que afectan a España son:

Considerando el gran interés que tiene para los estudios

geomagnéticos los datos procedentes de los Observatorios Magnéticos y la gran ventaja que sería la presentación de esos datos bajo una forma que pueda ser utilizada directamente por un ordenador, recomienda que los Observatorios Magnéticos sean modernizados todo lo posible, y que sus datos se registren en forma digital.

Considerando que todos los datos relativos a levantamientos magnéticos tienen un gran valor, tanto para el trazado de mapas magnéticos mundiales como para mapas regionales y locales, y que los Organismos citados a continuación establecen mapas magnéticos mundiales en el campo de su actividad habitual: 1. Real Observatorio de Greenwich, 2. U. S. C. G. S, 3. Izmiran, URSS, pide la A. I. G. A. a todos los Organismos que durante estos últimos años hayan llevado a cabo levantamientos magnéticos, o que piensen hacer tales levantamientos en el futuro, que envíen los datos correspondientes a uno o varios Centros Mundiales y/o a uno o varios de los tres Organismos anteriormente citados. Si los datos se presentan en forma de mapas magnéticos, se aconseja que añadan los datos digitales de los levantamientos si disponen de ellos.

Vistos los progresos obtenidos recientemente en la interpretación de las anomalías del campo geomagnético por los movimientos de la corteza y las inversiones del campo principal, y reconociendo las grandes facilidades ofrecidas en numerosos países para la recopilación de datos relativos al levantamiento magnético mundial, recomienda que siempre que sea posible se orienten todos los esfuerzos de los organismos nacionales hacia la realización de levantamientos magnéticos en las zonas (en particular en las zonas oceánicas), que presenten un interés geofísico. Estas zonas deberán ser escogidas por geofísicos, con experiencia en la interpretación de anomalías.

Con el fin de lograr un conocimiento mejor de las variaciones seculares en las zonas de los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico, la A. I. G. A. aconseja a los organismos competentes la continuación y extensión de sus esfuerzos hacia la determinación de estas variaciones seculares en las estaciones de repetición y en los observatorios insulares.

Dada la necesidad creciente de datos magnéticos en forma que puedan ser utilizados directamente por un ordenador, se aconseja el establecimiento de varios Centros Mundiales de datos digitales para geomagnetismo (EE. UU., URSS, R. U., Japón). Estos Centros estarán encargados de recibir, catalogar y clasificar los datos magnéticos. Estos datos se suministrarán en forma normalizada cuando lo soliciten las instituciones competentes, siguiendo las disposiciones apropiadas. Se invita a los centros mundiales a realizar otras funciones atendiendo la petición de los usuarios y sus propias posibilidades. Sería aconsejable la preparación de un manual de operación para los WDDC.

Dada la gran importancia de las observaciones de micropulsaciones para el estudio del comportamiento de la magnetosfera, se considera conveniente que el registro de las micropulsaciones sea una de las tareas importantes de los observatorios geomagnéticos permanentes.

Considerando la propuesta del Grupo de Trabajo de los Índices magnéticos de la Comisión «de Actividad Magnética y Perturbaciones», relativa a la eliminación de los efectos de las erupciones solares en el cálculo del índice Kp, se aprueba el principio según el cual, a partir de 1.º de enero de 1968, debe ser calculado un índice Kp' partiendo del índice K', y será publicado como suplemento del índice Kp.

Considerada la propuesta relativa a una caracterización de la actividad magnética en cada hemisferio a escala mundial por nuevos índices Kn, Ks y Km, recomienda la A. I. G. A. se empiece la determinación de estos nuevos índices a título de ensayo partiendo de los datos de 1.º de enero de 1964, y ruega insistentemente a los observatorios a quienes sean solicitados los índices K que presten su colaboración.

El Comité mixto A. I. G. A.-A. I. M. P. A., sobre efectos lunares, consideró la falta de significado estadístico actual de los estudios de la influencia lunar sobre fenómenos atmosféricos, aeronómicos y geomagnéticos, y teniendo en cuenta que se dispone de una gran cantidad de antiguas observaciones en este campo de la investigación para una mejora de los resultados correspondientes, recomienda que sean consideradas todas las medidas apropiadas con el fin de presentárselas bajo una forma que puedan ser calculados los datos de forma digital, tanto los antiguos como los actuales relativos a parámetros atmosféricos, aeronómicos y geomagnéticos en forma tal que permitan todo intercambio de datos así transcritos y la integración de estos últimos en todo el programa mundial relativo a análisis lunares con ordenadores.

La U. G. G. I. consideró las recomendaciones del «Geophysics Research Board de la U. S. National Academy of Sciences», transmitidas por el Dr. Pushkow, y la intención de algunas Comisiones de la A. I. G. A. de participar en la redacción y en la realización de programas internacionales de colaboración en el dominio de la física de las relaciones Sol-Tierra, y prestar su ayuda al establecimiento de un programa de colaboración internacional para los «Años de Sol Activo» que debería organizarse bajo la dirección general de la «Comisión Inter-Unión de la Física de las relaciones Sol-Tierra».

La U. G. G. I. pide, insistentemente, que esta Comisión actualice un programa provisional para los «Años de Sol Activo» lo más rápidamente posible, y ofrece la colaboración de las Asociaciones interesadas en lo que concierne a la preparación del programa. Reconoce que es necesario que esta Comisión convoque una reunión general en fecha próxima con el fin de facilitar los grupos de trabajo correspondientes y precisar los detalles de los proyectos relativos a los «Años de Sol Activo».

Dada la dificultad material y económica que lleva consigo el establecimiento de un buen laboratorio de arqueomagnetismo, recomienda la A. I. G. A. que los Organismos que estén bien dotados faciliten las medidas de las muestras arqueomagnéticas extraídas en países en que no existen aún tales posibilidades, y que participen en la enseñanza de las técnicas de extracción y de medidas.

#### ASOCIACION INTERNACIONAL DE SISMOLOGIA Y FISICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA (A. I. S. F. I. T.)

Resumen de las recomendaciones de la XIV Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, celebrada en 1967.

Mayor apoyo económico para los trabajos en curso y futuros, para el Grupo europeo de perfiles sísmicos.

Mayor apoyo económico para continuar, principalmente, la publicación del I. S. S. (Internacional Seismological Summary).

Celebrar una Reunión especial dedicada al estudio de microseísmos, en la que intervengan sismólogos, meteorólogos, oceanógrafos, etc. Se acuerda, en principio, que se celebre un simposio con ocasión de la Asamblea de Madrid, pero sin financiación especial alguna.

Ayuda económica para mantener el Centro Regional de Lima. La resolución tiene dos partes: una, dirigida a los Gobiernos de los países hispanoamericanos afectados por el Centro, y otra, a la Unión y a la UNESCO, con el mismo fin.

Ayuda para el proyecto VELA y, especialmente, para la U. S. C. G. S.

Creación de un Grupo de Trabajo en el que intervengan científicos de otras Asociaciones que acometan el estudio detallado de la región de Anatolia, desde el punto de vista sismotectónico.

Creación de un Grupo de Trabajo conjunto integrado por miembros de la Asociación Internacional de Sismología y de la Asociación Internacional de Ingeniería sismorresistente.

Continuación por un año de los trabajos del I. S. C. (International Seismological Center) de Edimburgo.

Creación de ayuda económica para la instalación de observatorios sísmológicos en Anatolia.

Continuación de los trabajos en diversas regiones europeas; entre ellas, la región suroriental.

Estudio de la sismicidad regional en la Europa Central y realizar un trabajo minucioso sobre velocidades de las zonas en la citada zona.

#### ASOCIACION INTERNACIONAL DE GEODESIA (A. I. G.)

En la Reunión tenida por la Asociación Internacional de Geodesia, con motivo de la XIV Asamblea Internacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, se acordaron para el próximo periodo la celebración de las siguientes reuniones científicas:

*Sección 1.ª.*—Geodesia Geométrica.

— Cálculos geodésicos en Sofía en 1969.—Medición electrónica de distancias y problemas de la refracción.—Geodesia en el mar.—Compensación europea.

*Sección 2.ª.*—Nivelaciones y movimientos de la corteza terrestre.

— Movimientos recientes de la corteza terrestre en Leningrado en 1968.—Movimientos relativos tierra-mar.

*Sección 3.ª.*—Geodesia Astronómica y por Satélites.

— Reducción de placas fotográficas (COSPAR-UIGG) 1968.—Geodesia por satélites 1969 y 1971.—Geodesia por satélites-Subcomisión Europa O 1969.—Geodesia por satélites-Subcomisión Europa E 1970.—Dinámica de Satélites.

*Sección 4.ª.*—Mediciones gravimétricas.

— Comisión gravimétrica internacional en París en 1969.

*Sección 5.ª.*—Geodesia física.

— Conferencias de cinco Grupos de estudios en Praga en 1969.—Mareas terrestres en Estrasburgo en 1969.—Geodesia matemática.

No está fijada fecha ni lugar para la próxima reunión plenaria de la AIG, aun cuando se señaló como probable su celebración en Moscú por indicación del Vicepresidente, profesor Boulanger, o bien en Italia como posible alternativa.

#### ASOCIACION INTERNACIONAL DE GEODESIA (A. I. G.)

Resumen de las recomendaciones de la XIV Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, que pueden afectar a los trabajos geodésicos que se realizan en España.

*Sección 1.ª.*—Geodesia geométrica.

— Utilizar mediciones electro-magnéticas de distancias para el refuerzo de las Redes fundamentales.—Realizar la compensación de la Red Fundamental en sus dos fases (geométrica libre e introduciendo lados y puntos de Laplace).

*Sección 2.ª.*—Nivelaciones y movimientos de la Corteza Terrestre.

— Utilizar la época 1,950,5 para la reducción de observaciones mareográficas en la determinación del Nivel Medio de los Mares (NMM) y sus variaciones seculares.—Analizar los datos disponibles sobre el NMM para dar un índice de precisión del mismo.—Estudiar los posibles movimientos seculares en la corteza partiendo del análisis de series largas de observaciones mareográficas y de líneas de nivelación de precisión alta, que hayan sido vueltas a observar.—Revisar periódicamente las instalaciones de mareógrafos comprobando su enlace con la Red de N. A. P. y el registro correcto durante un ciclo completo de mareas vivas.—Volver a observar las líneas N. A. P. que cuenten más de veinticinco años de antigüedad.—Compensar conjuntamente las Redes N. A. P. de España y Portugal.

- Sección 3.<sup>a</sup>.—Geolesia Astronómica y por Satélites.  
 -- Densificar puntos de Laplace completando los carentes de observación de longitud y acimut.  
 Sección 4.<sup>a</sup>.—Mediciones gravimétricas.  
 — Establecer bases para la calibración de los gravímetros.  
 Sección 5.<sup>a</sup>.—Física Geodésica.  
 — Contribuir a la formación del Mapa Mundial de altitudes y depresiones medias en zonas de 5' x 5'.

#### TERCER CURSO INTERNACIONAL POST-UNIVERSITARIO DE HIDROLOGIA

El Instituto de Hidrología de la Universidad de Padua, organiza para el año 1968, con los auspicios del Consejo Nacional de Investigaciones, del Ministerio de Asuntos Exteriores y de la UNESCO, el Tercer Curso Internacional Post-Universitarios de Hidrología.

Tendrá de duración este tercer Curso, del 25 de enero al 10 de julio de 1968, y las lecciones están agrupadas en los 10 capítulos siguientes:

Estadística y cálculo de probabilidades.—Hidráulica de las corrientes en superficie libre.—Hidrometeorología.—Hidrología de las aguas superficiales.—Hidrología de las aguas subterráneas.—Hidrometría.—Hidráulica fluvial.—Modelos hidráulicos, matemáticos y analógicos.—Utilización de las reservas de agua.—Cultura general.

#### CURSO DE INGENIERIA SISMICA

El Instituto Politécnico de Milán, con la colaboración del Instituto Experimental de Bérgamo (patrocinado por la UNESCO), han organizado un curso de Ingeniería Sísmica para postgraduados del 17 de enero al 15 de julio de 1968, con el temario siguiente:

1) Cálculo matemático.—Dinámica estructural.—Geología elemental y Sismografía.—Teoría de probabilidades y estadística.—Cálculo electrónico.

2) Teoría de la ingeniería sísmica.—Métodos técnicos y experimentales.—Proyectos de estructuras.

#### IV CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA SISMICA

En Santiago de Chile, la semana del 13 al 20 de enero de 1969, se celebrará el IV Congreso Internacional de Ingeniería Sísmica con el temario siguiente:

1. Observaciones de terrenos recientes. Sísmicidad y movimiento.—2. Respuesta de las estructuras.—3. Suelos y estructuras de los materiales sueltos.—4. Interacción entre la estructura, el cimiento y el terreno.—5. Criterio en los proyectos.—6. Programas de investigación.—7. Elementos y materiales de construcción.—8. Proyecto de edificios pequeños.—9. Proyecto de edificios grandes.—10. Proyecto de estructuras varias.—11. Normas de la construcción.—12. Reparación de estructuras dañadas.

#### SIMPOSIOS GEOGRAFICOS A CELEBRAR EN LA INDIA

Con ocasión del XXI Congreso Geográfico Internacional, se han organizado durante los meses de noviembre y diciembre de 1968, los simposios siguientes:

1. Geomorfología de alta montaña. Simla, 23 a 29 de noviembre.
3. Fenómenos glaciares y periglaciares. Darjeeling.
4. Climas de países tropicales y su clasificación. Poona, 26 a 29 de noviembre.
5. Inundaciones, control de avenidas y corrientes de marea en ríos y estuarios. Howrah, 26 a 29 de noviembre.
6. Geografía física del Himalaya oriental y meseta de Meghalaya. Gauhati y Shillong, 22 a 29 de noviembre.
8. Utilización del Suelo en países en desarrollo. Aligarh, 22 a 29 de noviembre.
9. Geografía de regadíos. Chandigarh, 24 a 29 de noviembre.
11. Industrialización en países en desarrollo. Patria, 25 a 29 de noviembre.
12. Transporte y mercados en países en desarrollo. Udairpur, 26 a 29 de noviembre.
13. Evolución del paisaje rural. Gyanpur, 26 a 29 de noviembre.
14. Habitat rural. Baroda, 26 a 29 de noviembre.
15. Geografía urbana. Varanasi, 22 a 29 de noviembre.
18. Planificación regional. Delhi, 22 a 26 de noviembre.
20. Tipología agrícola y problemas de alimentación en países en desarrollo. Hisar, 27 a 30 de noviembre.
21. Geografía de la población. New Delhi, 27 a 30 de noviembre.
23. Zonas áridas. Jodhpur, 22 a 29 de noviembre.
24. Economía forestal. Naini Tal, 19 a 21 de noviembre.
25. Superficies de erosión. Ranchi, 10 a 13 de diciembre.
26. Geomorfología del Deccan basáltico. Sagar, 10 a 13 de diciembre.
27. Enseñanza de la Geografía. Madrás, 9 a 12 de diciembre.
27. Enseñanza de la Geografía. Madras, 9 a 12 de diciembre.
28. Geografía de la energía hidráulica y térmica en países en desarrollo. Calcuta, 26 a 29 de noviembre.
29. Zoogeografía. Calcuta, 9 a 12 de diciembre.
33. Evolución geomorfológica en la península india. Bangalore, 10 a 12 de diciembre.
34. Cartografía de la vegetación y geografía botánica. Pondichery, 15 a 18 de diciembre.
35. Métodos cuantitativos en Geografía. Mysore, 10 a 12 de diciembre.
36. Regiones tropicales húmedas. Calcuta, 9 a 13 de diciembre.
37. Geografía política y comprensión internacional. Nagpur, 9 a 12 de diciembre.

38. Problemas de crecimiento urbano y planificación en países en desarrollo. Calcuta, 9 a 13 de diciembre.
40. Cartografía (Conferencia Técnica de la ACI). Delhi, 9 a 14 de diciembre.
41. Utilización del suelo en ciudades. Hyderabad, 9 a 13 de diciembre.
42. Climas urbanos. Nueva Delhi, 9 a 14 de diciembre.

## Estadística y Economía

### ECONOMIA

#### FABRICA DE ABONOS MEJICANA

El Banco de Exportación ha aprobado un préstamo por 19 millones de dólares, en favor de Fertilizantes Fosfatados Mexicanos, S. A. de C. V., para producir y vender ácido fosfórico y superfosfato triple. Los mercados principales serán países menos desarrollados. La planta en construcción costará alrededor de 66 millones de dólares, incluyendo los costos locales. La capacidad total será alcanzada en 1971 con una producción diaria de 700 toneladas (en contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) de superfosfato triple y 1,245 toneladas de ácido fosfórico.

