

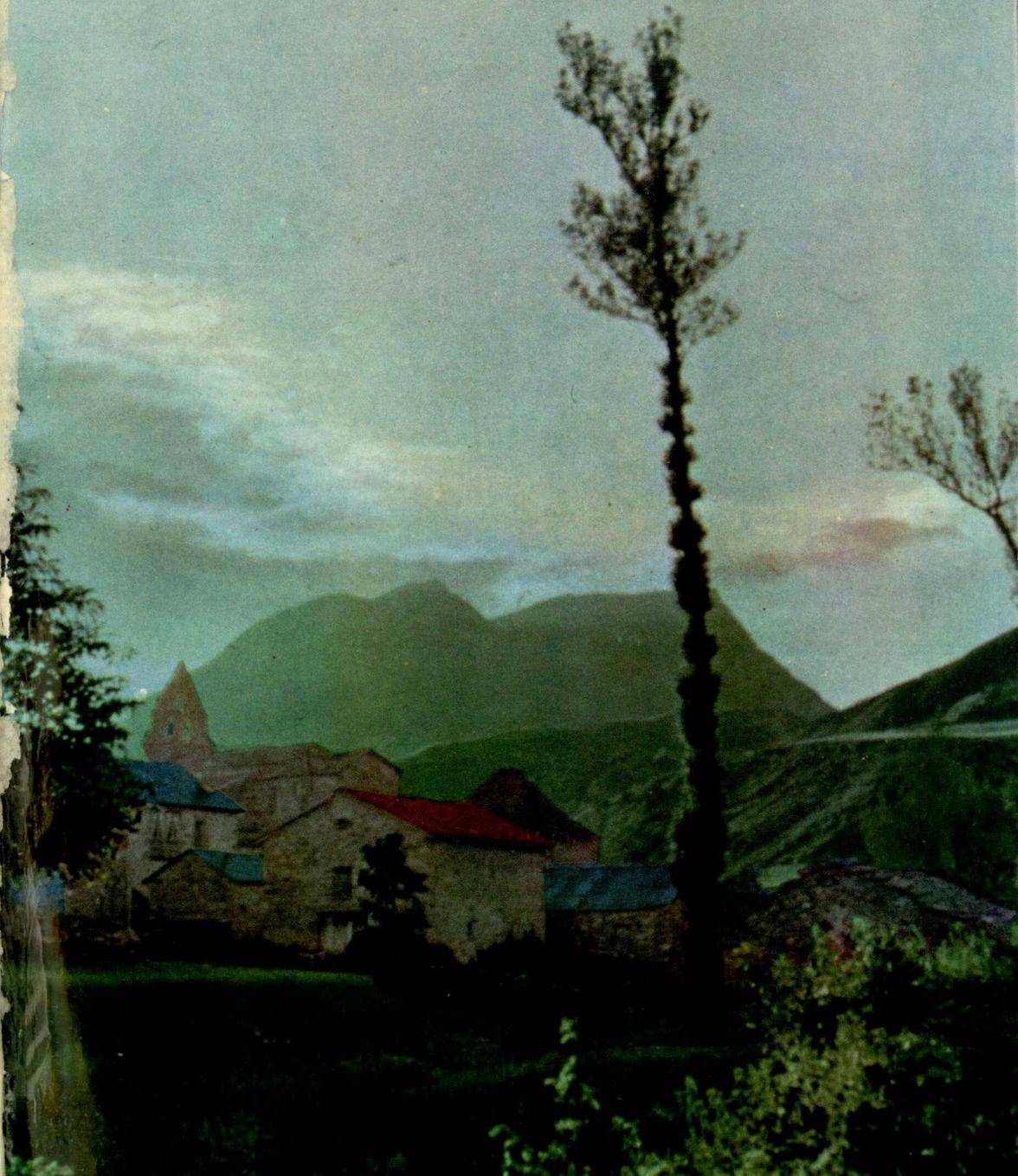
77 FEB. 1962

AÑO 1961

IV TRIMESTRE

NUM. 64

NOTAS Y COMUNICACIONES  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



I/16-3-1 ✓

NOTAS Y COMUNICACIONES  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO  
DE ESPAÑA

==  
**64**  
==

CUARTO TRIMESTRE

M A D R I D

1 9 6 1

**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.

---

#### NUESTRA PORTADA

El pintoresco pueblecito de Torrestío en la provincia de León, enclavado en la orla Devoniana que enmarca los lagos de Camayor (Hoja Geológica de La Plaza (Teverga), Asturias).

Al fondo se ven las cresterías del Devoniano Medio y Superior, de dicho marco, con culminaciones que sobrepasan los 2.000 m. de altitud.

Torrestío tiene hoy acceso por carretera y las condiciones de habitabilidad han cambiado. Hace unos años era pueblo de «alzada», y la vecindad con el ganado se trasladaba a climas más benignos, a «La Marina».

Depósito Legal M. 1.882.-1958

C. BERMEJO, IMPRESOR.—J. GARCIA MORATO, 122.—TELEF. 233-06-19.—MADRID

551.735 (462.11 Villablino)

ENRIQUE MIGUEL FERNANDEZ

## NOTAS SOBRE LA ZONA DE VILLABLINO (MANCHA CARBONIFERA EN VEGA DE VIEJOS)

### RESUMEN

El presente trabajo ha tenido su origen en los estudios previos que, para un hipotético salto de agua, se hicieron en la zona de Villablino (León).

Solamente se dan, pues, una serie de detalles, para que otros geólogos, con más tiempo y otros fines, aprovechen la labor ya realizada.

La descripción de una nueva mancha carbonífera (anterior al Estefaniense productivo de Villablino), de un posible Cambriano, con la aparición de *propilita* en el arroyo de Sosas y la situación de las calizas devonianas superiores, cercanas a la Collada de Cerredo, lo consideramos del mayor interés.

### R E S U M É

Le present travail a eu son origine dans les études préalables qui pour un hypothétique chut d'eau, nous avons fait dans la zone de Villablino (León).

Seulement on donne, une série de détails pour qui autres geologists, avec plus du temps et avec d'autres objectifs le travail déjà réalisé peut les être utile.

La description d'une nouvelle affleurement carbonifère d'un possible estrate Cambrien, avec l'apparition de Propylite dans le ruisseau de Sosas, et la situation des Calcaires Devonians, prochaines à le monticule de Cerredo, nous l'avons considéré du plus grand intérêt.

### S U M M A R Y

The present work had his origin in the previous study that, for a hypothetical waterfall, has been done at Villablino (León).

Only we give a series of details, in order that others geologists with more and different purpose could take advantage of the work already done.

We consider of a great interest a new carboniferous outcrop; a possibly Cambrian, strat appearing Propylite into the stream of Sosas and there is also a Devonian limestones near Cerredo hillock.

## ZUSAMMENFASSUNG

Der gegenwärtige Arbeit hat seinen Ursprung geht in den vorgängigen Forschungen, die für einen möglichen Wasserfall in der Zone von Villablino (León) gemacht wurden.

Unsere Meinung ist nur eine Serie von Details anzupassen, damit andere Geologen mit mehr Zeit und anderen Zwecken benutzen diese Arbeit.

Die Beschreibung eines neuen Flecks von Kohle (früher dem «stefan», ergiebigen von Villablino; es ist möglich die Existenz von «Kambrium» mit der Erscheinung von «propilita» in dem Bach von Sosas und die Lage der Kalksteine neben dem Berge von Cerredo; wir bedenken das von grossem Nutzen.

Durante los recorridos realizados en la comarca de Villablino para la Memoria de fin de Carrera, aunque el objeto principal de ésta no era un estudio propiamente geológico, tuvimos curiosidad por resolver algunos problemas que, sin duda, serán de interés para posteriores investigaciones de la zona. Pasamos a describir los resultados obtenidos.

## 1. CAMBRIANO

Encima de las últimas casas del pueblecito de Sosas, termina el Carbonífero con areniscas, pizarras arenosas y pórfidos. En contacto con este Carbonífero, en la margen derecha del arroyo, aparecen unas pizarras y cuarcitas pizarreñas verdes de grano fino.

Subiendo por el cauce del arroyo y en el primer barranco de la margen izquierda, se señala por medio de una faja milonitizada de más de sesenta metros de potencia el contacto entre el Cambriano y el Carbonífero.

En dicho barranco termina un pequeño pliegue anticlinal, roto, que pasa al otro lado del arroyo de Sosas, y cuya base está formada por una pudinga de unos treinta metros de espesor con cemento rojo y cantos redondeados de cuarzo blanco de hasta un centímetro. Debajo de esta pudinga se pueden observar las pizarras y cuarcitas esquistasas verdes.

Sobre la pudinga se ha recogido una muestra de roca porfírica que se presenta en forma de filón capa y cuyo estudio microscópico realizado por don Adriano García Loygorri indica que se trata de una *propilita*, roca originada por la alteración de una andesita ya consolidada, a causa de un aporte de disoluciones mineralizadoras extrañas a ella.

Creemos que es el primer descubrimiento publicado, de este tipo de rocas en la región, y que debe estudiarse la posibilidad de estar producidas por la digestión de las rocas verdes cambrianas por los magmas ácidos que atraviesan el Carbonífero contiguo.

Continuando la subida por el camino que bordea el Arroyo de Sosas encontramos, situados estratigráficamente sobre la pudinga, pizarras y cuarcitas pizarreñas verdes con propilitas, un tramo de pudinga de tres o cuatro metros de espesor, nuevas pizarras y cuarcitas pizarreñas verdes; otro tramo de pudinga tableada; 80 metros de pizarras verdes; cuarcitas grises oscuras con intercalaciones pizarreñas y algunos bancos de pizarrillas rojas; tramos de pudinga roja con tamaño de grano menor que las anteriores; areniscas blancas con cemento calizo; calizas rosadas; tramos calcíferos, amarillentos en superficie y negros en fractura, y tramos cuarcitosos y pizarras verdes en espesores pequeños con intercalaciones calcíferas de fractura negra; pizarras verdes y rojas en bancos de un metro y más pequeños, que se repiten varias veces alternando con tramos calcíferos amarillentos en superficie y negros en fractura.

Esta serie, que se ha estudiado hasta el cruce de caminos sobre el Arroyo de Sosas, por su posición bajo la cuarcita ordoviciana del Muxiven y sus pizarras rojas y verdes, tiene grandes posibilidades de ser cambriana, aunque no se haya encontrado fauna, pese a una minuciosa búsqueda.

Creemos interesantes nuevos estudios, tanto de la serie como de las rocas porfíricas.

## 2. SILURIANO

En todos los trabajos realizados hasta ahora, se han dado como silurianas las pizarras esquistasas que ocupan una gran extensión en la margen izquierda del Sil y en la derecha de Arroyo de Caboalles.

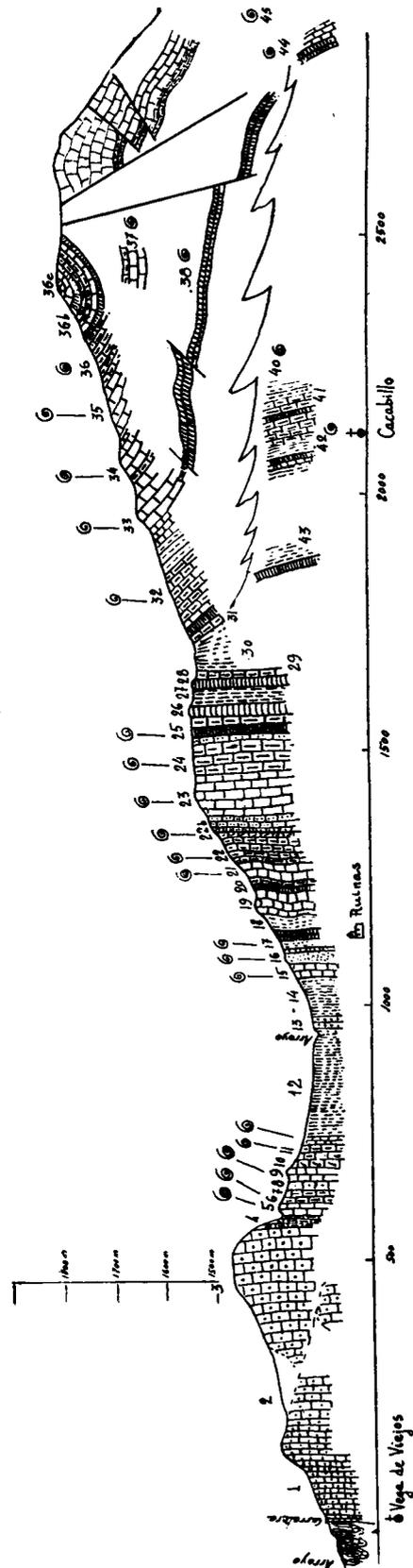
Sin perjuicio de que a partir de las calizas de Cerredo pueda determinarse su posición estratigráfica, si tenemos en cuenta su prolongación respecto a las pizarras cambrianas del norte del Sil, es muy probable que sean de la misma época que éstas.

Realizado por don José Sierra el estudio microscópico de dos rocas; una, la arenisca esquistosa verde del Arroyo de Sosas y otra, una pizarra de las consideradas hasta ahora como silurianas, en el pueblo de Robles de Lacediana, se ha comprobado que su composición es muy semejante.

## 3. DEVONIANO

*Corte en el Devoniano de Vega de Viejos a Cacabillo*  
(Corte número 1)

Tiene interés este corte por la aparición abundante de bancos de caliza muy roja, margosa y con muchos tallos de crinoides. En la descripción que hacemos a continuación la llamamos *griota*, aunque estratigráficamente sea de edad eifeliense.



Corte n.º 1. - Panorámica por el curso del Sil de Vega de Viejos a Cacabillo (León)

Asimismo, los abundantes fósiles recogidos son un buen punto de partida para posteriores estudios.

Damos las capas estudiadas en el corte, que se han dibujado muy desproporcionadas para resaltar mejor sus características.

- 1) Cuarcita blanca tabeada, en bancos finos con intercalaciones calizas y margosas. N.-40-W./80 W.
- 2) Banco de cuarcita blanca. N.-38 W./90°.
- 3) Cuarcita blanca que en algunos tramos, descompuesta da arena. Ferruginosos otros. N.-36 W./82 E.
- 4) Margas y margas pizarreñas grises, amarillentas en superficie.
- 5) Calizas grises en superficie, gris oscura en fractura tirando a negra, vetas de calcita, abundantísima en tallos de crinoides (10 m.) N.-34 W/90°.
- 6) Bancos de unos cuatro metros, donde se recoge:

*Thamnopora dubia*, Goldf. Eifeliense-Frasniense.  
*Tetracoralario*. Devoniano.

- 7) Caliza negra fétida. Seis metros.
- 8) Cuarcita arenosa, amarillenta en superficie, bien estratificada. 8 metros N.-34 W./90°.
- 9) Caliza gris clara en superficie y fractura. Fosilífera con vetas de calcita y algunos tramos margosos apizarrados, donde se aprecian bien restos de coralarios. Diez metros.
- 10) Caliza negra en superficie y en fractura. Tres metros.
- 11) Tramo margoso muy fosilífero, que en otros sitios pasa a caliza oscura, con vetas ferruginosas y tramos de tipo pizarroso con restos de crinoides. Margas y calizas amarillentas en superficie y gris claro en fractura. Veinte metros. Ligeramente al Este, casi verticales. Se recogen:

*Fenestellas* ... .. } Devoniano.  
 Tallos de crinoides }  
*Thamnopora* sp. }  
*Cyathophyllum* sp. Devoniano.  
*Pentremites* s. p.  
*Acrospirifer pellicoi* ¿ Vern. Eifeliense?  
*Atrypa reticularis*, Lin. Cobleciense sp. Frasniense.

- 12) Pizarras negras con
 

<i>Tallos de Poteriocrinites</i> ...	} Devoniano.
<i>Fenestellas</i> ... ..	
<i>Atrypa reticularis</i> . Lin. Cobleciense. Sup.-Frasniense.	

- 13) Areniscas calcíferas amarillentas en superficie y amarillo obscuro en fractura. Buzando ligeramente al E. 70 metros de potencia.

14) Areniscas y pizarras. La arenisca, tableada, amarilla en superficie y casi negra en fractura. N.-26 W./80 E.

15) Caliza blanca fosilífera, que pasa en ocasiones a facies mármol grioto. A veces esta caliza roja pasa a pizarrosidades. 70 m. Se recogieron:

*Paraspirifer cultrijugatus*. Roem. Cobleciense. Sup.-Eifeliense.

*Atrypa reticularis*, Lin. Cobleciense-Eifeliense.

16) Arcillas y margas pizarreñas. Color ligeramente verdoso. Tallos de crinoides y a continuación bancos de facies griota con margas pizarreñas. Se recogen:

*Tallos de crinoides*. Devoniano.

*Paraspirifer cultrijugatus*, Roem. Cobleciense. Sup.-Eifeliense.

*Schuchertella* sp. Devoniano.

17) Pizarras y margas calcíferas con los mismos fósiles que en 15 y 16.

18) Intercalaciones de calizas arenosas, amarillentas en superficie y negras en fractura, con caliza negra pizarreña.

19) Capas potentes de caliza, facies griota y caliza blanca. Bancos intercalados de caliza negra compacta y fosilífera. Banco de dos metros pizarreño, dos a tres metros de caliza pizarreña, caliza gris clara en superficie, oscura en fractura. Bancos potentes como de treinta metros, pasando a facies griota en algunos tramos.

20) Banco de dos metros de mármol grioto, pasando a caliza margosa verde. Se recogen:

*Thamnopora dubia* Goldf. Eifeliense-Frasniense.

*Thamnopora boloniensis* Goss. Frasnense?

*Alveolites* sp. Devoniano.

*Cyathophyllum* sp. Devoniano.

*Fenestella* sp. Devoniano.

21) Bancadas de caliza con tallos de crinoide, unas gris claras, negras otras, muy compactas con vetas de calcita. Nueve metros. Se recogen:

*Tallos de crinoides*. Devoniano.

22) Caliza margosa gris, con abundantes fósiles. Sigue caliza más negra con vetas de calcita. Unos setenta metros, recristalizada. Algunos tramos son más margosos. N.-S., con ligero buzamiento al W. (casi 90°). Se recogen:

*Tallos de crinoides*. Devoniano.

*Fragmento de cáliz crinoide*. Cobleciense-Eifeliense.

*Rhynchonella* cf. *laticostata* Phyll. Cobleciense-Eifeliense.

*Uncinulus* sp. Devoniano.

*Athyris ferronensis*, Vern. Arch. Cobleciense-Eifeliense.

*Braquiópodos inclasificables*. Devoniano.

22 bis) Al final de la estación 22, intercalaciones margosas, donde se recogen:

*Favosites alveolaris* Goldf. Cobleciense sup.-Eifeliense.

*Tetracoralarios*.

*Streptorhynchus crenistria* Phill. Cobleciense-Eifeliense.

23) Caliza gris clara en superficie y fractura. Tallos de crinoides. Vetas de calcita. Bastante recristalizada.

24) Al final, tramos margosos, algo apizarrados con gran cantidad de Spirifer, amarillentas en superficie, tableadas, con un espesor de unos setenta metros, buzamiento ligeramente al W. Se recogen:

*Acrospirifer pellicoi* Vern. Eifeliense.

*Costispirifer trigeri*, Vern. Eifeliense.

*Rhynchonella* cf. *pareti* Vern. ... .. } Eifeliense.

*Streptorhynchus crenistria* ... .. }  
*Acrospirifer ezquerrai* Vern. Eifeliense.

25) Calizas pizarreñas verdosas de facies griota. Antes del banco rojo, unos dos metros de margas amarillas con Atrypas. Encima de las margas amarillas, calizas margosas, N.-30 W./90°, muy plegadas. Se recogen:

*Atrypas* sp. ... .. } Devoniano.  
*Braquiópodo inclasificable* ... .. }

26) Facies mármol griota. N.-34 W./64 W. Se pasa directamente de la marga.

27) Quince metros de pizarrillas amarillas y rojas.

28) Tramo de unos siete metros de facies griota.

29) Margas amarillas.

30) Pizarras amarillas y marrones. N.-S/70 W.

31) Margas amarillas. Cota 1.530 m. N.-S./66 E.

32) Caliza gris en superficie, morada en fractura, posible facies griota, caliza algo más negra con Atrypas.

33) Tramo margoso poco compacto con Atrypas y Trilobites. A la cota 1.600 pizarras. Encima caliza gris clara en bancos potentes, negra en fractura. A nivel superior caliza gris clara con tallos de crinoides. Se recogen en el primer tramo:

*Cyathocrinites pentagonus*, Goldf. Eifeliense.

*Atrypa reticularis*, Lin Eifeliense.

*Phacops* sp. Eifeliense.

34) Caliza blanca. En la cota 1.640 siguen las calizas con los mismos fósiles. Continuando tramo margoso más fosilífero. Encima caliza fétida más negra en fractura que en superficie. Se recogen:

*Favosites goldfussi*, Vern. Haime. Cobleciense sup. Eifeliense.

35) Caliza gris clara en fractura con tramos margosos intercalados con *Spirifer* y *Fenestellas*. Se recogen braquiópodos inclasificables.

36) Tramo margoso, gris en superficie que pasa algunas veces a pizarreño con trozos de crinoides. Cota 1.760 metros de espesor. Encima banco de facies griota. Se recogen:

*Fragmento de cáliz de crinoide*. Eifeliense.

*Spirifer* s.p.

*Pentamerus galeatus*, Dalm. Eifeliense.

37) Cota 1.680. Debajo de la caliza compacta, margas grises en superficie, negras en fractura, con *Spirifer*. Debajo, bancos de caliza negra. Se recogen:

*Cyathophyllum* s.p. Devoniano.

*Acrospirifer pellicoi*, Vern. Cobleciense-Eifeliense.

38) Facies griota que algunas veces pasa a color amarillento con *Spirifer* y tallos de crinoide N.-60W/60. N. Intercalaciones de tramos arenosos con *Spirifer* (39).

40) Algunos tramos pizarreños con potencia de unos 30 m. Cota 1390. Debajo marga amarillenta en superficie y gris en fractura, paso a mármol grioto. N.-S., casi vertical. Se recogen:

*Acrospirifer pellicoi*, Vern. Cobleciense-Eifeliense

*Braquiópodos inclasificables*. Devoniano.

41) Caliza margosa, amarillenta en superficie. Cuatro metros. A unos quince metros de la estación anterior. Encima capa de mármol grioto, de ocho metros N.-S./60 W. y en plano superior capa amarilla de margas fosilíferas.

42) Veinte metros por encima de la estación anterior, la marga buza al Este. Debajo una capa de grioto de unos cuatro metros. N.-S./70 E. El mármol grioto tiene tránsito normal a pizarra. Sigue una capa de caliza margosa N.-30 W./60 E. de dos metros.

Capa mármol griota. Dos metros. Sigue una capa caliza margosa amarillenta, buzando al Este. Algunas veces, las calizas están totalmente for-

madadas por tallos de crinoides, habiendo tránsito normal en el mismo banco de la caliza amarilla al mármol grioto. Cota 1.350. Se recogen:

*Tallo de Trybliocrinus flateamus*, Gein. Cobleciense. Sup.-Eifeliense.

*Tallo de Potericrinites*. Devoniano.

*Schizophoria* s.p. Devoniano.

*Acrospirifer esquerrai*, Vern. Eifeliense.

*Athyris ferronensis*, Vern. Arch. Eifeliense.

*Braquiópodo* inclasificable.

43) Potente capa mármol griota. N.-40 W./64 E.

44) Calizas pizarreñas. Encima, calizas negras coronadas por bancos que tienden a ser tableados, negros, con vetas de calcita. Se recogen:

*Hysterolites hystericus* Schlot. Eifeliense.

*Leptaena rhomboidalis* Wilk. Eifeliense.

45) A cota 1.430, banco tableado de mármol grioto N.-64 W./70 N. Más arriba calizas blancas, tipo dolomítico, fétidas. Se recoge un *Spirifer*. Siguen bancos potentes de caliza negra compacta con *Uncinulus*. Con los bancos de caliza negra, alterna caliza blanca. Se recogen:

*Ucinulus princeps* Barr. Eifeliense.

\* \* \*

#### CALIZAS TABLEADAS NEGRAS DEL PUENTE DE LAS PALOMAS

Un problema interesante es la determinación de la posición estratigráfica exacta del tramo de calizas plegadas y tableadas, que se presentan en el Puente de las Palomas, Piedrafitas de Babia y otros lugares y que, aparentemente no tienen fósiles.

Siguiendo el cauce del Sil, desde el pequeño pueblo de Vega de Viejos hasta el de Cacabillo, se cortan distintas capas devonianas, abundantes en fósiles, y que se han descrito anteriormente.

En contacto con las cuarcitas señaladas en el corte con el número 1, existen las calizas tableadas negras con vetas blancas de calcita y con un espesor aparente que llega a los 300 metros en algunos lugares.

En el pequeño azud que existe aguas arriba de Vega de los Viejos, los bancos superiores de estas calizas alternan con bancos de pizarra y arenisca de pequeño espesor. En estos bancos, donde aparecen restos carbonosos, queda clara la edad Westfaliense, pudiéndose recoger en el azud y en las pedreras que existen en la margen derecha del arroyo. Calamites y trozos de carbón.

Entre las primeras areniscas y pizarras se intercalan algunos lechos de calizas negras tableadas.

En la cantera que existe yendo desde el Puente de las Palomas a Villablino por carretera y cerca del primer lugar, se observa el paso de la cuarcita de Peñaereita a las calizas tableadas negras.

Encima de la cuarcita se encuentra una caliza rosada con tallos de crinoides y un espesor de cinco a seis metros. Siguen tramos de caliza verdosa, donde se recogieron un tetracoralario y varios Poteriocrinites, clasificados como devonianos.

Inmediatamente se superpone la caliza tableada negra, en la que se encuentran, también al principio, tallos de crinoides.

Parece por lo tanto, que esta caliza, tramo alto del Devoniano, termina en el Carbonífero y los últimos bancos están ya intercalados con las areniscas y pizarras westfalienses.

Calizas devonianas negras se encuentran en el alto de los Cerezales, cerca de la collada de Cerredo, y pueden dar la clave para determinar la edad de las pizarras azoicas, que se han venido dando hasta ahora como silurianas.

#### 4. CARBONÍFERO

##### *Nueva mancha carbonífera.*

Entre el valle de origen glaciario del Campo de la Vega y el Arroyo de Vega de Viejos existe un sinclinal carbonífero de edad westfaliense. Esta edad la damos basándonos en que la dirección de las capas es la misma que la de las corridas devonianas continuas, que siguen la del clásico arco asturleonés.

Se encuentran Calamites y trozos de carbón, como hemos dicho, en las pedreras que existen al lado del azud, unos cien metros aguas arriba de las últimas casas de Vega de Viejos.

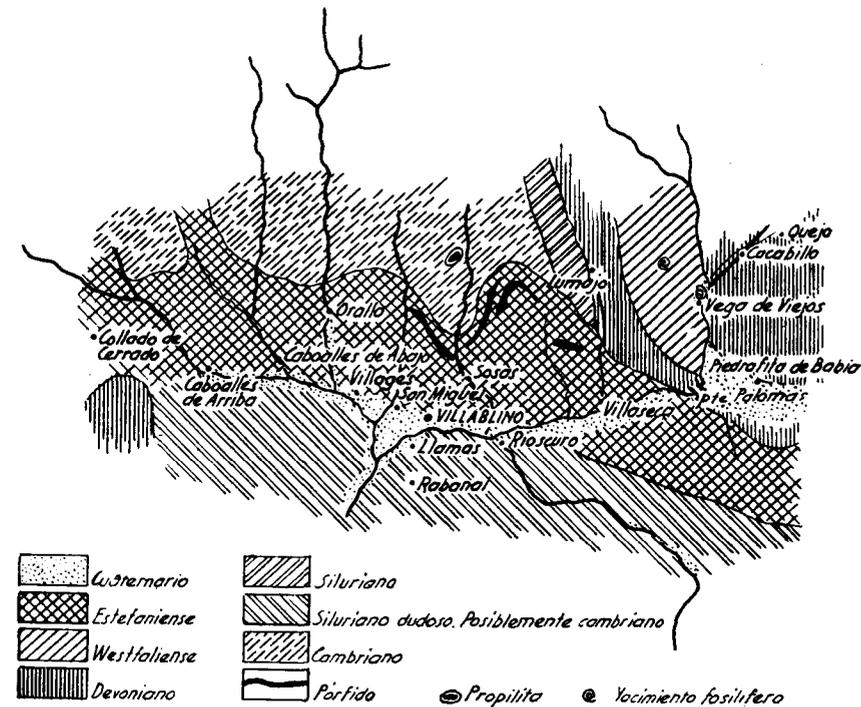
Esta mancha la hemos comprobado hasta la altura del pueblo de Lumajo, habiéndose encontrado Calamites y restos carbonosos. Probablemente continúa bastante más al Norte.

Un extremo del sinclinal se entierra bajo los sedimentos fluviales y fluvio-glaciares de Piedrafita de Babia.

No obstante lo anterior, el manto de tierra vegetal que recubre la zona es tan potente, que se observan con dificultad algunas capas, y otras pertenecen ignoradas.

Se hizo un recorrido desde el anterior citado azud de Vega de Viejos hasta el Arroyo del Campo de la Vega, para determinar estratos, comprobándose los siguientes:

1. Caliza tableada, 1.246 metros de altitud. (Azud del Arroyo de Vega de Viejos).
2. Alternancia de arenisca y pizarras.
3. Calizas tableadas negras con vetas de calcita, 1,270 metros.
4. Pizarras y areniscas. N.-30 W./70 W., 1278 metros.
5. Hasta 1.300 metros, la mayor proporción es de areniscas con alguna intercalación de pizarra carbonosa.



Zona de Villablino con la nueva mancha westfaliense.

6. Hasta 1.340 metros, recubierto. A esta cota pizarras negras, con intercalaciones de areniscas de 1 y 2 cm. de espesor.
7. 1.360 metros. Arenisca cuarcitosa muy recubierta. N.-20 W./74 W.
8. 1.460. metros. Banco de pudingas, cuyos detritus cubren hasta la cota anterior. Encima areniscas blancas de grano grueso: N.-26 W./64 W.
9. Cota 1.470 metros. En la otra vertiente de la montaña. Areniscas y pizarras arenosas fosilíferas. N.-50 W./36 E.
10. 1.460 metros. Banco bastante potente de pudinga, unos cuatro o cinco metros. Debajo de la pudinga, arenisca.
11. Cota 1.380 metros. Lajas de calizas tableada negra con vetas de calcita blanca.

12 1.330 metros. Areniscas y pizarras en bancos finos.

13. Arroyo del Campo de la Vega. (Se da la altura en el corte porque los acarreoos suelen recubrir todos los afloramientos y es muy difícil, por tanto, situar y seguir éstos.)