El mineral será importado de productores en la Florida y Carolina del Norte bajo contratos a largo plazo.

La nueva planta estará situada en la costa meridional de la Bahía de Campeche y dispondrá de un puerto de aguas profundas que está en vías de mejora por el Gobierno mejicano.

#### PETROLEO Y GASOLINA A PARTIR DEL CARBON

La obtención de petróleo y gasolina a partir del carbón, que hoy sólo en Sudáfrica es una realidad comercial, está despertando un creciente interés por parte de la industria americana. En una reciente reunión se delineaba la posibilidad económica del proceso llamado «H-coal», con la utilización de la hidrogenación catalítica del carbón pulverizado fluyente en un cieno de carbón-petróleo, a través de un reactor de lecho hirviente. El cieno contiene el catalizador, hidrógeno gaseoso, varios productos de la fase de vapor, así como el carbón y el petróleo recirculado. Creen los ingenieros que el carbón bituminoso de Illinois podría ser la base para una importante refinería. Se proyecta construir una planta piloto que entraría en funciones por un plazo de dos años.

#### EL COMERCIO MUNDIAL DEL ACERO

De los 62 millones de toneladas de acero que cambiaron de mano el año pasado en transacciones mundiales, los Es-

tados Unidos absorbieron casi el 18 por 100. Durante el primer trimestre de 1967, la participación de Estados Unidos en la exportación mundial del acero se redujo a menos del 3 por 100, mientras las importaciones aumentaron en un 21 por 100 en comparación con igual periodo del año pasado. Las cifras muestran un firme aumento de las importaciones de acero por los Estados Unidos. En enero, la cifra llegó a 2,522 toneladas diarias; en febrero fue de 2,655 toneladas; y en marzo de 2,835 toneladas.

Las exportaciones japonesas de acero registraron un aumento. Durante la segunda mitad del año fiscal de ese país, los cinco principales fabricantes japoneses de acero realizaron ventas por un total de 2,100 millones de dólares, representando un aumento de 19,7 por 100. La exportación fue el 20,2 por 100 del total de las ventas.

#### EL GAS NATURAL LICUADO

##### ARGELIA

En las instalaciones argelinas se extrae el gas de Hassi R'Mel en el Sahara, se transporta por gasoducto hasta Arzew en el Mediterráneo, donde es licuado y, por medio de meta-neros, se lleva hasta Canvey Island, a 65 kilómetros de Londres, en donde se regasifica y se distribuye a las Juntas locales del Reino Unido. Durante los dieciocho primeros meses de explotación se recibieron en el Reino Unido 1.100 millones de metros cúbicos de gas natural, lo que representa un 10 por 100 del consumo de Inglaterra.

El gas argelino consumido por Francia es, aproximadamente, una tercera parte del consumo del Reino Unido, cantidad que será aumentada como consecuencia de un acuerdo suscrito en el mes de junio de 1967, entre franceses y argelinos.

Según «The Oil and Gas Journal», la llegada de los primeros suministros a Marsella están previstos para el año 1968; al principio el gas procederá de la planta de Arzew, sin embargo, los argelinos proyectan ampliar Arzew así como construir una nueva planta de aproximadamente 5.000 millones de metros cúbicos por año en Skikda, también en el Mediterráneo, para lo cual se está proyectando un gasoducto desde Hassi R'Mel a Skikda. La planta de licuación será financiada por Francia y comenzará su producción por etapas, alcanzando su nivel de régimen en 1971.

## LIBIA

Se proyecta la venta de aproximadamente 3.000 millones de metros cúbicos de gas natural a Italia (2/3) y España (1/3). Los campos petrolíferos se hallan en Zelten y Raguba en el desierto de Libia. De ahí se transporta a Marsa el

Brega, donde es licuado, y por medio de cuatro metaneros de 40.000 metros cúbicos de capacidad será transportado a Barcelona (España) y La Spezia (Italia). La totalidad del proyecto representa una inversión de aproximadamente 18.000 millones de pesetas, y estará concluido a finales de 1968.

## COTIZACIONES

## COTIZACIONES DE METALES

| M A T E R I A S  | 5-12-64                              | 15-12-66                            | 28-6-67  | 28-9-67  | 2-11-67  |
|--|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| <b>ZINC</b>  |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (centavos por libra)...                           | 14,50                                | 14,50                               | 14,35-14,60  | 14,35  | 14,35  |
| Londres (£ por Tm.).....                                     | 130 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -131 | 104-105                             | 98 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -98 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> | 96 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -97                               | 96 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -96 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> |
| <b>ALUMINIO</b>  |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (centavos por libra)...                           | 24,50                                | 24,50                               | 25,—   | 26,50  | 25,—   |
| Londres (£ por Tm.).....                                     | 196,—                                | 192,—                               | 196,—  | 196,—  | 196,—  |
| <b>MERCURIO</b>  |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....            | 480-500                              | 495-510                             | 490-500  | 495-505  | 500-505  |
| Londres (£ el frasco de 34,5 kg.)                            | 140,—                                | 185-210                             | 177,—  | 180,—  | 180,—  |
| <b>WOLFRAMIO</b>   |                                      |                                     |  |  |  |
| Londres (chelines por Tm.).....                              | 169-174                              | 310-325                             | 367/6-377/6  | 346/6-352/6  | 352/6-362/6  |
| <b>PETROLEO</b>  |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (£ por barril).<br>East Texas, crudo, en pozo.... | 3-3,10                               | 3,10                                | 3,10   | 3,20   | 3,20   |
| <b>ESTAÑO</b>  |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (centavos por libra) ..                           | 171,—                                | 154,—                               | 155,—  | 151,—  | 155,50   |
| <b>COBRE</b>   |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (centavos por libra).<br>Electrolítico.....       | 64,50                                | 36-38                               | 38-38,25   | 38-38,25   | 38-38,25   |
| Londres (£ por Tm.).....                                     | 502-510                              | 426-426 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 358-358 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>                            | 397 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -398 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 483-484  |
| <b>PLOMO</b>   |                                      |                                     |  |  |  |
| Nueva York (dólares por libra)....                           | 15,—                                 | 11,30                               | 11,30  | 11,30  | 11,30  |
| Londres (£ por Tm.).....                                     | 141-142                              | 81-81 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>   | 82 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -82 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> | 82-82 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>                                | 82 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -82 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> |

## ALASKA

El tercero de los proyectos internacionales de gas natural licuado corresponde a Alaska. El gas natural procedente de North Cook Inlet y Kenai se llevará a la planta de licuación que se construirá cerca de Kenai, y tendrá una producción de 1.400 millones de metros cúbicos por año. El transporte del gas en forma líquida al Japón se efectuará en dos meta-

neros de 70.000 metros cúbicos de capacidad especialmente diseñados. La recepción se realizará junto a la planta de regasificación en Yokohama a cargo de la Tokio Gas Negishi. El 75 por 100 del gas natural será adquirido por la Tokio Electric Power Co. como combustible para la producción de energía eléctrica y el resto será distribuido por Tokio Gas Negishi para consumo industrial y doméstico.

## Información legislativa

## PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

| B. O. N.º | PÁGINA | FECHA    | MINISTERIO | A S U N T O  |
|-----------|--------|----------|------------|--|
| 247       | 14100  | 16-X-67  | Ind.       | Resolución del Distrito Minero de Zaragoza por la que se hace público que han sido caducadas las concesiones de explotación minera que se citan.   |
| 249       | 14254  | 18-X-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Ciudad Real, Madrid, Oviedo y Teruel por las que se hace público que han sido declarados cancelados los permisos de investigación que se indican.                                       |
| 249       | 14254  | 18-X-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Oviedo y Salamanca por las que se hace público haber sido otorgadas y tituladas las concesiones de explotación que se indican.  |
| 262       | 15029  | 2-XI-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Barcelona, La Coruña, Granada, Madrid, Oviedo, Salamanca, Teruel y Valencia por las que se hace público que han sido declarados caducados los permisos de investigación que se indican. |
| 262       | 15100  | 2-XI-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Córdoba y Palencia por las que se hace público que han sido otorgados los permisos de investigación que se indican.   |
| 274       | 15852  | 16-XI-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Barcelona, Ciudad Real, Guipúzcoa, León y Santander por las que se hace público que han sido declarados caducados los permisos de investigación que se indican.                         |
| 276       | 15991  | 18-XI-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Badajoz y Valencia por las que se hace público que han sido declarados cancelados los permisos de investigación que se indican.   |
| 277       | 16080  | 20-XI-67 | Ind.       | Resolución del Distrito Minero de Badajoz por la que se hace público que ha sido caducada la concesión de explotación minera que se cita.  |
| 277       | 16081  | 20-XI-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Oviedo y Salamanca por las que se hace público haber sido cancelados los permisos de investigación que se indican.  |
| 278       | 16154  | 21-XI-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Badajoz y Madrid por las que se hace público haber sido otorgadas las concesiones de explotación minera que se mencionan.   |
| 278       | 16154  | 21-XI-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Córdoba y Sevilla por las que se hace público haber sido otorgados los permisos de investigación que se mencionan.  |
| 278       | 16154  | 21-XI-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Córdoba, La Coruña, Madrid y Valencia por las que se hace público que han sido otorgados los permisos de investigación que se indican.  |

| B. O. N.º | PÁGINA | FECHA     | MINISTERIO | A S U N T O   |
|-----------|--------|-----------|------------|---|
| 290       | 16901  | 5 XII-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Badajoz, Córdoba, Huelva, León y Teruel por las que se hace público que han sido declarados caducados los permisos de investigación que se indican.                                |
| 290       | 16902  | 5 XII-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Guipúzcoa, Jaén, León, Madrid, Palencia y Salamanca por las que se hace público que han sido otorgados los permisos de investigación que se indican.                               |
| 290       | 16902  | 5-XII-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Jaén, Salamanca y Sevilla por las que se hace público que han sido otorgadas y tituladas las concesiones de explotación minera que se indican.                                     |
| 290       | 16902  | 5-XII-67  | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de La Coruña, Orense y Badajoz por las que se hace público que han sido cancelados los permisos de investigación que se indican.  |
| 290       | 16903  | 5-XII-67  | Ind.       | Resolución del Distrito Minero de León por la que se hace público que han sido declaradas caducadas las concesiones de explotación minera que se indican.   |
| 291       | 16965  | 6-XII-67  | Ind.       | Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se hace público que han sido otorgados los permisos de investigación que se indican.  |
| 297       | 17266  | 13-XII-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Badajoz, Guipúzcoa, Palencia, Salamanca, Santander, Vizcaya y Zaragoza por las que se hace público que han sido declarados caducados los permisos de investigación que se indican. |
| 297       | 17266  | 13-XII-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Ciudad Real, Córdoba, Huelva, Madrid y Valencia por las que se hace público que han sido otorgados los permisos de investigación que se indican.                                   |
| 297       | 17266  | 13-XII-67 | Ind.       | Resolución del Distrito Minero de Córdoba por la que se hace público que ha sido caducado el permiso de investigación que se indica.  |
| 297       | 17267  | 13-XII-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de León y Madrid por las que se hace público que han sido cancelados los permisos de investigación que se indican.  |
| 299       | 17396  | 15-XII-67 | Ind.       | Resoluciones de los Distritos Mineros de Guipúzcoa, Murcia, Valencia y Zaragoza por las que se hace público que han sido declaradas caducadas las concesiones de explotación minera que se indican.                         |

## HIDROCARBUROS

|     |       |          |      |  |
|-----|-------|----------|------|--|
| 260 | 15007 | 31-X-67  | Ind. | Decreto 2651/1967, de 5 de octubre, relativo a la autorización del proyecto de convenio por el que COPISA cede a «R'chfield Iberian Petroleum Company» y «Spain Cities Service Oil Co.» participación en permisos de investigación de hidrocarburos y se establecen las normas de colaboración para investigación de los mismos.   |
| 268 | 15477 | 9-XI-67  | Ind. | Orden de 18 de octubre de 1967 por la que se aprueba el proyecto de convenio de colaboración suscrito por «Spangoc» y «Río Tinto» para la investigación de hidrocarburos en los permisos sobre las cuadrículas los números 5, 6 y 10 del Mapa Oficial de la Zona II (Fernando Poo).  |
| 278 | 16152 | 21-XI-67 | Ind. | Orden de 31 de octubre de 1967 por la que se aprueba el proyecto de convenio de colaboración entre INI, COPAREX, CIEPSA y SEPE para la investigación de hidrocarburos en siete permisos otorgados a dichas entidades, en la zona I, denominados «Benejúzar», «Santa Pola», «Torrevieja» y «Tabarca», adjudicados por Decreto número 179/1967, de 19 de enero, y en los permisos «Torre Pacheco», «San Javier» y «Mar Menor», adjudicados por Decreto número 180/1967, de 19 de enero, y aceptado por dichas entidades, con fecha 11 de oc- |

| B. O. N.º | PÁGINA | FECHA     | MINISTERIO | A S U N T O  |
|-----------|--------|-----------|------------|--|
| 287       | 16664  | 1-XII-67  | Ind.       | tubre de 1967, el escrito de modificaciones y adiciones al texto del citado convenio.  |
| 289       | 16794  | 4-XII-67  | Ind.       | Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se anuncia concurso para la adjudicación de un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona I (Península).   |
| 290       | 16895  | 5-XII-67  | Ind.       | Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se anuncia concurso para la adjudicación de tres permisos de investigación de hidrocarburos en la zona I (Península).  |
| 295       | 17130  | 11-XII-67 | Ind.       | Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se anuncia concurso para la adjudicación de un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona I (Península).   |
| 296       | 17206  | 12-XII-67 | Ind.       | Decreto 2927/1967, de 23 de noviembre, por el que se adjudica un permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Murcia», solicitado por la Sociedad «Coparex Española, S. A.», Instituto Nacional de Industria «Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A.» y «Sociedad de Explotación de Petróleos Españoles, S. A.». |
|           |        |           |            | Orden de 11 de noviembre de 1967 por la que se acepta la extinción de los permisos de investigación de hidrocarburos «Los Monegros» y «Trepn-Isona», situados en zona reservada al Estado.   |

## ENSEÑANZA

|     |       |          |         |   |
|-----|-------|----------|---------|---|
| 263 | 15122 | 3-XI-67  | E. y C. | Resolución de la Dirección General de Enseñanza Profesional en el concurso previo de traslado entre catedráticos numerarios de Escuelas de Ingeniería Técnica Minera convocado por Resolución de 1 de agosto de 1967.                     |
| 277 | 16039 | 20-XI-67 | E. y C. | Orden de 11 de noviembre de 1967 por la que se modifican los artículos 107 y 108 del Reglamento de Escuelas Técnicas Superiores.  |
| 277 | 16048 | 20-XI-67 | E. y C. | Orden de 24 de octubre de 1967 por la que se convoca oposición para cubrir la cátedra del Grupo XXIII, «Energía nuclear. Ampliación de energía nuclear», vacante en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.         |
| 278 | 16131 | 21-XI-67 | E. y C. | Orden de 24 de octubre de 1967 por la que se convoca oposición para cubrir la cátedra del Grupo XXV, «Ampliación de laboreo de minas, sondeos, túneles y pozos», vacante en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. |

## PERSONAL

|     |       |          |      |  |
|-----|-------|----------|------|--|
| 269 | 15524 | 10-XI-67 | Ind. | Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se convoca concurso para la provisión de destinos en el Cuerpo de Ingenieros de Minas. |
| 271 | 15663 | 13-XI-67 | Ind. | Resolución de la Subsecretaría por la que se conceden ingresos en el Cuerpo de Ingenieros de Minas.  |

## VARIOS

|     |       |         |      |   |
|-----|-------|---------|------|---|
| 250 | 14303 | 19-X-67 | Ind. | Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se autoriza a «S. A. Hullas del Coto Cortés» el establecimiento de la línea de transporte de energía eléctrica que se cita. |
|-----|-------|---------|------|---|



| B. O. N.º | PÁGINA | FECHA     | MINISTERIO | A S U N T O   |
|-----------|--------|-----------|------------|---|
| 260       | 15007  | 31-X-67   | Ind.       | Decreto 2652/1967, de 19 de octubre, por el que se autoriza a «Refinería de Petróleos de Escombreras, S. A.» (REPESA), la ampliación de la capacidad de refinación desde seis millones de toneladas año hasta ocho millones de toneladas año.   |
| 261       | 15046  | 1-XI-67   | Comercio   | Orden de 25 de octubre de 1967 por la que se aumenta el contingente arancelario libre de derechos para importar hulla coquizable en 1967.   |
| 263       | 15143  | 3-XI-67   | Ind.       | Resolución de la Delegación de Industria de La Coruña por la que se señala fecha para el levantamiento de las actas previas a la ocupación de las fincas situadas en los lugares de Gatón-San José, parroquias de San Pedro de Visma y San Cristóbal das Viañas, del término municipal de La Coruña, que son necesarias para la construcción de las instalaciones autorizadas a la «Compañía Ibérica Refinadora de Petróleos, S. A.». |
| 265       | 15219  | 6-XI-67   | Hacienda   | Orden de 10 de octubre de 1967 por la que se regula el Fondo de Empresas antraciteras y el pago de indemnizaciones laborales de despidos con cargo al mismo.  |
| 265       | 15246  | 6-XI-67   | Hacienda   | Orden de 24 de octubre de 1967 por la que se dispone la ejecución de sentencia del Tribunal Supremo recaída en el pleito número 957, interpuesto por «Empresa Nacional Siderúrgica, S. A.» por impuesto sobre sociedades, ejercicio de 1957.  |
| 265       | 15277  | 6-XI-67   | Ind.       | Resolución de la Jefatura del Distrito Minero de Oviedo por la que se hace público haber sido señaladas fechas para el levantamiento de las actas previas a la ocupación de fincas afectadas por la expropiación forzosa solicitada por «Unión de Siderúrgicas Asturianas, S. A.» (UNINSA).   |
| 271       | 15653  | 13-XI-67  | Hacienda   | Decreto 2670/1967, de 26 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento orgánico del Cuerpo de Ingenieros de Minas al Servicio de la Hacienda Pública.   |
| 275       | 15890  | 17-XI-67  | Ind.       | Orden de 9 de noviembre de 1967 por la que se declara el régimen para la instalación, ampliación y traslado de las industrias productoras de asfalto.   |
| 281       | 16270  | 24-XI-67  | Ind.       | Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se dispone la inclusión de un «relé» microrretardo para mecha detonante, como accesorio en la Lista Oficial de Explosivos Industriales para usos civiles.   |
| 281       | 16291  | 24-XI-67  | O. P.      | Resolución de la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas por la que se autoriza a «Río Tinto Patiño, S. A.» la ocupación de una parcela en la zona de servicio del puerto de Huelva.   |
| 283       | 16386  | 27-XI-67  | Ind.       | Resolución del Distrito Minero de Oviedo por la que se hace público haber sido señaladas fechas para el levantamiento de las actas previas a la ocupación de las fincas que se citan, afectadas por la expropiación forzosa solicitada por la «Unión de Siderúrgicas Asturianas, S. A.» (UNINSA).   |
| 289       | 16755  | 4-XII-67  | P. del G.  | Decreto 2819/1967, de 23 de noviembre, sobre visado por los correspondientes Colegios y Asociaciones Profesionales de los honorarios que devenguen los ingenieros con motivo de trabajos realizados para la Administración Pública en el ejercicio libre de su profesión.   |
| 296       | 17196  | 12-XII-67 | O. P.      | Resolución de la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas por la que se autoriza a la «Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, S. A.» la prolongación del llamado espigón metálico en la playa de San Bruno, dentro del mar y en la zona marítimo-terrestre del puerto de Portman, del término municipal de La Unión (Murcia).  |

## RESERVAS

«B. O. del E.», núm. 257, 27-X-67, pág. 14753.

Orden de 17 de octubre de 1967 por la que se prorroga la reserva a favor del Estado de los criaderos de oro en la zona de Calzadilla de Coria, de la provincia de Cáceres.

«B. O. del E.», núm. 266, 7-XI-67, pág. 15359.

Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se hace público que queda suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en las provincias de Soria, Zaragoza, Teruel y Guadalajara, correspondientes a los Distritos Mineros de Zaragoza, Teruel y Madrid, a partir del día siguiente de la publicación del presente anuncio en el «B. O. del E.». Denominación y delimitación. «Zona decimonovena-Sigüenza», en las provincias de Soria, Zaragoza, Teruel y Guadalajara. Su delimitación es un polígono irregular de lados rectos, cuyos vértices sucesivos son: los vértices geodésicos de Torrellana (segundo orden), Calamocha (tercer orden), Teruel (tercer orden), Sigüenza (tercer orden) y Torrellana (segundo orden), con lo que queda cerrado el polígono.

«B. O. del E.», núm. 272, 14-XI-67, pág. 15767.

Orden de 6 de noviembre de 1967 por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado de yacimientos de oro y plata en determinada zona del término municipal de Carboneras, de la provincia de Almería, limitada: al Norte, por el paralelo 37° 2' 30"; al Oeste, por el meridiano 1° 44'; al Sur, por el paralelo 37°, y al Este, por la línea de la costa, dispuesta por Orden ministerial de 16 de julio de 1965, pudiendo, por tanto, solicitarse, con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en la zona que se libera.

«B. O. del E.», núm. 281, 24-XI-67, pág. 16296.

Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se rectifica la que hizo público que quedó suspendido el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones de explotación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en el perímetro que a continuación se designa, comprendido en la provincia de Huelva, correspondiente al propio Distrito Minero a partir del día siguiente de la publicación del presente anuncio en el «Boletín Oficial del Estado»: Denominación y delimitación. «Huelva dos La Madroña», de 20 hectáreas o pertenencias,

en el término municipal de Encinasola, de la provincia de Huelva. Punto de partida: es un mojón de forma circular, de mampostería, de unos 40 centímetros de alto, siendo el mismo punto de partida de la antigua concesión «Los Morochos 2.º», situado a unos 15 metros dirección nordeste del pozo de la antigua mina de este nombre, encontrándose en las proximidades de la margen izquierda, aguas abajo, del barranco «La Madroña», cuyo barranco se encuentra a la derecha de la carretera de Encinasola al pueblo portugués Barrancos. Se ha tomado como auxiliar de visuales otro mojón de mampostería idéntico al anterior, con la situación siguiente: De punto de partida de vértice «Limones», Norte, 46 grados 68 minutos Este. De auxiliar visuales a eje chimenea principal cortijo Carrera (Portugal), 0,22 grados 43 minutos Norte. De auxiliar visuales a eje chimenea más al Oeste del cortijo de Flores, Norte, 3 grados 44 minutos Oeste. De auxiliar visuales a eje chimenea mayor del cortijo Sierra Concha, Norte 3 grados 36 minutos Este. Desde el punto de partida, en dirección Norte y a 200 metros, se colocará la primera estaca; desde la primera estaca, en dirección Este y a 200 metros, se colocará la segunda estaca; desde la segunda estaca, en dirección Sur y a 500 metros, se colocará la tercera estaca; desde la tercera estaca, en dirección Oeste y a 400 metros, se colocará la cuarta estaca; desde la cuarta estaca, en dirección Norte y a 500 metros, se colocará la quinta estaca; desde la quinta estaca, en dirección Este y a 200 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado un rectángulo de 400 por 500 metros con un total de 20 hectáreas o pertenencias. Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y se miden en grados centesimales.

«B. O. del E.», núm. 294, 9-XII-67, pág. 17092.

Orden de 27 de noviembre de 1967 por la que se reservan provisionalmente, a favor del Estado, los yacimientos de minerales radiactivos en una zona de la provincia de Navarra, denominada «Zona Decimotava-Albareda», cuya delimitación es un polígono irregular de lados rectos, cuyos vértices sucesivos son: vértice geodésico denominado «Ecaitza», aguja torre de la iglesia de Zubieta, torre de la iglesia de Ateso, vértice geodésico denominado «Ipoliño» y vértice geodésico denominado «Ecaitza», con lo que queda cerrado el polígono. La reserva provisional así establecida no podrá causar limitaciones a los derechos derivados de permisos de investigación solicitados y a las concesiones de explotación derivadas de los citados permisos que se hallasen otorgados o en tramitación. Esta reserva entrará en vigor a partir de la publicación de esta Orden en el «Boletín Oficial del Estado», expirando cuando se haya elevado a reserva definitiva. Se encomienda la ejecución de las labores de investigación y, en su caso, las de explotación de los expresados minerales, a la Junta de Energía Nuclear, previa declaración de la reserva definitiva y una vez efectuada la correspondiente demarcación de la zona.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA

PIERRE DUCLOS: *Geologie et mineralisations uraniferes de la plaine tertiaire du forez (Massif Central Français)*. Rapport CEA-R 3.117, 118 págs., 1967.

En la primera parte, el autor se refiere a las observaciones hechas en el curso de un estudio geológico de la meseta terciaria de Forez (macizo central francés). Después, sirviéndose de diferentes métodos, establece una cronología de formaciones. Termina por un ensayo de reconstitución de la historia geológica de esta cuenca de subsidencia.

En la segunda parte, comenta el descubrimiento de 17 anomalías geoquímicas uraníferas. Sitúa estas diferentes anomalías en la serie estratigráfica. Esto le permite referirse a los depósitos sucesivos del uranio en la historia de la meseta. Indica el interés de estas anomalías geoquímicas uraníferas.

Completan la Memoria varios cortes geológicos en color y un bosquejo geológico a escala 1:100.000.—L. DE A.

JACQUES GILLARDEAU: *Croissance des cristaux métalliques par décomposition thermique des halogénures en phase gaseuse*, núm. 93, C. E. A., 24 págs., septiembre 1967.

Los diversos trabajos publicados sobre el crecimiento de cristales metálicos por descomposición térmica de halogenuros gaseosos, son esencialmente hechos sobre yoduros.

Las técnicas operatorias utilizadas por los autores se refieren a los diferentes factores que influyen en la efectividad de la deposición metálica resultante de esta descomposición térmica.

El número de citas de que consta esta información bibliográfica es de 41.—L. DE A.

JACQUES AZÉMA; JEAN MAGNÉ, y JACQUES SIGAL: *Sur la présence du genre Colomiella Bonet (Calpionelles) dans l'est des Cordillères Bétiques, Espagne meridionale*. C. R. «Acad. Sc. Paris», págs. 1062-1064, 17 octubre 1966.

El género Colomiella Bonet, hasta ahora desconocido en la Península Ibérica, lo señalan los autores asociado a una rica microfauna del Albense superior, en la Sierra de Crevillente (Provincia de Alicante).—L. DE A.

*Bibliografía Geológica Española* (en fichas).

Editado por el Instituto Nacional de Geología, se prepara en fichas la bibliografía geológica española de los años 1964 y 1965, con un total de 500 títulos.

También se publicará la bibliografía de cada año, con uno de retraso, y un total de títulos anuales de 250 a 300.—L. DE A.

JACQUES AZÉMA: *Observations sur la microfaune du Crétacé supérieur de la région de Fortuna, Prébétique meridionale (province de Murcie, Espagne)*. C. R. «Acad. Sc. Paris», tomo 262, págs. 838-840, 21 de febrero de 1966.

El estudio de la serie estratigráfica del flanco sur de la Sierra de La Pila, al Norte de Fortuna, puso en evidencia, en el seno del Cretáceo superior, un conjunto margo-calizo rico en Stomiosphera: *St. sphaerice* (Kaufmann), *St. conoides* Bonet y *St. betica* n. sp. Esta asociación constituye una referencia micropaleontológica interesante que en la región de Fortuna, y también en el Rif septentrional, corresponde al Vracono-Cenomanense; sin que se pueda excluir el Turonense.—L. DE A.

J. AZÉMA, y J. SORNAY: *Sur l'existence de phénomènes de ravinement, de condensation et de remaniement au sein des formations secondaires de la Sierra de Crevillente (prov. d'Alicante, Espagne)*. Extracto del «Bull. de la Soc. Géol. de Francia», Serie VII, t. VIII, págs. 518-520, 1966.

El estudio del flanco meridional de la Sierra de Crevillente ha evidenciado series de caracteres excepcionales. Los yacimientos del Barranco de Amorós muestran, en efecto, sea del Albense rellenando las infratruosidades que afectan a las calizas del Kimmeridgiense-Titonense inferior, sea una serie mucho más completa, anteriormente reducida (Berriasiense), después condensada y esparcida (Neocomiense, Barremiense, Aptiense y Albense), donde la fauna es particularmente rica en Ammonites. Se observa también un conjunto de margas y de margo-calizas de edad albense superior. Estas formaciones particulares presentan grandes analogías con las conocidas más al Oeste, en la Subbética meridional (Penibética), cerca de Antequera y de Ronda.—L. DE A.

J. AZÉMA: *Geologie des confins des provinces d'Alicante et de Murcie (Espagne)*. Extracto del «Bull. de la Soc. Géol. de Francia», Serie 7.ª, t. VIII, págs. 80-86, 1966.

Los confines de las provincias de Alicante y de Murcia muestran la superposición de dos grandes conjuntos estructurales: el Prebético autóctono del Norte, donde las facies evolucionan de manera sensible al Secundario (esencialmente al Cretáceo), y después al Terciario; el Subbético, al Sur,

alóctono y esencialmente pelágico, donde los arrastres sobre el dominio precedente es visible, al menos, de 15 a 20 kilómetros del Sur al Norte.

En el Prebético (l. s.), fue posible distinguir: de Este a Oeste, el Prebético de Alicante y el Prebético occidental después las facies del Terciario; del Norte al Sur, en el seno del Prebético occidental, tres principales tipos de formaciones bases sobre la evolución de las facies del Jurásico y, sobre todo, del Cretáceo: las formaciones septentrionales, las formaciones de La Garapacha y las formaciones de Corque y de Lugar. A estas últimas conviene sin duda referir las series de ventanas de Barinas-Macisbenda y de la Canalosa, situados bajo el Subbético de acarreo. En fin, un pequeño conjunto particular, de Algueña, con material únicamente terciario, es intercalado entre el Prebético autóctono y el Subbético. Este último, es enteramente desprendido y, según el autor, presenta, en su conjunto, una gran homogeneidad de facies.—L. DE A.

### MINERIA

PIERRE, Gy: *L'échantillonnage des minerais en vrac*, tomo I, núm. 56, B. R. G. M., 186 págs. París, 1967.

La primera parte de la obra, compuesta por tres capítulos, es una introducción general. Conviene, en particular, el capítulo 2.º, claramente se define y distingue un cierto número de términos que el uso corriente suele confundir (justo y preciso, error sistemático y error aleatorio, etc.), y en el que aparece la noción de heterogeneidad —noción capital—, ya que todos los errores de desmuestra se producen, directa o indirectamente, a causa de la heterogeneidad de la materia del muestreo. Hay que distinguir claramente entre la heterogeneidad de constitución, atribuye únicamente al so'o hecho de que los fragmentos elementales tienen composiciones diferentes, y la heterogeneidad de distribución, que se manifiesta a una escala de volúmenes mayores susceptibles de contener varios fragmentos. Un mezclado del lote, si bien no influye en la primera heterogeneidad puede, en cambio, atenuar enormemente la segunda.

La segunda parte consta de cuatro capítulos, y en el capítulo cuarto entra de lleno en el tema. Este primer gran capítulo teórico está dedicado a la teoría del desmuestra «equiprobable». El problema planteado es el siguiente: calcular la variante del error asociado a la toma de una muestra de efectivo dado (que contenga un número de fragmentos conocido de antemano), suponiendo que todas las muestras de ese mismo efectivo tienen, al origen, la misma probabilidad de ser escogidas. Sorprende encontrar aquí una teoría que desmuestra con efectivo dado, cuando los verdaderos procedimientos de toma de muestras funcionan, en general, con masa o volumen aparente constantes. Pero el autor indica que esos dos procedimientos conducen a la misma variante del desmuestra y ha preferido exponer la teoría de la muestra de efectivo constante, que es decididamente más

fácil y no requiere la utilización de cálculos matemáticos complicados.

La fórmula fundamental muestra que esa variante del desmuestra es inversamente proporcional al efectivo de la muestra tomada. El coeficiente de este término en  $\frac{1}{p}$  se presenta en forma notable: es la variante de una variable

$Z_i$ , que toma en cada fragmento el valor  $Z_i = \frac{m_i}{m} - \frac{m'_i}{m}$

( $m_i$  y  $m'_i$  indican la masa del fragmento y la cantidad de sustancia aprovechable que contiene;  $m_i$   $m'_i$  representan los valores promedios de distribución en el lote de esas mismas magnitudes).

Transforma la expresión obtenida y la pone en forma mucho más cómoda para los cálculos prácticos. Examina un cierto número de aplicaciones y de comprobaciones experimentales y cita, sobre todo, los resultados obtenidos por Becker, que confirman plenamente su análisis teórico. En el capítulo 5 indica la manera de efectuar los cálculos en la práctica: éstos se reducen, gracias a su regla de cálculo de desmuestra, a algunas operaciones elementales.