#### Edad de la cuenca de Villablino.

Se ha puesto en duda durante algunos años la edad de la cuenca. En el plano geológico a escala 1/400.000 viene señalada una parte como westfaliense y otra como estefaniense.

Los fósiles de la publicación que ha citado Minero Siderúrgica de Ponferrada son de edad estefaniense.

El señor Gómez de Llarena admite la edad estefaniense, que está además de acuerdo con la posición que manifiestan los estratos.

P. y A. Hernández Sampelayo situaban la edad en el Westfaliense.

Para asegurar esta cuestión hemos recogido fósiles en toda la zona que el citado Mapa a escala 1/400.000 marca como Westfaliense, a la derecha del Arroyo de Sosas, donde existe arenisca gris oscura de grano bastante grueso y abundantes intercalaciones de pórfido y pizarras.

Se han recogido:

*Annularia Stellata* Schlot.

*Pecopteris subelegans* Potonié.

*Asolanus camptotaenia* Wood.

Todos ellos son del Estefaniense, por lo que consideramos de esta edad la formación de la cuenca.

#### BIBLIOGRAFÍA

- VIDAL BOX (C.): *Estudio general de las Cuencas de Laciana y Babia Alta* (1943).  
 HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P. y A.): *Fauna carbonifera de Villablino (León)*. NOTAS Y COMUNICACIONES, núm. 17 (1947).  
 G. DE LLARENA (J.): *Babia Baja*. «Bol. I. G. y M. de E.», tomo IXL (1948).  
 ALVARADO (A. DE): *Límites estratigráficos del Carbonífero del N.-W. de León*. 3º. Congreso de Strat. et de Géol. du Carbonifère. Heerlen (1951).  
 Minero Siderúrgica de Ponferrada: *Flora característica de la cuenca de Villablino (León)*. «Bibliot. I. G. y M.» (1956).  
 VIDAL BOX (C.): *Depósitos glaciares de Laciana y Babia Alta* (1958).  
 —: *La estructura geológica del borde de la depresión hullera de Laciana con la Babia Alta*. «Estudios Geológicos», vol. XV (1959).  
 MIGUEL FERNÁNDEZ (E.): *Memoria Fin de Carrera*. «Bibl. Esc. Técn. Sup. Ing. Minas». Madrid (1961).

Recibido 15-VI-61.

55 (464.5 Sineu-Petra)

B. ESCANDELL y G. COLOM

## ESTUDIO GEOLOGICO DE LA REGION DE SINEU-PETRA EN LA ISLA DE MALLORCA

### RESUMEN

Este estudio geológico abarca las zonas de Sineu, María de la Salud, Petra y San Juan, en el centro de Mallorca, con un detallado mapa geológico y diversos cortes de la estructura tectónica local.

En la estratigrafía, se señala la presencia del Lias inferior fosilífero al Sur de María de la Salud, con lechos calizos finamente detriticos con *Orbitopsella praecursor*. Se han reconocido niveles pertenecientes al Lias superior con una reducida faúna de Ammonites.

Se demuestra también por vez primera, la existencia al Este de Sineu de lechos pertenecientes a la transgresión Luteciense, con *Orbitolites complanatum* de grandes dimensiones. El Aquitaniense continental detritico y el Burdigaliense superior sa'obre con yesos y lacustre con calizas de color café con leche.

En casi todos los pisos, las listas de sus fósiles se enriquecen con nuevas especies.

Se comprueba la existencia de la subfase de plegamientos pertenecientes a la fase estairica, ambas de dirección y empujes del SE.-NO. La primera, llamada *subfase primera*, tuvo lugar durante el Burdigaliense mismo, al depositarse sus sedimentos de base de dicha transgresión; la segunda, que llamamos *subfase tercera*, tuvo lugar al finalizar el Burdigaliense y plegó sus recientes lechos lacustres del final del mencionado piso.

Se define la tectónica local a base de pliegues fuertemente contraídos y levantados que forman estructuras en sinclinal y anticlinal, sin que se pueda denotar la presencia de roturas de pliegues que hayan dado lugar a corrimientos, como ocurre en el resto de la isla.

### RÉSUMÉ

Cette étude géologique embrasse les régions de Sineu, Maria de la Sa'ud, Petra et San Juan, dans le centre de l'île de Majorque et comporte une carte géologique détaillée et plusieurs coupes des terrains montrant ses éléments sédimentaires et sa structure tectonique.

Au point de vue stratigraphique on signale la présence du Lias inférieur fossilifère au Sud de Maria de la Salud, représenté par des calcaires finement detritiques avec

*Orbitopsella praecursor* et aussi quelques gisements du Lias supérieur avec une petite faunule d'Ammonites.

A l'Est de Sineu on a reconnu les témoins d'une transgression luteciéne, avec de gros exemplaires d'*Orbitolites complanatus*, fait non encore signalé jusqu'à présent par aucun auteur. Des couches de l'Aquitanién continental, detritique, et du Burdigalién supérieur lacustre, avec gypse et calcaires café au lait, complètent les éléments du tertiaire. Pour tous ces étages on a complété les listes de fossiles.

Dans ces régions on constate l'existence de deux séries de plissements de la phase estairique, avec des pousés S.E.-N.O. L'une pendant la déposition même des couches de base, detritiques, de la transgression burdigalienne: l'autre vers la fin de cet étage et après l'émergence de ses dépôts lacustres.

La tectonique montre une série de déformations tangentielles à base des anticlinaux et des synclinaux, plus au moins poussés et déformés, mais sans jamais arriver à sa rupture. Il n'y a pas alors des charriages ici, comme arrive assez souvent dans d'autres parties de l'île.

#### SUMMARY

A geological study is made of the regions of Sineu, Maria de la Salud, Petra and San Juan, in the centre of island of Majorca. A detailed geological map and several structural and sedimentary sections are given.

From a stratigraphical point of view, the presence of a fossiliferous Lower Lias south of Maria de la Salud, with finely detrital limestone beds containing *Orbitopsella praecursor*, is notable. Upper Lias deposits with a few small Ammonites have also been found.

East of Sineu, traces of a Lutetian transgression, with large *Orbitolites complanatum*, are cited for the first time. Detrital continental Aquitanian beds and lacustrine Upper Burdigalian beds with gypsum and straw-colored limestones complete the Tertiary elements. New fossils are given for all these stages.

Two southeast to northwest series of foldings of the stairic phase are shown to exist. One formed during the deposition of the detrital basal sediments of the Burdigalian; the other towards the end of this stage, after the emergence of its lacustrine deposits.

The local tectonics show a series of strongly contracted and lifted folds that form synclines and anticlines but are never seen to break and superpose, as is the case in other parts of the island.

#### GEOGRAFÍA FÍSICA Y HUMANA

La región que estudiamos comprende parte del llano central de la Isla de Mallorca. Las únicas elevaciones importantes de esta zona, corresponden a los Puig de Bonany con 317 m. de altitud, situado al Oeste de la Villa de Petra, y el Puig de San Onofre con 255 m., situado al S. de Sineu. Las restantes elevaciones que cruzan esta región son de pequeña importancia, quedando reducidas a bajas colinas, generalmente con cultivos hasta su cima.

La favorable situación geográfica de las Baleares y la disposición del relieve de la Sierra Norte de Mallorca formando una barrera a los fríos y fuertes vientos del N., hacen que esta región goce, como el resto de la isla, de circunstancias climáticas muy favorables, que determinan la formación del llamado «clima ideal».

El promedio de temperaturas máximas es de alrededor de 23° y el de las mínimas de 12,5°, valores que nos hablan de la falta de rigores extremos, tanto en frío como calor.

Los vientos más fuertes y constantes en invierno, corresponden a los de flujo N., la «tramontana» de los isleños, que en esta parte de la isla, separada ya unos kilómetros del pie de la Sierra, deja sentir parte de su violencia durante algunos días del año, principalmente en enero y febrero.

En verano el «xaïoc», viento del SE., seco y caluroso es el dominante.

El llano central tiene una pluviosidad media muy parecida a la media de la totalidad de la isla, cercana a los 483 mm. anuales.

La visibilidad y luminosidad atmosféricas son muy elevadas y determinan un cielo azul y despejado.

La ausencia absoluta de cursos superficiales de agua y la escasez de niveles acuíferos subterráneos conocidos, es la causa de la existencia de pocas zonas con regadío. La región que estudiamos es la que produce la mayoría de los cereales que se cosechan en la isla, son las conocidas tierras de «pan llevar», que juntamente con el cultivo del almendro y la cría de ganado, principalmente porcino, proporcionan casi la única fuente de ingresos a los tenaces campesinos.

El «payés» generalmente vive en las pequeñas poblaciones y en la repartida propiedad sólo aparece una pequeña caseta para resguardarse de las inclemencias del tiempo. Otras veces cuando el «predio» o finca es grande, suele haber una gran casa señorial, residencia para algunos días del año del propietario, que lleva anejas unas construcciones donde viven de una manera continua los «medianeros».

Las poblaciones más importantes dentro de la región que estudiamos son: Petra con 4.700 habitantes, tierra natal del misionero Fray Junípero Serra. Su población es eminentemente agrícola, su industria se reduce a la fabricación, en varios puntos cercanos a la población, del cemento mallorquín y a la alfarera.

Sineu con una población de 3.600 habitantes, también eminentemente agrícola. En las cercanías de esta población se explotan tres pequeñas minas de lignito.

San Juan cuenta con 2.300 habitantes, población también agrícola, y como única industria podemos citar también la del cemento del país.

Maria de la Salud, población agrícola con 2.400 habitantes.

## ESTRATIGRAFÍA

*Trias*

Este piso está representado por dolomías milotinizadas semejantes a las que en la Sierra Norte forman los potentes niveles del Muschelkalk.

Hasta el presente con seguridad no se han encontrado fósiles en estos niveles dolomíticos de la región que estudiamos, solamente nosotros en una preparación delgada de dicha roca vimos rastros que parecían pertenecer a un pequeño ostrácodo de agua dulce. La falta de confirmación de este nivel fosilífero no nos permite datar con seguridad estos afloramientos dolomíticos.

*Lías inferior*

Está representado al NE. de Sineu con calizas grises duras atravesadas por pequeñas vetillas de calcita. Nivel de escasa potencia en comparación con los potentes espesores de dicho piso en la Sierra Norte, y parece que en esta región sólo están representados los estratos superiores de dicho nivel donde son abundantes los pequeños foraminíferos *Orbitopsella praecursor*, fácilmente visibles en las láminas delgadas de dicha roca.

Al S. de María de la Salud, en el Puig Rafal, dicho nivel con *Orbitopsella* viene acompañado con Belemnites y algún Braquiópodo que parecen indicar ya un Lías medio, aunque la litología de la roca sigue siendo la misma del Lías inferior. En esta localidad Hermite y Nolan encontraron:

*Zeilleria Sarthacensis* d'Orb.

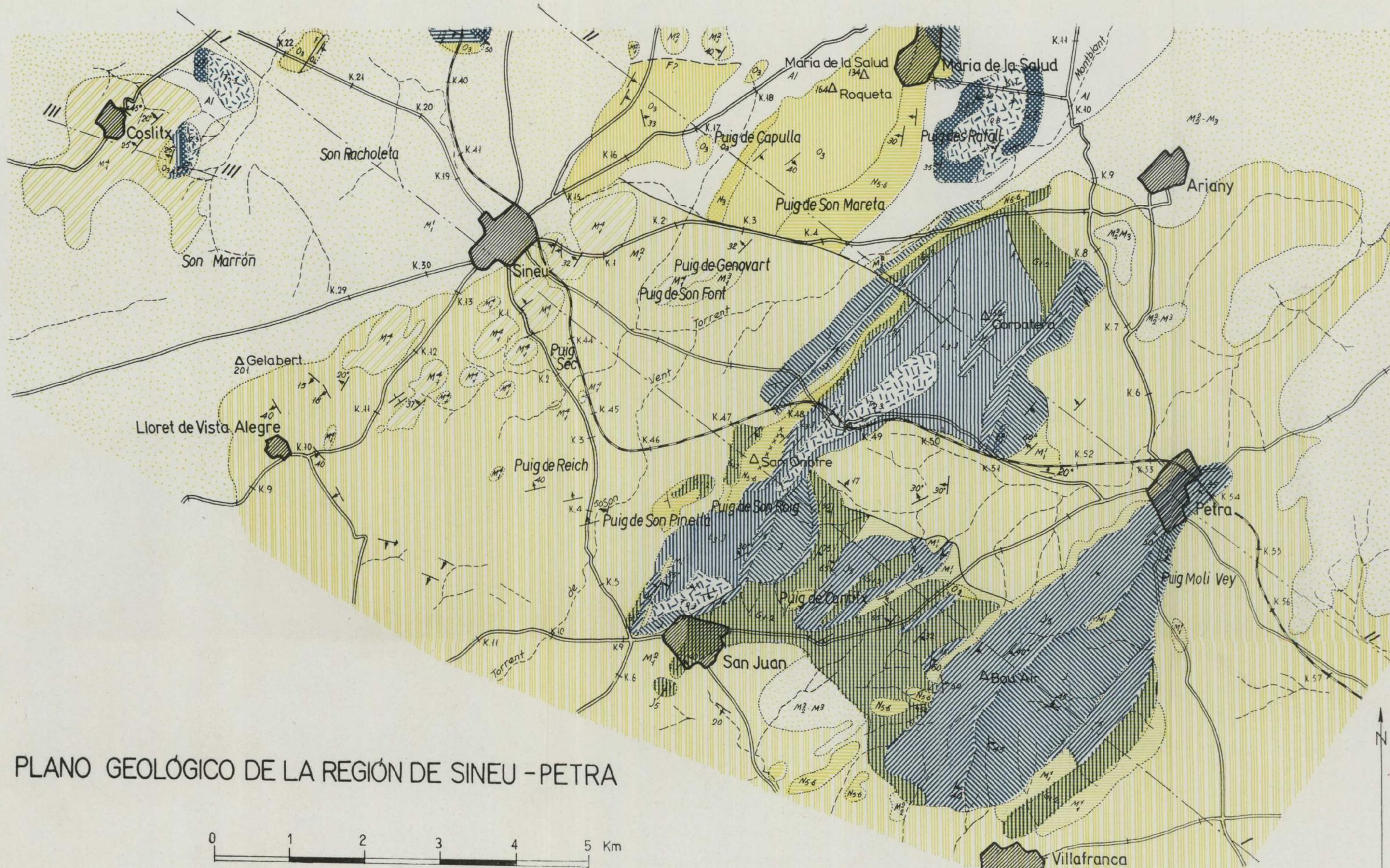
*Spiriferina rostrata* Zieten.

*Rhynchonella meridionalis* E. Desl.

*Lías medio*

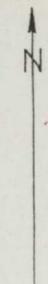
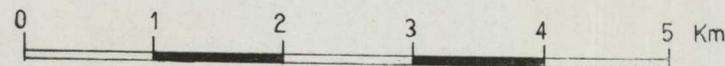
También al NE. de Sineu afloran las areniscas cuarzosas del Lías medio, facies también conocida en diferentes afloramientos de la Sierra Norte.

Dichas areniscas en algunos niveles contienen granos muy rodados de cuarzo de hasta un centímetro de diámetro y su potencia es muy reducida, limitada a un par de metros de espesor en el afloramiento mencionado.



- A1 Cuaternario
- M<sub>2</sub><sup>2</sup>-M<sub>3</sub> Helveciense - Tortonense marino
- M<sub>1</sub><sup>4</sup> Burdigaliense lacustre
- M<sub>1</sub><sup>3</sup> Burdigaliense margoso salobre con yesos
- M<sub>1</sub><sup>2</sup> Burdigaliense marino margoso-arenoso
- M<sub>1</sub><sup>1</sup> Burdigaliense detritico de base
- O<sub>3</sub> Aquitaniense continental
- N<sub>5-6</sub> Transgresión del Bartonense-Ludiense
- N<sub>3</sub> Transgresión del Luteciense
- N<sub>1-4</sub> Neocomiense
- T Titónico
- D-M Dogger - Malm margoso-calizo
- L<sub>1</sub> Lias superior margoso-calizo
- L<sub>2</sub> Lias medio con areniscas cuarzosas
- L<sub>3</sub> Lias inferior (niveles altos) fosilifero
- Tr Trias dolomítico
- Buzamiento
- Contacto normal
- Falla

PLANO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE SINEU - PETRA



*Lías superior*

No es conocida en esta región los niveles inferiores de este piso con facies caliza-detritica y con abundante fauna de Ammonites principalmente, que aflora en muchos puntos de la Sierra Norte.

En cambio, son abundantes los afloramientos en esta región de las margas y calizas margosas pertenecientes a la parte alta del Lías superior, que denotan ser sedimentos pertenecientes ya al dominio del geosinclinal.

En estos niveles hemos encontrado la siguiente fauna:

*Lillia erbaensis.*

*Phylloceras.*

*Ludwigella micra* Buck.

*Haplopleuroceras mundum* Buck.

*Dogger*

Continúa la misma facies de calizas margosas y margas grises. Litológicamente son imposibles de distinguir estos niveles de los de la parte alta del Lías superior y de los que le recubren del Jurásico alto. Unicamente la fauna de los diferentes niveles separa el Lías superior del Dogger, pero ya es más difícil separar este Jurásico superior por la falta casi absoluta de fauna en este último piso.

La potencia del Dogger parece oscilar entre los 50 y 60 m. y la fauna encontrada en sus niveles es la siguiente:

*Dorsetensia complanata.*

*Protetragonites tripartitum.*

*Strenoceras niortense.*

*Posidonomia alpina.*

*Cadomites cf. linguiferus* d'Orb.

*Spherocheras* sp.

*Cadomites umblicus* Quenst.

» cf. *Bayleanus* Opp.

» cf. *Bogoti*.

*Emileia cf. polymera* Waag sp.

*Cadomites plicatissimus* Quents.

*Emileia Broochi* Sorv. sp.

*Emileia cf. polychides* Waag.

*Perispinctes Martiusi* d'Orb sp.

*Sphaeroceras cf. Gervillei* d'Orb sp.

*Humphrisi Plicatissimus* Brauner.  
*Parkinsonia Parkinsoni* Sow.  
*Sonninia propinquans*.  
*Phylloceras* sp.  
*Radiolarios*.  
*Halobias*.

#### Jurásico alto

Como hemos dicho antes, continúa durante este piso la sedimentación calizo margosa en régimen de geosinclinal.

Representante de este nivel sólo podemos citar al Ammonites: *Reineckeia Anceps Rein* sp. encontrado cerca de San Juan.

#### Titónico

Nivel formado por calizas margosas blanquecinas formando las clásicas falsas brechas con abundante microfauna de *Calpionella alpina* y *Radiolarios*.

En Corpatera hemos encontrado, restos de Ammonites, *Globochaeta alpina*, *Radiolarios* y *Calpionella alpina*.

Entre los Ammonites encontrados podemos citar:

*Perisphinctes transitorius* Opper sp.  
*Pygope* Janitor.  
*Berriasella* Duvali.

En la ladera N. del Puig de Bonany y en la Corpatera, el Titónico termina con una facies finamente detrítica con pseudoolitas, nivel de bastante potencia formado por calizas de color castaño, finamente tableadas en hiladas de 8 a 20 cm.

#### Neocomiense

El Cretáceo en esta zona está representado únicamente por calizas finas sublitográficas, margosas, pertenecientes al Neocomiense, que estudiadas al microscopio nos dejan ver una rica fauna de *Calpionellas*, *Radiolarios* y *Nannoconus*. Estos sedimentos finos son los representantes del geosinclinal en su máxima profundidad.

La fauna encontrada es la siguiente:

*Berriasella* cf. *occitánica* Pict. sp.  
*Hoplites neocomiensis*.  
*Phyllocera Thethis* d'Orb.

*Dermoceras* sp.  
*Asteria Asteriana*.  
*Phylloceras Winckleri*.  
*Odontoceras* sp.  
*Lytoceras subfimbriatum* d'Orb.  
*Crioceras Duvali* Léveillé.  
 » *angulicostatum* d'Orb.  
*Desmoceras difficile* d'Orb sp.  
*Asteria Sayni* Kilian.  
*Kilianella Roubandiana* d'Orb sp.  
*Holcodiscus intermedius* d'Orb sp.  
*Bochamites neocomiensis* d'Orb sp.  
*Duvalia dilatada* d'Orb sp.  
*Thurmannites Boissieri* Pictet sp.  
*Neocomites neocomiensis* d'Orb.  
*Polyptichites Keperlingi*.  
*Asticria Jeannotti* d'Orb sp.  
*Crioceras* sp.  
*Hoplites* sp.

En láminas delgadas de estas rocas hemos encontrado: *Nannoconus*, *Calpionellas*, *Radiolarios*, *Tintinopsella carphatica*, etc.

#### Transgresión Luteciense

Una vez emergida el área mallorquina a partir del Cenomanense-Turonense, una serie de transgresiones tuvieron lugar, sobre dicha área, durante el Terciario.

La primera de que tenemos conocimiento pertenece al Luteciense, que invadió la parte S. de la isla hasta el S. de Sineu; cerca de esta localidad, en Son Riera, hemos encontrado niveles detríticos con abundante fauna de Bivalvos difíciles de extraer de las calizas detríticas que los retienen e imposibles de clasificar. En las láminas delgadas de esta roca hemos encontrado gran abundancia de restos de *Orbitolites complanata*, fósil característico de la transgresión Luteciense.

#### Transgresión de Bartoniense superior-Ludiense

Transgresión más importante que la anterior, que dejó en algunos puntos más de 70 metros de potencia en sedimentos detríticos: pudingas principalmente, areniscas y calizas detríticas. Estas últimas con abundantísima fauna de *Nummulites* y *Miliolas*.

Entre los primeros citaremos:

*Nummulites fabiani.*  
» *subfabiani.*

en el Puig Redó y San Onofre.

*Nummulites incrassatus.*  
» *striatus.*

en el Puig Redó al N. de San Juan.

*N. af. incrassatus.*  
*N. af. subincrassatus.*

en el Pinar d'en Serra cerca de San Juan.

*N. incrassatus.*  
*N. intermedius.*  
*N. garnieri.*  
*N. fabiani.*  
*N. subfabiani.*  
*N. budensis* V. Hant Ken.  
*N. af. budensis.*  
*N. boucheri* de la Harpe.  
*N. striatus.*  
*N. bouillei.*

en Son Moixo al S. de María de la Salud.

#### *Tramo lacustre Ludienne-Estampiense inferior*

Dicho tramo lacustre aparece recubierto de tierra de labor, sin afloramientos; en el plano geológico que se adjunta, únicamente al N. de Sineu, en la Ratxoleta, existe un pequeño afloramiento de calizas lacustres Ludienne-Estampiense inferior.

Unos 3 km. al NE. de Sineu, junto a la carretera que une a esta población con María de la Salud, existen varias pequeñas minas de lignito en explotación. Dicho lignito pertenece al tramo lacustre que estudiamos, bien datado por la presencia de restos de mamíferos: *Anthracotherium Alsaticum* Cuv.

El corte de este piso, empezando por la parte alta, es aproximadamente el siguiente, según hemos podido apreciar en las explotaciones mineras:

De 35 a 45 m. de espesor, de margas muy arcillosas grises con delgados restos carbonosos y escasa fauna lacustre.

Una capa de 0,60 a 0,80 m. de lignito limpio.

Dos metros de marga arcillosa gris-blanquecina con ligeras intercalaciones de caliza café con leche.

Una bolsada de 4 a 6 m. de potencia de lignito pulverizado e íntimamente mezclado con la marga arcillosa gris blanquecina y algún resto roto de las calizas de color café con leche.

Al N. de Sineu existe, como hemos dicho, un pequeño afloramiento de calizas lacustres que encierran lignitos que fueron objeto de explotación hace unos pocos años. El corte en esta zona es diferente de la zona que actualmente se explota:

40 a 45 m. de calizas color café con leche tableadas con ligeras intercalaciones de marga gris.

0,60 m. de lignito.

2 m. de marga gris.

1,60 m. de lignito.

El yacente del lacustre es esta zona de la Racholeta, suele ser el Lías medio cuarzoso o bien el Lías inferior fosilífero, lo que indica que el desmantelamiento de las formaciones cretáceas y jurásicas ha sido muy grande.

#### *Estampiense marino*

En esta zona no creemos existan afloramientos con sedimentos pertenecientes a esta transgresión. Parece ser que la fuerte erosión a que estuvo sujeta dicha área desmanteló los niveles marinos del Estampiense, como lo confirma la abundancia de cantos rodados conteniendo fauna de dicha transgresión (*Nummulites intermedius* y *fichteli* principalmente) que encontramos en los lechos detríticos del Aquitaniense continental.

#### *Aquitaniense continental lagunar*

Entre Sineu y María de la Salud y al N. de la primera localidad afloran los sedimentos detríticos continentales de este piso, en algunos puntos con potencia superior a los 300 m.

Este nivel está representado por una gran aportación detrítica con preponderancia de lechos de pudingas con cantos generalmente grises, pertenecientes a las desmanteladas formaciones liásicas y jurásicas, juntamente con cantos más claros, gris pardo, pertenecientes a sedimentos de las transgresiones terciarias que invadieron el área, como indican la abundancia de *Nummulites* que encierran. Tampoco faltan los cantos formados por las areniscas cuarzosas del Lías medio, algún nivel de las pudingas está com-

puesto por pequeños cantos de cuarzo de las formaciones del Lías medio, que fueron disgregados de su cemento y vueltos a depositarse ya con el cemento margoso rojizo aquitaniense.

El cemento de las pudingas generalmente es margoso arenoso, como decimos, y de color rojizo, como corresponde a su origen continental; otras veces es más grisáceo y arenoso.

Dichos lechos de pudingas predominan, pero alternan con margas arenosas grises y calizas de color pardo, finamente detriticas, de formación lacustre, que indican períodos de sedimentación más tranquila, que a veces da lugar a la formación de delgados lechos de lignitos depositados en someras sábanas tranquilas de agua dulce donde vivían Caráceas, uno de cuyos restos la *Rabdochara langeri*, es el fósil más representativo de estos limnobiós. En las calizas lacustres finamente detriticas encontramos frecuentes restos de algas del tipo incrustante, de los géneros *Phormidium* o *Schizothrix*, indicadoras de la escasa profundidad del lago donde se formaron.

#### Burdigaliense

Durante el Burdigaliense tuvo lugar en Mallorca la mayor de las transgresiones del Terciario. Esta transgresión depositó en su base un nivel detritico formado principalmente por pudingas y calizas detriticas, estas últimas con abundante fauna de *Scutellas*, *Clypeaster* y *Bivalvos*, así como una extensa microfauna con las *Miogipsinas* y *Operculinas* como las más representativas de ella.

Posteriormente, durante el Burdigaliense medio, la transgresión acumuló potentes espesores de sedimentos detriticos, pero mucho más finos, compuestos principalmente por areniscas finas, margosas en algunos niveles, margas sabulosas y margas arcillosas, todas ellas de color gris blanquecino. Esta formación creemos supera los 250 m. de potencia y es muy rica en microfauna. Ya Hollister cita en la trinchera del ferrocarril cerca de Sineu:

- Valvulina pennatula* Batsch.
- Dentalina* cf. *globifera* Reuss.
- » cf. *munsteri* Reuss.
- Lenticulina* cf. *rotulata* Imk.
- Pyrulina* cf. *acuta* Roemer.
- Clandulina* cf. *laevigata* d'Orb.

fauna que cree Oligocena y la misma edad asigna a las margas que la contienen.

En esta parte central de la isla dicho Burdigaliense se caracteriza principalmente por la abundancia de glauconia y de microorganismos silíceos (diatomeas).

En la citada trinchera son abundantísimas las diatomeas. Tres especies de *Coscindiscus* son frecuentes en esta localidad: *C. curvatulus* Grun., *C. asteromphalus* var. *conspicua* Grun., *C. marginatus* var. *intermedia* (Grun) Ratt.

Además de la fauna citada han sido hallados:

#### Moluscos

- Amussium subpleuronectes* d'Orb.
- Chlamys praescabriculum* y sus variedades:
  - C. Catalaunicus* Alm.-Boj.
  - C. tarraconensis* Alm.-Boj.
  - C. talarensis* Kilian.
- Chlamys Gentoni* Font.
  - » *sittei* Funchs.
  - » *rotundata* Lmk.
  - » *Tornali* De-Serr.
- Flabellipecten expansus* Sow.
- Chlypeaster intermedius* Desn.
  - » *scillae* Desn.
  - » *latirostris* Agass.

#### Foraminíferos pelágicos

- Globorotalia foshi* Cush-Ellis.
- » *archaeomenardi* Boli.
- Globigerinoides triloba* Reuss.
  - » » *f. immatura* Le Roy.
  - » *bisphaerica* Todd.
- Orbulina bilobata* d'Orb.
  - » *suturalis* Bronn.
- Globigerina conglomerata* Schwag (= *venezuelana* Hedb).
- Particulaspaera glomerata* Blow.
  - » *transitoria* Blow.
- Catapsydrax dissimilis* Cush-Berm.

#### Foraminíferos nerítico-bentónico

- Miogypsina mediterranea* Bronn.

*Helveciense-Tortoniense marino*

Durante el Helveciense y parte del Tortoniense, una nueva transgresión de poco fondo ocupa las partes bajas de la Isla de Mallorca, depositando un manto de calizas molásicas con abundantísima fauna, proveniente de un mar cálido y tranquilo.

Dichas molasas están formadas en su mayor parte por moldes de moluscos marinos, dando lugar a verdaderas lumaquelas.

La potencia suele ser de unos 35 ó 40 m. de espesor, formando una gran masa, sin cambios aparentes en su estratificación muy monótona y uniforme.

La fauna encontrada es abundantísima. Uno de los yacimientos que han dado más especies, en este nivel marino Helveciense-Tortoniense, corresponde a los afloramientos cercanos a Muro, principalmente en sus innumerables canteras que explotan las molasas, extrayendo sillares para la construcción.

Al final del siglo pasado Bofill y Poch publica una larga lista de fósiles encontrados en las citadas molasas; entre otros citamos a los siguientes:

- Oxyrhina* sp.
- Carcharodon megalodon* Ag.
- Lamna* sp.
- Strombus Bonellii* Brong.
- Cassis mammillaris* Grateloup.
- Pyrula cornuta* Agassis.
- Ficula condita* Brong.
- Conus Mercati* Brocchi.
- Conus maculosum* Grateloup.
- » *Tarbelianus* Grateloup.
- Natica Josephinia* Risso.
- Turritella gradata* Menke.
- Trochus patulus* Brocchi.
- Dentalium Bonei* Deshayes.
- Petunculus pilosus* Linne.
- Gardium edule* Linné.
- » *Danubianum* Mayer.
- Tellina lacunosa* Chemnitz.
- » *planata* Linné.
- Clypeaster altus* Lamark.