Este análisis teórico sólo es suficiente en la medida en que sea verificada la hipótesis fundamental sobre la que se basa: la equiprobabilidad. Indica en el capítulo 6.º en qué casos puede esperarse que efectivamente ésta se cumpla. En la práctica es necesario, o bien que la muestra esté constituida por fragmentos escogidos independientemente los unos de los otros, de tal manera que todos los fragmentos del lote tengan la misma probabilidad de ser escogidos como muestra, o bien que dicho lote haya sufrido desde su estado inicial tales mezclas, que todo fragmento tenga la misma probabilidad de estar al lado de cualquier otro.

Tales condiciones son excepcionalmente reunidas en la práctica. La variante del desmuestra equiprobable se presenta, pues, como un nivel mínimo, del que no se puede descender y que, en cambio, la mayoría de las veces será aumentado por términos complementarios debidos a la heterogeneidad de distribución. El capítulo 7.º está dedicado al estudio de este fenómeno. Con ayuda de la misma variable

$$Z_i = \frac{m_i}{m} - \frac{m'_i}{m}$$

que ya intervino en el caso del desmuestra equiprobable, se define la heterogeneidad de manera precisa. Tal como la define el autor, la heterogeneidad posee propiedades aditivas análogas a las de la entropía. La heterogeneidad de constitución del lote, es, en efecto, la suma de la heterogeneidad de constitución de las fracciones del lote y de la heterogeneidad de distribución de las fracciones mismas de dicho lote. Deduce de ello la expresión exacta del término «agrupamiento», que incrementa la variante del desmuestra equiprobable, y analiza, a continuación, desde un punto de vista concreto, las diversas fuerzas de segregación susceptibles de originar este término suplementario y la manera en que esas fuerzas, siempre presentes, se manifiestan en los diferentes tipos de aparatos.

Los siete capítulos de la tercera parte están dedicados a los métodos prácticos de desmuestra. En ella ya casi no entran las matemáticas, sino análisis muy concretos en los que la experiencia personal del autor se expresa en forma de recomendaciones prácticas. Comparando los métodos de desmuestra al azar, sistemático y aleatorio estratificado, rechaza el autor el método al azar por considerarlo decididamente peor que los otros dos, dando finalmente preferencia al aleatorio estratificado, no obstante la ligera superioridad teórica del sistemático, por los graves peligros que este último puede entrañar cuando se manifiestan fenómenos periódicos.—L. DE A.

#### PREPARACION DE MINERALES

LUCIEN THIRIET: *Tailles et localisations optimales des usines de retraitement des combustibles nucléaires*. Rapport CEA-R 3.364, 56 págs. y 4 figuras fuera del texto. Paris, 1967.

La expansión de la economía nuclear se traduce por un desarrollo de los programas de las fábricas de elaboración y nuevo tratamiento de combustibles. El modelo propuesto permite elegir las dimensiones, localización y cadencia de la entrada en servicio de fábricas para reducir al mínimo el total de los gastos de transporte y nuevo tratamiento.

A título de ejemplo, ha considerado el autor el problema de las fábricas de tratamiento de uranio natural irradiado asociado a las centrales nucleares a base de uranio natural-grafítico CO<sub>2</sub>.

Se suponen conocidas la localización y producción anual de reactores, los sitios posibles de las fábricas y las funciones del costo (transporte y nuevo tratamiento).

El método consiste en considerar de antemano el problema de las fábricas de tratamiento como de programación dinámica; las fases crecientes de los programas (producción total de reactores) se estudian nuevamente.

En cuanto a las cantidades de uranio natural irradiado que hay que volver a tratar, se han fijado se efectúe la reducción al mínimo del coste de transporte, así como el estudio de un problema de programación dinámica. Se tantean las

proximidades del valor óptimo del coste del tratamiento para encontrar el mínimo de la suma del coste de tratamiento sub-óptimo y del de transporte óptimo correspondiente. El problema de nuevo tratamiento se representa sobre un gráfico secuencial, el algoritmo utilizado para calcular el tratamiento sub-óptimo es el «algoritmo de reflexión» que ha elaborado el autor.

El método se interpreta como un mecanismo general de determinación del coste óptimo cuando a un problema dinámico secuencial (por ejemplo, un programa de provisión de equipo), se superpone un problema complementario (por ejemplo, de transporte). Permite por otra parte evaluar las partes resultantes de la elección, por razones diferentes a las económicas, de una política no óptima.

JACQUES GAUSSENS: *Problème de tarification de l'eau douce obtenu a partir d'une installation de dessalement d'eau de mer*. Rapport CEA-R 3.355, 53 págs. y 9 figuras fuera del texto. Septiembre de 1966.

La intervención de una instalación igualmente productora de energía eléctrica y de alimentación de agua en una zona, modifica las condiciones de utilización de otras reservas de agua y de electricidad, teniendo en cuenta la necesidad de asegurar los puntos y la base de los diagramas de demanda de agua y de electricidad al costo menor.

Esta exposición se propone mostrar cómo se puede aprovechar el problema de la determinación de estructuras óptimas de aprovisionamiento en agua para estos casos precisos, dentro del cuadro de la economía global.

Es necesario situar la competencia de recursos clásicos de instalación de desalación; éstas últimas introducen, en los estudios óptimos, elementos nuevos debidos a la forma particular de sus funciones de producción.

Un estudio de estos elementos nuevos (estructuras de costes fijos y de costes proporcionales, disponibilidad de gastos), en relación con las funciones de producción en los diversos casos de gestión (monopolio privado y monopolio público).—L. DE A.

### Sección informativa de revistas

#### Publicaciones españolas

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS. Publ. por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.  
Núm. 3.027, junio, 1967. Núm. 3.029, septiembre, 1967.

BOLETÍN INFORMATIVO. Publ. por el Instituto de Ingenieros Civiles de España. Madrid.  
Núm. 86, mayo-junio, 1967.

DOCUMENTO. Publ. por Ensidesa.  
Núm. 35, septiembre, 1967.

J. E. Martín Rodríguez: *Algunas consideraciones sobre el futuro de la minería del hierro*.

RACIONALIZACIÓN. Publ. por el Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo.

Núm. 2, marzo-abril, 1967. Núm. 6, noviembre-diciembre, 1966.

BOLETÍN DE LA CÁMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BARCELONA. Publ. por la Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Barcelona.  
Núm. 807, mayo, 1967. Núm. 808, junio, 1967.

ECONOMÍA INDUSTRIAL. Publ. por el Servicio de Publicaciones.—Secretaría General Técnica, Ministerio de Industria, Madrid.

Núm. 43, julio, 1967. Núm. 44, agosto, 1967.

BOLETÍN MENSUAL DE ESTADÍSTICA. Publ. por el Instituto Nacional de Estadística, Madrid.  
Núm. 271, julio, 1967.

BOLETÍN DE CARTOGRAFÍA. Publ. por el Seminario de Estudios Cartográficos, Madrid.  
Núm. VII, enero, 1963.

ESTUDIOS. Publ. por el Instituto Nacional de Colonización, Madrid,  
Vol. V, núm. 28, 1965.

A. Murcia: *Investigación de aguas subterráneas en el Sudeste español*.

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS. Publ. por la Facultad de Ciencias, Universidad de Oviedo.  
Vol. VIII, núm. 1, 1967.

J. A. Martínez Alvarez y M. Torres Alonso: *Esquema geológico del Carbonífero en el Noroeste de España*.

M. Julivert: *La ventana tectónica del río Color y la prolongación septentrional del monte del Ponga (Cordillera Cantábrica, España)*.

J. Pello Muñiz: *Estudio geológico de la prolongación del borde oriental de la cuenca minera central de Asturias (NO. de España)*.

ESTUDIOS GEOGRÁFICOS. Publ. por el Instituto «Juan Sebastián Elcano», del C. S. I. C., Madrid.

Vol. XXVII, núm. 104, agosto, 1966. Vol. XXVII, número 105, noviembre, 1966.

INGENIERÍA. Publ. por Gumersindo García, S. A., Madrid.  
Vol. XVI, núms. 187-188, julio-agosto, 1967.

#### Publicaciones iberoamericanas

GEOS. Publ. por la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la Universidad Central de Venezuela.  
Núm. 15, diciembre, 1966.

N. Gerardo Muñoz: *Turbiditas en sedimentos profundos de la cuenca oceánica de Colombia e influencia del Río Magdalena*.

F. de Rivero: *Una clasificación revisada de los protozoarios*.

DIRECTORIO DE CIENTÍFICOS E INSTITUCIONES DE ARGENTINA. Publ. por el Centro de Cooperación Científica de la Unesco. para América Latina en colaboración con la Organización de los Estados Americanos.  
Fascículo II (A-F), 1966. Fascículo III (G-P), 1966. Fascículo IV (Q-Z), 1966.

ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA. Publ. por la Sociedad Científica Argentina, Buenos Aires.  
Tomo CLXXXII, núms. 5 y 6, noviembre-diciembre, 1966.

BOLETÍN DE ESTUDIOS GEOGRÁFICOS. Publ. por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional de Cuyo, R. Argentina.  
Vol. XIII, núm. 50, enero-marzo, 1966.

#### Publicaciones alemanas

ZENTRALBLATT FÜR GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE. Publ. por E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.  
Parte I. Geología general, aplicada, regional e histórica.  
Tomos 12 de 1966. y 1, 2, 3, y 4 de 1967.

NEUES JAHRBUCH FÜR GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE. Publicado por E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Año 1967, núm. 6 (en alemán).

J. Gründel: *Sobre la división fundamental del orden Podocopida G. W. Müller, 1894 (Ostracoda)*.

A. Hary y A. Müller: *Sobre la posición estratigráfica del Bonebed de Medernach (Luxemburgo)*.

G. W. Hofbann: *Sobre la Sugrunda porosa Hoffmeister & Berry (Foram.) de la molasa bávara oriental*.

U. Jux: *Eurypteridos en la caliza superior de Bergisch Gladbach (Devoniano sup., Schiefergebirge renana)*.

M. Kaeffer: *Sobre la geología de la región Khost y Yakubi, SE. de Afganistán*.

Año 1967, núm. 7 (en alemán).

● G. J. Bijvank: *Sobre el yacimiento de Inocerámidos en el Terciario y la edad de la serie de capas en un corte de la costa en Guecho (Viscaya, Norte de España).*

A. Eisenack: *Axisphaeridium n. g., un Hystrichosférido del Ordoviciense báltico axial.*

U. Jux y H. Groos: *Nehden en el Devoniano superior del sinclinal de Bergisch-Gladbach-Paffrath.*

M. G. Kodosi: *Para el conocimiento del límite Devoniano/Carbonífero en el Paleozoico de Graz.*

E. v. d. Linden: *Formaciones dolomíticas en la caliza devoniana masiva del Winterberg (Harz).*

R. Schallreuter: *Postscriptum sobre la taxonomía de los Tetradellidae (Ostracoda).*

Año 1967, núm. 8 (en alemán).

P. Ctyroč: *Datos biostratigráficos sobre la edad de yacimientos con contenido de moldavita en Moravia (en inglés).*

I. Hernes: *Para la historia de las cadenas montañosas escandinavas.*

H. Maus: *Ignimbrita de la Selva Negra.*

N. Suraru: *Aportación al conocimiento del Burdigaliense en la parte nordoccidental de la cuenca de Siebenburg entre Cluj y Surduc (Rumanía).*

R. C. L. Wilson: *Nomenclatura de partículas en sedimentos carbonatados (en inglés).*

W. Yaworsky: *Rosenellinella n. g. del Silúrico inferior de la República Socialista Autónoma de Tuvimá.*

Año 1967, núm. 9 (en alemán).

V. Jacobshagen: *Sobre la importancia de los desplazamientos de pliegues.*

W. Lodemann: *Movimiento transversal y metamorfosis en los Alpes Orientales centrales. 2. Observaciones sobre la influencia del plegamiento en los procesos de cristalización del cristalino de Saualpe (Carintia).*

H. Hubert: *Tectónica joven en la alta cordillera del N. de Chile.*

C. Radulescu y P. Samson: *Contribuciones al conocimiento del complejo fáunico de Malusteni-Beresti (Pleistoceno inferior), Rumanía. I. Ord. Lagomorpha, Fam. Leporidae (en francés).*

F. Westphal: *Un murciélago (Taradida, Chiroptera) del Mioceno superior del maar de Randeck (Albense de Suabia).*

W. Wetzell: *Atlantosphinctes, una rama particular de los perisfinctidos.*

Año 1967, núm. 10 (en alemán).

D. Herm y R. Paskodff: *Propuesta para la división del Cuaternario marino en el N. y centro de Chile.*

P. H. Kaminski y P. Neuman-Mahlkal: *Fotografías aéreas de escala pequeña, tomadas por satélites meteorológicos, y su interpretación geológica.*

E. Martini: *Nannoplankton y fenómenos de traslación en el Golfo Pérsico y la parte septentrional del Mar de Arabia.*

H. D. Schulz: *Belyoceras con lomas ceratílicas de la Montaña Negra. Francia.*

W. Schawn: *El significado de la deposición de capas y el análisis de sierras de pliegues y escamas, basándose en las circunstancias de posición de superficies de estratificación y pizarrosidad.*

A. Terzidis: *Investigaciones en las arenas cuarzosas terciarias de los rellenos de grictas del Albense medio y occidental de Suabia.*

ZEITSCHRIFT DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT. Publ. por la Sociedad Geológica Alemana, Hannover. Tomo 116. Parte 2.<sup>a</sup>, 1964 (en alemán).

D. Andrusov: *Alpes Orientales y zonas limítrofes al Este. Problemas actuales de la tectónica de los Cárpatos.*

E. Clar: *Cuadro de movimientos en la orogenia de los Alpes Orientales.*

L. Korösy: *Formación geológica de la cuenca húngara.*

H. Küpper: *Elementos de un corte desde la masa de Bohemia hasta Bakony.*

Z. Roth: *La tectónica del sector occidental de los Cárpatos exteriores en la R. S. S. Checoslovaca.*

B. Sikosek y W. Medwenitsh: *Nuevos datos para la facies y tectónica de los Dináridos.*

A. Tollmann: *Análisis de facies de las series alpidicas de los Alpes Orientales.*

K. Alexander, P. Bloch, W. Siegl y W. Zacher: *Helveciense y «Ultraselveciense» entre el Ache de Bregenz y Suobersach.*

R. Hesse: *Origen y transporte de los sedimentos en la artesa del flysch bávaro.*

H. Jerz: *Paleontología de las capas de Raibl en la parte occidental de los Alpes Septentrionales.*

R. Operhauser: *Geología de la zona límite Alpes Orientales-Occidentales en el Vorarlberg y Prätigau con especial consideración de las relaciones tectónicas de posición.*

A. Pilger y N. Weissenbach: *Problemas tectónicos en la división del Cristalino antiguo de los Alpes Centrales, parte oriental.*

K. Schmidt: *Formación de los Alpes de Stubai y Valle del Ötztal meridional.*

W. Schwan: *Estructuras directrices en el borde nordoriental del Alto Tauern.*

W. Senarcens Grancy: *Zócalo y geología del Cuaternario de los Alpes de Dejelegg y sus zonas circundantes.*

W. Tufar: *La metamorfosis alpidica en yacimientos metálicos del borde oriental de los Alpes.*

B. T. Golev: *Sobre la cuestión de la morfología y sistemática de la subfamilia Numulitinae.*

W. Klaus: *División de las arcillas salinas alpinas por medio de esporas.*

H. Zankl: *Características microfauísticas de la caliza del Dachstein con ayuda de una técnica de disolución.*

A. Kieslinger: *Mármol de Salzburgo en el arte de dos siglos.*

### Publicaciones francesas

MEMOIRES. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París.

Núm. 49, 1967.

J. Dépaigne: *Etude hydrogéologique dans la région d'Idini en vue de l'alimentation en eau de Nouakchott (République Islamique de Mauritanie).*

Núm. 51, 1967.

J. R. Villermur: *Reconnaissance géologique et structurale du Nord du bassin de Taoudenni.*

Núm. 56, 1967.

P. Gy: *L'échantillonnage des minerais en vrac. Tome 1. Théorie Générale.*

BULLETIN SIGNALÉTIQUE 10. Publ. por el Centre National de la Recherche Scientifique, París.

Vol. XXVII, 1966.

Sciences de la Terre I: Minéralogie. — Géochimie. — Pétrographie.

BULLETIN SIGNALÉTIQUE 11. Publ. por el Centre National de la Recherche Scientifique, París.

Vol. XXVIII, núm. 6, 1967.

Sciences de la Terre: Physique du Globe. — Géologie. — Paléontologie.

Vol. XXVIII, núm. 9, 1967.

Sciences de la Terre II: Physique du Globe. — Géologie et Paléontologie.

Vol. XXVIII, núm. 10, 1967.

Sciences de la Terre II: Physique du Globe. — Géologie et Paléontologie.

BULLETIN DE L'INSTITUT DE GEOLOGIE DU BASSIN D'AQUITAINE. Publ. por el Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine.

Núm. 2, 1967.

A. Klingebiel: *Etude sédimentologique du Paléogène Nord-Aquitain. Interprétation lithostratigraphique et paléogéographique.*

MEMOIRES. Publ. por el Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias de Grenoble.

Núm. 6, 1967.

L. Radelli: *Géologie des Andes Colombiennes.*

MEMOIRES DU BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París.

Núm. 48, 1967.

J. Greigert y R. Pougnet: *Essai de description des formations géologiques de la République du Niger.*

ANNALES DE PALEONTOLOGIE. Publ. por Masson et Cie. Editeurs, París.

Vertébrés.

Tomo LIII, fascículo 1, 1967.

F. M. Bergoundoux y F. Crouzel: *Suoïdes de Sansan. C. Dechaseaux: Artiodactyles des phosphorites du Quecy. II. Etude sur le genre Xiphodon.*

N. Hieniz: *Evolution de la hauteur maximale du frontal, du pariétal et de l'occipital chez les Hominidés.*

Invertébrés.

Tomo LIII, fascículo 1, 1967.

J. C. Gail y L. Grauvogel: *Faune du Buntsandstein.— II. Les Halycinés.*

G. Dubar: *Brachiopodes jurassiques du Sahara tunisien.*

BULLETIN DE L'INSTITUT DE GEOLOGIE DU GEOLIE DU BASSIN D'AQUITAINE. Publ. por el Instituto de Geología de la Cuenca de Aquitania, Talence.

Vol. 1, 1966.

M. Vigneaux, J. Alvinerie, M. Caralp, Ch. Julius, C. Latouche, J. Moyes, A. Rechinac y S. Valetot: *Une succession stratigraphique en milieu marin épicontinental. Principes et méthodes d'interprétations.*

J. Alvinerie, M. Caralp, O. Ducasse, C. Latouche, E. Ostumer y Ch. Puechmaille: *Etudes paléontologiques et sédimentologiques de la coupe profonde de Marchepierre (Gironde).*

A. Magne: *Catalogue des types de la conchologie néogène de l'Aquitaine de Cossmann et Peyrot appartenant au département de la Faculté des Sciences de Bordeaux.*

J. Moyes: *Les faluns néogènes du Bordelais. M. Caralp, Ch. Julius, J. Moyes y M. Vigneaux: L'interprétation stratigraphique de l'enchainement des faciès du Miocène inférieur aquitain.*

REVUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PETROLE. Publ. por el Institut Français du Pétrole, París.

Vol. XXII, núm. 3, marzo, 1967. Vol. XXII, núm. 4, abril, 1967. Vol. XXII, núm. 5, mayo, 1967.

R. Byramjee: *Problème géochimique de la genèse et de la migration du pétrole. Discussion.*

Vol. XXII, núms. 7 y 8, julio-agosto, 1967.

B. H. Purser: *Le Comblanchien. Interprétation de son milieu de sédimentation.*

J. Etienne y J. le Fournier: *Application des résines synthétiques colorées pour l'étude des propriétés-réservoir des roches en lames minces.*

PUBLICACIONES DEL LABORATORIO DE GEOLOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE BURDEOS.

A. Rechiniac: *Etude minéralogique des principales formations détritiques du Paléogène Aquitain.*

C. Latouche: *Les minéraux argileux de quelques sols du vignoble girondin.*

Y. Marty, L. Saint-Jean y M. Veion: *Observations sur la fréquence et la forme des Nummulites dans les sédiments paléogènes nord-aquitains.*

A. Klingebiel: *Remarques sur la répartition des formations oligocènes et quaternaires de la partie Nord-Est de la feuille de Bordeaux 50.000.*

O. Ducasse: *Contribution à l'étude micropaleontologique (Ostracodes) et stratigraphique des affleurements du Blayais.*

K. Kollmann y J. Moyes: *Neocyprideis aquitana n. s.: espèce nouvelle du Miocène inférieur aquitain.*

M. Caralp, P. Gavaille y M. Vigneaux: *Variations de la faune de Miogypsinidae dans une série oligo-miocène de faciès hétérogènes.*

M. Gottis y R. Prud'homme: *Propos sur la tectonique vivante. Quelques particularités du réseau hydrographique aquitain et leurs relations avec des mouvements tectogénétiques récents.*

A. M. Vergneau: *Gastropodes nouveaux de l'Oligocène de Gaas (Landes).*

J. Lafond-Grellety: *Les Otolithes de l'Helvétien de Sallespise (Basses-Pyrénées).*

B. Boutot, A. Klingebiel y Cl. Latouche: *Le matériel argileux des formations éocènes de l'anticlinal de Blaye (Gironde)*

Ch. Berger y J. Moyes: *Etude d'une population de Faunia Plicatula (Reuss) s. l. dans un falun du Miocène inférieur bordelais.*

M. Carlap y A. Lamy: *Etude paléocologique de la lignée miocène du Nonien dollfusi Cushman.*

J. Larroude, J. Moyes, Ch. Puechmaile y M. Vigneaux: *Contribution à l'étude du calcaire à Astéries (Oligocène) sous l'agglomération bordelaise.*

J. Alvinerie y M. Vigneaux: *Radioactivité naturelle de certains faciès de calcaires oligocènes aquitains.*

J. Alvinerie, C. Latouche y C. Thibault: *Contribution par l'étude des minéraux lourds et argileux à l'interprétation stratigraphique du Quaternaire des Landes méridionales*

ANNALES DES MINES. Publ. por la Compagnie Française d'Éditions, Paris.

Junio, 1967.

M. Cceuillet: *Proscrire l'huile au fond? Accident de Panissière du 2 mars 1967.*

M. Barbier: *Economie mondiale du tungstène.*

M. Dontot: *Planification indicative et responsabilité individuelle.*

Julio-agosto, 1967.

*Revue de la situation des combustibles minéraux et des principaux métaux et minerais en France métropolitaine et dans les territoires d'Outre-Mer en 1966.*

Septiembre, 1967.

Y. Barbier: *Forage a grand diamètre.*

Michard y Paschal: *Valeur du point de fer en fonction de la richesse du minerai.*

*Panorama de l'industrie minière du continent africain en 1966.*

SCIENCES DE LA TERRE. Publ. por l'École Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière, Université de Nancy.

Tomo XI, núm. 2, 1966.

B. Polge: *Contribution à l'étude métallogénique et géochimique de la région de Melle (Deux-Sèvres).*

L. Demassieux: *Le comportement de la nappe aquifère des calcaires du Barrois (Portlandien) dans la région de Bar-le-Duc (Meuse). Etude des conditions d'alimentation d'un piège aquifère.*

F. Lelong: *Régime des nappes phréatiques contenues dans les formations d'altération tropicale. Conséquence pour la pédogenèse.*

CHRONIQUE DES MINES ET DE LA RECHERCHE MINIÈRE. Publicado por el Centre d'Études Géologiques et Minières, Paris.

Núm. 363, mayo, 1967.

P. Routhier: *Le modèle de la genèse. (Quelques concepts fondamentaux en pétrologie et en métallogénie; modèles des théories métallogénétiques).*

Núm. 365, julio-agosto, 1967.

Núm. 366, septiembre, 1967.

P. Nicolini: *Géométrie des milieux géologiques et des concentrations minérales stratiformes.*

BULLETIN DU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Núm. 2, 1967.

A. Parfenoff: *Aperçu sur les méthodes d'études des concentrés alluvionnaires au laboratoire des alluvions du B. R. G. M.*

Ph. Bouysse y Y. Le Calvez: *Etude des fonds marins compris entre Penmarc'h et Groix (Sud-Finistère).*

J. A. Sarcia: *Géologie prévisionnelle et géochronologie. Distribution des principales minéralisations du Bouclier Canadien.*

K. D. Phan: *Note sur l'Europium et l'Yttrium.*

L. Pratviel: *L'Oligocène de la partie occidentale du bassin d'Aquitaine. Cartes faciologiques et structurales. Notice explicative.*

R. Hentinger y J. Jolivet: *Sur quelques déterminations de flux géothermique en France.*

Núm. 3, 1967.

G. Castany: *Principe de l'établissement des bilans d'eau.*

J. C. Dumort: *Caractères chimiques de trois volcanismes du Cameroun.*

K. D. Phan, B. Foissy, M. Kerjean, J. Moatti y J. C. Schiltz: *Le scandium dans les minéraux et les roches encaissantes de certaines pegmatites malgaches.*

Núm. 4, 1967.

J. Ricour: *Place du Bureau de Recherches Géologiques et Minières dans l'avancement des études hydrogéologiques françaises.*

J. J. Collin: *La pollution de la nappe alluviale du Doubs par les chlorures dans le secteur de Gevry-Molay (Jura).*

P. Bassompierre y J. C. Roux: *Hydrogéologie de la vallée de la Seine dans la région de Pont-de-l'Arche — Alizay (Eure).*

Cl. Megnier: *Possibilités aquifères des alluvions du Val de Seine entre Nogent-sur-Seine et Montereau. Résumé des recherches effectuées en 1965.*

G. Durozoy, Cl. Gouvernet, G. Guieu y E. Sauzedde: *Données nouvelles sur l'hydrogéologie du bassin de Gardanne.*

G. Rampon: *La Nappe des calcaires de Champigny.*

J. J. Collin, M. Dreyfuss y G. Lienhardt: *Premier plateau du Jura: piège hydrologique important.*

H. Gudefin: *Observations sur les venues d'eau au cours du percement du tunnel sous le Mont-Blanc.*

B. Rambert: *Etude de la nappe de la Craie dans le bassin de la Canche.*

CHRONIQUE DE L'U. G. G. I. Publ. por la Unión Geodésica et Geophysique Internationale, Paris.

Num. 68, mayo, 1967.

PHOTO-INTERPRETATION. Publ. por Editions Technip, Paris.

Núm. 5, septiembre-octubre, 1966.

*Méthodologie théorique de la Photo-Interprétation.*

Núm. 6, noviembre-diciembre, 1966.

*Techniques d'enregistrement des images.*

Núm. 1, enero-febrero, 1967.

*Biogéographie.*

Número 2, marzo-abril, 1967. Núm. 3, mayo-junio, 1967.

NATURE ET RECHERCHES. Publ. por la UNESCO., Paris.

Vol. VIII, núm. 2, junio, 1967.

V. T. Chow: *Tendances nouvelles dans le domaine de l'hydrologie.*

N. V. Cordeiro: *Une grande étude hydrologique en Amérique latine: le haut bassin du río Paraguay au Brésil.*

ACTES DE LA SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE BORDEAUX. Publ. por la Société Linnéenne de Bordeaux.

Tomo 103, núm. 12, série B, 1966.

J. Alvinerie y M. Ringeade: *Une nouvelle coupe dans les formations de faciès aquitain en Gironde.*

COMPTES RENDUS. Publ. por el Comité Nacional Francés de Geodesia y Geofísica, Paris.

Año 1965.

Año 1966.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE PALEONTOLOGIE. Publ. por la Faculté des Sciences d'Orsay, Université de Paris.

Junio, 1967.

S. Cassagne: *Analyse de la notion de «fossile vivant».— Flore et faune d'Australie.*

NOUVELLES ARCHIVES DU MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE DE LYON. Publ. por el Museo de Historia Natural, Lyon.

Fascículo VII, tomo II.

R. Enay: *L'Oxfordien dans la moitié sud du Jura Français. Etude stratigraphique.*

REVUE DE MICROPALEONTOLOGIE. Publ. por J. Cuivillier.

Vol. 10, núm. 1, junio, 1967.

J. J. Liabeuf, J. Doubinger y B. Alpern: *Caractères paléologiques des charbons du Stéphaniens de quelques gisements français.*

S. H. Eagar: *Cretaceous and tertiary Ostracoda from the collection of J. Bosquet.*

C. Ruget: *Variations morphologiques chez quelques espèces de Frondiculaires costulées du Lias de Lorraine (Lorraine).*

N. C. Srivastava: *A new microfossil genus, Awadhkusmites from Tertiary of India.*

E. Schiebnier: *Cadosinospsis, nouveau genre du Crétacé supérieur de la zone des Klippes (Carpathes occidentales).*

J. Taugourdeau-Lantz: *Spores nouvelles du Frasnien du Bas Boulonnais (France).*

J. Butterlin: *Au sujet de la présence en Europe du genre Sulcoperculina Thalman, 1939.*

## Publicaciones holandesas

GEOLOGIE EN MIJNBOW. Publ. por la Real Sociedad Geológica y Minera de los Países Bajos, Gravenhage. Año 46, núm. 7, julio, 1967.

H. J. de Ruiter, G. van der Laan y H. G. Udink: *Development of the North Netherlands gas discovery in Groningen.*

E. Comkens: *Depositional sequences and sand distribution in a deltaic complex.*

Año 46, núm. 8, agosto, 1967.

H. J. Zwart: *The duality of orogenic belts.*

VERHANDELINGEN VAN HET KONINKLIJK NEDERLANDS GEOLOGISCH MIJNBOWKUNDIG GENOOTSCHAP. Publ. por la Real Sociedad Geológica y Minera de los Países Bajos.

Núm. 24, 1967. Serie geológica.

Ch. E. Gischler: *A semi qualitative study of the hydrogeology of the North Netherlands.*

GEOLOGICAL NEWSLETTER. Publ. por la International Union of Geological Sciences, Amberes.

Vol. 1967, núm. 1, abril, 1967.

## Publicaciones inglesas

TRANSACTIONS & BULLETIN. Publ. por la Institution of Mining & Metallurgy, Londres.

Vol. 76, núm. 728, julio. Sección A.

J. Y. Cole y J. D. Johnson: *Report of 1967 joint IMM-IME meeting: Loading and haulage methods, Mascot-Jefferson City zinc district, Tennessee, U. S. A.*

V. Rollings, B. Arnold y E. Lardner: *Investigation into the possibility of prolonging the life of drill steel by adjusting the pH of machine water.*

L. B. Geller: *Research in improved methods of rock breakage.*

Vol. 76, núm. 729, agosto, 1967, Sección B.

P. M. D. Bradshaw: *Distribution of selected elements in feldspar, biotite and muscovite from british granites in relation to mineralization.*

T. R. Swetmen, Y. C. Wong y T. S. Toong: *Application of X-ray fluorescence analysis to the determination of tin ores and concentrates.*

M. J. Gallagher: *Determination of molybdenum, iron and titanium in ores and rocks by portable radioisotope X-ray fluorescence analyser.*

M. S. Garson y J. H. Bateson: *Posible use of the P. I. F. analyser in geochemical prospecting for tin.*

A. H. Clark: *Note on zinckenite from Turhal antimony deposit, Turkey: an addendum.*

Vol. 76, núm. 730, septiembre, 1967. Sección G.

A. W. Fletcker, D. V. Jacson y A. G. Valentine: *Chloride route for the recovery of tin metal from low-grade concentrates.*

R. H. Lamb y L. R. Verney: *Investigations into RST Group concentrator practices.*

A. J. Lunch, W. J. Whiten y N. Draper: *Developing the optimum performance of a multi-stage grinding circuit.*

I. J. Smalley, A. A. Heaver y L. Mc Grath: *Variation of cohesion with fineness of mineral powders and development of cohesion during grinding.*

L. R. P. Burler, J. A. Brink y S. A. Engelbrecht: *Automatic atomic absorption method for assaying gold in mill cyanide solutions.*

E. Töpfer: *Studies on the flotation of cassiterite.*

C. M. Diaz y F. D. Richardson: *Electrochemical measurement of oxygen in molten copper.*

E. Fraks y D. Inman: *Transport measurements in molten sodium metaphosphate.*

Vol. 76, núm. 731, octubre, 1967. Sección A.

M. Guney: *Hydraulic stowing techniques of working thick, dipping coal seams in Armutcuk mine, Turkey.*

R. Jeffrey: *Physical metallurgy and safety in mines.*

J. A. Cox: *Latest developments and draw control in sub-level caving.*

THE MINING ENGINEER. Publ. por la Institution of Mining Engineers.

Vol. 126, núm. 81, junio, 1967.

R. Loison: *The use of explosives in continental Europe.*  
J. T. Barclay: *Seventysecond annual report of the council and statement of accounts, 1965-66.—Conveyor belt joints and fasteners.*

G. R. Rowell: *The latest developments in the mechanization of thick and thin seams: experience in the Durham coalfield.*

Vol. 126, Núm. 82, julio, 1967.