Posteriormente Gómez-Llueca publicó un estudio sobre numerosas especies fósiles encontradas en las calizas helvecienses de Mallorca; citaremos únicamente algunas especies de su larga lista:

*Moluscos*

- Strombus auriculatus* Grateloup.
- Ficula condita* Lamark.
- Conus mercati* Brocchi.
- » *maculosus* Grateloup.
- » *ventricosus* Bronn.
- Natica Josephinia* Risso.
- Trochus patulus* Brocchi.
- Cardium edule* Linné.
- Lucina Columbella* Lamark.
- Cytherea pedemontana* Agassiz.

*Peces*

- Oxyrhina hastalis* Ag.
- » *xiphodon* Ag.
- Odontaspis contortidens* Ag.
- » *elegans* Ag.
- Carchotodon megalodon* Ag.
- Aetobates ascuatus* Ag.
- Sajgus Oweni* Ag.

Por la zona de Sineu-San Juan, Rosselló Ordinas cita la siguiente fauna encontrada en las molasas vindobonienses:

- Pecten Pesfelis*.
- Turritella*.
- Trochus*.
- Chlamys Gentoni*.
- Conus Merc.*

en las zonas de Son Pera y Son Creixell.

- Cardium edule*.
- Tellina ventricosa*.
- Lucina columbella*.

en Son Pou,

- Chlamys Tournali*.
- » *scabriuscula* var. *improvisa* Fisch Tourn.
- Flabellipecten Passini* Mengs.

en Son Robassa, Es Calderes y Turó de la Seu.

*Clypeaster Ibericus.*  
*Clypeaster Barcinensis.*  
*Odontaspis Duba Ag.*  
*Chlamys Tournali.*  
*Oxyrhina*

en el portell de Cana Tixidora, y dientes de *Oxyrhina* y *Carcharodon* en Son Gil.

Uno de nosotros (Colom) el año 1946 publicó un estudio de la microfauna encontrada en estos niveles molásicos; citaremos solamente las más frecuentes en los diferentes yacimientos estudiados:

*Textularia articulata* d'Orb.  
 » *palmata* Costa.  
*Bigenerina compressissima* n. sp.  
*Dorothia gibbosa* d'Orb.  
*Listerella bradyana* Cushman.  
*Dentalina communis* d'Orb.  
*Lagenodosarias spinicosta* d'Orb.  
*Marginulina crebica* Seguen.  
*Globulina gibba tuberculata* d'Orb.  
*Guttulina irregularis* d'Orb.  
*Noniom elongatum* d'Orb.  
 » *asterizans* F-M.  
 » *Soldanii* d'Orb.  
*Virgulina schreibersiana* Czjzek.  
*Bolvina catanensis* Seguen.  
*Valvulinera araucana* d'Orb.  
*Cancris auricula* F-M.  
*Discorbis orbicularis* Terg.  
*Eponides berthelotianus* d'Orb.  
*Pullenia Sphaeroides* d'Orb.  
*Cibicides lobatula* Walk-Jac.  
 » *Haidingeri* d'Orb.

#### Cuaternario

El cuaternario está reducido en esta zona, al débil manto de tierra vegetal que recubre principalmente las formaciones margosas-arenosas del Burdigaliense medio.

#### TECTÓNICA

En la zona que estudiamos podemos apreciar que el Burdigaliense detrítico de base, con sedimentos formados exclusivamente por pudingas areniscas y calizas detríticas, predominando los hechos de las primeras, está plegado juntamente con los depósitos más antiguos, mientras el Burdigaliense medio margoso-arenoso, es transgresivo sobre dichos pliegues.

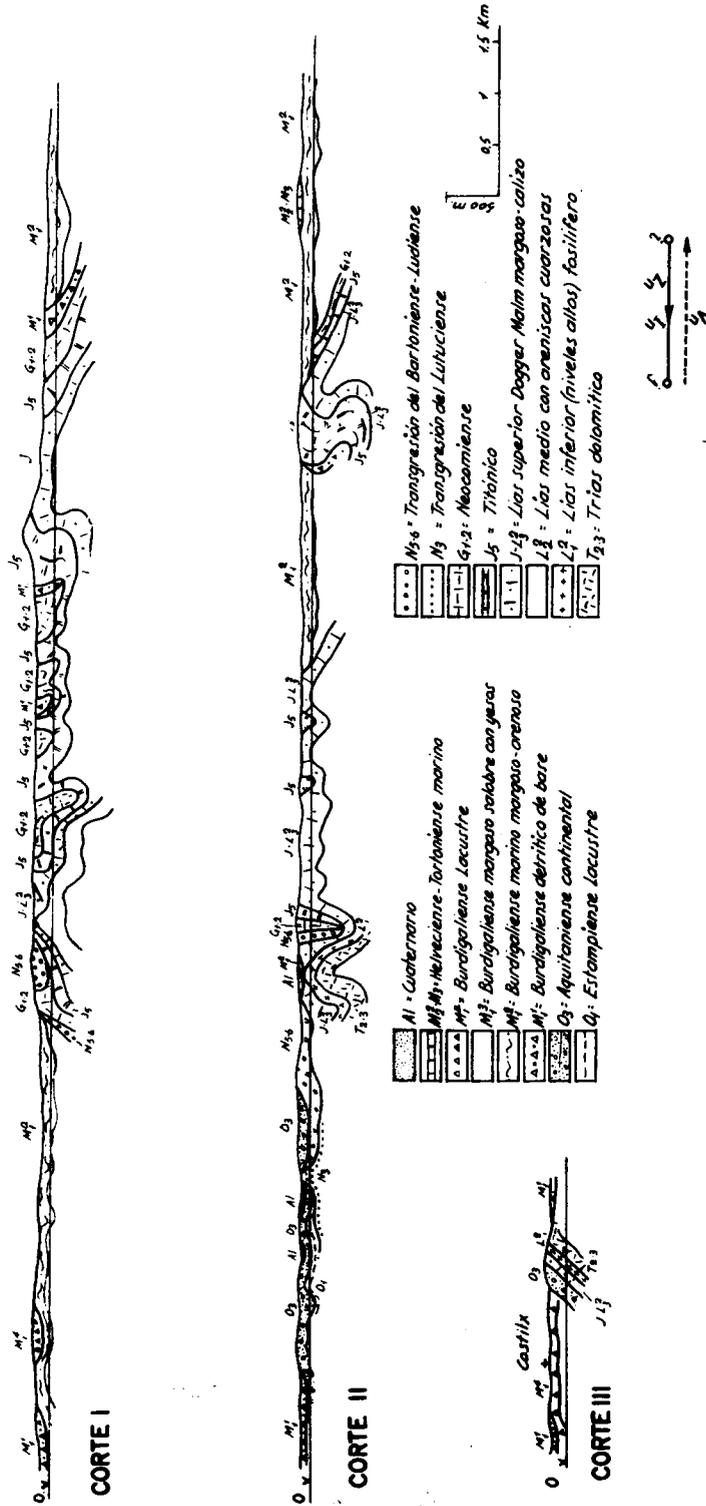
Dicha zona fue plegada durante el Burdigaliense, nada más depositarse los sedimentos de base de dicha transgresión, durante la que llamaremos *subfase primera de la fase estáirica*. Esta misma subfase orogénica vimos (Temas Geológicos de Mallorca, tomo LXI, «Sobre la existencia de una fase de contracciones tangenciales en Mallorca durante el Burdigaliense»; y el Bulletin de la Société Géologique de France, 7.<sup>a</sup> Serie, Tome II, anne 1960, «Sur l'Existence de diverses phases de plissement alpins dans l'île de Majorque, Balears) afectó a la zona de Son Fé-Alcudia. La única diferencia que encontramos con los plegamientos de esta última zona, es la dirección de los empujes. Mientras en la zona de Son Fé-Alcudia la dirección es sensiblemente Oeste-Este, en la zona que estudiamos tienen la misma dirección que en la Sierra Norte, es decir SE.-NO.

Al finalizar el Burdigaliense, ya depositados los sedimentos lacustres con calizas fétidas de color café con leche de la parte alta del piso, una nueva sacudida, la que llamamos *subfase tercera de la fase estáirica*, que plegó principalmente los sedimentos tiernos del Burdigaliense medio (margas y areniscas margosas marinas) y superior (margas con yesos y calizas lacustres margosas). También la dirección de los esfuerzos de esta última *subfase tercera*, tuvo por dirección SE.-NO.

Es estilo tectónico, como se puede ver en los cortes que adjuntamos, es muy diferente del de la Sierra Norte, donde imperan las series corridas y las imbricaciones. En la zona de Sineu-Petra no hemos podido apreciar elementos corridos, todo lo más, es posible que el pliegue falla haya jugado algún papel en la tectónica de esta zona, aunque nosotros no lo hemos podido confirmar. El estilo imperante es el de pliegues fuertemente contraídos y levantados, generalmente algo echados hacia el NO., pero sin discontinuidades ni roturas en los estratos, salvo pequeñas fallas de detalle. Sin embargo, las fallas transversales son frecuentes e importantes.

Al S. de la población de Sineu se extiende una amplia depresión, limitada por el Sur por una serie de colinas que culminan con el Puig de San Onofre. Dicha depresión está constituida principalmente por el Burdigaliense medio marino margoso-arenoso de color gris con fuertes espesores, que sobre todo en las colinas cercanas a Sineu, terminan con la facies salobre y lacus-

CORTES GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE SINEU-PETRA



tre del Burdigaliense alto. El descubrimiento de la existencia de limnobia en el Burdigaliense superior, así como de una numerosa fauna en los estratos de las calizas lacustres representada principalmente por Ostrácodos e Hidrobias, nos dio (ver «Nota preliminar sobre el hallazgo de lechos lacustres del Burdigaliense superior en Mallorca», NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, núm. 55, pp. 3-58, 1959) la solución al problema planteado por Darder al estudiar la zona de Sineu y considerar dichos lacustres como parte de un manto corrido oligoceno sobre las margas sabulosas marinas del Burdigaliense medio.

San Onofre

Este accidente montañoso está formado por un pequeño sinclinal Nummulítico que remonta la parte NO. de un gran pliegue anticlinal de la serie estratigráfica: Trias dolomítica, la facies margosa caliza del Lías superior, Dogger y Malm, Titónico, Neocomiense y Nummulítico. Justo hasta el pie NO. de dicho monte, llegan transgresivas sobre el pliegue anterior el Burdigaliense medio margoso-arenoso.

Puig Rafal

Al Sur de María de la Salud, en el Puig Rafal, afloran el Trias dolomítico, donde encontramos restos dudosos de Ostrácodos de agua dulce, recubierto en sus laderas NO. y SE. por calizas grises del Domeriense con la *Orbitopsella praecursor* y con buzamientos casi verticales.

La estructura de esta elevación vuelve a ser un pliegue anticlinal algo echado hacia el NO. Al Sur del mismo los pliegues están violentamente contraídos y levantados; sobre todo al N. de Son Alcaines se puede apreciar la verticalidad de sus estratos, pertenecientes al Neocomiense, formando pliegues muy estrujados unos contra otros.

Puig de Bonany

Al O. de la población de Petra se encuentra la mayor elevación de la región que estudiamos: el Puig de Bonany.

Parece estar formado por un pliegue anticlinal echado hacia el NO. y que cobija una parte de sedimentos del Burdigaliense detrítico de base. La ladera Norte de esta elevación está formada exclusivamente por las calizas tableadas de color castaño, finamente detrítica, formadas casi exclusivamente por diminutos pseudolitas que asignamos al Titónico. En la cima comienzan a

aflorar los sedimentos margosos de la serie Lías superior-Dogger-Malm, por erosión de los niveles del Titónico, con buzamientos fuertes hacia el Sureste, que se tornan más suaves a medida que avanzamos hacia Villafranca. Al Norte de esta población, dicha serie sedimentaria margosa se hunde recubierta por sedimentos del Titónico, Neocomiense y Burdigaliense.

## BIBLIOGRAFÍA

- BATE, D. M. A. (1914): *A gigantic Land Tortoise from the Pleistocene of Menorca*. Id., id. Dec. VI, vol. 1, pp. 100-107. Trad. castellana en la «Rev. de Menorca», 1920, p. 229. Mahón.
- BOFILL, A. (1899): *Indicaciones sobre algunos fósiles de la caliza basta blanca de Muro, Isla de Mallorca*. «Bol. R. Acad. Cien. Art. de Barcelona», vol. 1, núm. 23.
- COLOM, G. (1945): *Los sedimentos cretáceos de las Baleares*. «Rev. de Menorca». Mahón, julio-agosto, pp. 193-212.
- (1945): *Los foraminíferos de «concha arenácea» de las margas burdigalienses de Mallorca*. «Estud. Geológicos». Madrid, núm. 2, pp. 5-33.
- (1946): *Los sedimentos burdigalienses de las Baleares (Ibiza-Mallorca)*. Id., id., núm. 3, pp. 21-112.
- (1946): *Los foraminíferos de las margas vindobonienses de Mallorca*. Id., id., núm. 3, pp. 113-180.
- (1956): *Los foraminíferos del Burdigaliense de Mallorca*. «Nem. R. Acad. Cien. Art. de Barcelona», vol. 23, núm. 5, pp. 1-140. Lám. XXV.
- DARDER, B. (1923): *Sur la tectonique des environs de Sineu et du Puig de San Onofre (Majorque)*. «C. Acad. Scien. Paris», vol. 88.
- (1925): *Estudio geológico de Sineu y Puig de San Onofre (región central de Mallorca)*. Trab. Mus. Nac. Ciencias Naturales de Madrid. Ser. Geol. núm. 34.
- DARDER, B. y FALLOT, P. (1926): *La isla de Mallorca*. Guía de la excursión C-5 de XIV Congr. Geol. Internacional de Madrid. Madrid.
- DEPERET, Prof. Ch. y FALLOT, P. (1921): *Sur l'age des formations a lignite de l'île de Majorque*. «C. Rend. Acad. Scien. Paris», vol. CLXXII, p. 730.
- ESCANDELL, B. y COLOM, G. (1960): *Sobre la existencia de una fase de contracciones tangenciales en Mallorca durante el Burdigaliense*. «Temas geológicos de Mallorca». pp. 395-407. Tomo LXI. Inst. Geol. y Minero de España. Madrid.
- (1960): *Sur existence de diverses phases originiques alpines dans l'île de Majorque*. «Bull. Soc. Geol. de France». «Cordilleres betiques (Espagne)». Paris (En curso de publicación).
- FALLOT, P. (1914): *Sur la tectonique de la Sierra de Majorque*. «C. Rend. Acad. Scien. Paris», vol. CLVIII, p. 645.
- (1922): *Etude geologique de la Sierra de Majorque. (Thèse)*. Paris. 480 p. Lám. 1-VIII.
- (1922): *Carte géologique de la Sierra de Majorque*. Paris (tres Hojas: Andraitx, Soller, Pollensa).
- (1926): *Remarques au sujet des recents travaux de Mr. Darder sur la géologie de Majorque*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.». Madrid, vol. 26.
- FALLOT y DARDER, B. (1925): *Observaciones geológicas en la región central de la Isla de Mallorca*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.». Madrid, vol. 25.

- GÓMEZ, F. (1919): *El Mioceno marino de Muro (Mallorca)*. «Trab. Mus. Nac. Cienc. Naturales». Madrid. Ser. Geol. núm. 25.
- HERMITE, H. (1878): *Observaciones geologiques sur les isles Majorque et Minorque*. «C. Rend. Acad. Scien. Paris», vol. 88, p. 1097.
- HOLLISTER, J. S. (1934): *Ueber die Stellung des Balearen in variscinchen und Alpen Orogen*. «Abh. Gessell. Wiss. Gottingen», núm. 10 (Trad. castellana in: Publ. de Geol. Extrang. del Inst. «Lucas Mallada». Madrid, vol. 1, núm. 3, 1942).
- OLIVEROS, J. M., ESCANDELL, B. y COLOM, G. (1959): *Nota preliminar sobre el hallazgo de lechos lacustres del Burdigaliense superior en Mallorca*. NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, núm. 55. Madrid. Id.
- (1960): *Estudio sobre la formación de los depósitos lacustres con lignitos del Ludien-se-Estampiense inferior de Mallorca*. «Temas geológicos de Mallorca», pp. 9-152, t. LXI. Inst. Geol. Min. de España. Madrid.
- (1960): *El Burdigaliense superior salobre-lacustre en Mallorca*. «Temas geológicos de Mallorca», pp. 265-348, t. LXII. Inst. Geol. Min. España. Madrid.
- (1960): *Estudio de los terrenos post-burdigalienses en el llano central de la Isla de Mallorca*. «Temas geológicos de Mallorca», pp. 349-394, t. LXI. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid.
- ROSSELLÓ ORDINAS, J. (1954): *Aportación al estudio de la geología de la región central de Mallorca*. Palma.
- STILLE, Prof. H. (1927): *Ueber Wesmediterrane Gebirgszusammenhänge*. «Abh. Gesell. d. Wiss. Gottingen. Math. Phys. Kl.», vol. 12, núm. 3.
- VIDAL, L. M. (1905): *Notes sur l'Oligocène de Majorque*. «Bull. Soc. Geol. France», vol. 5, pp. 651-654. Paris.

Recibido 15-VI-61.

563.424:551.781.3/.4  
LUCAS HOTTINGER

## ACERCA DE LAS ALVEOLINAS PALEOCENAS Y EOCENAS (\*) (\*\*)

### RESUMEN

Este trabajo intenta presentar un resumen de los resultados del estudio que hemos hecho de las alveolinas eocenas, que en nuestra publicación «Recherches sur les Alvéolines de l'Eocène et du Paleocène» (Mémoires suisses de Paléontologie, vol. 75/76) se especifican más detalladamente. Nuestro objetivo fué revisar las muchas especies insuficientemente conocidas y comprobar su valor estratigráfico. Hemos visitado las más importantes localidades-tipo para conocer más exactamente las especies descritas, de lo que es posible a partir de las insuficientes descripciones existentes. Muy especialmente nos interesó hallar y representar las dos generaciones de cada especie. Al propio tiempo visitamos perfiles conocidos para poder establecer a partir de los mismos la sucesión de las faunas de alveolinas. Ello nos llevó a tener que iniciar una revisión de la estratigrafía local con frecuencia bien necesaria. Si más adelante nos ocupamos de la estratigrafía de determinadas regiones, tan sólo por este motivo, es porque de un resumen sobre toda la región mediterránea ha resultado un cuadro más cabal y coherente de los tiempos eocenos y paleocenos, dentro del que deben ser ordenados de nuevo los perfiles y localidades. La mayor parte de los perfiles son señaladamente incorrectos como se deduce de la bibliografía.

Para la correlación de perfiles en toda la región mediterránea, utilizamos junto a los resultados estratigráficos por nosotros obtenidos respecto a las alveolinas, los proporcionados por la revisión de los nummulites paleocenos y eocenos.

Los datos estratigráficos aportados por el Dr. HANS SCHAUB, todavía inéditos, son un valioso control para nuestra estratigrafía a base de alveolinas. En el luteciense se presentan las alveolinas en los perfiles, con tantas lagunas, que tenemos que apoyarnos en la correlación con los nummulites.

---

(\*) Extracto del resumen publicado en «Eclogae geologicae Helvetiae», vol. LIII, número 1, 1960. Traducción del alemán por V. Masachs Alavedra.

(\*\*) El autor se complace mucho en poder expresar en este lugar su cordial agradecimiento a los Profesores M. REICHEL, L.; VONDERSCHMITT y al Dr. HANS SCHAUB por la gran ayuda con la que fomentaron las investigaciones sobre las alveolinas eocenas y paleocenas.

#### SOBRE EL CONCEPTO DE ESPECIE EN LAS ALVEOLINAS DEL TERCIARIO ANTIGUO

El rico material recogido en los perfiles, y especialmente el mejor conocimiento de las formas B, nos posibilita concebir de modo más ajustado a lo hasta ahora habitual en la bibliografía estratigráfica, las especies de alveolinas. Designaciones como *Alveolina oblonga* para las grandes alveolinas alargadas, o *A. gigantea* para las de longitud gigantesca significan frecuentemente poco más que una determinación genérica y no tienen valor alguno para una estratigrafía fina. Para evitar groseros errores estratigráficos es necesario estudiar las alveolinas en cortes orientados y elaborar así una determinación específica exacta.

Nuestro concepto de especie aplicado a las alveolinas sigue los principios de los investigadores de los nummulites De la Harpe, Boussac y Schaub. Partiendo del material recolectado en los perfiles se pueden reconocer caracteres morfológicos que varían lentamente y siempre en el mismo sentido con el transcurso del tiempo. Los más importantes son: 1. Aumento de tamaño de la concha; 2. Aumento de tamaño de la megalosfera y con ello un cada vez más acusado dimorfismo; 3. Aumento de la longitud relativa del eje; 4. Celdillas adicionales en la capa basal; 5. Reducción de las cámaras.

Tales caracteres varían visiblemente aún dentro de un mismo piso del Terciario. En concordancia con los resultados de las investigaciones acerca de los demás grandes foraminíferos (nummulites, orbitoides, fusulinidos) interpretamos estas lentas variaciones en la morfología como expresión de una evolución. Los consideramos caracteres específicos y los utilizamos para dividir los pisos en biozonas (fig. 3).

Otros caracteres de naturaleza más pronto cualitativa no varían con el tiempo o cambian súbitamente. Tales caracteres son: 1. La combinación de caracteres evolutivos; 2. Las características de la espira ecuatorial; 3. La forma externa de la concha; 4. La forma de la megalosfera (sobre todo en las especies altamente desarrolladas); 5. La forma y el tamaño de las celdillas en el corte transversal; 6. La regularidad relativa de la altura de las cámaras, frecuencia de celdillas intercaladas, surcos eventuales en la dirección del arrollamiento que dejan ver en corte axial las vueltas irregularmente onduladas; 7. Número de celdillas por vuelta (frecuencia dependiente de las propiedades de la espira ecuatorial).

Con estos caracteres agrupamos las alveolinas en unidades morfológicas (Grupos) que hay que considerar como puntos de partida de las series ortogenéticas. La combinación de caracteres de grupo y de caracteres de evolución nos da la definición de una especie. No existe una jerarquía de caracteres propiamente dicha. Cada grupo tiene su particular combinación de

caracteres. Las formas de transición de una especie a otra son decisivas para componer un grupo (1).

Sin duda las alveolinas, como los nummulites y las fusulinas, son un grupo de grandes foraminíferos que presentan varias series paralelas de desarrollo. Hofker no distingue especies dentro de una serie ortogenética («gens» según Vaughan, 1905) en su trabajo sobre *Bolivinooides* (1958). Su método, que desde el punto de vista biológico tiene mucho de capcioso, no puede aplicarse a los grandes foraminíferos. En una serie filogenética debe ser comprendido un cierto número de especies, con ello la serie puede ser reconstruida y completada después de los pertinentes estudios. El estratigrafo, a su vez, prefiere caracterizar biozonas y pisos con nombres de especies fósiles características en vez de emplear índices para designar el fósil guía.

#### SOBRE ALGUNOS CARACTERES ESPECÍFICOS

##### Tamaño

En los foraminíferos que se estudian en cortes existe la posibilidad de aplicar el tamaño absoluto de la concha como carácter específico. Una falsa comparación entre conchas jóvenes y adultas es excluida, puesto que todos los estadios cronológicos se ponen de manifiesto en el interior de una concha.

Las alveolinas aumentan su tamaño con la evolución. El aumento de volumen de la concha puede alcanzarse: 1.º Por aumento de volumen de cada unidad estructural de la misma como proloculus, celdillas, capa basal, y 2.º Por un aumento del número de vueltas. La mayoría presentan a la vez ambas clases de crecimiento del tamaño.

##### Caracteres estructurales adicionales

En la capa basal lateral fuertemente espesada de las alveolinas alargadas del luteciense se hallan celdillas secundarias en forma de odres irregularmente dispuestos, la mayoría de los cuales se originan en un canal preseptal y muchos pueden atravesar varios septos consecutivos. Desembocan en la zona perforada que en las alveolinas lutecienses está muy desarrollada lateralmente y originan un acribillamiento del septo a manera de tamiz por debajo de la regular doble hilera de poros. En las formas con amplia espiral ecuatorial las celdillas secundarias se presentan también en la zona ecuatorial, si bien en la mayoría forman sólo una capa. No sabemos si las celdillas adicionales se forman durante el crecimiento o si son una forma de reabsorción. Ya en las

(1) Vgl. J. BOUSSAC (1910), p. 6.

alveolinas paleocenas se presentan celdillas intercaladas en las vueltas exteriores, que se interponen a manera de cuña, la mayoría desde arriba, en las regulares series de celdillas normales. Salen por lo general del canal postseptal y hienden los séptula. Frecuentemente son cortos culos de saco, pero también se observan celdillas perforantes que luego desembocan de nuevo en el canal postseptal. En *A. elongata* las celdillas intercaladas se crean de vez en cuando una salida hacia arriba a través del techo de la cámara, en la capa basal de la vuelta siguiente y desembocan en una cámara adicional. En tal caso nos es muy cara la idea de que en las alveolinas altamente evolucionadas, tardías, tienen lugar fenómenos de reabsorción.

### Forma

La forma exterior (contorno del corte axial) de las alveolinas es un importante carácter de determinación. Para la comparación de diversos ejemplares debe atenderse a que siempre sea el mismo estadio de desarrollo el que se compare. En *A. leupoldi*, por ejemplo, las vueltas estrechamente arrolladas del estadio juvenil se alargan claramente en dirección axial, mientras que la concha adulta es esferoidal.

Las formas primitivas son esferoidales, las altamente evolucionadas cilíndricas y alargadas.

### Caracteres de la espiral ecuatorial

Las características de la espiral ecuatorial proporcionan buenos caracteres de grupo.

Tan sólo en pocos grupos el paso de la espiral crece regularmente; en la mayoría se distinguen estadios de crecimiento más o menos claramente delimitados. En la mayoría de las formas esferoidales y en una serie de las alargadas se presentan con frecuencia algunas vueltas muy anchas, claramente destacadas por fuera de las estrechas. La capa basal de las vueltas anchas está engrosada. Esta circunstancia se conoce por «flosculinización», nombre tomado del «Género» *Flosculina* establecido por Schwager (1882), que quiso singularizarlo por este carácter. El espesamiento de la capa basal muestra una cierta variabilidad específica, que en algunos grupos (especialmente elíptica y aragonensis) es muy fuerte, mientras en otros se muestra más pronto débil. Según nuestras observaciones la flosculinización es independiente de la facies de la roca. Las diversas manifestaciones de flosculinización las utilizamos junto con otros caracteres como característica de grupo. La figura 1 muestra la variabilidad específica de la flosculina *A. leupoldi*, junto con una serie evolutiva de flosculinas esféricas (grupo de la *A. indicatrix*). En la figura 2 se presentan diversos tipos de espirales ecuatoriales en flosculinas esféricas con esquemas de espirales y ejemplos.

Los estadios de crecimiento también suponen que la capa basal esté más fuertemente engrosada en la zona axial en unas vueltas que en otras. En el grupo Oblonga, por ejemplo, solamente pocas vueltas internas se trazan fuertemente en longitud, las externas claramente separadas de ellas, están algo apretadas contra los polos y dan en el corte axial de la concha una disposición rectangular característica.

### PREVE RESUMEN DE LA HISTORIA DE LAS ALVEOLINAS DEL TERCIARIO ANTIGUO (2)

#### *Distribución facial y provincias faunísticas*

El grupo de las alveolinas alcanzó un rico desarrollo desde el Paleoceno hasta el Eoceno. Innúmeros individuos se hallan con frecuencia constituyendo rocas. Las alveolinas largas en forma de barra, del luteciense, alcanzan hasta 10 cm. de longitud. Las faunas contienen juntas muchas especies.

Aunque provisionalmente, daremos un incompleto cuadro del desarrollo de estos grandes foraminíferos. Nuestros conocimientos son incompletos porque las alveolinas sólo prosperan en estrechos dominios faciales.

Hallamos los fósiles en asociaciones vivientes en capas abundantes en caliza, frecuentemente asociados a gran número de otros foraminíferos de concha porcelánica, sobre todo miliólidos y orbitolites, junto con frecuentes algas calizas.

Las alveolinas pueden evidentemente vivir en fondos marinos pobres en detritus y de escasa profundidad (Ejemplo: láms. IV, XI, etc.).

Accidentalmente hallamos acumulaciones de conchas de alveolinas acarreadas, rodadas, que interpretamos como asociaciones muertas (Ejemplo: láminas X, XX y XXI).

Así acaso en Mt. Cayla (Hottinger, 1958), en sedimentos muy litorales.

Al revés de los miliólidos las alveolinas evitan las aguas salobres. En las calizas litográficas de Peschiera en el Mte. Postale (Bolca), cuyas célebres faunas de peces muestran un medio salobre, se hallan delgadas hiladas ricas en foraminíferos que contienen miliolas y foraminíferos de concha arenosa, pero las alveolinas están limitadas, a excepción de escasos fragmentos rodados, a las margas azules del yacente. Tampoco en las regiones bentónicas más profundas, que los nummulites suelen preferir, viven las alveolinas. La mayoría de faunas de nummulites las hallamos separadas de las de alveolinas si no han sido mezcladas con posterioridad por sedimentación.

Aún entre las alveolinas mismo hay algunos grupos más estrechamente

(2) Véase la tabla sobre la distribución estratigráfica de las alveolinas, al final del artículo.

ligados que otros a las capas ricas en cal. En el Paleoceno superior del Pirineo podemos estudiar unos al lado de otros los diversos tipos de facies alveoliníferas. Allí observamos que las alveolinas esferoidales con espiral floja y las alveolinas ovales con estructura masiva de la concha (capa basal engrosada) son más frecuentes en las capas ricas en cal. Las alveolinas alargadas con estructura ligera de la concha, y las flosculinas esferoidales con numerosas vueltas apretadamente enrolladas en un largo estadio juvenil, se presentan con frecuencia en las capas abundantes en detritus. En un trabajo posterior daremos cuenta de los datos estadísticos exactos para investigar si positivamente existe una relación entre facies y forma o disposición estructural del estadio juvenil de las alveolinas.

Este estrecho espacio vital de las alveolinas en las proximidades del continente es causa de un gran número de lagunas en los perfiles. Frecuentemente se las encuentra solamente en los sedimentos que siguen inmediatamente a la transgresión de un ciclo marino y que preceden inmediatamente también a la regresión. Nosotros buscamos, por comparación de varias cuencas de la región mediterránea que se han formado independientemente una de otra, combinar en lo posible una serie integral de faunas de alveolinas. Relacionamos entre sí los perfiles de las cuencas por la presencia de una especie dada de alveolinas. Además varias especies juntas caracterizan un nivel estratigráfico (una biozona).

Con ello partimos de la hipótesis de trabajo de que la presencia de una especie dada en varios puntos es signo de sincronismo. La expansión geográfica de una especie nuevamente formada se produce en tan breve tiempo que no es apreciable geológicamente.

Pensamos que la nueva especie ha nacido de una población estrechamente limitada geográficamente, con lo que la posibilidad de hallar una tal población fósil es extraordinariamente escasa, puesto que el número de ejemplares investigados no está en relación con los que la naturaleza ha producido (3). Pero la especie felizmente producida ha sido tan rica en individuos, ha invadido un área tan grande, que pasa a ser el fósil principal, siendo así las posibilidades de su extensión a grandes distancias tan numerosas, que la nueva especie debe mirarse como geológicamente sincrónica en todas partes.

(3) Las siguientes evaluaciones dan una idea de la cantidad de conchas de alveolina presentes por m<sup>3</sup> de roca. Evaluaciones extrapoladas a partir del número de conchas contado en una superficie de 10 cm<sup>2</sup>. Los números que se dan se entienden para las rocas figuradas en las láminas que se indican, que han sido la base de cálculo.

Caliza de alveolinas con *A. (Glomalveolina) primaeva*; paleoceno medio (Lám. I): 100-150 × 10<sup>6</sup>. Caliza de alveolinas con alveolinas esféricas u ovales; paleoceno superior (Lám. VI): 20-30 × 10<sup>6</sup>.

Caliza de alveolinas con alveolinas alargadas y ovales; cuiense (Lám. XII): 15-30 × 10<sup>6</sup>; Caliza de alveolinas con grandes alveolinas alargadas; luteciense (Lám. XIX): 1-2 × 10<sup>6</sup>.

El hecho de la presencia de las mismas asociaciones de diversas especies en localidades geográficamente muy alejadas entre sí, indica igualmente un sincronismo de circunstancias sobre grandes distancias, puesto que es poco verosímil que muchas especies se hayan originado en un mismo lugar y hayan emigrado conjuntamente en una dirección dada.

En Europa, zona marginal nor-occidental del área de dispersión de las alveolinas eocenas, faltan varios phyla de alveolinas, que se conocen en cambio de la región del sudeste del Mediterráneo y del Medio Oriente. Las faunas de la Cuenca de París y de los Alpes Helvéticos son especialmente pobres en especies, mientras que en el Mediterráneo y el Oriente Medio la fauna extraordinariamente rica dificulta frecuentemente la delimitación de las especies. En lo que sigue nos vemos constreñidos, en nuestra exposición de la historia de las alveolinas, a considerar las particularidades de sólo algunas regiones.

#### *Sobre los pisos del Eoceno y el Paleoceno*

Hemos relacionado las secuencias faunísticas de alveolinas en Aquitania, Cataluña, norte de Italia, Egipto y Turquía, dando así un sistema de biozonas cuyos niveles vienen caracterizados por varias especies. Sin embargo el sistema presenta lagunas. Las faunas son frecuentemente incompletas o no contienen formas suficientemente bien conocidas para permitir una exacta sucesión de biozonas. Por eso utilizamos también junto a la división en biozonas la más amplia concepción de piso. De todos modos una sucesión de biozonas debe ser subdividida en mayores divisiones cronológicas; es tan sólo una cuestión de nomenclatura. De los pisos clásicos del Eoceno se adaptan especialmente bien aquellos que fueron definidos en la Cuenca de París, porque las transgresiones marinas del cuiense y del luteciense con sus especies de alveolinas claramente definidoras proporcionan precisas marcas cronológicas para el comienzo de un piso. Los pisos marinos del Paleoceno, Montiense y Thaneciense que fueron definidos fuera de la Cuenca de París se muestran poco apropiados a ser utilizados en la estratigrafía mediterránea; mientras que la edad del Montiense con moluscos de los perfiles de los Petites Pyrénées ha podido ser determinada por lo menos aproximadamente (Haug, 1927, p. 1408) todavía no podemos comparar las faunas del «Thaneciense» de la Cuenca de París con las mediterráneas. Para la estratigrafía del Paleoceno mediterráneo no empleamos por ahora los dos nombres de piso citados. Dividimos sencillamente el Paleoceno en inferior, medio y superior. El Paleoceno inferior corresponde al Daniense, el medio podría abarcar el Montiense y quizá parte del Thaneciense. Para el Paleoceno superior introducimos un nuevo nombre de piso, el Ilerdense (L. Hottinger y H. Schaub). Este piso ha sido definido en la Cuenca de Tremp con la dura-

ción temporal del ciclo de sedimentación marina y limitado en su base con faunas de alveolinas. El cese de la sedimentación marina (igualmente fechado con alveolinas) tiene lugar en el tiempo junto con grandes cambios paleogeográficos de la costa, en el tránsito Paleoceno-Eoceno, que en la Cuenca de París, en el norte de Italia y en Levante inician las transgresiones del Eoceno inferior, mientras se dibuja en el espacio pirenaico y en Egipto una gran regresión.

En la Cuenca de París quizá en parte son equivalentes del Ilerdense los sedimentos del «Thaneciense», quizá también tenga edad ilerdense en todo o en parte la serie terrestre del «Esparnaciense». También es posible, sin embargo, que en la Cuenca de París no se dé con sedimento alguno de edad ilerdense.

Nos parece necesario bautizar este «Paleoceno superior» con nombre propio, para establecer de modo claro que los sedimentos de esta edad, que han sido alineados ya en el Luteciense, ya en el Eoceno inferior, son más antiguos que el Cuisiense.

La parte más alta del Eoceno medio tampoco pudo ser documentada en la cuenca de París con faunas marinas. Nosotros introducimos igualmente para ella un nuevo nombre de piso, el «Biarritzense» (Hottinger y Schaub). Se trata de un nuevo nivel que es intercalado entre el Luteciense y el Auversiense *sensu stricto* (Lediense) en la Cuenca de París. Los yacimientos más cercanos a la clásica región del Eoceno los encontramos en el Sur de Inglaterra, en el Cotentin y en el Loire inferior (Bois Gouët, Cambon) con *Alveolina fusiformis* y *elongata*, junto a *Nummulites brongniarti* (esto sólo en el Loire inferior). En Aquitania, en España y en Venecia el Biarritzense contiene las especies de alveolinas características *A. fragilis* y *fusiformis*, junto a *Nummulites brongniarti* y *N. perforatus* tipo.

#### Paleoceno

A juzgar por lo que sabemos, el desarrollo de las alveolinas paleocenas en toda la región mediterránea y su expansión alpina tuvo lugar de modo concordante.

Los más antiguos yacimiento de alveolinas los conocemos del Paleoceno medio de los Petites Pyrénées (Aquitania). Las faunas se reconocen por la exclusiva presencia de *Glomalveolina* del grupo *Primaeva*, pequeñas formas esferoidales con concha de paredes relativamente gruesas, escasamente diferenciadas ( lám. I). Apenas se observa dimorfismo morfológico. En la base del Ilerdense se separa el grupo *Primaeva* del grupo *Lepidula*, que se caracteriza por la estructura ligera de su concha y por la apretada espiral ecuatorial. Estos grupos pueden seguirse hasta el Luteciense, si bien su riqueza en individuos y en especies, y con ello su importancia estratigráfica, retroceden fuertemente hacia el Ilerdense.

Junto a las glomalveolinas del grupo *Lepidula* se presentan en la base del Ilerdense las primeras *Alveolina sensu stricto*, con claro dimorfismo. Todos los grupos importantes, que se desarrollan en el Ilerdense, se presentan juntos ya en la zona inferior de este piso.

Los siguientes grupos de alveolinas se desarrollan en el Ilerdense, pero no rebasan, según nuestros conocimientos, su límite superior:

#### 1. *Flosculinas esféricas y ovals* (fig. 2)

Grupo *Globosa* (4): La espiral ecuatorial de las formas A es ancha desde un principio. La capa basal se engruesa ya a partir de la primera cámara. Proloculus relativamente grande. Vueltas externas sólo poco más apretadas que las flosculinizadas, algo irregulares en *A. globosa* y formas afines de la región pirenaica; estrechamente arrolladas en *A. triestina* y especies próximas que se extienden sobre todo en el Próximo Oriente.

Grupo *Avellana*: La espiral ecuatorial comienza con dos o tres estrechas vueltas. Las siguientes tres o cuatro vueltas son flosculinizadas. Las vueltas exteriores se estrechan claramente. Los estadios de crecimiento no están limitados entre sí de modo tajante.

Grupo *Pasticillata*: La espiral ecuatorial comienza estrecha. El estadio juvenil tiene de tres a seis vueltas y muestra frecuentemente una forma diferente a la de la concha adulta. La flosculinización, siempre muy marcada, se limita a las dos o tres vueltas siguientes. Las vueltas exteriores, del estadio adulto, se vuelven súbitamente estrechas y el paso de la espiral varía apenas en ellas. Los estadios de crecimiento están claramente limitados entre sí. La amplitud de variación de las especies de este grupo es frecuentemente mayor que en los grupos afines.

Grupo *Minervensis*: El estadio juvenil esférico de las formas A de este grupo está estrechamente arrollado, muestra cuatro o más vueltas juntas y se destaca bien frente a los siguientes estadios de crecimiento de espiral laxa. Estos se reconocen por una flosculinización poco marcada, la gran luz de las celdillas y por la irregularidad de las vueltas más externas.

(4) Las más recientes investigaciones sobre las alveolinas de las margas de Nammal en los Salt Range (Pakistán, GILL, W. D., 1953) y otras faunas del Oriente próximo han mostrado con seguridad que el grupo de *A. globosa* debe ser descompuesto por lo menos en tres Phyla que se desarrollaron paralelamente. Las series «occidental» y «oriental» en el grupo de *A. globosa* (fig. 2) no son ciertamente razas geográficas, sino que deben ser interpretadas como verdaderas series evolutivas. En general hasta aquí no hemos hecho alusión alguna a que pudieran ser reconocidas razas geográficas entre las alveolinas eocenas. Se distinguen diversas provincias faunísticas por la falta o existencia de ciertos phyla.

2. *Alveolinas ovals sin espesamiento de la capa basal en la región ecuatorial*

Grupo Ellipsoidalis: Alveolinas ovals poco alargadas, a veces algo fusiformes, siempre sin hinchamiento de la región ecuatorial. Polos más o menos apuntados en las vueltas interiores. La longitud relativa de los ejes aumenta en el curso de la evolución. El paso de la espiral ecuatorial crece poco y de modo simétrico. La capa basal en la zona ecuatorial jamás es más gruesa que la altura de las celdillas, sino que por lo general es esencialmente más delgada. Concha de estructura ligera en general. Las formas microféricas de este grupo dan fósiles guía fácilmente reconocibles para una subdivisión fina del Ilerdense (fig. 3).

3. *Alveolinas ovals con espesamiento simétrico de la capa basal (Grupo subpirenaica)*

No hemos conseguido ordenar en una serie evolutiva todas las especies que pertenecen a esta categoría. Tienen a la vez las características siguientes: Forma B oval, con espiral bastante uniforme. Vueltas exteriores con celdillas irregulares, muy espaciosa. Tanto las formas A como las B son más o menos ovals. Tienen una flosculinización muy poco marcada y celdillas que, en corte transversal, aparecen más altas que anchas (fig. 3). Este último carácter, sobre todo, distingue estas especies de las del grupo Rotundata. En *A. rotundata* y sus afines las celdillas tienen siempre un calibre menor y se muestran circulares en su sección transversal. La longitud relativa de los ejes es mayor. No conocemos todavía formas B de este grupo.

4. Para terminar mencionaremos al grupo Cucumiformis, cuyos representantes, en parte quizá, no representen otra cosa que precursores de la *A. rotundata*. No podemos por ahora resolver todavía si hay que ver en ellas representantes primitivos de las alveolinas alargadas del Cuisiense y del Luteciense.

En las partes media y superior del Ilerdense aparecen cuatro grupos subordinados de alveolinas que se desarrollan en el Cuisiense: los grupos de *Alveolina aragonensis*, *oblonga* e *indicatrix*, así como el grupo de «flosculinas alargadas».

*Eoceno*

Sincrónicamente a la transgresión cuisense de la Cuenca de París, se desplazaba la región alpina y suroccidental de Europa de dispersión de las

alveolinas. Algunas especies se extienden rápidamente hacia el norte y colonizan la cuenca anglo-francesa (*A. oblonga*, *A. rütimeyeri*). Al propio tiempo se retira el mar del Pirineo y la parte oriental, en emersión, de esta montaña separa del Mediterráneo una área de expansión ahora muy disminuida. Las faunas de alveolinas de la costa eocénica atlántica se distinguen de las faunas mediterráneas por la falta de los más importantes grupos (*Indicatrix*, *Elliptica*, *Levantina* y *Canavarii*). Futuras investigaciones tienen que mostrar si el límite de ambas provincias faunísticas hay que buscarlo en el geosinclinal rifeño-bético. Las formas fuertemente alargadas que se señalan por la frecuente presencia de celdillas secundarias irregulares en la capa basal (antiguamente *Eoalveolinella silvestri*), están, por su parte, limitadas a Europa y Oriente Medio. Según nuestros conocimientos, sus yacimientos orientales están situados en la zona fronteriza entre Persia y Paquistán (Techi-River District) ( lám. XIV).

Provincia faunística occidental (San Vicente, Asturias, Navarra, Aquitania occidental, cuenca anglo-francesa):

En el Cuisiense de la costa atlántica conocemos hasta ahora sólo tres especies *A. rütimeyeri* (falta en la Cuenca de París), *A. Schwageri* y *A. oblonga*. La forma *A. rütimeyeri*, la más fuertemente alargada, se caracteriza por su estructura recia y su tamaño. No podemos relacionarla hasta el presente con ninguna serie filogenética. El grupo *A. oblonga* es reconocido por su porte cilíndrico, su apretada espiral y por sus polos romos, frecuentemente algo recogidos en el interior de la concha. Sólo unas pocas vueltas, alargadas, tienen una capa basal engrosada en dirección axial. La especie *A. schwageri* comprende alveolinas pequeñas fusiformes. Las formas B se señalan por un estadio juvenil casi esférico con abundantes vueltas. La capa basal está sólo escasamente engrosada en dirección axial, en comparación con las formas cilíndricas alargadas.

En el Luteciense se extienden, sobre todo, las alveolinas del grupo Munieri, que es definido por su porte cilíndrico alargado y su apretada espiral. Junto a él apareció *A. boscii* una especie fusiforme de muy escasas dimensiones y una concha extraordinariamente delicada (especie tipo del género *Alveolina sensu stricto*). Conocemos esta especie solamente del Luteciense de la Cuenca de París y de Biron (Bajo Adour).

*Helvético y Flysch Alpino*

Los yacimientos de alveolinas de los Alpes pertenecen en su mayor parte al Cuisiense inferior y eventualmente al medio, y contienen las especies *A. oblonga* y *A. rütimeyeri*, ya aislada, ya conjuntamente. Del Luteciense se conocen sólo muy escasos hallazgos de alveolinas muy alargadas, que pertenecen al grupo Munieri.

### Región Mediterránea

Las alveolinas de la fauna eocena se distinguen totalmente de las más primitivas del Paleoceno por sus celdillas más cortas. Hay que proceder, sin embargo, con toda precaución si se quiere utilizar estratigráficamente este carácter, por cuanto el acortamiento de las celdillas en los diversos grupos es más o menos claro y se prosigue con rapidez diversa.

Las faunas del Cuisiense en la región mediterránea están estrechamente relacionadas con las del Luteciense. La serie estratigráfica contiene una apretada sucesión de faunas de alveolinas que nos da el tránsito de las especies cuisienenses a las alveolinas lutecienses.

Aparte la gran flosculina índica *A. ovoidea*, tan solamente un único grupo (Grupo Indicatix) de flosculinas esferoidales, sobrevive al límite paleoceno-eoceno. Constituye una clara serie de formas (fig. 1), que ya tiene en el Ilerdense más alto al primer representante típico (*A. parva*), con un estadio juvenil de espira apretada y proloculi muy pequeños. Las diferencias morfológicas entre las dos generaciones son sorprendentemente pequeñas. En el Cuisiense inferior el grupo alcanza una gran expansión y procura un fósil guía fácilmente reconocible, *A. indicatrix*. La forma final de esta serie alcanza el gran diámetro de 4-6 mm. en el Luteciense medio de Sicilia.

El grupo Oblonga, aludido con anterioridad, se continúa probablemente en una parte del grupo Elíptica. Este contiene un gran número de formas cilíndricas u ovales que, en parte, pueden ser también flosculinizadas. Los escasos datos de que hemos podido disponer no nos han bastado todavía para dividir este múltiple grupo en especies y series.

También el grupo de las llamadas «flosculinas alargadas» se caracteriza en las formas A por una gran variabilidad. Las formas B son oblongas. El estadio juvenil característico de la concha está formado por un gran número de vueltas apretadamente arrolladas y rápidamente sustituidas por un estadio de espiral laxa cuyas vueltas muestran una capa basal muy engrosada, tanto en la zona ecuatorial como en la axial. Faltan del todo celdillas suplementarias. Las especies comprendidas en la serie Decipiens, cuyas formas A tienen varias apretadas vueltas internas, tienen un estadio juvenil con una cámara central relativamente pequeña, claramente delimitado de las demás vueltas más o menos flosculinizadas. Las formas A de la serie *A. canavarii* tienen relativamente grandes proloculi y una espiral muy laxa desde el principio. También en las formas más recientes de la base del Luteciense, ya bien alargadas (*A. vicentina*, Malo, Vicentino), faltan celdillas adicionales en la fuertemente engrosada capa basal de la región polar. Junto a *A. schwaegeri* y sus próximos parientes *A. di-stefanoi*, se presentó también en el Cuisiense mediterráneo la *A. cremae* que se relaciona con *A. levantina* mediante varias formas de transición. Estas últimas y sus próximos afines consti-

tuyen uno de los tres grupos constituidos en el Luteciense medio por formas gigantes de 8 a 10 cm. de longitud. Las propias grandes formas B de este grupo, son de estructura redondeada con amplia espiral ecuatorial y vueltas relativamente poco alargadas. Las formas A son fusiformes, tienen pocas vueltas y son siempre pequeñas.

Hay que distinguir por lo menos dos grupos de Alveolinas cilíndricas alargadas, uno de espira laxa cuyo más importante y mayor representante es *A. gigantea*, y otro de espira apretada, que lleva el nombre del fósil característico del Luteciense medio *A. munieri*. Ambos grupos se pueden seguir por el Luteciense inferior y medio. A lo largo de su evolución, aumentan el tamaño absoluto y la longitud relativa de los ejes. No sabemos en qué alveolinas del Eoceno inferior se halla el origen de estos grupos.

Las formas gigantes de las especies *levantina*, *gigantea* y *munieri*, preceden en el tiempo las mayores formas de nummulites, puesto que todo el desarrollo evolutivo de las alveolinas fue algo más precoz que el de los nummulites.

Del Luteciense superior caracterizado por *Nummulites aturicus* no conocemos, por ahora, fauna alguna de alveolinas.

El Biarritzense viene en la costa atlántica caracterizado con ricas y bien conocidas faunas de alveolinas (Biarritz, Loire inferior, Cotentin). En la región mediterránea sólo podemos señalar una única fauna de alveolinas de este tipo en la colina de Verona.

Tres son las especies de alveolinas del Biarritzense:

1. *A. fragilis*, una especie de espiral extremadamente apretada, que probablemente representa el término final de la serie Munieri.
2. La *A. fusiformis*, en forma de huso, cuyas grandes formas B muestran un parentesco con el grupo Levantina.
3. *A. elongata*, especie alargada y de espira laxa, que se distingue por su gran variabilidad y por el ondulante trazado de las vueltas en el corte axial, así como por el gran número de celdillas intercaladas.

En las faunas de foraminíferos del Eoceno superior, las alveolinas sufren una regresión completa. Junto a pequeñas, poco características, neoalveolinas, se presenta solamente todavía una alveolina verdadera muy pequeña. Las pocas secciones en lámina delgada que poseemos, nos dicen que se debe tratar de una forma oblonga de espiral apretada. No sabemos si pertenece a las glomalveolinas.

SOBRE LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE LAS CALIZAS DE ALVEOLINAS  
EN SECCIONES NO ORIENTADAS

El género *Alveolina* es fácilmente reconocible en cortes oblicuos (Reichel 1937, fig. 25). Pero una determinación específica sólo es posible en cortes orientados de varios ejemplares. En las faunas ricas en especies, es indispensable colocar los ejemplares uno al lado de otro en dibujos o fotografías (al mismo aumento), para poder reconocer correctamente las especies. Una determinación de edad segura, debe apoyarse en determinaciones específicas cuidadosamente elaboradas. Sin embargo de cortes no orientados pueden obtenerse determinaciones de edad por lo menos aproximadas. Con las adecuadas precauciones, se pueden evitar groseros errores.

#### *Paloceno medio*

Las alveolinas del Paleoceno medio son pequeñas, esferoidales, de formas poco diferenciadas (Grupo Primaeva), cuyo diámetro no suele rebasar dos milímetros (lám. I). En la región pirenaica estas alveolinas están casi siempre acompañadas de *Fallotella* y valvulinas. En Sicilia y el Próximo Oriente, de *Miscellanea*. Las calizas de Primaeva pueden ser fácilmente confundidas con determinados tipos de alveolinas del Paleoceno superior, que sólo contienen miliólidos y pequeñas glomalveolinas del grupo *Lepidula*. Estas se distinguen de las alveolinas del Paleoceno medio, por su fina estructura (véase *A. lepidula* en la lám. V).

#### *Ilerdense*

Desde el límite inferior del Ilerdense encontramos verdaderas alveolinas con acusado dimorfismo. Las grandes diferencias entre las formas A y B son una fuente de errores, puesto que las formas B pueden aparentar, en cortes no centrados, formas A mayores, estratigráficamente más recientes.

Las faunas ilerdenses se pueden reconocer con seguridad, cuando en la sección hay flosculinas esferoidales con megasferas relativamente grandes y primeras vueltas flojas (Grupo Triestina) (lám. II b). Según nuestros conocimientos el grupo Triestina está limitado al Ilerdense. Las flosculinas del Grupo Pasticillata (láms. III, V y VII b), con estadios juveniles apretadamente arrollados se distinguen de las flosculinas de parecido tamaño del Cusiense (Grupo Indicatix) por el menor número de tabiques en las vueltas exteriores. Son fácilmente reconocibles las alveolinas esferoidales u ovals con capa basal muy delgada (Grupo Ellipsoidalis, láms. III, IV y V). En cortes oblicuos, éstas pueden ser confundidas con alveolinas del Cuisien-

se, por ejemplo, con *A. oblonga* que tiene los polos romos y con las alveolinas del Grupo Schwageri, que son fusiformes.

Las alveolinas ovales con capa basal muy engrosada (Grupos Subpyrenaica, Decipiens y Rotundata) son difíciles de aislar unas de otras en cortes no orientados, pero ofrecen un típico cuadro general que sólo se presenta en el Ilerdense (láms. VI y VII b). Como acompañantes de las alveolinas ilerdenses son frecuentes gruesos orbitolites con pequeño diámetro y capa envolvente ligeramente más engrosada sobre la cara superior e inferior del disco (Opertorbitolites de los autores). Estas formas no pueden ser consideradas típicas del Ilerdense sin antes enfrentarse con una revisión de los orbitolites. Se han hallado también parecidas formas en el Eoceno inferior y medio.

En Egipto y en la proximidad de Trieste, el Ilerdense contiene una interesante fauna de fabularias de tipo primitivo. *Idalina sinjárica* Grimsdale, una gran miliola con capa basal engrosada, se halla en el Ilerdense del Próximo Oriente y en el Paleoceno medio de Egipto.

#### *Cusiense*

En el Cusiense invaden las rocas las tres más importantes especies, frecuentemente separadas una de otra. Las calizas de alveolinas de este piso tienen por ello muy diversos aspectos.

Las formas A y B del grupo Canavarii, dan un cuadro característico en corte delgado. Estas formas grandes, ovales, se pueden reconocer fácilmente por su espiral floja desde el principio y por su gran megasfera. Las formas B alcanzan un considerable tamaño. La capa basal muy engrosada, muy irregular en las capas exteriores, da, aún en los cortes oblicuos, un aspecto típico (láms. VII a y VIII).

En el norte de Italia y en Sicilia, son frecuentes las calizas con alveolinas fusiformes (especies *schwageri*, *di-stefanoi* y *cremae*) rodadas (lám. X). Sólo raramente se encuentran tales formas enteras y bien conservadas (lám. XI). Las formas B son grandes y tienen muchas celdillas adicionales en la capa basal. Se confunden fácilmente con las formas A de las mayores alveolinas del Luteciense.

*Alveolina rütimeyeri* forma calizas de alveolinas del Cusiense en España y en los Alpes, sola o bien raramente asociada a *A. oblonga* (lám. IX y XII). La especie se reconoce con facilidad por su estructura maciza y sus dimensiones relativas. No está tan desarrollada en longitud que pudiera confundirse con las especies lutecienses. Faltan, además, las celdillas adicionales.

*Luteciense*

Difícil de reconocer es la edad de las calizas en que sólo se encuentra la pequeña y algo fusiforme *A. frumentiformis*. Tales calizas se hallan en Egipto y en lado meridional de los Pirineos orientales y centrales ( lám. XIII). Las más veces se presenta esta especie subordinada a abundantes grandes alveolinas cilíndricas, que se hacen mayores, más largas, al aumentar la edad estratigráfica (láms. XVIII y XIX). Las formas A de estas largas alveolinas son, aproximadamente, tan largas como las formas B de las numerosas especies fusiformes del Cuisiense; pero sus vueltas exteriores son, por lo general, apretadamente arrolladas. En los cortes no centrados, es muy difícil distinguirlas entre sí. La presencia de celdillas adicionales en la capa basal de la región polar solamente, no ha podido ser considerado como carácter estratigráfico del Luteciense.

Dalmacia, los Balcanes y el Próximo Oriente son la patria de las alveolinas fusiformes lutecienses (grupo Levantina). Solamente las formas gigantes de la generación B acusan que tales faunas pertenecen al Luteciense (láminas XVI y XVII).

Las formas A del grupo Levantina se caracterizan por su gran cámara central y las pocas y apretadas vueltas y por ello, eventualmente, pueden ser reconocidas como tales en un corte oblicuo. Junto a las formas largas, encontramos en el Luteciense grandes flosculinas ( lám. XIV) y grandes alveolinas ovals con muy variable flosculinización de las vueltas internas (grupo Elíptica, lám. XV). En Europa se hallan limitadas a Italia y los Balcanes y juegan un papel subordinado. Las formas Elíptica se separan de las formas ovals del Ilerdense por su conchas mayores y de vueltas más numerosas. También las flosculinas subsféricas alcanzan en el Luteciense mayores dimensiones que en el Ilerdense y el Cuisiense.

Frecuentes acompañantes de las alveolinas lutecienses son diversas especies de orbitolites. Las grandes formas planas (*Orbitolites «complanatus»* de los autores), no podrían servir como fósiles guía del luteciense por cuanto se recogen ya en el Paleoceno superior. Los géneros *Fabiania* y *Eoruppertia* están ampliamente representados en todo el Luteciense. Grandes idalinas con capa basal muy fuertemente engrosada (*Idalina* aff. *sinjarica* Grimsdale) se recogen en el Luteciense de la región mediterránea.

*Biarritzense*

En este piso son raras las calizas de alveolinas. Por Inglaterra y región del bajo Adour, se extiende una facies de caliza de alveolinas pseudo-oolítica ( lám. XX) con las pequeñas *A. fusiformis* y frecuentes dendritinas. Estas calizas llevan solo raramente *A. elongata* y *A. fragilis*. No se puede reconocer el Biarritzense con sólo cortes oblicuos de alveolinas.

## OBSERVACIONES A LA ESTRATIGRAFÍA DEL TERCIARIO ANTIGUO DE ALGUNAS REGIONES DE LA ZONA MEDITERRÁNEA

*Pirineos*

Junto con Egipto, los Pirineos orientales son el país clásico de las alveolinas ilerdensas. Calizas de alveolinas de esta edad encuadran los sedimentos neríticos de aquel tiempo en el norte y sur de los Pirineos. Con el trabajo apenas acabado de publicar de J. P. Mangin (Tesis, Dijon 1958) sobre el Eoceno de los Pirineos meridionales al oeste de Aragón, tenemos en mano el primer ensayo moderno sobre la historia de la formación del Pirineo. Para mejor comprensión debemos decir, que la mayor parte de las calizas de alveolinas con *A. oblonga* fechadas como Cuisiense por Mangin ( lám. IV), las consideramos más antiguas y las colocamos en el Ilerdense. La figura 3 da un breve vistazo de conjunto sobre las más importantes series de capas alveoliníferas. Ella evidencia que ningún otro Eoceno marino más se presenta en la Montagne Noire, Aquitania Oriental, Pequeños Pirineos y Corbières. Todas las calizas de alveolinas con inclusión de las margas de turritellas alveoliníferas de las Corbières ( lám. V), pertenecen al Paleoceno superior.

El borde oriental del Eoceno catalán (Igalada) viene fechado, por el hallazgo de calizas de alveolinas, como del Ilerdense medio y viene recubierto por sedimentos continentales. Una nueva transgresión del Biarritzense separa éstos del Lediense regresivo y sus yacimientos salinos.

Hacia el oeste y contra la zona axial pirenaica, se halla más completa la serie eocena. Al norte del delta del Monserrat, el Luteciense inferior (lámina XIII) es transgresivo hacia el sudoeste (!). En el borde sur del Pirineo, el Ilerdense está también totalmente representado (Trempe). Aún más al oeste, se encuentra debajo el Paleoceno medio y eventualmente inferior (Daniense y «Landeniense» de Mangin, 1958) en su facies marina ( lám. I) a costa del Garumnense continental. La continuidad de los yacimientos marinos del Cretáceo al Terciario, está interrumpida en todas partes.

La parte central del dominio paleoceno de la sedimentación marina de los Pirineos orientales, se halla aproximadamente en la zona axial de las montañas actuales o algo al sur de ellas. Pequeños movimientos han originado frecuentes lagunas y aún discordancias (Cayla, Hottinger, 1958), antes y durante el Ilerdense. Una importante fase de emersión tiene lugar durante la transgresión cuisienense en la Cuenca de París (falta total de Cuisiense en los Pirineos Orientales).

El Luteciense fue transgresivo y más o menos discordante, formando un estrecho brazo de mar, en la parte sur del Pirineo, mientras que el Biarritz-

zense alcanzó mucho más al suroeste hasta el delta del Monserrat y su lado suroeste.

#### Norte de Italia

En el Vicentino están muy extendidas las calizas de alveolinas del Cuisiense (lám. XI). Todas las capas con alveolinas de la región de Bolca, pertenecen a este piso y también las capas de agua salobre de Peschiera con su flora y su fauna de peces. No se puede decidir si las capas de Spilecco en su localidad tipo son de edad cuisienense juzgando sólo por su fauna de alveolinas. Las capas inferiores de los perfiles de Verona y Malo, contienen alveolinas cuisienenses. En los alrededores de Trieste, por contra, el Ilerdense viene documentado con ricas faunas en la caliza principal de alveolinas.