T. L. Carr: *Coal mining research and development in Great Britain.*

R. Cheradame: *Research on mining equipment and its application.*

F. Benthous: *New methods of planning, assessment and control of research and development in the West German coal mining industry.*

Vol. 126, núm. 83, agosto, 1967.

J. Y. Cole y J. D. Hodson: *Loading and haulage methods, Mascot-Jefferson City zinc district, Tennessee, U. S. A.*

E. E. Cleaver: *Retreat mining.*

J. Welsh: *Rock excavation on the surface by drilling and blasting.*

P. Bakke, S. J. Leach y A. Slack: *On the general body concentration and other ventilation data as a measure of the average risk of ignition.*

F. S. Anderson y R. H. Thorpe: *A century of coal-face mechanization.*

Vol. 126, núm. 84, septiembre, 1967.

W. J. Charlton, M. Riddell y J. Nixon: *Experiences with the Collins miner at Rothwell colliery.*

D. J. Hodges, P. Skellern y J. A. Morley: *Trials with a model 6 geodimeter for surface surveys.*

H. Brown: *Coalmining: Present opportunities for progress.*

Vol. 127, núm. 85, octubre, 1967.

H. G. Cook: *Stable hole elimination.*

D. J. Hodges y I. Longson: *Correlation of underground and surface surveys with the Fennel MW10 gyro-theodolite.*

C. Cooper y R. C. Storer: *Safe materials handling.*

H. J. Widdowson: *The challenge of change. Presidential address to the Institution of Mining Engineers.*

W. Rowell: *The coal industry in a changing world. Presidential Address to The Mining Institute of Scotland.*

Vol. 127, núm. 86, noviembre, 1967.

Rt. Hon: *Fuel policy and the future of the coal industry.*

T. L. Carr, R. Shepherd, J. T. Walton y E. B. Clarke: *Advance heading practice and problems.*

M. Guney: *Underground operations at Zonguldak coal-fied, Turkey.*

A. Thomson: *Coal flow from Monktonhall colliery to Cockenzie power station.*

A. R. Blair: *The challenge to young mining engineers, chairman's Address to the Mining Institute of Scotland Junior Section*

MINING ANNUAL REVIEW. Publ. por The Mining Journal Ltd. London. 1967.

TRANSACTIONS. Publ. por la Royal Society of Edinburgh. Vol. 67, núm. 1, 1967. Vol. 67, núm. 2, 1967.

Vol. 67, núm. 3, 1967.

R. P. Tripp: *Trilobites from the upper Stinchar limestone (Ordovician) of the Girvan district, Ayrshire.*

Vol. 67, núm. 4, 1967.

A. G. Long: *Some specimens of Protoclepsydropsis and Clepsydropsis from the calciferous sandstone series of Berwickshire.*

INFORMATION BULLETIN. Publ. por el National Coal Board, Hobar House. London. Núm. 67/264.

*Water supplies for fire-fighting, dust suppression and machine at collieries.*

TRANSACTIONS. Publ. por la Institution of Mining & Metallurgy, Londres.

Vol. 75, 1966.

R. H. Mac William: *Changing patterns of mining finance.*  
H. Ferrari, A. R. Pittendrigh y L. Rotherforth: *Installation of welded steel-concrete bonded linings in Thorne colliery shafts.*

Vol. 76, núm. 727, junio, 1967.

D. N. Collins: *Investigation of collector systems for the flotation of cassiterite.*

K. G. Carr-Brion: *Performance of an on-stream radioisotope X-ray fluorescence analyser.*

M. R. W. Rey: *Early development of the copper segregation process.*

S. Markovic y F. Ser: *Selective flotation of magnetite and chromite.*

E. T. Pinkney y N. Plint: *Treatment of refractory copper ores by the segregation process.*

MINERALOGICAL MAGAZINE. Publ. por la Mineralogical Society, Londres.

Vol. 36, núm. 278, junio, 1967.

C. Leelanandam: *Chemical study of pyroxenes from the charnockitic rocks of Kondapalli (Andhra Pradesh), India, with emphasis on the distribution of elements in coexisting pyroxenes.*

A. Ewart: *Pyroxene and magnetite phenocrysts from the Taupo quaternary rhyolitic pumice deposits, New Zealand.*

G. A. Challis: *X-ray study of deformation lamellae in olivines of ultramafic rocks.*

R. G. Burns y R. G. J. Strens: *Structural interpretation of polarized absorption spectra of the Al-Fe-Mn-Cr epidotes.*

J. R. Cann: *A second occurrence of dalyite and the petrology of some ejected syenite blocks from Sao Miguel, Azores.*

S. G. Fleet y J. R. Cann: *Vlasovite: a second occurrence and a triclinic to monoclinic inversion.*

H. Piller: *Influence of light reflection at the objective in the quantitative measurement of reflectivity with the microscope.*

M. A. El Sharkawi y W. R. Dearman: *Metasomatism of cherts on the north-west margin of Dartmoor, Devonshire.*

R. J. Davis: *Some manganese pseudomorphs.*

H. Hughes, P. Roos y D. C. Goldring: *X-ray data on some calcium-iron-oxygen compounds.*

A. Lopes-Vieira y J. Zussman: *The crystal structure of zussmanite.*

D. W. P. Corbett: *The Lake Bonney and Nora Creina meteorites, South Australia.*

V. K. Nayak: *Bixbyite and manganophyllite from Kajli-drongri, India.*

S. Subba Rao: *Meteoritic origin of the secondary minerals of the Deccan Trap lavas.*

P. Wilkison: *Computer programmes for the recalculation of rock and mineral analyses.*

J. G. Mac Donald: *Modification of calculation of mineral unit cell contents.*

E. G. Ehlers: *On the determination of  $^{27}\text{V}$ .*

N. Sundius y A. Parwel: *Amesite from the silver mines of Hällefors, central Sweden.*

THE QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON. Publ. por la Geological Society, Londres. Vol. 122, núm. 488, Parte 4, junio, 1967.

F. W. Shotton: *The problems and contributions of methods of absolute dating within the Pleistocene period.*

W. W. Bishop y A. F. Trendall: *Erosion-surfaces, tectonics and volcanic activity in Uganda.*

M. H. P. Bott y G. A. L. Johnson: *The controlling mechanism of Carboniferous cyclic sedimentation.*

P. A. Sabine y J. V. Watson: *Isotopic age-determinations of rocks from the British Isles. 1965.*

THE MERCIAN GEOLOGIST. Publ. por la East Midlands Geological Society, Nottingham.

Vol. 2, núm. 2, junio, 1967.

T. D. Ford y M. H. Mason: *Bibliography of the geology of the Peak District of Derbyshire (TO 1965).*

### Publicaciones italianas

VIDA ITALIANA. Publ. por el Servizio de Informazioni e Propieta Letteraria, Roma.

Núm. 7, 1967.

BOLLETTINO DI GEOFISICA TEORICA ED APPLICATA. Publ. por el Osservatorio Geofisico Sperimentale de Trieste.

Vol. IX, núm. 35, septiembre, 1967.

A. Bellugi: *Sui metodi fisici ausiliari per l'aumento delle riserve statiche sulle gallerie.*

H. Borchert: *Volcanismo y manto terrestre superior en su relación con el núcleo exterior de la Tierra y la geotectónica (en alemán).*

I. Finetti: *Ricerche sismiche a rifrazione sui rapporti strutturali fra il Carso ed il Golfo di Trieste.*

G. Manzoni: *Theoretical evaluation of the perturbation on power spectra due to Random errors in the spacing of the sampling instants.*

ATTI DELL'ISTITUTO GEOLOGICO DELLA UNIVERSITA DI PAVIA. Publ. por el Instituto Geológico de la Universidad de Pavia.

Vol. XVII, 1967.

G. Braga: *Geologia delle Valli Nure e Perino (Apennino Piacentino).*

G. Cassmos: *Rassegna delle formazioni permiane dell'alta Val Trompia (Brescia).*

R. Rossetti: *Ricerche stratigrafiche e strutturali sulla regione dolomitica a oriente del Lago d'Idro (Bresciano nord-orientale).*

G. Cantalppi: *Fossili sinemuriani e domeriani nel «Corso Bianco» ad est di Brescia.*

S. Mosna: *Segnalazione di una zona a Globorotalia optima optima Bolli in marme oligoceniche di Valle Scrivia (Bacino terziario piemontese).*

R. Bossetti: *Considerazioni sui rapporti tra le diverse facies ladiniche nella zona del Pizo Camino e della Concarena (Bresciano nord-occidentale).*

R. Rosetti: *Rapporti strutturali tra il Pizo Camino e della Concarena (Bresciano nord-occidentale).*

G. Cassinis: *Lapilli acrezionari nei tufi paleozoici della Val Trompia (Prealpi bresciane).*

A. Boni y M. Vanossi: *Nuovi elementi paleontologici per la datazione del terreno compresi tra la «Formazione ad Elmintoide» s. s. ed il «Brianzonese ligure» s. l. (Liguria occidentale)*

### Publicaciones polacas

ACTA PALEONTOLOGICA POLONICA. Publ. por la Academia de Ciencias de Polonia, Varsovia.

Vol. XII, núm. 2, 1967 (en polaco, resúmenes en ruso, francés o inglés).

R. Kozłowski: *Algunos fósiles ordovicienses de esqueleto orgánico.*

G. Bierna: *Nuevos datos referentes al género Dzedus-cykyia Siemiradck, 1909 (Brachiopoda).*

M. Osmolska; *Otarionidae (Trilobita) del Carbonífero de Europa.*

M. Pugaczewska: *Serpulidae dano-montiensis del sondeo de Boryszew, Polonia.*

A. Jerzmanska: *Estudios sobre Argentínicos de la serie de menilitas de los Cárpatos.*

J. Fedorowski: *Revisión del género Ceratophyllum Gürich, 1896 (Tetracoralla).*

J. Helms y Z. Walska: *Nuevos conodontes del Devónico superior de Polonia y Alemania.*

J. Kazmierzka: *Morfología y paleoecología del producido Horridonia horrida (Sowerby) del Zechstein de Polonia.*

### Publicaciones canadienses

MEMOIR. Publ. por el Geological Survey of Canada, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa. Núm. 341, 1967.

Núm. 345, 1967.

R. G. Blackadar: *Geology of Mingo Lake-Macdonald Island map-area, Baffin Island, District of Franklin.*

W. D. Mac Cartney: *Whitbourne map-area, Newfoundland.*

Núm. 348, 1967.

M. J. Frarey: *Villobob Lake and Thompson Lake map areas, Quebec and Newfoundland (23 0/1 and 23 0/8).*

PAPER. Publ. por el Geological Survey of Canada, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

Núm. 66-68, 1967.

P. J. Hood, P. Sawatzky y M. E. Bower: *Progress report on low-level aeromagnetic profiles over the Labrador Sea, Baffin Bay, and across the North Atlantic Ocean.*

Núm. 67-11, 1967.

M. S. Barss: *Illustrations of canadian fossils. Carboniferous and Permian spores of Canada.*

Núm. 67-12, 1967.

H. Frebold, E. W. Mountjoy y D. J. Tempelman-Kluit: *New occurrences of jurassic rocks and fossils in Central and Northern Yukon Territory.*

Núm. 67-21, 1967.

H. Frebold y H. W. Tipper: *Middle Callovian sedimentary rocks and guide ammonites from Southwestern British Columbia.*

Núm. 67-23, Parte I, 1967.

J. A. C. Fortescue y E. H. W. Horbroock: *Progress report on biogeochemical research at the Geological Survey of Canada 1963-1966.*

Núm. 67-26, 1967.

A. Larochelle: *Further considerations on certain statistical methods in palaeomagnetism.*

Núm. 67-34, 1967.

E. M. Cameron: *A computer program for factor analysis of geochemical and other data.*

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

Núm. 158, 1967.

H. Frebold: *Hettangian ammonite faunas of the Taseko Lakes area, British Columbia.*

GEOLOGICAL PAPER. Publ. por el Departamento de Geología, Universidad Carleton, Ottawa.

Núm. 1, 1966.

A. W. Hounslow y J. M. Moore: *Preparation and analysis of silicate rocks and minerals.*

Núm. 2, 1966.

D. C. Mah y W. M. Tupper: *The Gallein colorimetric method for determining tin: an evaluation.*

LE NATURALISTE CANADIEN. Publ. por la Universidad Laval.

Vol. 94, núm. 2, marzo-abril, 1967. Vol. 94, núm. 3, mayo-junio, 1967. Vol. 94, núm. 4, enero-febrero, 1967.

ANNUAL REPORT CALENDAR YEAR, 1965. Publ. por el Geological Survey, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa.

Núm. 139, 1967.

P. Meyboom: *Groundwater studies in the Assiniboine River drainage basin. Part II: Hydrologic characteristics of Phreatophytic vegetation in South-Central Saskatchewan.*

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey of Canada, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

Núm. 138, 1967.

R. L. Christie: *Reconnaissance of the surficial geology of Northeastern Ellesmere Island, Arctic Archipelago.*

Núm. 146, 1967.

H. R. Belyea y B. S. Norford: *The devonian Cedared and Harrogate formations in the Beaverfoot, Brisco, and Stanford Ranges, Southeast British Columbia.*

Núm. 148, 1967.

R. Kretz: *Granite and pegmatite studies at Northern Indian Lake, Manitoba.*

### Publicaciones estadounidenses

JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.

Vol. 89, núm. 11, mayo, 1967. Vol. 89, núm. 12, junio, 1967. Vol. 89, núm. 13, junio 1967. Vol. 89, núm. 14, julio, 1967. Vol. 89, núm. 20, septiembre, 1967. Vol. 89, núm. 15, julio, 1967. Vol. 89, núm. 16, agosto, 1967. Vol. 89, núm. 17, agosto, 1967. Vol. 89, núm. 18, agosto 1967. Vol. 89, número 19, septiembre, 1967.

COMPUTER CONTRIBUTION. Publ. por el Geological Survey, Universidad de Kansas, Lawrence.  
 Núm. 11, 1967.  
 W. T. Fox: *Fortran IV program for vector trend analyses of directional data.*

Núm. 13, 1967.  
 W. C. Krumbein: *Fortran IV computer programs for Markov chain experiments in Geology.*

Nm. 14, 1967.  
 R. D. Hobson: *Fortran IV programs to determine surface roughness in topography for the CDC 3.400 computer.*

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey de Kansas, Lawrence.  
 Núm. 187, Parte 2, 1967.  
 Progress report on the ground-water hydrology of the *Equus-beds* area, Kansas. 1966.