No conocemos todavía la continuación de la serie eocena hacia Dalmacia, puesto que no tenemos a nuestra disposición material alguno de los perfiles de la misma.

#### Sur de Italia y Sicilia

Mientras al noroeste de Siracusa está representado el Paleoceno medio con *A. primaeva* y *Miscellamea*, y falta el Ilerdense, conocemos *A. decipiens* de las escasas faunas del Ilerdense de Terra d'Otranto, y *A. agrigentina* y *A. ilerdensis* de la parte meridional de Sicilia.

En la parte septentrional de Sicilia, en los alrededores de Palermo, son transgresivos el Cuisiense inferior en el Monte Aspro (Bagheria) y el Luteciense medio en Monte Pellegrino. En las series tipo flysch del sur y el este de Palermo, se hallan incrustadas calizas con alveolinas cuisienenses rodadas (lámina X) y grandes paquetes de sedimentos lutecienses resbalados (Incorvino, Bagheria, con *A. gigantea*).

#### Egipto

Cómplementando el trabajo de Le Roys (1953) sobre el Oasis de Farafrah (Desierto líbico), hay que señalar que las calizas de alveolinas de El Guss Abu Said (en lo alto del perfil) tienen edad del Ilerdense medio, con *A. decipiens*, *A. aff. pisiformis*, *A. ilerdensis*.

En el Desierto arábigo, en Gebel Telemet (Ouadi Araba) el Paleoceno medio (*A. dachelensis*) es transgresivo y algo discordante sobre el Cretáceo superior con orbitoides y siguen el Ilerdense inferior (*A. pasticillata*, *ellipsoidalis*, lám. III) y el Ilerdense medio. Capas correspondientes al Cuisiense (*A. oblonga*) son transgresivas con un horizonte de conglomerado en lo alto del Gebel Telemet.

#### Oriente próximo y Medio Oriente

En estas regiones está muy difundida la *A. aramaca* (lám. II b); ella caracteriza con suma frecuencia la fauna inferior de grandes foraminíferos del Terciario antiguo. Nosotros la colocamos en el Ilerdense inferior. Junto con *A. aramaca* se encuentra *Sakesaria*, *Saudia labyrinthica*, *Miscellanea*, etc. Detalladas descripciones de esta fauna las dieron Grimsdale, 1940 y Smout, 1954. Al Paleoceno índico se refiere Nagappa en su más reciente trabajo (1959). Desgraciadamente estamos agotando el material alveolinífero para investigación de las faunas particulares, no dispuestas en pisos, y también la serie faunística recogida por W. D. Gill en las margas de Nammal (Salt Range) en la localidad tipo; (ver su trabajo sobre las capas de Bhadrar, 1953). Las margas de Nammal contienen *A. cf. aramaca* en la base; en las capas altas junto a *A. aff. pisiformis*, una especie de alveolina del grupo *Ellipsoidalis* próxima a la *A. trempina*.

Hay que señalar todavía en este resumen, que han sido hallados en el material D'Archiac, en la roca que contiene el tipo de *Nummulites obtusus*, dos ejemplares de *A. elliptica* tipo. Sin embargo, tenemos todavía pocos datos para poder dar una edad exacta con alveolinas del grupo *Elliptica*.

Las investigaciones micropaleontológicas sobre grandes foraminíferos nos proporcionan el medio de subdividir las series sedimentarias del Terciario antiguo en una sucesión de biozonas de significado cronológico. Los horizontes se pueden seguir a grandes distancias en toda la región mediterránea. Con estos medios reconocemos grandes lagunas en la estratigrafía local. Ello muestra que en el Terciario antiguo cada espacio de sedimentación epicontinental tiene su propia historia. Las oscilaciones de la plataforma han tenido lugar en tiempos diversos, con frecuencia también sincrónicamente, pero en sentido contrapuesto. No ha tenido lugar en la región mediterránea una transgresión luteciense unitaria sobre grandes distancias. A mayor distancia sobre los bordes continentales, más a lo lejos, alcanzó la transgresión ilerdense (Pirineos, Egipto, Próximo y Medio Oriente).

#### BIBLIOGRAFÍA QUE SE CITA

- BOUSSAC, J. (1910): *Du rôle de l'hypothèse en Paléontologie stratigraphique*. «Rev. Scè.», 48, 1.  
 GILL, W. D. (1953): *Facies and fauna in the Bhadrar beds of Punjab Salt Range*. «Pakistan. Jour. Pal.», 27, 6.  
 GRIMSDALE, T. F. (1952): *Cretaceous and tertiary foraminifera from the Middle East*. «Bull. Brit. Mus. Nat. Hist-Geol.», 1, 8.  
 HAUG, E. (1927): *Traité de Géologie*, II, fasc. 3. Paris.

HOFKER, J. (1958): *Foraminifera from the cretaceous of Limburg, Netherlands*. XXXVIII. The gliding change of Bolivinoides during time. «Nat. hist. Maandblad», 47, Jg., 11-12.  
 HOTTINGER, L. (1958): *Géologie du Mt Cayla (Aude, Aquitaine orientale)*. «Eclog. geol. Helv.», 51.  
 HOTTINGER, L. & SCHAUB, H. (1960): *Zur Stufeinteilung des Palcocaens und des Eocaens. Einführung der Stufen Ilerdien und Biarritzien. Avec résumé français*. «Eclogae geol. Helv.», 53.  
 LE ROY, L. W. (1953): *Biostratigraphy of the Maqufi-Section, Egypt*. «Geol. Soc. America Mem.», 54.  
 MANGIN, J.-Ph. (1958): *Le Nummulitique sud-pyrénéen à l'ouest de l'Aragon*. Thèse Fac. Sci., Dijon. Un resumen de este trabajo apareció en 1959.  
 — (1959): *Données nouvelles sur le Nummulitique pyrénéen*. «Bull. Soc. géol. France» (7), 1.  
 NAGAPPA, Y. (1959): *Foraminiferal biostratigraphy of the Cretaceous-Eocene succession in the India-Pakistan-Burma region*. «Micropaleontology», 5.  
 REICHEL, M. (1937): *Etude sur les Alvéolines*. «Mém. Soc. pal. Suisse», 59.  
 SMOUT, A. H. (1954): *Lower tertiary Foraminifera of the Qatar Peninsula*. Brit. Mus. (Nat. Hist.), London.

FIGURAS

Fig. 1.—Diversas variantes de una serie filogenética (a la izquierda) y de una especie (a la derecha), frente a frente. La amplitud de variación de la especie *A. leupoldi* HOTT. es, comparada con la de otras especies, particularmente grande y puede por ello muy bien utilizarse como ejemplo. En las foscúlinas esferoidales las vueltas exteriores se presentan en su mayoría erosionadas o mal conservadas.

Se compara la serie de formas del Grupo Indicatrix (*A. parva*, *A. indicatrix*, *A. dainelli* y *A. palermitana*) que suceden del Ilerdense superior hasta el Luteciense, con variantes de *A. leupoldi*. En las primeras se representa el corte ecuatorial de la forma A. En la segunda, cuatro cortes ecuatoriales de dicha forma (arriba), y dos axiales, uno de la forma A y otro de la forma B (abajo).

(Figura original del autor.)

Fig. 2.—Izquierda: Espirales ecuatoriales esquematizadas, típicas de algunos grupos de alveolinas. Las partes rayadas señalan las vueltas fosculinizadas. Forma: A. Derecha: Ejemplos de los mismos grupos, tomados de fotografía. En los cortes ecuatoriales se han omitido los septula. Las vueltas externas no suelen estar conservadas. Cortes ecuatorial y axial.

(Figura original del autor.)

Fig. 3.—Correlación de los más importantes perfiles a través del Paleoceno medio y superior de los Pirineos con alveolinas no fosculinizadas. Las solas etapas evolutivas en los grupos *subpyrenaico* y *ellipsoidalis* caracterizan (junto con las de otros grupos) las biozonas de esta época.

Las direcciones de las flechas expresan con cuál de ambos grupos han sido establecidas las zonas en los perfiles.

(Figura original.)

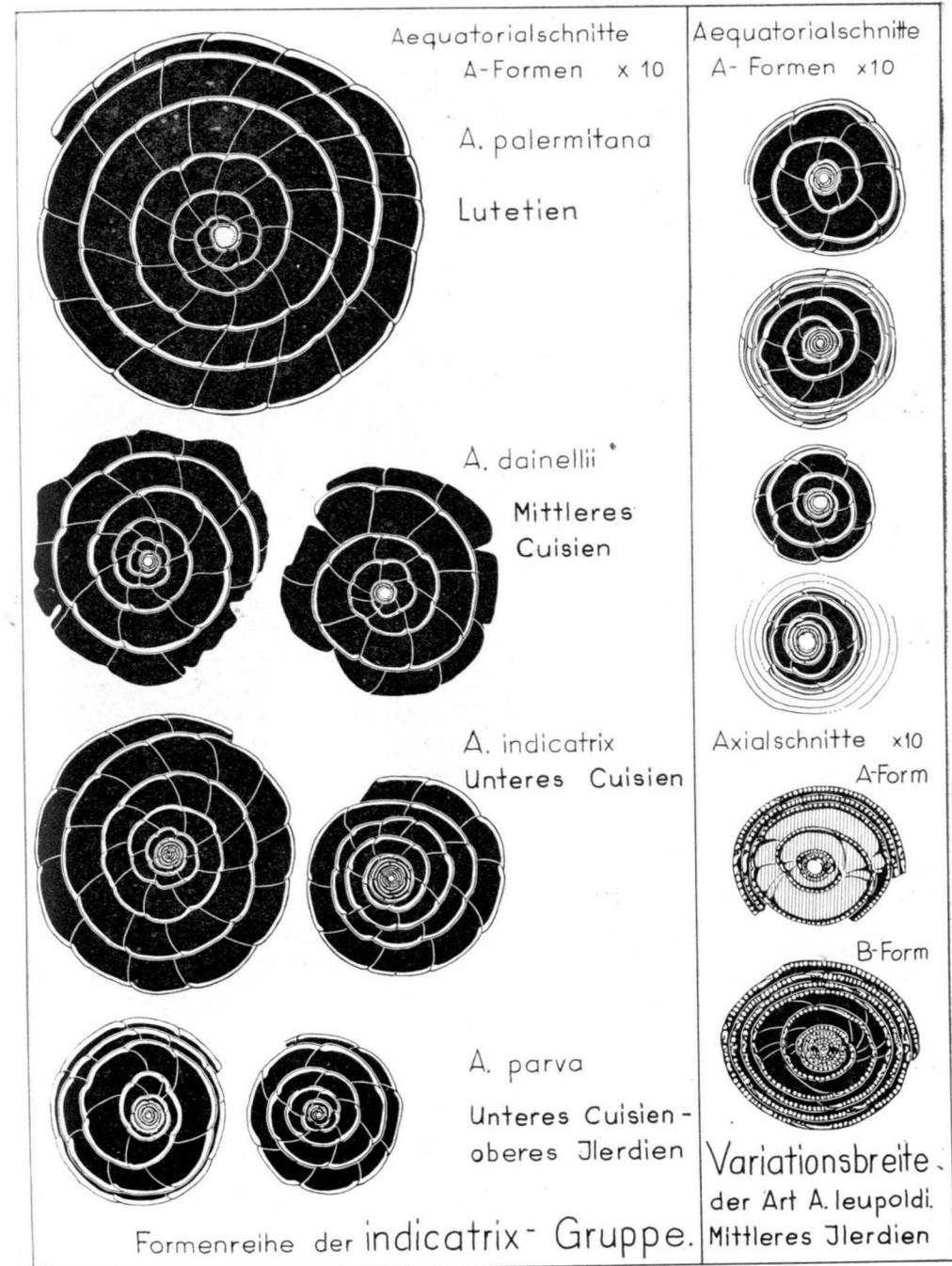


Fig. 1.

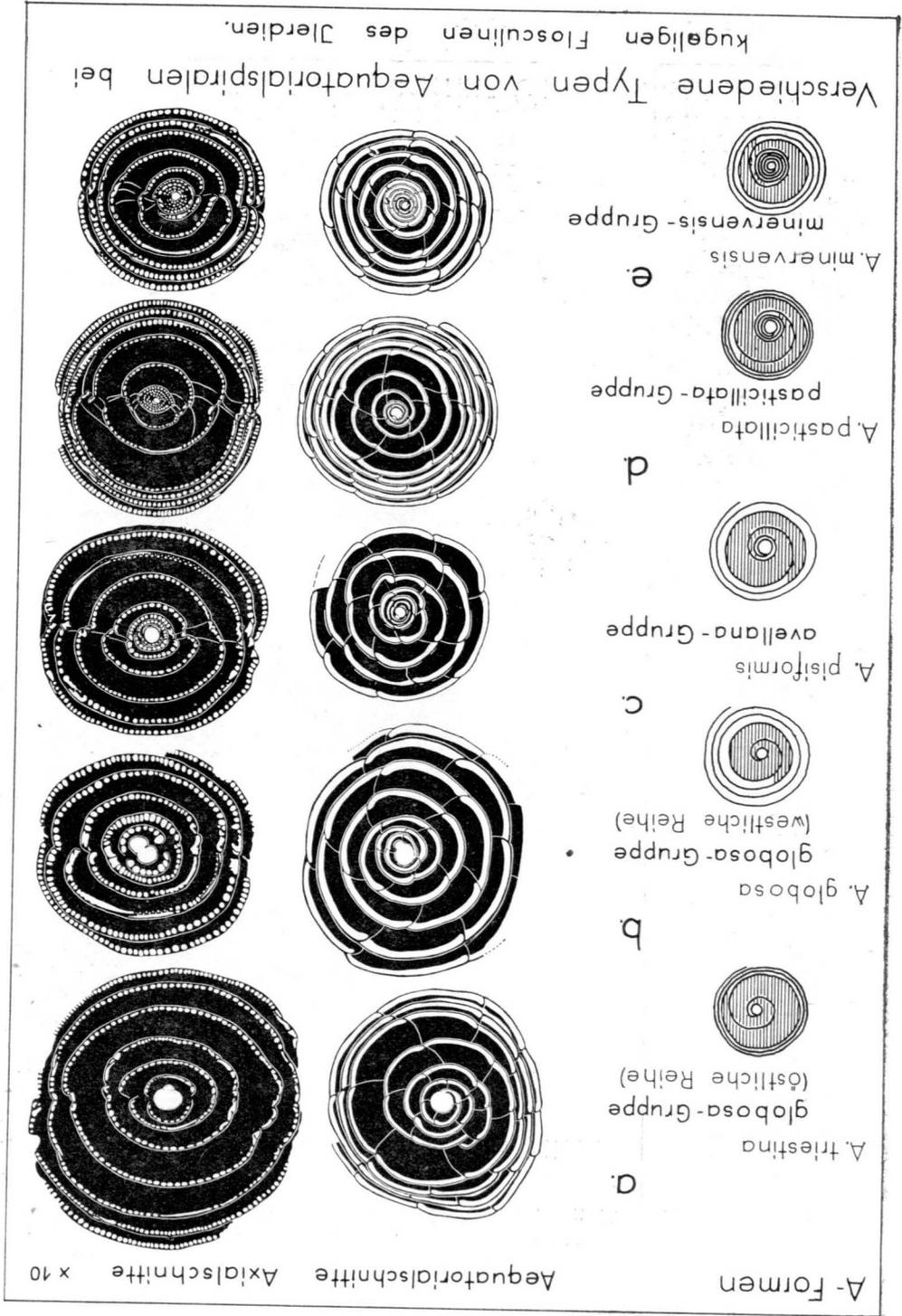


Fig. 2.

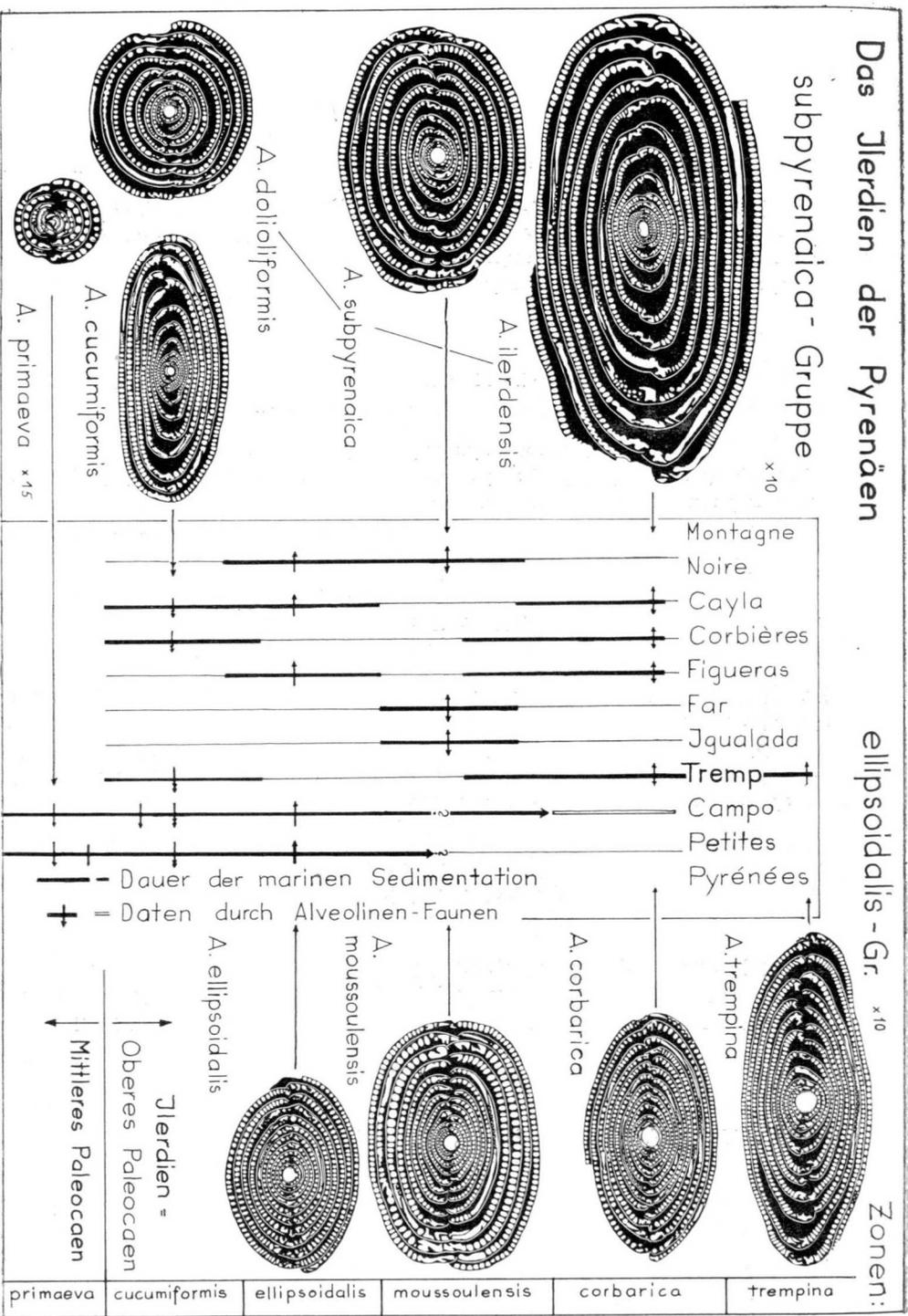


Fig. 3.

## LÁMINAS

Algunas calizas de alveolinas típicas. Láms. I-XXI.

Secciones delgadas fotografiadas con filmpack Kodack 6 x 9 y 9 x 12.

El material original de estas láminas se halla en el Naturhistorischen Museum, en Basilea.

Lám. I.—Caliza organógena con algunos granos angulosos de cuarzo. La fauna contiene *A. (Glomalveolina) primaeva* REICHEL y *A. primaeva luduigi* REICHEL. *Fallotella alavensis* MANGIN, un meandropsinido (mitad inferior), *Valvulina* y miliólidos (x10).

Paleoceno medio.

Petites Pyrénées: Fabas, capa 8.

Fa 8/2392 y 2388.

Lám. II.—a) Caliza de miliolas pseudolítica con algunos cantos angulosos de cuarzo. Junto con miliólidos y raros foraminíferos arenosos, solamente *A. (glomalveolina) lepidula* SCHWAGERI. Esta facies algo rara se distingue de la caliza de glomalveolinas del Paleoceno medio por la falta de *Fallotella*. *Glomalveolina lepidula* tiene una estructura mucho más fina y una espiral esencialmente más apretada que *A. (Glomalveolina) primaeva* REICHEL (x10).

Paleoceno superior.

Montagne Noire: Barroubio, capa 2.

Barr. 2/4684.

b) Caliza margosa con algunos pequeños granos de arena. Junto a algas calizas, contiene exclusivamente *A. aramaea* HOTT. A la izquierda un corte centrado de una forma A, en el medio y abajo a la derecha, formas B. Obsérvese la espiral de la forma A, que es ya muy amplia en las vueltas más internas (x10).

Ilerdense inferior.

Sudeste de Anatolia: Mardin, capa x.

Ana x/2435.

Lám. III.—Caliza organógena pura. La masa fundamental está formada por calcita transparente. Junto a lithothamnios, operculinas, pequeños nummulites y primitivas assilinas, contiene la flosculina esférica *A. pasticilla* SCHWAGER, *A. ellipsoidalis* SCHWAGER y *A. (Glomalveolina) lepidula* (SCHWAGER) [bajo el centro, a la izquierda] (x10).

Ilerdense inferior, zona de Ellipsoidalis.

Egipto: Ouadi Araba, Gebel Telcmet, capa 8 a.

Wa 8 a/3164.

Lám. IV.—Caliza de alveolinas algo margosa con una masa fundamental irregular, ya de calcita transparente, ya opaca. Se reconocen *A. (Glomalveolina) lepidula* (SCHWAGER)

algo por debajo del centro de la foto, *A. moussoulensis* HOTT. y numerosos orbitolites gruesos (x10).

Ilerdense medio, zona de Moussoulensis.

España: Burgos, Criales. Colección Mangin.

Cri/4683.

Lám. V.—Caliza oscura margo arenosa. Diversas especies de orbitolites, miliolas y alveolinas. Se reconocen las siguientes especies: *A. corbarica* HOTT. (*A. «oblonga»* auct.), *A. leupoldi* HOTT. y *A. (Glomalveolina) lepidula* SCHWAGER (en el centro algo a la derecha) (x10).

Ilerdense medio, zona de Corbárica.

Corbières: Coustouge, capa 6, intercalada en las margas de Turritellas.

C 6/coll. GPI 18.

Lám. VI.—Caliza organógena compuesta de conchas de foraminíferos, algas y restos de briozoos. Contiene miliolas, *Orbitolites* sp., *A. decipiens* SCHWAGER (centro izquierda) y *A. aragonensis* HOTT. (centro derecha) (x10).

Ilerdense medio.

Cataluña: Figueras, capa 33 a.

F 33 a/2695.

Lám. VII.—a) Caliza de nummulites y alveolinas algo margosa, con restos de orbitolites. A la derecha y abajo, *A. parva* HOTT. A la izquierda y abajo, *A. cf. schwageri* (algo aplastada). En el centro un corte axial algo oblicuo de *A. canavarii* (CHECCHIA RISPOLI, de recia estructura) (x10).

Cuisiense inferior.

Anatolia central: Haimana, capa 114.

Hm 114/3651.

b) Caliza organógena. Los foraminíferos cubiertos en parte por una corteza caliza opalina. La rica fauna de alveolinas ofrece: En el centro, hacia arriba, algo a la derecha, una pequeña flosculina. *A. recondita* HOTT.; centro, hacia arriba, *A. rotundata* HOTT.; centro y hacia abajo, dos ejemplares de *A. (Glomalveolina) lepidula* (SCHWAGER) A la derecha, hacia abajo, *A. parva* HOTT. A la izquierda y abajo *A. cf. aragonensis* HOTT (x10).

Ilerdense medio, zona de Corbarica.

Cataluña: Tremp, perfil de Mur, capa 1.

M 1/1590.

Lám. VIII.—Caliza de alveolinas y nummulites con abundantes fragmentos de foraminíferos. Abajo, *A. canavarii* CHECCHIA-RIPOLI, B. La capa basal irregular, engrosada, de las vueltas exteriores es un carácter típico fácil de reconocer. Arriba, a la izquierda, las vueltas internas de una gran forma A de la misma especie (x10).

Cuisiense inferior.

Anatolia central: Haimana, capa 114.

Hm 114/3651.

Lám. IX.—Caliza organógena con calcita transparente como masa fundamental. Rica fauna de orbitolites y alveolinas con *A. oblonga* (espiral apretada, arriba), *A. rütimeyeri* HORT. (espiral floja, extrema izquierda) y una nueva especie del grupo Rotundata (centro de la foto, con capa basal engrosada) (x10).

Cuisiense.

España meridional: Málaga, colección Blumenthal.

GPI 430.

Lám. X.—Brecha caliza de grano fino formada principalmente de fragmentos de nummulites. Se reconocen grandes pedazos de una caliza de alveolinas ya en sí brechosa con *A. schwageri* CH.-R. y *A. di-stefanoi* CH.-R. junto a *A. (Glomalveolina) minutula* REICHEL, rodadas. La fauna de alveolinas es en sí unitaria y pertenece al Cuisiense.

Sicilia: Termini Immerese, junto al puente de San Lorenzo.  
P 2/4655.

Lám. XI.—Caliza compacta algo margosa con miliólidos enanos. Las típicas alveolinas del Cuisiense no son, excepcionalmente, rodadas. A la derecha, abajo, y a la izquierda, en el centro, formas B de *A. cremae* CH.-R. Formas A de esta especie (amplia espiral y cámaras breves) se ven en corte axial a la izquierda, arriba, y en corte transversal a la derecha por debajo del centro de la foto. Formas A de *A. di-stefanoi* CH.-R. (espiral apretada y cámaras más largas) se ven en corte transversal algo encima del centro de la lámina (x10).

Cuisiense medio.

Vicentino: Malo, perfil de Valle Grande, capa 3.

Malo 3/4682.

Lám. XII.—Caliza de alveolinas margosa de color oscuro con finos granos de arena predominantes. La fauna contiene principalmente *A. rütimeyeri* (algo encima del centro, forma B; centro izquierda, forma A.). Las alveolinas de espiral apretada pertenecen a *A. oblonga* D'ORB (borde superior de la lámina, algo a la derecha, un corte transversal). Este tipo de calizas de alveolinas es también frecuente en los Alpes Helvéticos (x10).

Cuisiense.

Asturias: San Vicente de la Barquera, yacimiento 4.

V 4/2368

Lám. XIII.—Caliza de alveolinas algo margosa con miliolas, algas calizas, fragmentos de equinidos y *Ostrea callosa*. Las alveolinas son de la especie *A. frumentiformis* SCHWAGER. La fauna de alveolinas enanas es muy fácil de confundir con la fauna cuisense (x10).

Luteciense inferior.

Cataluña: Entre Pobla de Lillet y Castellar de Nuch.

Pb/4570.

Lám. XIV.—Caliza compacta de alveolinas, con miliolas y orbitolites extraordinariamente delgados. Junto a alveolinas del grupo Elíptica está *A. cf. frumentiformis* SCHWAGER (forma B en el borde superior de la lámina). Este es el más oriental de los yacimientos de alveolinas alargadas con celdillas adicionales, que se ha observado (x10).

Luteciense inferior.

Pakistán: Beluchistán, Tochi-river district.

British Museum P 7901/3504.

Lám. XV.—Caliza de foraminíferos compacta. Las alveolinas están algo recristalizadas. Únicamente, *A. elliptica nuttalli* DAVIES. El aspecto de esta caliza de alveolinas es característico del Luteciense del Lejano Oriente (x10).

Luteciense (inferior?).

Pakistán: Kirthar, Sheranni-pass.

British Museum. P 7404/4556.

Lám. XVI.—Caliza de orbitolites compacta. Las diversas especies de orbitolites están incluidas en una masa fundamental de conchas de foraminíferos finamente trituradas. Entre ellas, alveolinas fusiformes del grupo Levantina y *Lituonella* (a la derecha y abajo) (x10).

Cuisiense superior o Luteciense inferior.

Yugoeslavia: Sibenik, Colección Danilova.

Si 209/4508.

Lám. XVII.—Caliza compacta, de color lechoso, compuesta de fragmentos de foraminíferos. Son frecuentes las grandes formas B, algo deformadas, de hasta 8 cms. de largo, de alveolinas del grupo Levantina. La mayoría de las formas A están fuertemente deformadas; frecuentemente sólo se conservan las vueltas internas. Abundan restos indeterminables de glomalveolinas. Esta facies de roca con alveolinas del grupo Levantina está muy extendida en el Adriático (x10).

Luteciense.

Grecia: Golfo de Patras, Klokova, junto a Naupaktos. Capa c

Kl 8/4588. Colección Reichel.

Lám. XVIII.—Caliza de foraminíferos compacta, con pequeñas miliolas, nummulites, discocyclinas, orbitolites y *A. tenuis* HORT. (x10).

Luteciense inferior.

Bajo Adour: Sordes, capa 6 del perfil del Paso de Carlomagno.

So 6/1903.

Lám. XIX.—Caliza compacta de alveolinas y nummulites con fauna de miliolas enanas y *A. munieri* HORT. En el borde inferior de la lámina, a la derecha, se ven diversos cortes de la pequeña especie, de fina estructura, *A. boscii* (x10).

Luteciense medio.

Bajo Adour: Peyrehorade.

Ph/1927.

Lám. XX.—Caliza de miliolas con aspecto oolítico. Cemento calcítico transparente. Frecuentes pequeños nummulites, orbitolites rodados y dendritinas. En el borde inferior de la lámina un corte oblicuo de *Eorupertia*. Las alveolinas, que pertenecen a la especie *A. fusiformis* SOW, son siempre rodadas. Sin una exacta determinación específica, esta fauna no se distingue de la del Luteciense inferior con *A. frumentiformis*. Facies muy extendida en Aquitania occidental e Inglaterra (x10).

Biarritzense.

Bajo Adour: Caliza de la gruta de Brassempouy.

Ch 60/1964.

Lám. XXI.—Superficie de un delgado banco de conglomerado intercalado en las margas rojo parduscas, de grano fino, estériles. Todos los componentes alargados están alineados. Se reconocen pedazos de briozoos y restos de equinodermos. En el centro un pequeño coral que se estableció sobre un fragmento de concha. Las alveolinas no son determinables por sólo su exterior. Pertenecen a la especie *A. fusiformis* SOWERBY (x5).

Biarritzense.

Cataluña: San Lorenzo de Montgay, al sur del Montsech.

SL/1861.

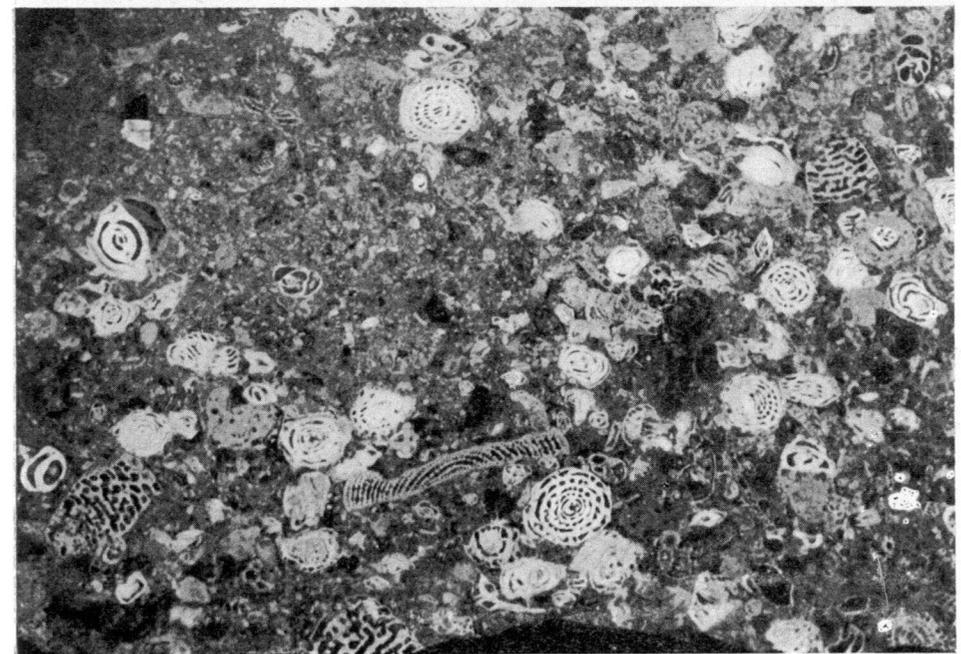
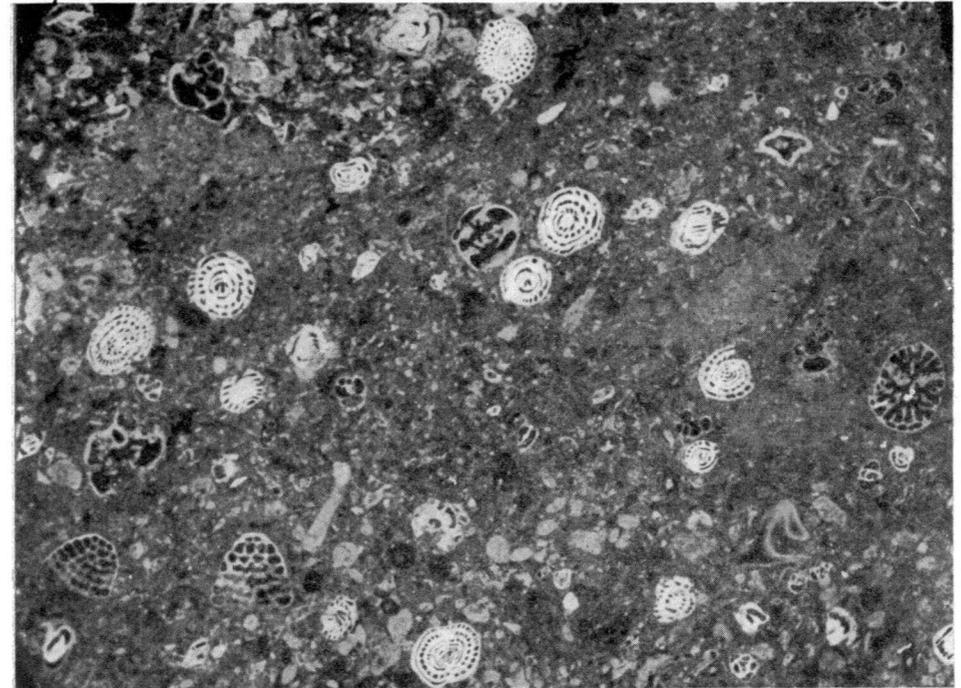


LÁMINA I

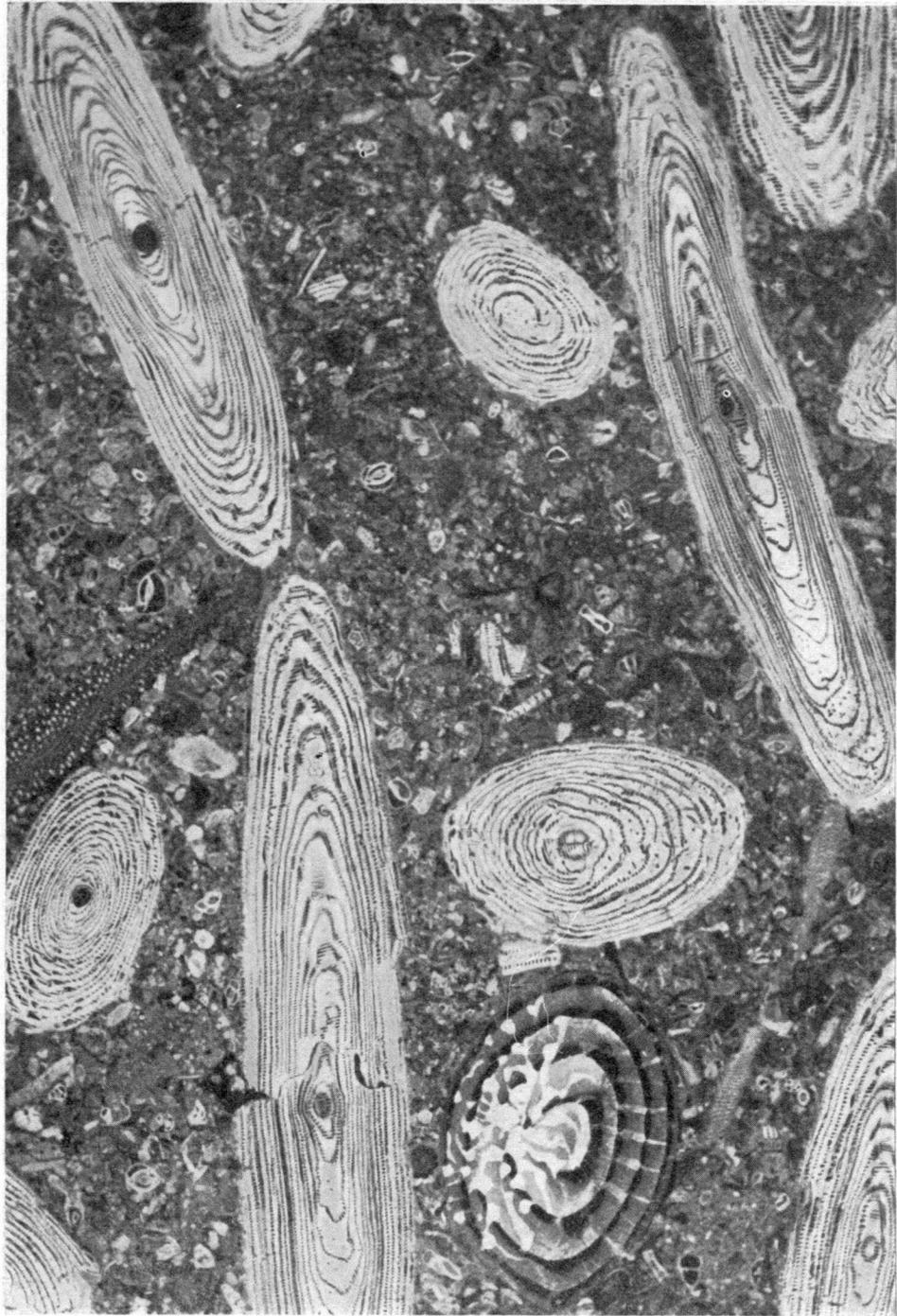


LÁMINA XVIII



LÁMINA XIX



LÁMINA XX

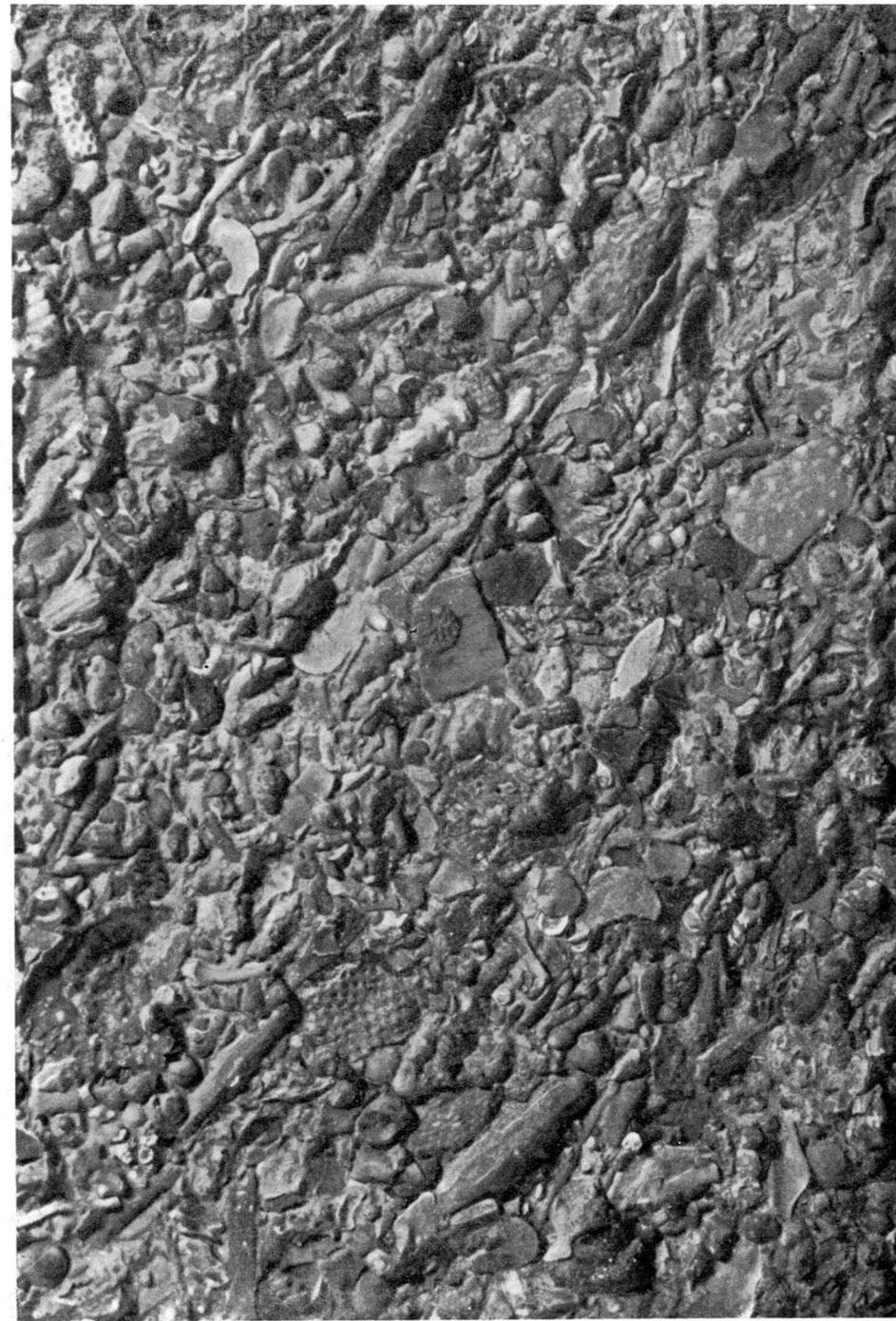


LÁMINA XXI

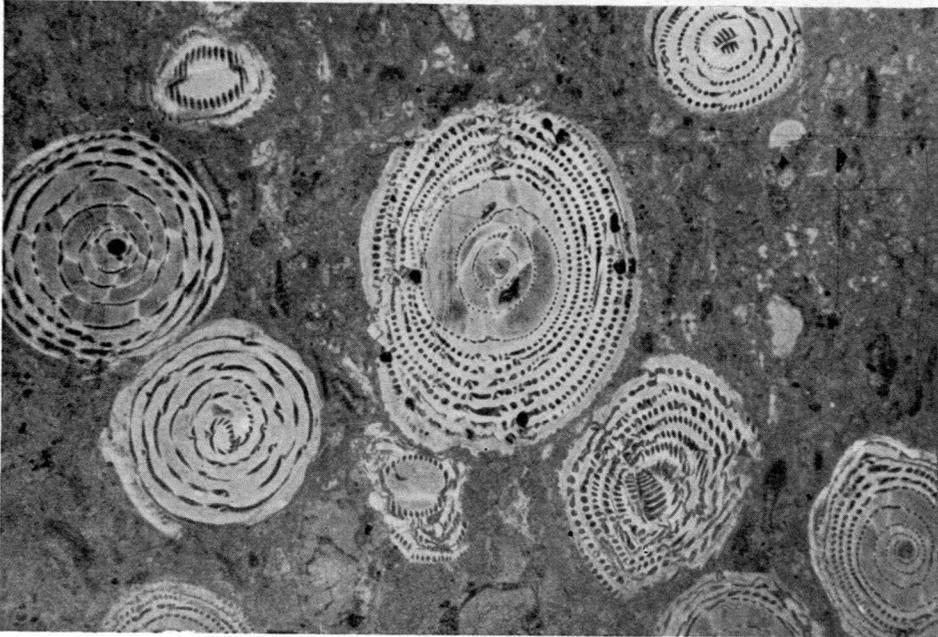
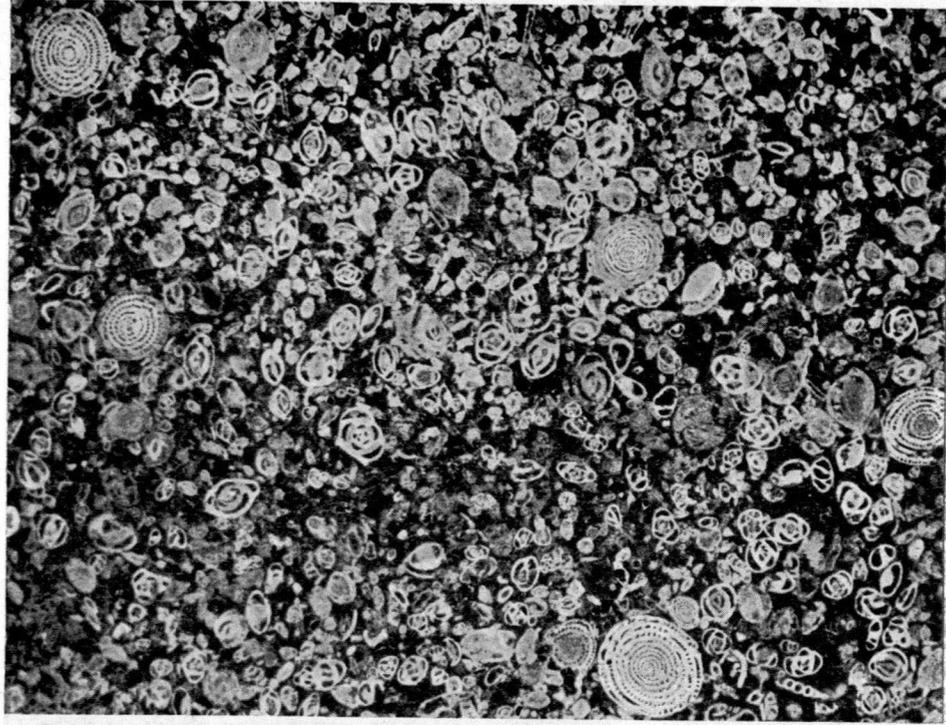


LÁMINA II



LÁMINA III

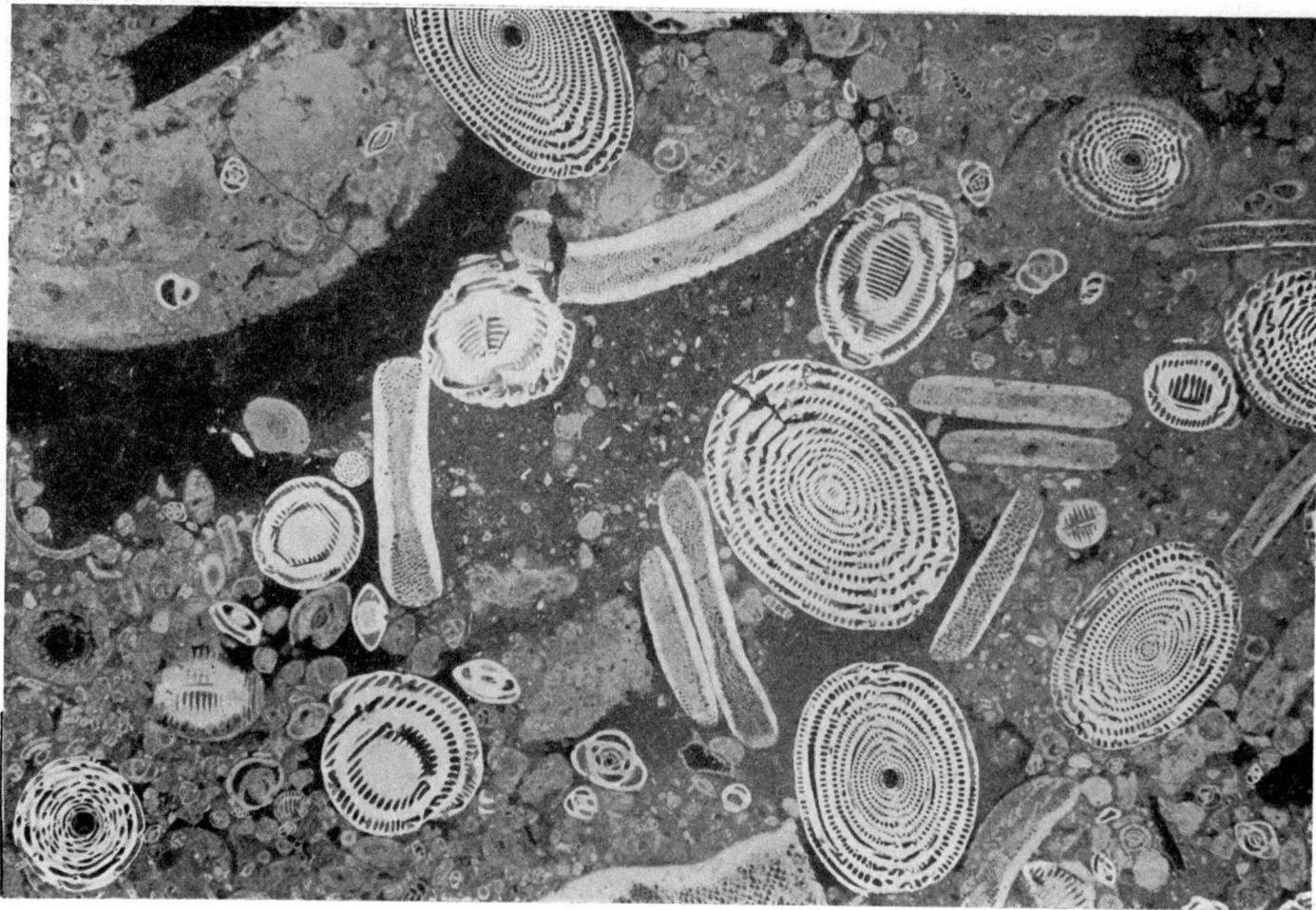


LÁMINA IV



LÁMINA V

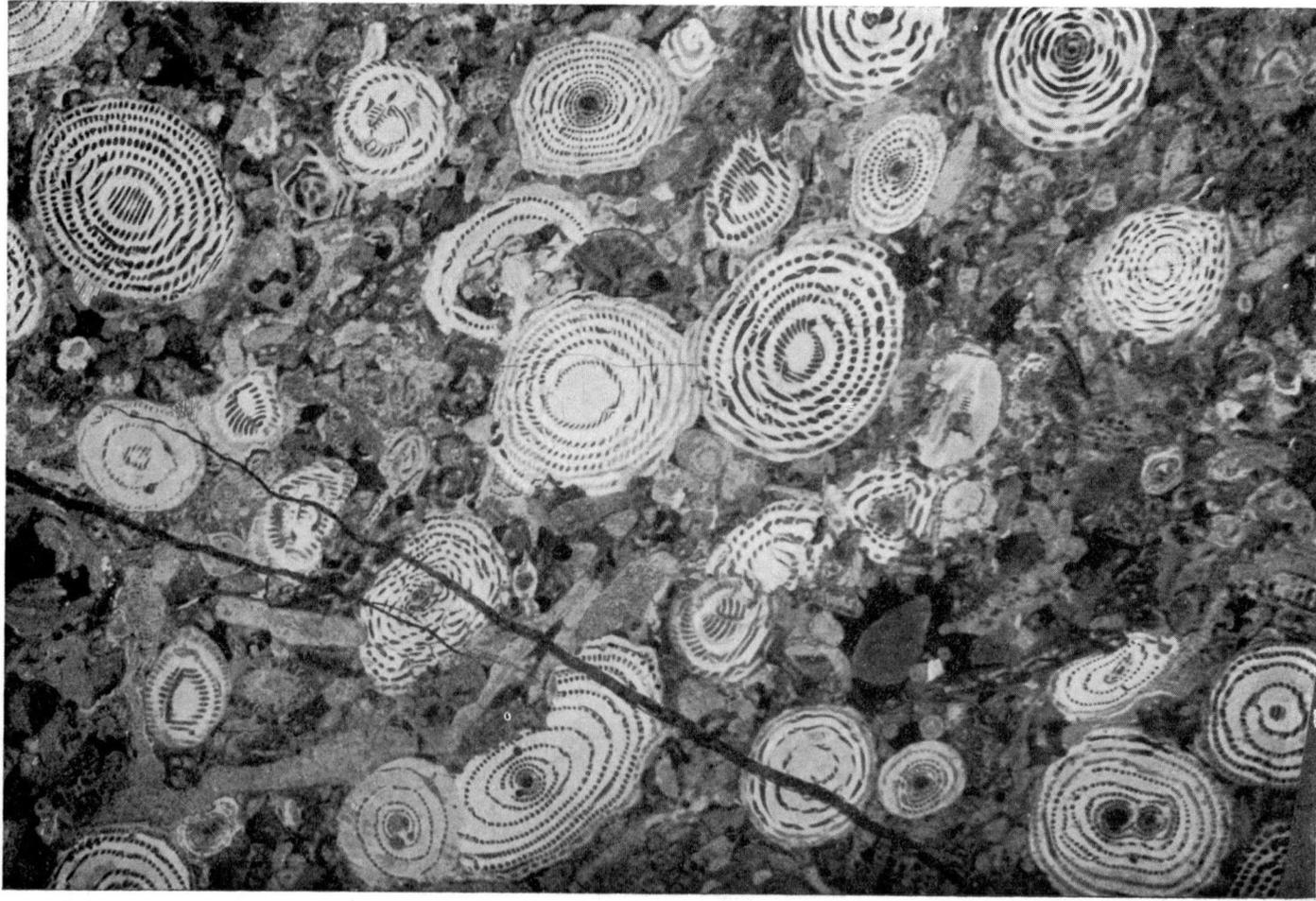


LÁMINA VI

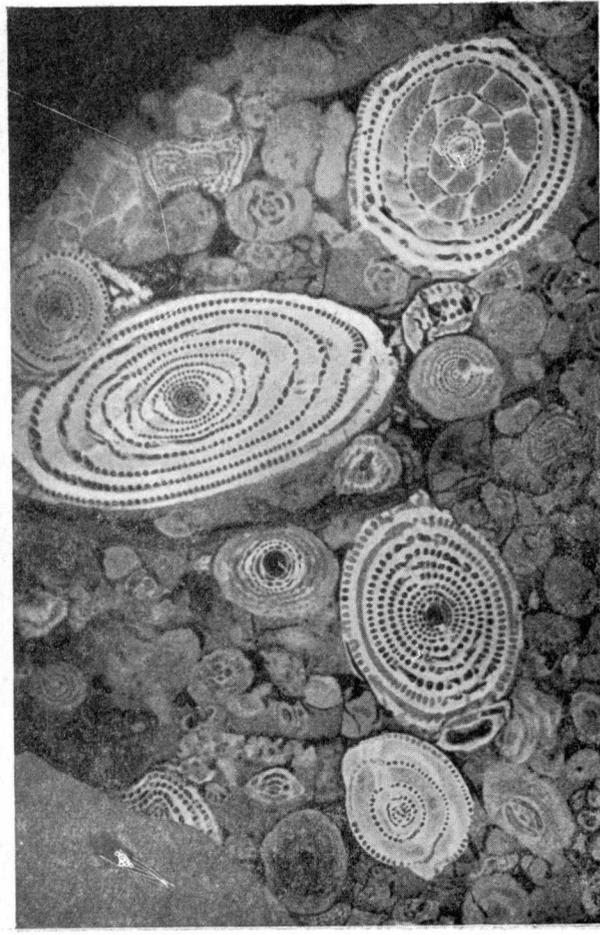
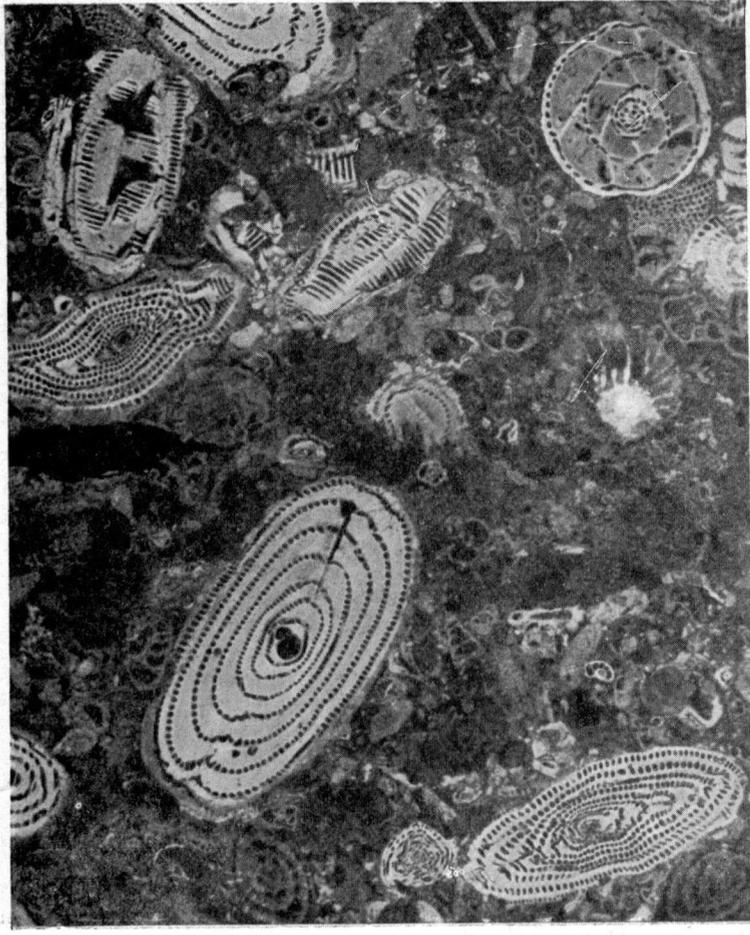