PROFESSIONAL PAPER. Publ. por el Geological Survey, Washington.  
 Núm. 342-H, 1966.  
 J. C. Brice: *Erosion and deposition in the loess-mantled great plains, Medicine Creek drainage basin, Nebraska*

Núm. 393-A, 1966.  
 J. R. Gill y W. A. Cobban: *The Red Bird section of the Upper Cretaceous Pierre Shale in Wyoming.*

Núm. 396, 1966.  
 D. C. Ross.: *Stratigraphy of some Paleozoic formations the Independence quadrangle, Inyo county, California.*

Núm. 398-B, 1966.  
 J. A. Wolfe: *Tertiary plants from the Cook Inlet region, Alaska.*

Núm. 403-I, 1966.  
 R. Todd: *Smaller foraminifera from Guam.*

Núm. 422-J, 1966.  
 D. B. Simons y E. V. Richardson: *Resistance to flow in alluvial channels.*

Núm. 476-B, 1966.  
 G. N. Pippingos: *Origin of elements associated with uranium in the Cave Hills area, Harding county, South Dakota.*

Núm. 500-C, 1966.  
 A. E. Scheidegger y W. B. Langbein: *Probability concepts in geomorphology.*

Núm. 510, 1966.  
 H. W. Smedes: *Geology and igneous petrology of the Northern Elkhorn Mountains, Jefferson and Broadwater counties, Montana.*

Núm. 524-F, 1966.  
 P. W. Lipman, R. L. Christiansen y J. T. O'Connor: *A compositionally zoned ash-flow sheet in Southern Nevada.*

Núm. 529-A, 1966.  
 K. O. Emery: *Atlantic continental shelf and slope of the United States.*

Núm. 539, 1966.  
 A. M. Piper: *Potential effects of project chariot on local water supplies Northwestern Alaska.*

Núm. 543-B, 1966.  
 S. J. Tuthill y W. M. Laird: *The Alaska Earthquake March 27, 1964. Regional effects: Martin-Bering Rivers area.*

Núm. 543-E, 1966.  
 O. J. Ferrians: *The Alaska Earthquake March 27, 1964. Regional effects: Copper River basin area.*

Núm. 544-A, 1966.  
 R. M. Waller: *The Alaska Earthquake March 27, 1964. Effects on hydrologic regimen: South-Central Alaska.*

Núm. 544-B, 1966.  
 R. M. Waller: *The Alaska Earthquake March 27, 1964. Effects on hydrologic regimen: Anchorage area.*

Núm. 545-A, 1966.  
 M. H. Logan: *The Alaska Earthquake March 27, 1964. Effects on transportation and utilities: Eklutna power project.*

Núm. 550-A, 1966.  
 W. T. Pecora: *Geological Survey Research 1966, Chapter A.*

Núm. 550-D, 1966.  
 W. T. Pecora: *Geological Survey Research 1966, Chapter D.*

Núm. 560-B, 1966.  
 F. Geukens: *Geology of the Arabian Peninsula. Yemen.*

Núm. 560-D, 1966.  
 R. W. Powers, L. F. Ramirez, C. D. Redmond y E. L. Elberg: *Geology of the Arabian Peninsula. Sedimentary geology of Saudi Arabia.*

Núm. 560-H, 1966.  
 Z. R. Beydoun: *Geology of the Arabian Peninsula. Eastern Aden protectorate and part of Dhufar.*

Núm. 563-C, 1966.  
 W.A. Laycock: *Distribution of roots and rhizomes in different soil types in the Pine Barrens of New Jersey.*

WATER-SUPPLY PAPER. Publ. por el Geological Survey, Washington.  
 Núm. 1.540-C, 1966.  
 M. J. Fishman y S. C. Downs: *Methods for analysis of selected metals in water by atomic absorption.*

Núm. 1.592-C, -D, 1966.  
 H. J. Koloseus y J. Davidian: *Free-surface instability correlations and roughness-concentration effects on flow over hydrodynamically rough surfaces.*

Núm. 1.610-D, 1966.  
 L. L. Young, D. W. Neal y D. L. Gaskill: *Waterpower resources and reconnaissance geology of sites in the Aleska River basin, Oregon.*

Núm. 1.615-H, 1966.  
 A. I. Jonhson, R. P. Monston y S. F. Versaw: *Laboratory study of aquifer properties and well design for an artificial recharge site.*

Núm. 1679, 1966.  
 J. L. Patterson: *Magnitude and frequency of floods in the United States. Parte 6-A. Missouri River basin above. Sioux City, Iowa.*

Núm. 1696-D, 1966.  
 C. M. Hoffman y G. L. Stewart.: *Quantitative determination of tritium in natural waters.*

Núm. 1696-E, 1967.  
 J. O. Johnson y K. W. Edwards: *Determination of strontium-90 in water.*

Núm. 1.757-E, 1966.  
 L. C. Dutcher y H. E. Thomas: *The occurrence, chemical quality and use of ground water in the Tabulbah area, Tunisia.*

Núm. 1.819-H, 1966.  
 J. C. Mundorff y K. M. Waddell: *Fluvial sediment and chemical quality of water in the Little Blue River basin, Nebraska and Kansas.*

Núm. 1.819-I, 1966.  
 A. J. Boettcher: *Ground-water development in the high plains of Colorado.*

Núm. 1.819-J, 1966.  
 C. H. Scott y H. D. Stephens.: *Special sediment investigations. Mississippi River at St. Louis, Missouri, 1961-63.*

Núm. 1.821, 1966.  
 W. B. Allen, G. W. Hahn y R. A. Brackley: *Availability of ground water upper Pawcatuk River basin, Rhode Island.*

Núm. 1.837, 1966.  
 R. F. Brown: *Hydrology of the cavernous limestones of the Mammoth Cave area, Kentucky.*

Núm. 1.838, 1966.  
 R. O. R. Martin y R. L. Hanson: *Reservoirs in the United States.*

Núm. 1839-C, 1966.  
 F. W. Kennon: *Hydrologic effects of small reservoirs in Sandstone Creek Watershed, Beckham and Roger Mills counties, Western Oklahoma.*

Núm. 1.869-A, 1966.  
 J. F. Bailey y H. A. Ray: *Definition of stage-discharge relation in natural channels by step-backwater analysis.*

Núm. 1.869-B, 1966.  
 N. A. Kallio: *Effect of vertical motion on current meters.*

Núm. 1.869-C, 1966.  
 H. Hulsing, W. Smith y E. D. Cobb: *Velocity-head coefficients in open channels.*

Núm. 1.535-L, 1967.  
 W. D. Silvey: *Ocurrence of selected minor elements in the waters of California.*

Núm. 1.608-G, 1967.  
 G. D. Bennett, Ata-Ur-Rehman, I. A. Sheikh y S. Ayi: *Analysis of aquifer tests in the Pujab region of West Pakistan.*

Núm. 1674, 1966.  
 H. H. Barnew y H. G. Golden: *Magnitude and frequency of floods in the United States. Part 2-B. South Atlantic and Eastern Gulf of Mexico basins Ogeechee River to Pearl River.*

Núm. 1.743, 1966.  
 S. K. Love: *Quality of surface waters of the United States 1960. Parts 5. and 6. Hudson bay and Upper Mississippi river basin, and Missouri river basin.*

Núm. 1.757-F, 1967.  
 L. C. Dutcher y H. E. Thomas: *Surface water and related climated feature of the Sahil Susah area, Tunisia.*

Núm. 1.819-K, 1967.  
 A. M. Moore: *Correlation and analysis of water-temperature data for Oregon streams.*



- Núm. 1.825, 1966.  
J. Isbister: *Geology and hidrology of Northeastern Nassau County, Long Island, New York.*
- Núm. 1.826, 1966.  
J. A. Baker y R. A. Brackley: *Water resources of the Ipswich river basin, Massachusetts.*
- Núm. 1.828, 1967  
E. R. Cox: *Geology and hydrology between Lake Mc Millan and Carlsbad Springs, Eddy County, New Mexico.*
- Núm. 1.831, 1966.  
D. E. Burkham: *Hydrology of Cornfield Wash area and effects of land-treatment practices, Sandoval County, New Mexico, 1951-60.*
- Núm. 1834, 1967.  
M. E. Lowry y M. A. Critst: *Geology and ground-water resources of Laramie County, Wyoming.*
- Núm. 1.835, 1967.  
E. F. Mc Carren: *Chemical quality of surface water in the Allegheny River basin, Pennsylvania and New York.*
- Núm. 1839-B, 1967.  
R. O. Plebuch y M. S. Hines: *Water resources of Pulaski and Saline Counties, Arkansas.*
- Núm. 1.839-D, 1976.  
D. A. Morris y A. I. Johnson: *Summary of hydrologic and physical properties of rock and soil materials, as analyzed by the hydrologic laboratory of the U. S. Geological Survey 1948-60.*
- Núm. 1839-H, 1967.  
R. Newcome: *Development of ground-water supplies at Mississippi Test Facility, Hancock County, Mississippi.*
- Núm. 1.839-K, 1967.  
R. Newcome: *Ground-water resources of the Pascagoula River basin, Mississippi and Alabama.*
- Núm. 1.843, 1967.  
D. L. Coffin: *Geology and ground-water resources of the Big Sandy Creek valley, Lincoln, Cheyenne and Kiowa Counties, Colorado.*
- Núm. 1.947, 1967.  
S. K. Love: *Quality of surface waters of United States 1963. Parts. 1 and 2. North Atlantic slope basin and South Atlantic slope and Eastern Gulf of Mexico basins.*
- Núm. 1.952, 1967.  
S. K. Love: *Quality of surface waters for irrigation, Western States, 1963.*
- BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, Washington.  
Núm. 1.198-G, 1967.  
H. T. Shacklette: *Copper mosses as indicators of metal concentrations.*
- Núm. 1.199-0, 1.966.  
P. E. Cloud: *Bauxite deposits of the Anniston, Fort Payne and Ashville areas, Northeast Alabama.*
- Núm. 1.199, 1966.  
N. M. Denson y K. M. Kaagé: *Some bauxite and clay deposits in Northeastern Alabama.*
- Núm. 1.219, 1967.  
R. J. Dingman: *Geology and ground-water resources of the Northern part of the Salar de Atacama, Antofagasta province, Chile.*
- Núm. 1.221-D, 1967.  
J. D. Wells: *Geology of the Eldorado Springs quadrangle, Boulder and Jefferson counties, Colorado.*
- Núm. 1.221-E, 1966.  
R. W. Kistler: *Structure and metamorphism in the Mono Craters quadrangle, Sierra Nevada, California.*
- Núm. 1.221-F, 1966.  
H. J. Prostka: *Igneous geology of the Dry Mountain quadrangle, Jefferson county, Montana.*
- Núm. 1.240, 1966.  
J. F. Harrington, D. E. Ward y V. E. Mc Kelvey: *Sources of fertilizer minerals in South America. A preliminary study.*
- Núm. 1.241-D, 1966.  
J. J. Norton: *Ternary diagrams of the quartz-feldspar content of pegmatites in Colorado.*
- Núm. 1.242-A, 1966.  
A. V. Heyl y E. R. King: *Aeromagnetic and tectonic analysis of the Upper Mississippi valley zinc-lead district.*
- Núm. 1.244-A, 1966.  
G. V. Cohee y W. S. West: *Changes in stratigraphic nomenclature by the U. S. Geological Survey 1965.*
- Núm. 1.244-C, 1966.  
A. E. Nelson: *Cretaceous and Tertiary rocks in the Cozamal quadrangle, Northern Puerto Rico.*
- Núm. 1.244-D, 1967.  
R. F. Wilson y J. H. Stewart: *Correlation of upper triassic and triassic (?) formations between Southwestern Utah and Southern Nevada.*

- Núm. 1.244-E, 1966.  
R. E. Grant: *Permian rock units in the Glass Mountains, West Texas.*
- Núm. 1.117-D, 1967.  
P. Zubovic, N. B. Shffey y T. Stadnichenk: *Distribution of minor elements in some coals in the Western and South-western Region of the interior coal province.*
- Núm. 1.163-B.  
N. E. Chute: *Geology of the Norwood quadrangle, Norfolk and Suffolk counties, Massachusetts.*
- Núm. 1.163-D.  
J. H. Harishorn: *Geology of the Taunton quadrangle, Bristol and Plymouth counties, Massachusetts.*
- Núm. 1.199-N.  
E. Cloud: *Geology and bauxite deposits of the Rock Run and Goshen Valley areas, Northeast Alabama.*
- Núm. 1.200.  
G. C. Keroher: *Lexicon of geologic names of the United States for 1963-1960.*  
Parte 1.: A-F. Parte 2.: G-O. Parte 3.: P-Z.
- Núm. 1.214-C.  
D. R. Shawe y S. Bernold: *Beryllium content of volcanic rocks.*
- Núm. 1215.  
W. D. Johnson y W. L. Adkison: *Geology of Eastern Shawnee county, Kansas.*
- Núm. 1.222-E.  
R. L. Griggs y H. C. Wagner: *Geology and ore deposits of the Steeple Rock mining district, Grant county, New Mexico.*
- Núm. 1.122-H.  
N. S. Johnson y W. Thordarson: *Uranium deposits of the Moab, Moticello, White Canyon, and Monument Valley district, Utah and Arizona.*
- Núm. 1.225.  
E-An Zen: *Construction of pressure-temperature diagrams for multicomponent systems after the method of Schreinemakers.—A geometric approach.*
- Nm. 1.226.  
K. L. Wier: *Geology of the Kelso Junction quadrangle, Iron county, Michigan.*
- Núm. 1.228.  
S. H. Patterson: *Bauxite reserves and potential aluminum resources of the World.*
- Núm. 1.230-H.  
T. L. Finnell y C. G. Bowels: *Mineral resources of the Mount Baldy primitive area, Arizona.*
- Núm. 1.230-G.  
D. F. Crowder: *Mineral resources of the Devil Canyon-Bear Canyon primitive area, California.*
- Núm. 1.242-B.  
F. F. Barnes: *Coal resources of Alaska.*
- Núm. 1.242-D.  
W. J. Mapel: *Bituminous coal resources of Texas.*
- Núm. 1.244-F.  
G. C. Simmons y W. A. Oliver: *Otter creek coral bed and its fauna. East-Central Kentucky.*
- Núm. 1.244-H.  
A. A. Drake y J. B. Epstein: *The Martinsburg formation (Middle and Upper Ordovician) in the Delaware valley, Pennsylvania-New Jersey.*
- REPORT OF INVESTIGATIONS. Publ. por el Florida Geological Survey, Tallahassee.  
Núm. 42, 1966.  
R. W. Pride, F. W. Meyer y R. N. Cherry: *Hydrology of Green Swamp area in Central Florida.*
- Núm. 43, 1966.  
G. W. Leve: *Ground water in Duval and Nassau counties, Florida.*
- Núm. 44, 1966.  
H. G. Stewart: *Ground water resources of Polk county.*
- Núm. 45, 1966.  
S. D. Leach y R. G. Grantham: *Salt-water study of the Miami River and its tributaries. Dade county, Florida.*
- INFORMATION CIRCULAR. Publ. por el Florida Geological Survey, Tallahassee.  
Núm. 48, 1966.  
H. G. Healy: *Water levels in artesian and nonartesian aquifers of Florida, 1961-62.*  
Núm. 49, 1966.  
C. Babcock: *Florida petroleum exploration, production, and prospects, 1964.*
- Núm. 50, 1966.  
R. H. Musgrove, J. T. Barraclough y R. G. Grantham: *Water resources records of Escambia and Santa Rosa counties, Florida.*

Núm. 51, 1967.

J. Mc Coy: *Ground water in the Innokalee area, Collier county, Florida.*

BULLETIN. Publ. por el Florida Geological Survey, Tallahassee.

Núm. 47, 1966.

Ch. W. Hendry y Ch. R. Sproul: *Geology and ground water resources of Leon county, Florida.*

Núm. 48, 1966.

J. W. Yon: *Geology of Jefferson county, Florida.*

JOURNAL OF THE HYDRAULICS DIVISION. Publ. por la American Society of Civil Engineers.

Vol. 93, núm. 5, septiembre, 1967.

R. P. Curtis y J. D. Lawson: *Flow over and through rockfill banks.*

G. Bagge y J. B. Herbich: *Transitions in supercritical open-channel flow.*

R. Sing: *Solution of a diffusion equation.*

J. A. Hoopes y D. R. F. Harleman: *Wastewater recharge and dispersion in porous media.*

A. J. Raudkivi: *Analysis of resistance in fluvial channels.*

A. R. Halliwell: *Tidal velocities across a partly-completed barrage.*

H. P. Guy, R. E. Rathbun y E. V. Richardson: *Recirculations and sand-feed type flume experiments.*

A. K. Biswas: *Hydrologic engineering prior to 600 B. C.*

C. R. Dudgeon: *Wall effects in permeameters.*

H. A. Neu: *Transverse flow in a river due to Earth's rotation.*

D. Bruun: *Tidal inlets housekeeping.*

V. L. Streeter: *Water-hammer analysis of distribution systems.*

Chao-Lin Chiu: *Stochastic model of motion of solid particles.*

D. W. Newton y J. W. Vnyard: *Computer-determined unit hydrograph from floods.*

U. Y. Shamir y D. R. F. Harleman: *Dispersion in layered porous media.*

W. M. Snyder: *Extended continuous interpolation.*

GEOLOGICAL SCIENCES. Publ. por Stanford University Publications, Stanford California.

Vol. X, núm. 3, 1967.

W. R. Evitt: *Dinoflagellate studies. II. The Archeophyle.*

Vol. X, núm. 4, 1967.

W. R. Evitt, R. F. A. Clarke y J. P. Verdier: *Dinoflagellate studies. III. Dinogymnium acuminotum gen. n. sp. (Mastrichtian) and other fossils formerly referable to Gymnodinium Stein.*

WATER RESOURCES RESEARCH. Publ. por The American Geophysical Union, Richmond, Virginia.

Vol. 3, núm. 2, 1967.

M. Gordon y A. P. Schick: *Effects of construction on fluvial sediment, urban and suburban areas of Maryland.*

H. K. Qashu y S. W. Boul: *Hydraulic and micromorphological properties of stream channel sediments.*

J. V. Leeds: *Accuracy of discrete models used to predict estuary pollution.*

Ch. G. Gunnerson: *Hydrologic data collection in tidal estuaries.*

R. L. Wershaw, M. C. Goldberg y D. J. Pinckney: *The determination of the ionization constant of 2, 4-D in water.*

D. R. Cochrane, J. D. Pope, H. P. Nicholson y G. W. Bailey: *The persistence of silvex in water and hydrosol.*

W. O. Smith: *Infiltration in sands and its relation to groundwater recharge.*

U. Y. Shamir y D. R. F. Harleman: *Numerical solutions for dispersion in porous mediums.*

M. S. Hantush: *Flow of groundwater in relatively thick leaky aquifers.*

I. Javandel y P. A. Witherspoon: *Use of thermal models to investigate the theory of transient flow to a partially penetrating well.*

S. Irmay: *On the meaning of the Dupuit and Pavlovskii approximations in aquifer flow.*

D. Kirkham: *Explanation of paradoxes in Dupuit-Forchheimer seepage theory.*

R. A. Freeze y P. A. Witherspoon: *Theoretical analysis of regional groundwater flow. 2. Effect of water-table configuration and subsurface permeability variation.*

E. L. Johnson: *A study in the economics of water quality management.*

L. D. James: *Economic analysis of alternative flood control measures.*

R. C. Lond: *Flood control alternatives and the economics of flood protection.*

W. M. Snyder: *Some error properties of segmented hydrologic functions.*

M. H. Diskin: *Laplace transform proof of the theorem of moments for the instantaneous unit hydrograph.*

H. A. Schriber y D. R. Kincaid: *Regression models for predicting on-site runoff from short-duration convective storms.*

B. G. Decooke y E. Megerian: *Forecasting the levels of the Great Lakes.*

V. E. Fenton y A. C. Robertson: *Experience with the pressure pillow as a snow measuring device.*

R. D. Markovic: *Control levels for quantitative evaluation of weather modification attainments.*

J. C. Wolcox: *A simple evaporimeter for use in cold areas.*

J. Gale, E. B. Roberts y R. M. Hagan: *High alcohols as antitranspirants.*

CIENCIA INTERAMERICANA. Publ. por el Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, Washington, D. C.

Vol. 8, núm. 1, enero-febrero, 1967.

VIRGINIA MINERALS. Publ. por la Division of Mineral Resources, Charlottesville, Virginia.

Vol. 13, núm. 2, mayo, 1967.

D. M. Young: *Oil and gas development in Virginia during 1966.*

COMENTS ON NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS. Publ. por L. Lederman y J. Weneser.

Vol. 1, núm. 1, enero, 1967.

PALEONTOLOGICAL CONTRIBUTIONS. Publ. por University of Kansas Paleontological Institute, Lawrence.

Núm. 12, diciembre, 1966.

R. F. Maddocks: *Distribution patterns of living and sub-fossil podocopid ostracodes in the Nosy Bé area, Northern Madagascar.*

Núm. 13, diciembre, 1966.

J. W. Skinner y G. Wilde: *Type species of Pseudofusulina Dunbar & J. Skinner.*

Núm. 14, 1967.

R. S. Spencer: *Pennsylvanian Spiriferacea and Spiriferinaea of Kansas.*

Núm. 15, enero, 1967.

A. J. Rowell y A. J. Rundle: *Lophophore of the Eocene brachiopod Terebratulina wardenensis Elliot.*

Núm. 16, enero, 1967.

J. E. Sourauf: *Massive Devonian Rugosa of Belgium.*

BULLETIN OF THE AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY. Publicado por el Museo de Historia Natural, New York.

Vol. 132, art. 1, 1966.

L. Van Valen: *Deltaheridia, a new order of mammals.*

Vol. 132, art. 2, 1966.

F. S. Szalay y S. J. Gould: *Asiatic Mesonychidae (Mammalia, Condylarthra).*

THE UNIVERSITY OF KANSAS SCIENCE BULLETIN. Publ. por la Universidad de Kansas, Lawrence.

Vol. XLVII, núm. 1, marzo, 1967.

R. W. Baxter: *A revision of the Sphenopsid organ genus, Litostrobus.*

Vol. XLVI, núm. 21, enero; núm. 22, marzo, 1967.

Vol. XLVIII, núm. 2, marzo; núm. 3, abril; núm. 4, abril, 1967.

AMERICAN MUSEUM NOVITATES. Publ. por the American Museum of Natural History, Nueva York.

Núm. 2242, mayo, 1967.

H. B. Rollins: *Morphological observations on the Bellerophon Ptomatis patulus (Hall). (Gastropoda, Bellerophon-tacea).*

Núm. 2246, mayo, 1966.

E. H. Colbert: *A gliding reptile from the Triassic of New Jersey.*

Núm. 2252, agosto, 1967.

I. A. Browne y N. D. Newell: *The genus Aphania Koninck, 1877, Permian representative of the Inoceramidae.*

Núm. 2253, agosto, 1966.

M. C. Mc Kenna: *Synopsis of Whitenyan and Arikarean Camelid Phylogeny.*

Núm. 2261, agosto, 1966.

S. M. Skinner y R. J. Gooris: *A note on Toxotherium (Mammalia, Rhinoceroidea) from Natrona County, Wyoming.*

Núm. 2267, octubre, 1966.

F. S. Szalay: *The Tarsus of the Paleocene Leptictid Prodiacodon (Insectivora, Mammalia).*

### Publicaciones africanas

NOTES ET MEMOIRES DU SERVICE GEOLOGIQUE. Publ. por el Servicio Geológico de Marruecos, Rabat.

Tomo 26, núm. 188, 1966.

G. Sutter y G. G. Fiechter: *Le Rif méridional atlantique (Maroc): aperçu structural sur la région de Zoumi-Ouezza ne et le pays du Habt (Larache).*

G. Alberti, H. Hollard y S. Willefer: *Couches de base du Dévonien et présence de Monograptus hercynicus Perner dans la région de Rabat à Tiflet.*

J. M. Dutuit: *Apport des découvertes de vertébrés à la stratigraphie du Trias continental du couloir d'Argana (Haut Atlas occidental, Maroc).*

J. Destombes: *Quelques Calymenia (Trilobitae) de l'Ordovicien moyen et supérieur del l'Anti-Atlas (Maroc).*

G. Alberti: *Quelques trilobites (en particulier des Pro-*

tidés) du Silurien, du Dévonien inférieur et du Dévonien moyen du Maroc.

G. Suter: *Introduction géologique à l'étude des faunes du Jurassique supérieur de la zone pré-rifaine du Moyen Ouerrha.*

J. Geysant: *Etude paléontologique des faunes du Jurassique supérieur de la zone pré-rifaine du Moyen Ouerrha.*

J. Geysant: *Glossothyris et Pygope (Terebratulidae). Essai de répartition de ces espèces dans le domaine méditerranéen.*

L. Geysant: *Etude de quelques ammonites (Nebrodites et Simosphinctes).*

A. Emberger y G. Poult: *Les minéralisations polymétalliques (Mn, Cu, Pb-Zn) dans les socles hercynien et précambrien et leurs couvertures au Maroc.*

C. Gaudfroy: *L'axinite d'El-Hamman (région de l'Achemèche, Massif hercynien central); étude complémentaire.*

A. Kosakevitch: *Description cristallographique de la datolite et de la prehnite des calcaires métamorphiques d'El-Hammam (région de l'Achemèche).*

A. Kosakevitch: *Description cristallographique de la pyrrhotite d'El Hammam et d'une épataxie de galène.*

A. Caillère y J. E. Dietrich: *Mauchérite, or et nickéline de la mine d'Aghbar, région de Bou-Azzer (Anti-Atlas)*

Núm. 195, 1966.

J. P. Thauvin: *Monographie hydrogéologique de la Ma-mora.*

Núm. 196, 1966.

R. Bourrouilh: *Gastéropodes du Lias inférieur et moyen du domaine atlasique marrocaín.*

R. Dresnay: *Observations stratigraphiques au sujet des gisements de Gastéropodes liasiques du Causse moyen-atlasique et du Haut Atlas oriental, étudiés par R. Bourrouilh.*

### Publicaciones japonesas

PROCEEDINGS OF THE JAPAN ACADEMY. Publ. por la Academia del Japón, Ueno Park, Tokyo.

Vol. XLII, núm. 6, junio, 1966.

H. Yabe: *Lepidolina problem: Final remarks.*

Vol. XLII, núm. 7, septiembre, 1966.

Vol. XLII, núm. 8, octubre, 1967.

K. Harada, K. Tomita y T. Sudo: *Note on the conversion of stilbite and heulandite into wairakite under very low water saturated vapor pressure.*

Vol. XLII, núm. 9, noviembre, 1966.

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN. Publ. por el Geological Survey of Japan, Hisamoto-cho, Kamasaki-shi.

Vol. 17, núm. 4, abril, 1966.

K. Kishi, T. Kanno y H. Goto: *Investigation for ground*

*water resources in the Northern part of the Matsumoto basin.*

T. Murashita, T. Kanno y T. Murakami: *Ground water in the Kohri River basin, Nagasaki prefecture.*

S. Ishiyama: *Mémoire quant aux espèces d'écaillés habitantes dans les mers voisines de Tokio.*

Vol. 17, núm. 5, mayo, 1966.

T. Bojo y T. Onoé: *On the Tertiary in the city of Shimono-seki, Yamaguchi prefecture, Southwestern Japan.*

S. Maruyama, K. Horimoto, H. Kawachi, K. Onodera, K. Mukai, K. Ishibaschi, S. Goto, T. Saito y T. Hattori: *On the submarine recent sediments and iron sand in the Northern part of Isonozaki, Chita prefecture.*

K. Horimoto, K. Onda y Maruyama: *An experiment on the use of «UWIS».*

Vol. 17, núm. 6, junio, 1966.

H. Marsui y M. Yamaya: *Report on the Geological Survey of Toikambetsu and Horonobe, the Southern part of Tempoku coal field, Hokkaido.*

T. Nemoto y M. Yamaya: *Report on the Geological Survey in Magaribuchi, the Northwestern part of Tempoku coal field, Hokkaido.*

Vol. 17, núm. 7, julio, 1968.

F. Kishimoto, K. Takashima, K. Kato, S. Nagai, J. Kuboki, Y. Kayama, K. Komura y S. Otake: *On the mercury-dispersion halos of the environs of gold-silver veins, Taio Mine, Oita prefecture.*

K. Shibata y T. Nozawa: *K-Ar ages of Hida metamorphic rocks, Amo-Tsunokawa area and Oki area, Japan.*

K. Shibata y T. Nozawa: *K-Ar age of the granodiorite in a pit of the Amo Mine, Hida Mountains, Japan.*

K. Shibata y T. Nozawa: *K-Ar age of the Shimono-hara quartzdiorite, Hida Mountains, Japan.*

K. Shibata y T. Nozawa: *K-Ar age of the Nihonkoku gneiss, Northeast Japan.*

K. Shibata y T. Nozawa: *K-Ar ages of granites from Amami-oshima, Ryukyu Islands, Japan.*

Vol. 17, Núm. 8, agosto, 1966.

N. Aoyagi y T. Bojo: *On the radioactivity intensity of the Tertiary in the Tsugawa area, Niigata prefecture.*

T. Bojo, N. Aoyagi y T. Suzuki: *On the radioactivity intensity and uraniumiferous beds of Neogene in Mikawa-mura and its vicinity, Niigata prefecture, Northeastern Japan.*

T. Bojo y H. Matsu: *Tertiary in the vicinity of Shibata city, Niigata prefecture.*

K. Sugai y K. Hoshino: *Radioactive anomalies in the coal-bearing Miocene sediments of the Igu lignite field, Miyagi prefecture, Northeast Japan.*

T. Onoé: *On some characteristics of the Okinawa flora at Oguni-machi, Yamagata prefecture (Part. 1).*

S. Higashimoto: *On the radioactively anomalous sites detected by the Carbone radiometric survey in Yamaguchi and Shimane prefectures.*

N. Kiyoshima: *Radiometric survey at the Shikoku district in 1959.*

N. Kiyoshima: *Radiometric survey at the Southern part of Miyazaki prefecture.*

Vol. 17, núm. 9, septiembre, 1966.

M. Kawano, K. Takahashi y T. Nozawa: *Petrochemistry of Minami-osumi granite in the Uchinoura area, Kyushu, Japan.*

H. Matsubara: *Granites and pegmatites in the area of Mt. Kimpu-san, Yamanashi prefecture.*

K. Mori y K. Ikeda: *Investigation on ground water between the Southeastern part of the Sedai city and the coastal districts of Fukushima prefecture.*

Y. Suda y T. Hosono: *Gravity survey in the Nakoso district, Fukushima prefecture.*

### Publicaciones australianas

UNIVERSITY OF QUEENSLAND PAPERS. Publ. por la Universidad de Queensland, St. Lucia.

Vol. VI, núm. 3, abril, 1967.

G. Playford y K. D. Cornelius: *Paleontological and Lithostratigraphic features of the Razorback Beds, Mount Morgan District, Queensland.*

Vol. VI, núm. 5, julio, 1967.

R. E. Gould: *The geology of the Slacks Creek Area, Southeast Queensland.*

### Publicaciones neozelandesas

NEW ZEALAND JOURNAL OF SCIENCE. Publ. por el Department of Scientific and Industrial Research, Wellington.

Vol. 10, núm. 1, Marzo, 1967.

B. V. Walker: *Titanium dioxide from New Zealand titaniferous materials.*

R. B. Glover: *The chemistry of thermal waters at Rotorua.*

P. H. Barker: *Bathymetry of the fiordland continental margin.*

N. Wells: *Selenium in horizons of soil profiles.*

W. A. Pullar y J. D. Cowie y J. Cole: *Morphology of subfluvial and related soils on dunelands at Mt. Maunganui, bay of plenty.*

T. Marshall y J. Finch: *High-titanium slag smelting of New Zealand titanium ores.*

W. A. J. Mahon: *Natural hydrothermal systems and experimental hot water/rock interactions.*

Vol. 10. Núm. 2, junio, 1967.

A. Koga: *Germanium, molybdenum, copper and zinc in New Zealand thermal waters.*

D. S. Nicholson: *Distribution of economic minerals in south island west coast beach sands.*

D. A. St. John y P. W. Bastable: *Glazing of ignimbrite building stone.*

T. A. Rafer: *Oxygen isotopic composition of sulphates. Part. 1. A method for the extraction of oxygen and its quantitative conversion to carbon dioxide for isotopic radiation measurements.*

I. B. Campbell y G. G. C. Claridge: *Site and soil differences in the Brown Hills region of the Darwin glacier, Antarctica.*

### Mapas franceses

CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE 1:80.000. Publ. por el Servicio de Mapa Geológico de Francia, Ministerio de Industria, Paris.

Hoja núm. 44, Coutances; núm. 63, Mortagne; núm. 97, Tonnerre; núm. 191, La Teste-de-Buch; núm. 200, Gap; núm. 211, Le Buis; núm. 235, Aix; núm. 250, Urdos.

CARTE GEOLOGIQUE AU 1:50.000. Publ. por el Servicio del Mapa Geológico de Francia, Ministerio de Industria, Paris.

Hoja núm. XXXII-26, Lons-le-Saunier; núm. XXXIII-43, Taverner; núm. XXIX-10, Rethel.

### Mapas estadounidenses

COORDINATOR FOR MAPS. Department of State, Washington, D. C. 20.250.

Se han recibido varios de los estados siguientes: Alabama-Georgia, Arizona, Arkansas, California, Colorado, Connecticut, Florida, Georgia-Idaho, Idaho-Oregón, Idaho-Wyoming, Illinois, Illinois-Indiana, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Louisiana, Louisiana-Mississippi, Maine, Maryland, Maryland-Virginia, Michigan, Minnesota, Minnesota-Iowa, Mississippi, Mississippi-Louisiana, Missouri, Montana, Nebraska, Nebraska-Kansas, Nebraska-Missouri, Nevada, Nevada-Idaho, New Mexico, New York, Oklahoma, Oregón, Pennsylvania, South Carolina, South Dakota, Tennessee, Tennessee-Arkansas, Texas, Utah, Virginia, Washington, Wisconsin, Wyoming.

# NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO 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.

# INSTITUTO

# GEOLÓGICO

# y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

MADRID - 3

# 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                     | ANALISIS QUIMICO      |
| COMBUSTIBLES Y TIERRAS CO-<br>LOIDALES | DIFRACCION DE RAYOS X |
| ESPECTROQUIMICA                        | SEMICONDUCTORES       |
| RADIOACTIVIDAD Y GEONU-<br>CLEONICA    | MACROPALEONTOLOGIA    |
| METALOGENIA                            | MICROPALEONTOLOGIA    |
| PETROLOGIA Y MICROSCOPIA               | FOTOGEOLOGIA          |
| PREPARACION MECANICA                   | MINERALOGIA           |
|  | FOTOGRAFIA TECNICA    |

Los asuntos relacionados con ellos, se pueden tratar directamente en la Sección de laboratorios del Instituto o por correspondencia.