LÁMINA VII



LÁMINA VIII



LÁMINA IX

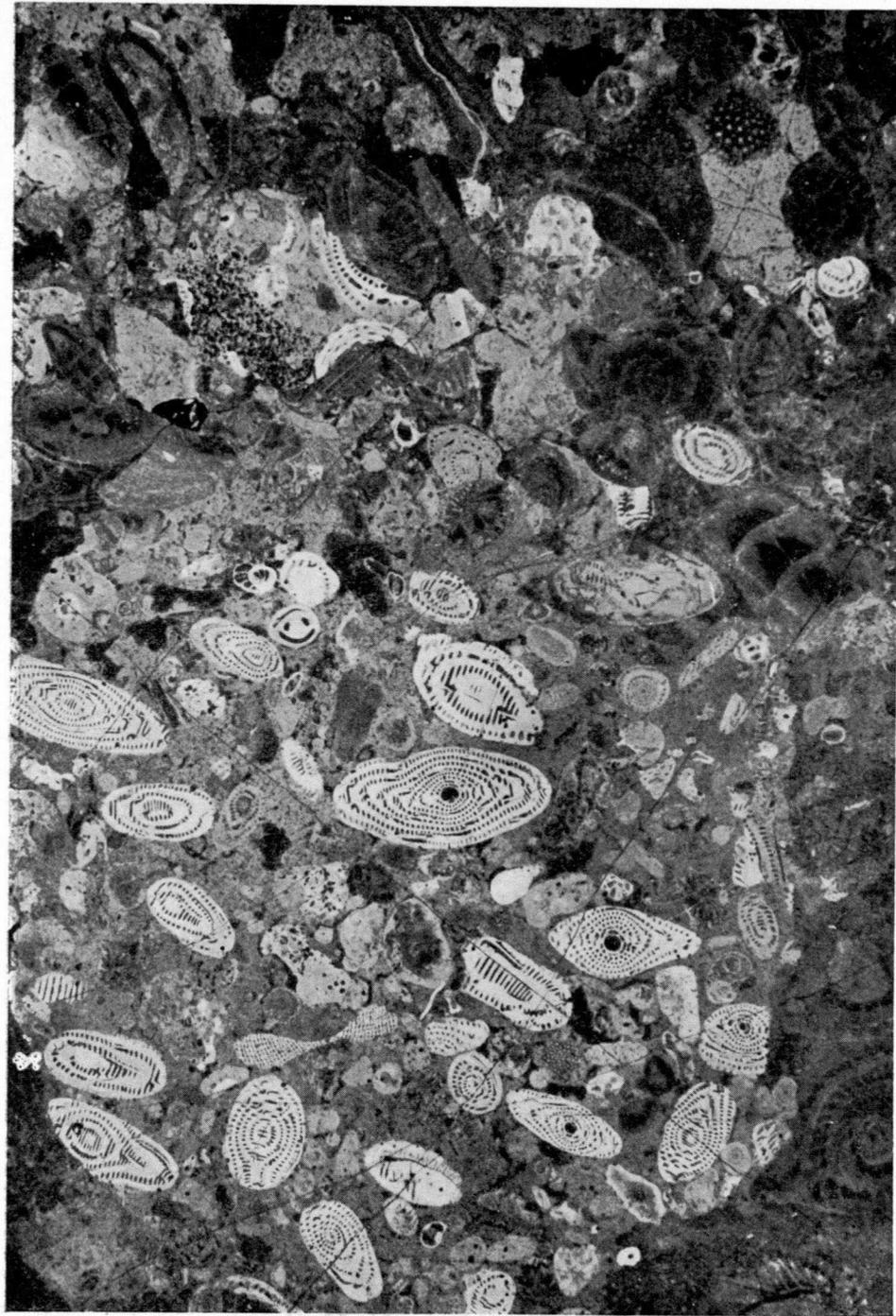


LÁMINA X



LÁMINA XI

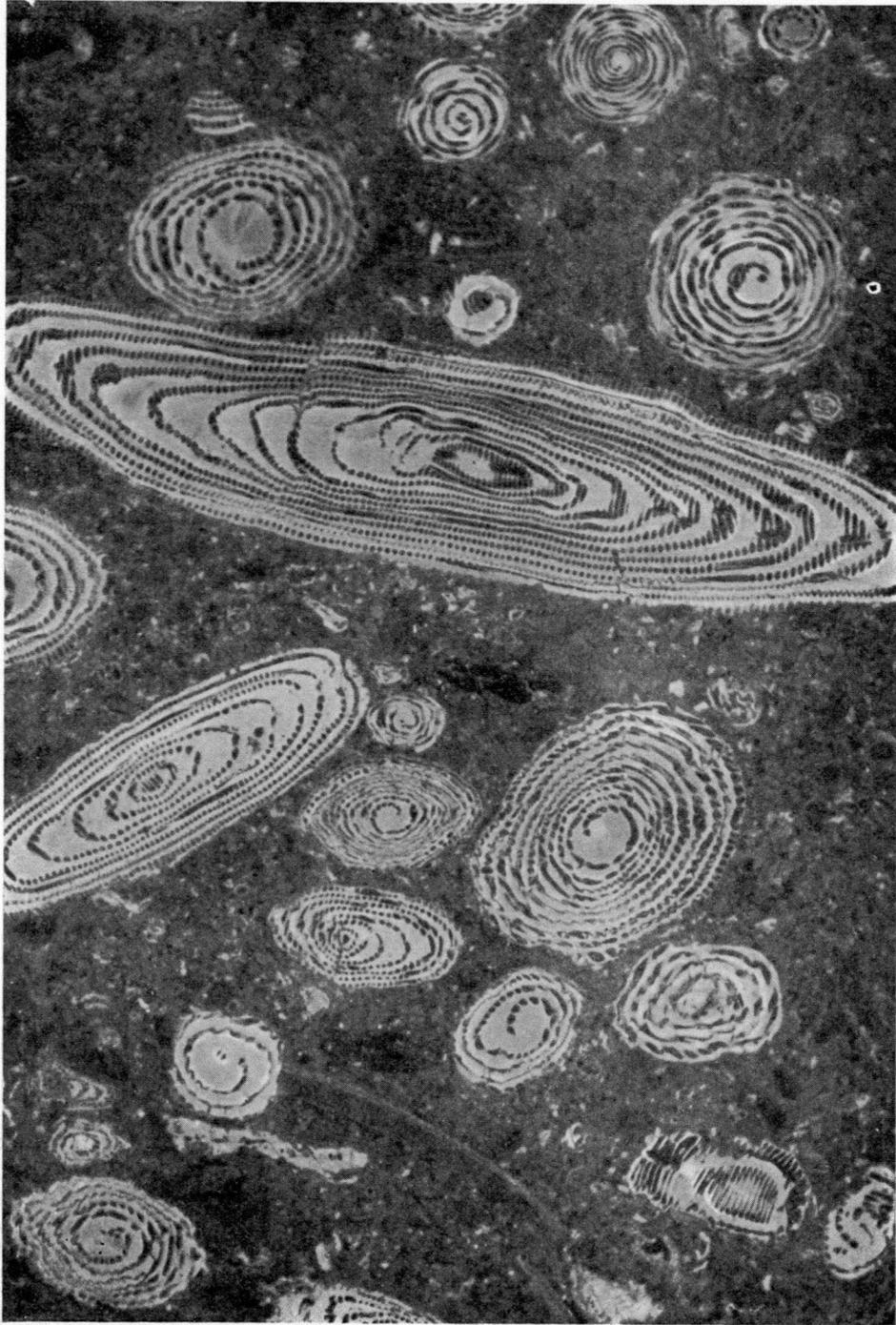


LÁMINA XII

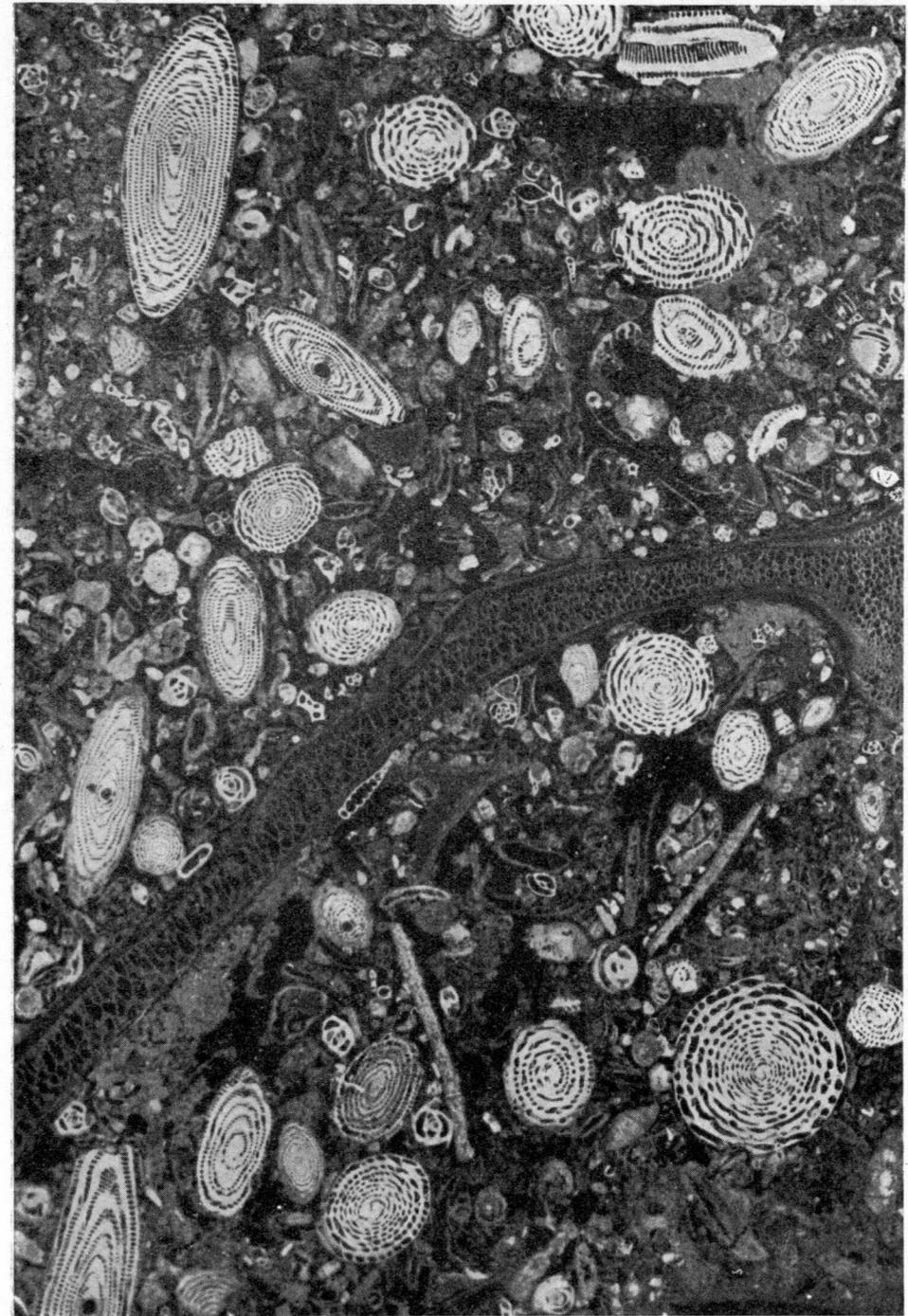


LÁMINA XIII

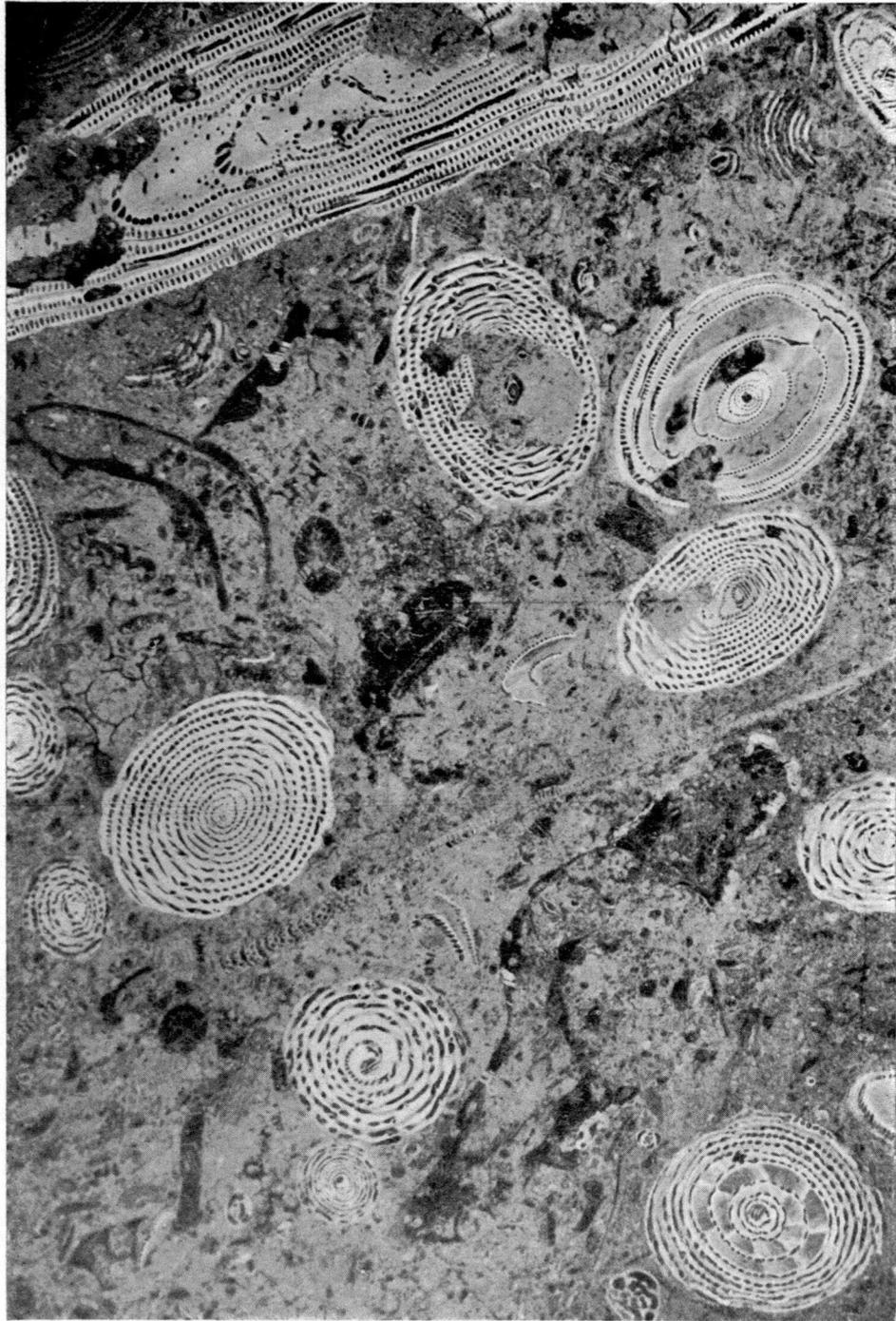


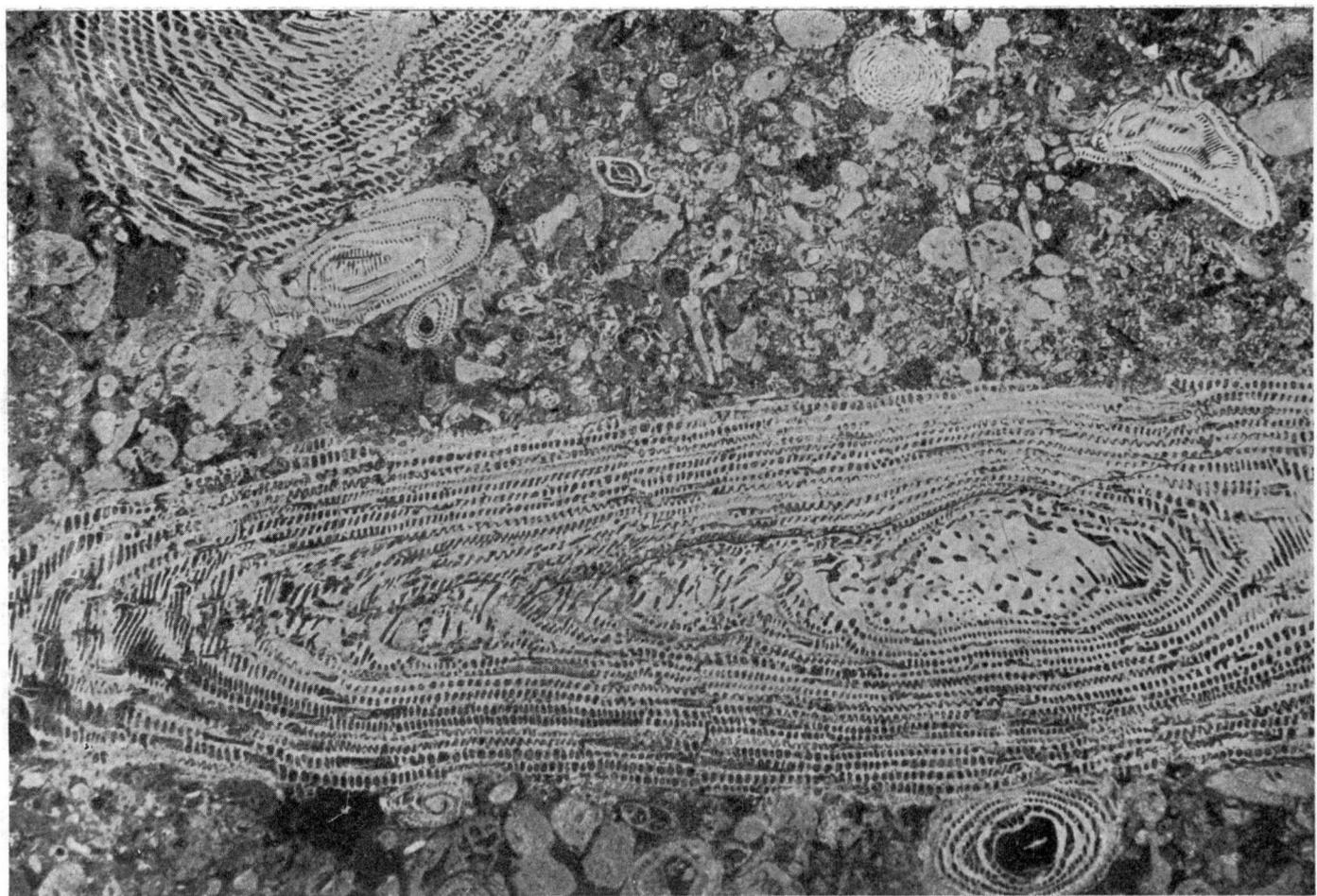
LÁMINA XIV



LÁMINA XV



LAMINA XVI



LAMINA XVII

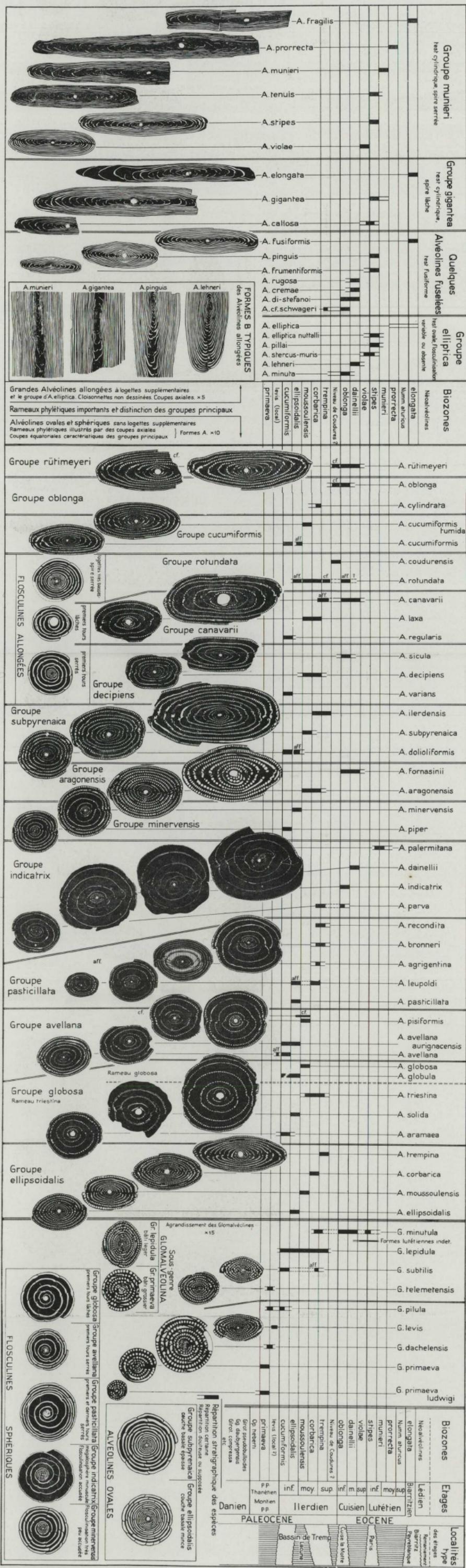
TABLA I:

Distribución estratigráfica de las especies, series filogenéticas más importantes y algunos caracteres discriminativos entre los grupos más importantes.

*Aumento de los dibujos de alveolinas:*

1. Grandes alveolinas alargadas con celdillas adicionales en la capa basal: 4x.
2. Alveolinas ovales y esféricas sin celdillas adicionales: 8x.
3. Gommalveolinas: 12x.

Recibido 3-VII-61.



912:553.9];551.7(46)

S. DE LA CONCHA y R. REY JORISSEN

## NOTA EXPLICATIVA DEL MAPA DE LOS YACIMIENTOS CARBONIFEROS DE ESPAÑA, ESCALA 1:2.500.000

### RESUMEN

Como aportación al «Mapa de yacimientos carboníferos de Europa» se ha hecho el de los yacimientos carboníferos españoles y reunido unos datos; todo ello ajustado a las normas establecidas por la Comisión internacional correspondiente.

Dicha Comisión publicará el Mapa europeo, con una explicación, muy concisa, del conjunto de los yacimientos carboníferos que lo integran.

### ANTECEDENTES

En el Congreso Geológico Internacional, se formó dentro de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo, la del Mapa de los yacimientos carboníferos de Europa.

Esta última Comisión, acordó unas normas a las que deberían ajustarse todos los mapas de los distintos países, y una vez recibidos y encajados formando el Mapa europeo, decidió completar éste, con una nota explicativa del conjunto de yacimientos carboníferos de Europa.

Para ello solicitó de los países participantes, y por lo que respecta a España, del Instituto Geológico y Minero que había confeccionado el Mapa español, unos datos concretos y ordenados que permitan a la Comisión, armonizarlos en una publicación de un número muy limitado de páginas (un centenar de páginas para unos treinta países participantes).

La Comisión podrá, eventualmente, modificar la explicación de cada país, para asegurar una presentación homogénea del conjunto. Bien entendido que esta redacción de conjunto será sometida a todos los participantes, antes de ser definitivamente adoptada.

### DATOS SOBRE LOS YACIMIENTOS CARBONÍFEROS ESPAÑOLES

Existen en España gran variedad de yacimientos carboníferos diseminados por todo el ámbito nacional, si bien muchos de ellos por su situación

geográfica, volumen y demás condiciones de explotación, ofrecen escasa importancia o meramente circunstancial. De ello da idea el que de cincuenta provincias que componen la Nación, existan minas en actividad en treinta y una de ellas, con una producción total (cifras referidas al año 1959), de 2.620.249 toneladas de antracita, 10.920.643 toneladas de hulla y 2.102.297 toneladas de lignito, o sea un total de 15.643.189 toneladas extraídas de diferentes formaciones geológicas, desde el Westfaliense hasta el Mioceno superior. Las cuencas más importantes de antracita son las de León, Palencia y Asturias; las de hulla, Asturias, León y Palencia, Puertollano, Peñarroya, Burgos y Villanueva de las Minas, y de lignito, las de la zona aragonesa-catalana del N.-E. de la Península. Las cuencas de Peñarroya y Villanueva de las Minas constan en el plano, pues aunque están muy agotadas y sus reservas seguras no alcanzan los 10 millones de toneladas, han tenido considerable importancia en tiempos pasados.

#### DATOS SOBRE LAS PRINCIPALES CUENCAS

(Por orden de antigüedad y de importancia económica. Las cifras de producción corresponden a las del año 1959, y las de las reservas a cubicaciones seguras y explotables en las actuales circunstancias).

#### *Westfaliense*

##### *Central asturiana* (Oviedo)

Gran cuenca sinclinal hercínica, replegada y fracturada posteriormente por los movimientos de la fase Astúrica; se apoya sobre la caliza de montaña (dinantiense), que dibuja las estructuras. Facies parálica con una potencia de la formación de 3.000 m. con 40 capas de carbón intercaladas que suman 34 m. de potencia útil.

Producción anual de 107.000 toneladas de antracita y 6.978.000 toneladas de hulla.

Reservas 1.305 millones de toneladas de hulla.

##### *La Camocha* (Oviedo)

Prolongación de la cuenca de Teverga, ensanchándose por debajo del recubrimiento secundario. Replegada probablemente en dos o tres anticlinales, con 27 capas con 25 m. de potencia útil en total.

Producción anual de 421.000 toneladas de hulla y reservas de 62 millones de toneladas.

##### *Teverga* (Oviedo)

Cuenca sinclinal, orientada W.-S., buzando al W., donde se abre en abanico (La Camocha). Separada de la cuenca Central por un anticlinal W.-S. de núcleo siluriano.

Facies parálica con 950 m. de potencia, conteniendo 10 capas con 6 a 12 m. de potencia total.

Producción anual de 64.000 toneladas de hulla y reservas de 28 millones de toneladas.

##### *Quirós* (Oviedo)

Sinclinal orientado W.-S., unido a la cuenca Central por el S.-E. Facies parálica, 1.000 m. de potencia con 14 capas que suman 8 m. de potencia útil.

Producción de 10.000 toneladas de antracita y 9.000 toneladas de hulla y reservas de 15 millones de toneladas de hulla.

##### *Guardo* (Palencia y León).

Facies parálica y con capas muy trastornadas, frecuentemente volcadas hacia el muro. Potencia de la formación de 2.350 m. con 8 a 15 capas que suman una potencia variable de 4.2 a 3.7 m. Producción anual de 282.000 toneladas de antracita y reservas de 20 millones de toneladas.

##### *Barruelo* (Palencia).

Capas con fuerte buzamiento, orientadas NW.-SE. Facies parálica, con una potencia de 2.150 m. con 12 a 6 capas y 11.3 m. de potencia útil en junto.

Producción anual de 248.000 toneladas de hulla y reservas de 40 millones de toneladas.

##### *Matallana* (León).

Capas frecuentemente verticales, intensamente plegadas y con muchas fallas. Facies limnica, con 11 capas de 8 a 20 m. de potencia sumada.

Producción de 73.000 toneladas de antracita y 448.000 toneladas de hulla; reservas de 276 millones de toneladas de hulla.

##### *Norte de León* (León).

Fajas sinclinales alargadas, subdivididas por levantamientos calizos y cuarcitosos, estrechándose y ensanchándose alternativamente. Facies limnica. Pro-

ducción de 57.000 toneladas de antracita y 490.000 toneladas de hulla; reservas 23 millones de toneladas de hulla.

#### *Estefaniense*

##### *Tormaleo* (Oviedo).

Cuenca sinclinal orientada N.-S., en la que el Carbonífero se apoya sobre el Siluriano. Facies límnicas con una potencia de la formación de 950 m., conteniendo 10 capas de carbón de 14,5 m. de potencia sumada.

Se está preparando para explotar y cuenta con unas reservas de 15 millones de toneladas de antracita y 70 millones de hulla (incluida la cuenca de Tineo, de la zona occidental).

##### *El Bierzo* (León).

Capas en general con pliegues de intensidad media y localmente fuerte. Facies límnicas, con una potencia de formación de 1.030 m., conteniendo 20 a 22 capas de carbón, con una potencia total útil de 6 a 7,5 m.

Producción de 1.520.000 toneladas de antracita y 25.000 toneladas de hulla; reservas de 349 millones de toneladas de antracita.

##### *Fillablino* (León).

Capas violentamente plegadas y falladas, casi siempre verticales. Facies límnicas, con 15 capas de carbón, sumando 7,5 de potencia.

Producción de 155.000 toneladas de antracita y 783.000 toneladas de hulla; reservas de 10 millones de toneladas de antracita y 269 toneladas de hulla.

##### *Tineo* (Oviedo).

Cubeta sinclinal sobre pizarras cambrianas, atravesada por diques de kerantita. Facies límnicas, con 3 capas de carbón en forma de rosario, y potencia máxima de cada capa de 1 m.

Producción anual de 211.000 toneladas de antracita y 108.000 toneladas de hulla; reservas de 25 millones de toneladas de antracita.

##### *Puertollano* (Ciudad Real).

Sinclinal de intensidad media, orientado casi E.-W. y recubierto por Mioceno. Facies límnicas con 800 m. de potencia de formación, conteniendo 7 capas de 9,25 m. de potencia en junto.

Producción de 1.060.000 toneladas de hulla, y reservas de 30 millones de toneladas de hulla.

#### *Albense*

##### *Utrillas* (Teruel).

Anticlinales NW.-SE. paralelos a la cordillera Ibérica y producidos por movimientos pirenaicos (fase neo-Kimérica). Estos anticlinales se hunden hacia el S.-E. y están separados por sinclinales recubiertos por terrenos terciarios. Facies límnicas, con una potencia de formación que varía de 400 a 700 m. con 7 a 13 capas de carbón de 2,20 a 6 m. de potencia útil.

Producción anual de 956.000 toneladas de lignito y reservas de 255 millones de toneladas. A estas reservas seguras podrían sumárseles otros 195 millones de toneladas probables de lignito.

#### *Garumnense*

##### *Berga* (Barcelona).

Pliegues de edad pirenaica, de intensidad media. Facies límnicas con 400 m. de potencia de formación y 5 a 15 capas de 1,20 a 3 m. de potencia útil.

Producción anual de 636.000 toneladas de lignito, y reservas de 100 millones de toneladas.

#### *Sannoisense*

##### *Mequinensa* (Huesca, Zaragoza, Lérida, Tarragona).

Capas muy tendidas. Facies límnicas con una potencia de formación de 1.700 m., conteniendo 40 capas en 3 m. de potencia útil.

Producción de 106.000 toneladas de lignito, y reservas de 38 millones de toneladas.

#### *Mioceno*

##### *Puentes de García Rodríguez* (La Coruña).

Capas muy tendidas. Facies límnicas con una sola capa de potencia irregular, de 50 m. de potencia media.

Producción de 107.000 toneladas de lignito y reservas de 90 millones.

##### *Arenas del Rey* (Granada).

Capas muy tendidas en el Pontiense. Facies límnicas con 2 capas de 3 m. de potencia. No se explota actualmente y cuenta con unas reservas de 45 millones de toneladas de lignito.

## CONCLUSIONES Y POSIBILIDADES DE NUEVOS DESCUBRIMIENTOS

Las reservas nacionales de carbón seguro, explotables en las condiciones actuales, se cifran en 451 millones de toneladas de antracita, 2.167 millones de toneladas de hulla, y 585 millones de toneladas de lignito.

Es muy posible el hallazgo de nuevos descubrimientos, mediante la investigación de los plegamientos carboníferos en las zonas cubiertas por los terrenos secundarios y en los que se supone al carbonífero productivo una profundidad no excesiva para poder ser beneficiable. La zona más interesante en este aspecto la constituyen los senos sinclinales de los grandes pliegues hercinianos que bordearon a la cuenca central de Asturias y se extienden hasta la provincia de León.

Recibido 24-VII-61.

# MAPA DE LOS YACIMIENTOS CARBONÍFEROS DE ESPAÑA

PUBLICADO POR EL  
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

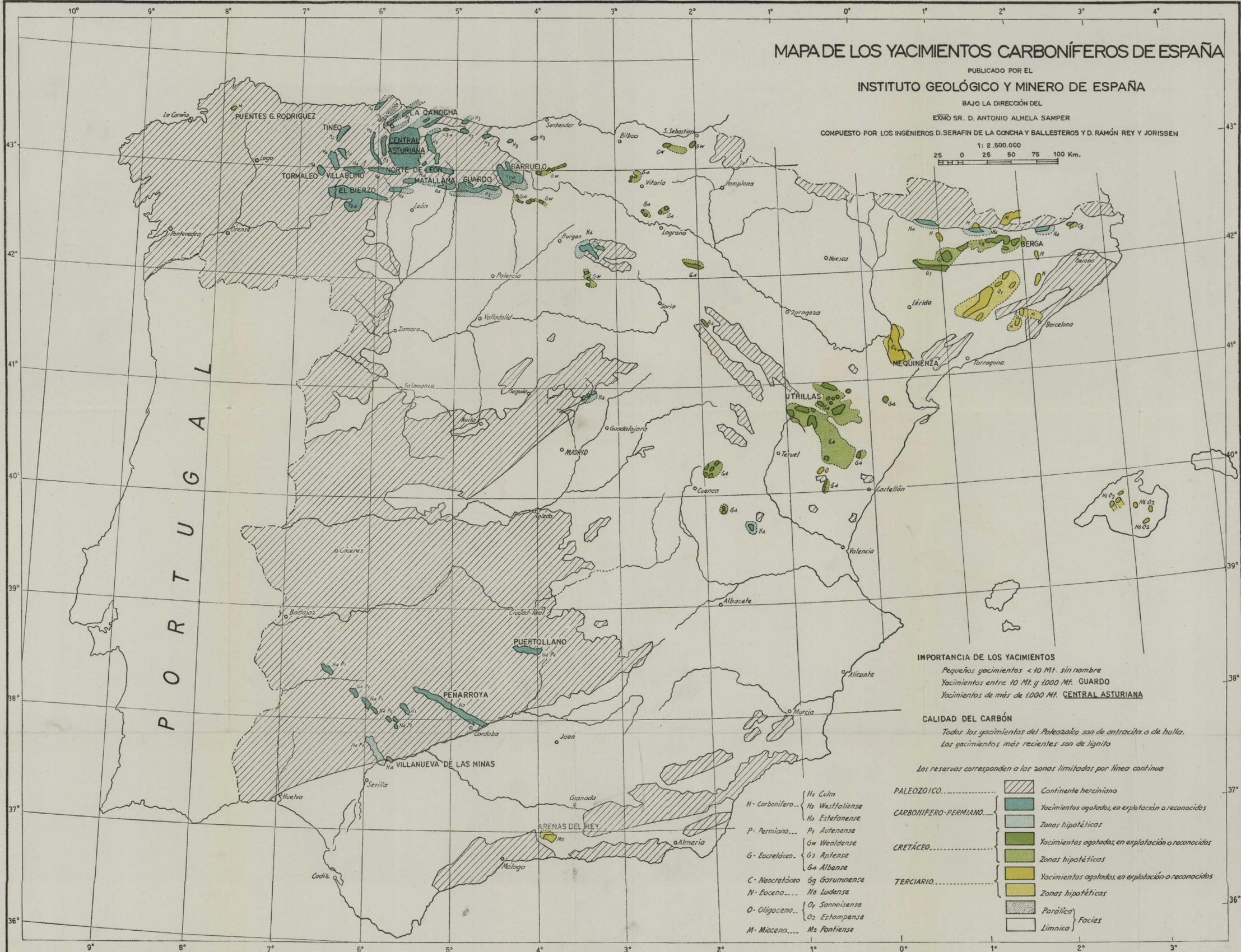
BAJO LA DIRECCIÓN DEL

EXCMO SR. D. ANTONIO ALMELA SAMPER

COMPUESTO POR LOS INGENIEROS D. SERAFIN DE LA CONCHA Y BALLESTEROS Y D. RAMÓN REY Y JORISSEN

1: 2.500.000

25 0 25 50 75 100 Km.



### IMPORTANCIA DE LOS YACIMIENTOS

Pequeños yacimientos < 10 Mt. sin nombre

Yacimientos entre 10 Mt. y 1000 Mt. GUARDO

Yacimientos de más de 1000 Mt. CENTRAL ASTURIANA

### CALIDAD DEL CARBÓN

Todos los yacimientos del Paleozoico son de antracita o de hulla.

Los yacimientos más recientes son de lignito

Las reservas corresponden a las zonas limitadas por línea continua

PALEOZOICO.....		Continente herciniano
CARBONIFERO-PERMIANO.....		Yacimientos agotados, en explotación o reconocidos
		Zonas hipotéticas
CRETÁCEO.....		Yacimientos agotados, en explotación o reconocidos
		Zonas hipotéticas
TERCIARIO.....		Yacimientos agotados, en explotación o reconocidos
		Zonas hipotéticas
		Parálita
		Limnica

H- Carbonífero...	H <sub>4</sub> Culm
	H <sub>3</sub> Westfaliense
	H <sub>2</sub> Estefanense
P- Permiano...	P <sub>1</sub> Autenense
G- Eocenoico...	G <sub>3</sub> Wealdense
	G <sub>2</sub> Aptense
	G <sub>1</sub> Albanse
C- Neocretáceo	G <sub>3</sub> Garambense
N- Eoceno....	N <sub>6</sub> Ludense
O- Oligoceno...	O <sub>1</sub> Sannoisense
	O <sub>2</sub> Estampense
M- Mioceno....	M <sub>3</sub> Pontense

MANUEL MARIA DE ALVARADO Y ARRILLAGA

FOTOGEOLOGIA (cont)

ABSTRACT

In this last chapter we talk about the geologic interpretation of the prints, which is the aim of the Photogeology. For getting a good interpretation, besides having knowledges of Optics, Photogrammetry, measurements, equipments, photographs, etc. it is necessary to be as good geologist as possible, and to have experience in photointerpretation. We tried to explain here the results of that experience.

RESUMEN

En este último capítulo, hablamos de la interpretación geológica de las fotografías, que es el objetivo de la Fotogeología. Para conseguir una buena interpretación, además de tener conocimientos de Óptica, Fotogrametría, medidas, instrumental, fotografías, etc., es preciso ser tan buen geólogo como sea posible, y tener experiencia en la interpretación de fotografías. Tratamos aquí de dar a conocer los resultados de esa experiencia.

VIII. INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA

Llegamos en este último capítulo a la parte más importante y específicamente geológica de la Fotogeología. Todo lo dicho anteriormente, excepto la realización de medidas, que tiene vida aparte, tiene por objeto lograr una mejor interpretación de las fotografías aéreas, o una presentación más adecuada del mapa fotogeológico final (ver mapa III).

La interpretación debe ser audaz, señalando todos los indicios de posible significación geológica, aun los más dudosos, pero todo ello no debe figurar en el mapa final, si no ha sido rigurosamente comprobado sobre el terreno. Esto es de suma importancia, ya que estamos convencidos de que uno de los principales males de la Geología en todas sus ramas, es la imaginación poco controlada de muchos autores, que arrastran peligrosamente a otros geólogos por ciertos caminos del razonamiento con muy escaso apoyo en los hechos. En todo caso, si en la fotografía descubrimos algunos signos, que creemos tienen claro significado geológico, y son indetectables en el

campo, como ciertos alineamientos o algunos halos tonales, lo que debemos hacer es registrarlos en el mapa, pero con signos de interrogación.

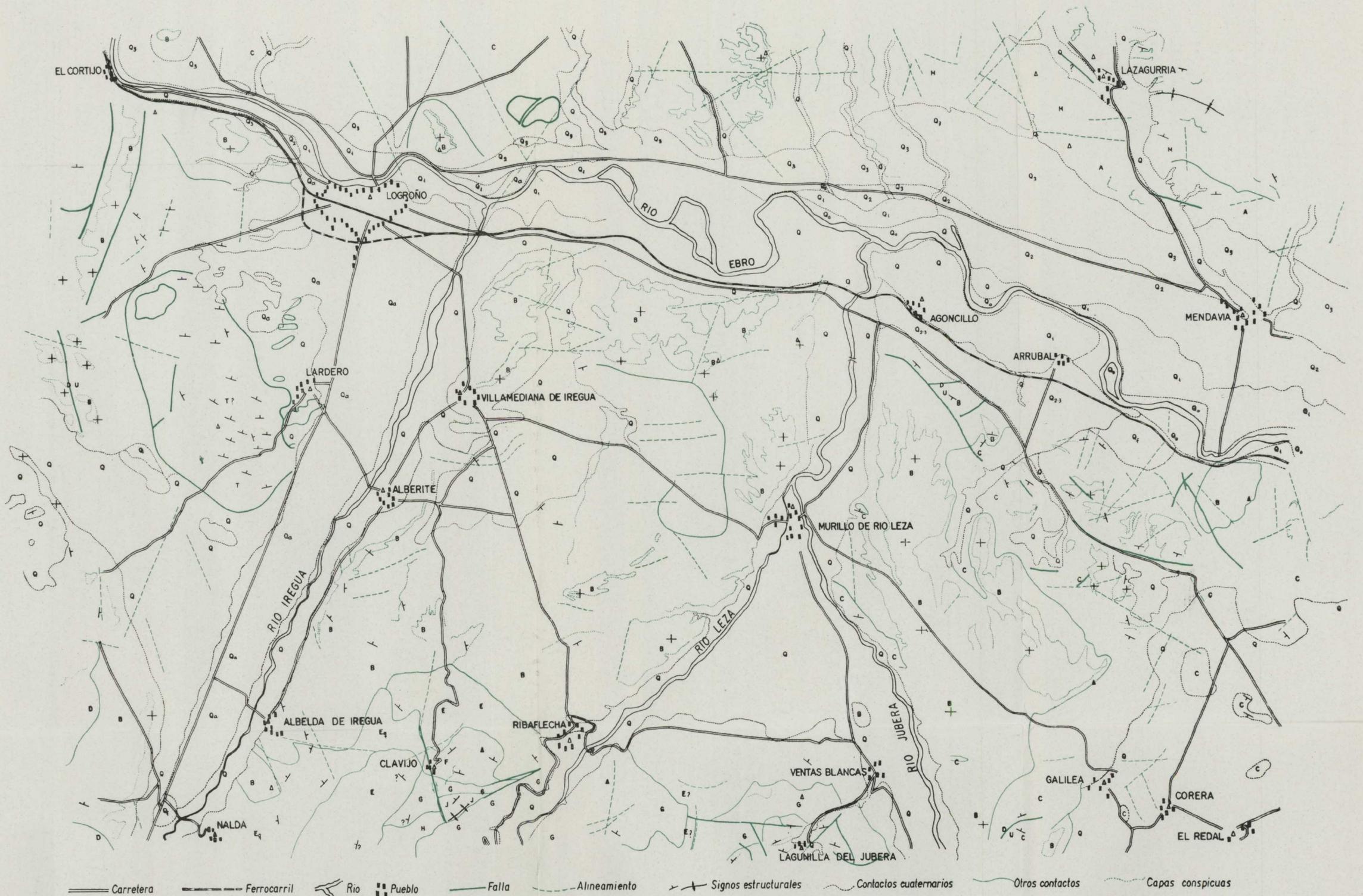
El mecanismo mental necesario para la interpretación es análogo al que se requiere para la Geología de campo, y los conocimientos precisos son también semejantes. Al principio, poco podemos decir de un par estereoscópico, y únicamente nos damos cuenta de los dispositivos más sobresalientes, pero, a medida que transcurre el tiempo de observación, otros menos destacados se van abriendo paso en nuestro cerebro, así como las conclusiones correspondientes. Para un estudio detallado, con cada par de fotografías se deben invertir varias horas, y en una investigación planeada con tiempo, es conveniente construir primero un mapa fotogeológico (como el mapa III) sin ningún conocimiento del terreno, y después ir al campo con las fotografías, y modificar y ampliar ese mapa todo lo que sea necesario.

En un país como EE. UU., en el que gran cantidad de personas se dedican a la interpretación de fotografías aéreas con diversos propósitos: forestales, agrícolas, ingenieriles, militares, etc., es frecuente el paso de algunas de ellas al campo de la interpretación fotogeológica. Especialmente al terminar la última guerra, numerosos intérpretes quedaron vacantes, y bastantes pasaron a nuestro terreno. A consecuencia de esto algunos intentaron implantar en fotogeología, «claves» de interpretación (en inglés «keys»), es decir, ciertas normas fijas, ateniéndose a las cuales la interpretación es automática. Esto, que en otros campos puede tener gran aplicación, en fotogeología es absurdo. Pretender encasillar la interpretación fotogeológica en reglas, es tanto como hacerlo con la Geología de campo, y todos comprendemos lo divertido que sería establecer que las montañas cuya altura es más de tres veces su base, están compuestas por cuarcitas. Precisamente el gran aliciente y la gran dificultad de las ciencias geológicas estriba en la infinidad de variables, que hace que todos los problemas sean distintos.

No obstante lo dicho, existen ciertas generalizaciones en las cuales se basa la interpretación, deducidas como fruto de la experiencia. A estas generalizaciones hay que saber darles el carácter de tales, admitiendo todas las excepciones que sean necesarias y analizando su razón de ser. De ellas nos ocuparemos más adelante. Sirva como ejemplo que las rocas de grano grueso suelen aparecer más claras en las fotografías que aquellas otras de grano fino.

De todos modos, la mentalidad geológica es imprescindible para la interpretación. Es, con mucho, preferible un geólogo que en su vida haya visto una fotografía aérea, a un experto en fotografía aérea, que no sepa Geología. Al primero le bastarán unos meses para hacerse fotogeólogo; en cambio, el segundo necesitará años, tantos como le sean necesarios para hacerse geólogo, que es lo primero y fundamental.

Decíamos que los conocimientos que debe poseer el fotogeólogo eran



Q: Cuaternario indiferenciado.

Q<sub>0</sub>  
Q<sub>1</sub>  
Q<sub>2</sub>  
Q<sub>2-3</sub>  
Q<sub>3</sub> } Terrazas del Ebro.

Qa: Terraza del Iregua.

Qj: Aluvión de abanico.

Eq: Depósito de ladera de la formación E.

M: Formación más bien blanda, Litología variada. Bastante erosionadas. Formas más bien suaves y redondeadas. Red de drenaje bastante denso. Poco permeable. Por lo menos tres sistemas de juntas, diaclasas o fracturas a las cuales se adapta el

drenaje. Plegamientos no muy violentos. Color claro en las fotografías.

A: Parecido a la anterior, más redondeada, drenaje menos denso y sobre todo un fuerte contraste en el tono, que en este caso es mucho más oscuro.

B: No plegada. Forma extensas mesetas horizontales cultivadas. Drenaje muy pobre. Color más bien oscuro. Formación dura Caliza? Encima y discordante de la formación C.

C: Debajo y discordante respecto a B. Muy plegada y fallada. Color claro y aspecto rocoso.

D: Aparece muy poco en la Hoja y está cubierta de cultivos. Parece blanda. Forma redondeada, Color más bien oscuro.

E: Aspecto muy característico. Color muy oscuro, casi negro. Tra-

bajada por el hombre según curvas de nivel. Poco permeable. Parece estar encima de la F y ser la formación más moderna de aquellas violentamente plegadas que aparecen al S. de la Hoja. Drenaje muy bien desarrollado. Estratificación poco clara.

F: Debajo de E. Muy plegada, Color medio. Estratificación clara. Muy rocosa. Dura.

G: Debajo de la F y muy plegada también. Su principal característica es tener tonalidades muy blancas, debidas probablemente a arenas sueltas. Estratificación poco clara.

H: Debajo de G color bastante oscuro. Forma masiva.

I: Volentemente plegada? Red de drenaje bien desarrollada. Formación poco permeable. Numerosas fracturas.

J: Debajo de la G color medio. Estratificación clara.

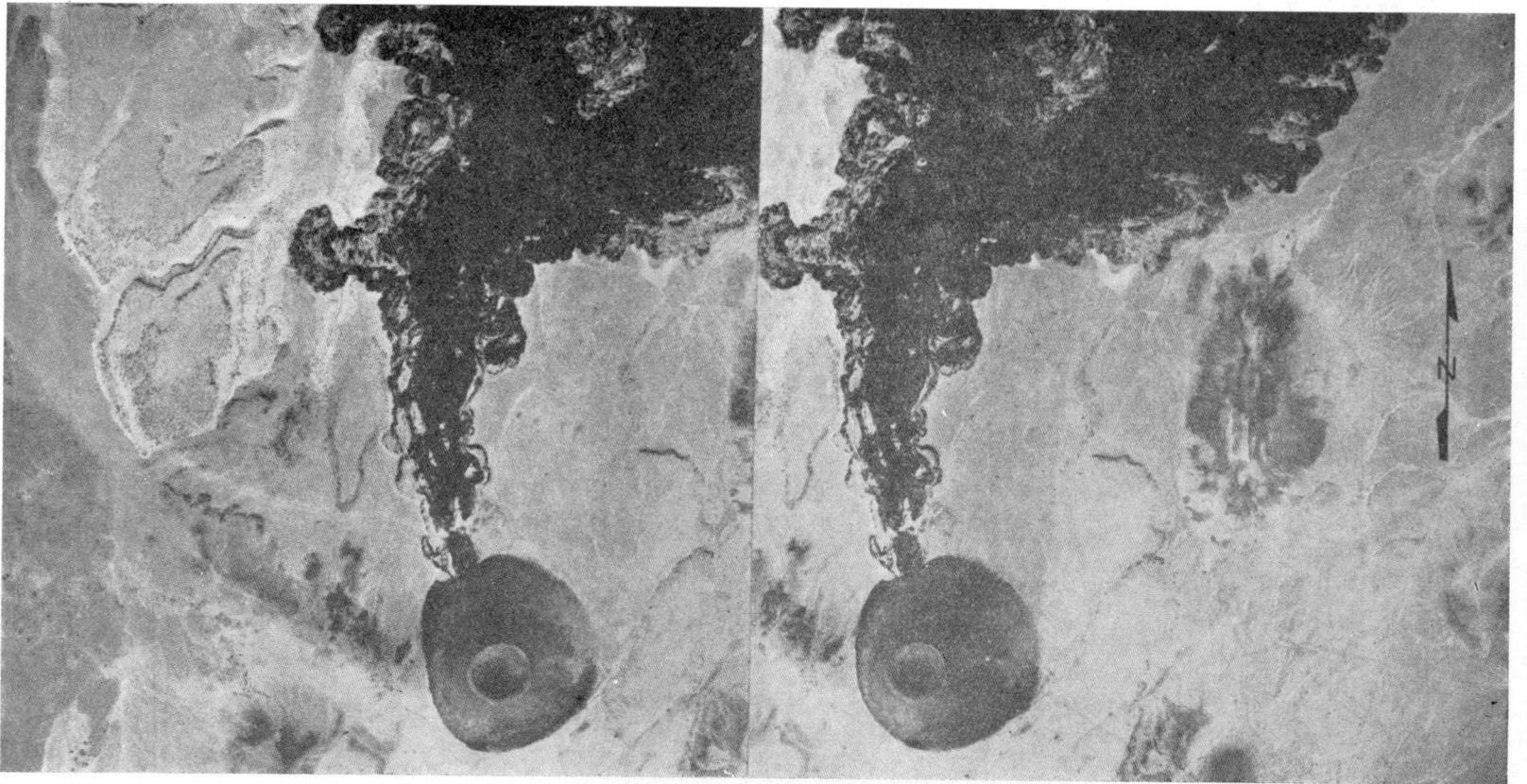


Fig. 44.—Esterograma de Coconino County, Arizona, mostrando un cono volcánico cuaternario y un flujo basáltico (Autorizado por Doeringsfeld Amuedo and Ivey-Denver, Colorado).

análogos, a los del geólogo general, y ello es cierto, pero con algunas diferencias. Entre las ciencias geológicas hay algunas como la Paleontología o la Mineralogía, que le serán de muy poca utilidad; en cambio, la Morfología le será de la máxima importancia, y con su auxilio tratará de profundizar y afinar lo más posible. Algunos dispositivos morfológicos son evidentes, como el de la figura 44, y otros requieren mayor atención y conocimientos,

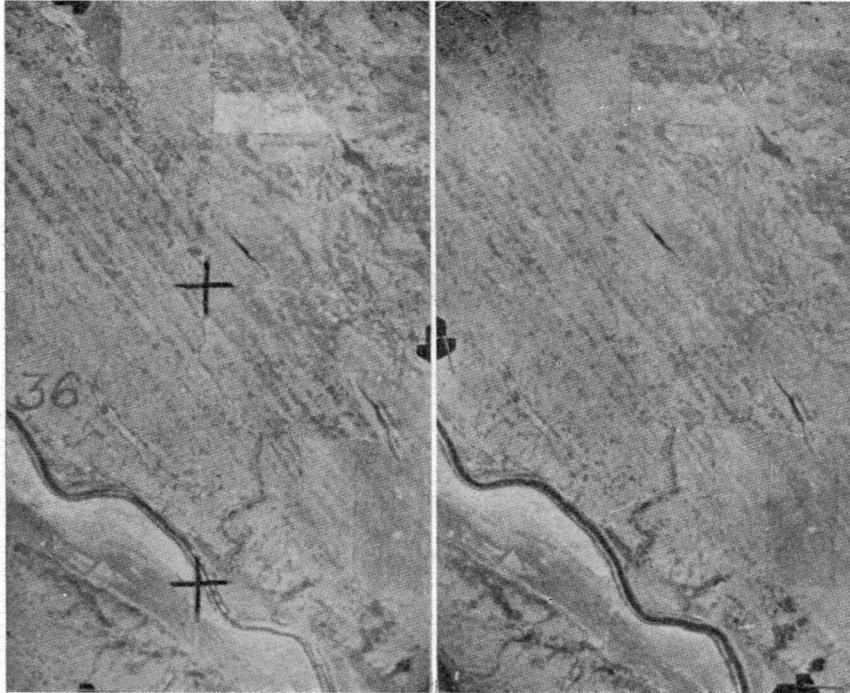


Fig. 45.—Estereograma mostrando estriás de glaciación a lo largo del río Souris, Saskatchewan, Canadá. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

como el de la figura 45. Para la correlación de los distintos niveles de terrazas de un río, es, por ejemplo, como puede verse en el mapa III, muy eficaz la fotografía en relieve. Es una lástima que por la existencia de un objetivo militar, no haya fotografía de parte del río, con lo cual tuvimos que interrumpir la correlación.

Otra forma del paisaje que siempre nos ha interesado es la esquematizada en la figura 46. Se trata de que ciertas estribaciones montañosas al llegar a un amplio valle, presentan unas superficies triangulares, dando cara al valle y buzando hacia él. Si al río que corre por el valle principal se le llama de primer orden, estas superficies triangulares, cuya principal

característica de lejos es formar un plano casi perfecto, están limitadas por barrancos de segundo orden perpendiculares al valle principal. Como indica la figura 46, aún puede haber un tercer orden de arroyos normales a los de segundo orden. Creemos que la existencia de estas formas se atribuye demasiadas veces a una escarpadura de falla («fault scarp»), cuando en realidad muchas veces el fenómeno es simplemente el resultado de la erosión sobre la estratificación, en cuyo caso estas capas se llaman flatirones, o también puede ser debido a que la red de drenaje de tercer orden sea extremadamente vigorosa, y, de ese modo, los arroyos correspondientes, bajando con fuerza por la línea de máxima pendiente, dejen al terreno cortado de esa forma, sin tener en cuenta la diferente resistencia de las capas.

Las fotografías deben ser contempladas un buen rato sin visión tridi-

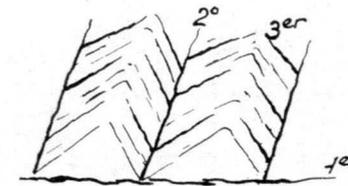


Fig. 46.

mensional, porque luego, cuando las coloquemos debajo del estereoscopio, el exceso de detalles nos impedirán apreciar ciertas características generales de importancia. Es más, somos partidarios de mirar a veces con los ojos entornados, con lo cual prescindimos aún más del detalle, y se aprecian mejor algunos alineamientos generales o diferencia de tonalidades. Sin necesidad de mirar estereoscópicamente, en general, es posible deducir cuáles son las montañas y cuáles los valles, observando la bifurcación de los arroyos.

Los criterios básicos de reconocimiento en los que se apoya la interpretación fotogeológica, son cinco: tono, textura, configuración, forma y tamaño.

#### T o n o.

Es el grado de intensidad de gris de la fotografía, o la cantidad de luz reflejada, registrada en dicha fotografía. Es el criterio de reconocimiento más importante, porque es el verdadero elemento constructor de la fotografía, y, en resumidas cuentas, toda diferencia estriba en variación de tono.

La intensidad de luz recibida por una cámara aérea desde un objeto no luminoso, es función de la cantidad de luz que incide sobre el objeto, y del poder reflectante de éste. La cantidad de luz que cae sobre él de-

pende de su posición respecto al sol y, por supuesto, de la presencia o ausencia de obstáculos intermedios. Siendo el ángulo de incidencia igual al de reflexión, una superficie plana reflejará la luz en una sola dirección, y, en cambio, una superficie irregular compuesta de multitud de pequeños planos orientados en diversas direcciones, producirá difusión de la luz en múltiples sentidos. Un lago, por ejemplo, puede aparecer con tonos muy diversos. Si el agua está muy quieta formando una superficie plana, según esté colocada la cámara dentro del rayo reflejado unidireccional o fuera de él, aparecerá blanco o negro; si el agua, en cambio, está rizada, es in-

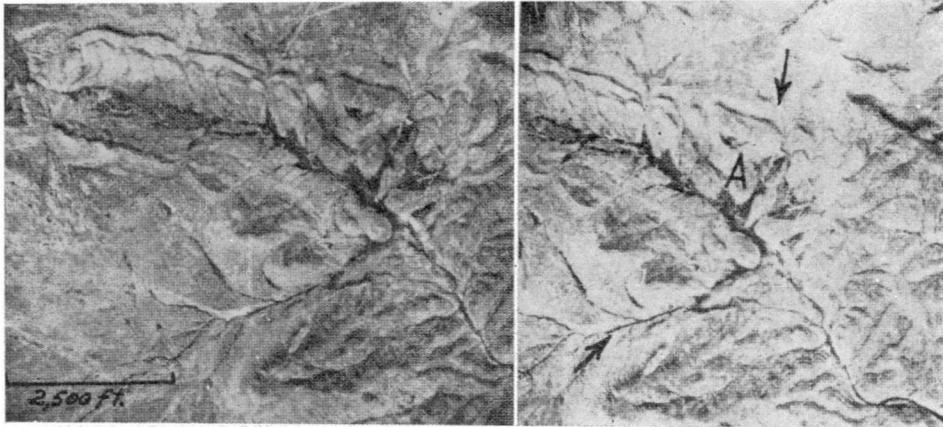


Fig. 47.—Estereograma de un sinclinal en Delaware Basin, Texas. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

diferente la posición de la cámara, y el lago quedará representado en la fotografía como una mancha gris. No obstante, las superficies pulidas ofrecen en general un tono más claro que las ásperas.

Como el lector habrá ya imaginado, lo verdaderamente importante son las diferencias de tono, es decir, el contraste, puesto que el valor absoluto del tono tiene poco significado, ya que depende de numerosos factores extrageológicos, como son la posición del sol, la existencia de nubes o bruma, la clase de película, la apertura de objetivo, el tiempo de exposición, y el proceso de revelado.

Podemos generalizar, diciendo que las rocas de grano grueso presentan tonos más claros que las de grano fino. Los estratos de arenisca roja de grano grueso suelen ser una excepción, ya que aparecen oscuros en las fotografías. Se dice que los basaltos ofrecen una imagen oscura, pero cuando han estado largo tiempo expuestos a la erosión, de manera que su superficie haya podido ser pulida, aparecen claros. Las arenas sueltas, de gran poder reflectante, son muy claras en las fotografías, tanto, que a

veces pueden ser confundidas con nieve. Las evaporitas como el yeso y la anhidrita, son más bien claras; la figura 47 es más bien una excepción pues en ella la anhidrita ofrece un tono tirando francamente a oscuro. La anhidrita ocupa la parte axial del sinclinal, y está rodeada de yeso de tonalidad bastante más clara. En A se aprecian formas de disolución.

Las calizas, muy en general, suelen ser claras, así como los materiales aluviales, y el descubrimiento del subsuelo, ya sea a causa de la erosión, o debido a excavaciones hechas por el hombre, ofrece casi siempre tonos más claros que los terrenos circundantes.

#### *Textura.*

Puede ser definida como la frecuencia de cambios de tono en elementos tan pequeños, que no tienen significado independiente. En la figura 48,

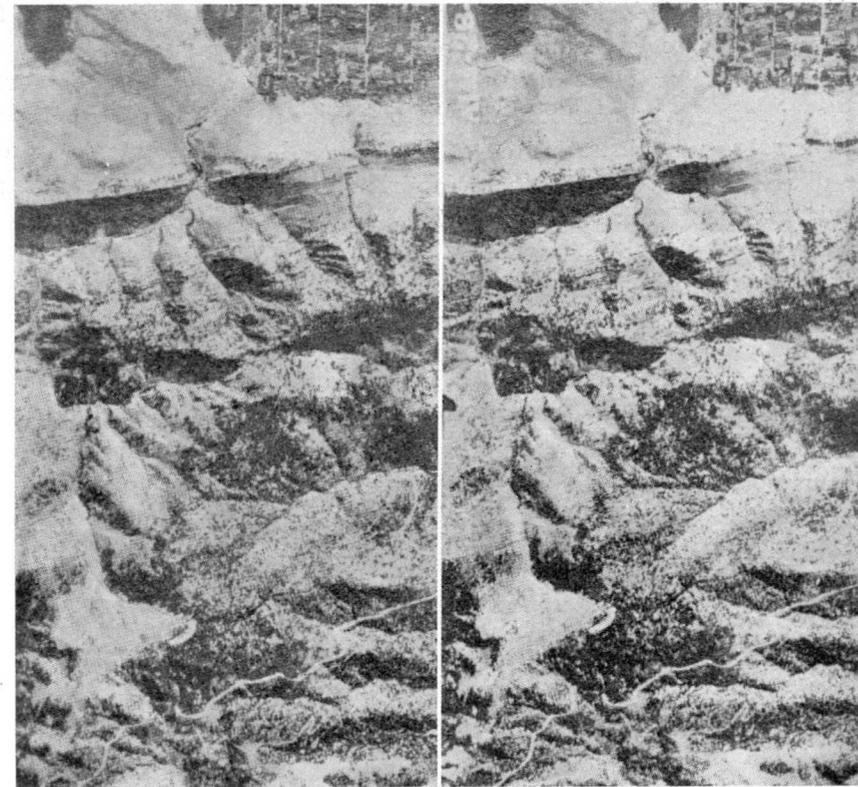


Fig. 48.—Estereograma de las Montañas Rocosas cerca de Boulder, Colorado. En la parte inferior, aflora un batolito granítico con una serie sedimentaria encima compuesta por capas débiles y resistentes. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

por ejemplo, el tercio superior de la fotografía tiene un aspecto completamente distinto al resto; no podemos decir que sea más claro ni más oscuro, pero sí que su textura es totalmente diferente.

El concepto de textura está bastante relacionado con el de densidad, en general, ya que no sólo hablaremos de textura tonal, en cuanto a la frecuencia de cambios de tono, sino también de textura de drenaje o de textura de vegetación, según sea ésta espesa o clara. Se están haciendo ensayos para expresar la textura de drenaje de una manera estadística, midiendo el número de bifurcaciones de arroyos por unidad de superficie, o sumando la longitud de todos los cauces, también por unidad superficial, y así, obtener una longitud total, para ver si a estos números se les puede atribuir un significado geológico, de modo que nos den a conocer algo de la litología de las formaciones. Esta labor, como se comprende, entraña grandes dificultades, porque hay muchos factores, además de los litológicos que influyen sobre la red de drenaje, como son: el clima, la topografía, la disposición estructural de las capas, el grado de descomposición de las formaciones, etc., pero, sin embargo, no cabe duda de que es muy interesante, y conviene recordar que únicamente merced a la ayuda de la fotografía aérea se puede llevar a cabo. Cuando una formación de pequeño espesor se apoya sobre un substratum de características litológicas diferentes, conviene dilucidar hasta qué punto es la primera o la segunda de estas unidades la que imprime su carácter sobre la red de drenaje.

#### Configuración.

Podemos decir que es la ordenación rítmica de elementos fisiográficos, o la manera de disponerse de estos elementos formando un conjunto armónico. Así, en la figura 49, vemos una formación clara resistente en el ángulo superior derecho, y debajo de los acantilados de esta formación aparecen unas pizarras oscuras, que presentan una red de drenaje de «configuración dendrítica», sólo por este hecho, y prescindiendo de otras diferencias: como el tono, la expresión topográfica, etc., esta unidad geológica debiera ser separada de las demás. En la misma figura 49, la formación clara y resistente del ángulo superior derecho tiene una configuración de juntas o fracturas característica.

Si, dentro de cualquier configuración, como por ejemplo, dentro de la configuración dendrítica de drenaje, de que acabamos de hablar, observamos que un arroyo o un grupo de arroyos no se ajustan al patrón general, tenemos lo que se llama una «anomalía», que el fotogeólogo debe detectar y tratar de explicar. Estas anomalías tienen una importancia vital para el geólogo minero, y sobre todo para el geólogo de petróleo, pues lo que va buscando éste, en general, son condiciones estructurales anómalas:

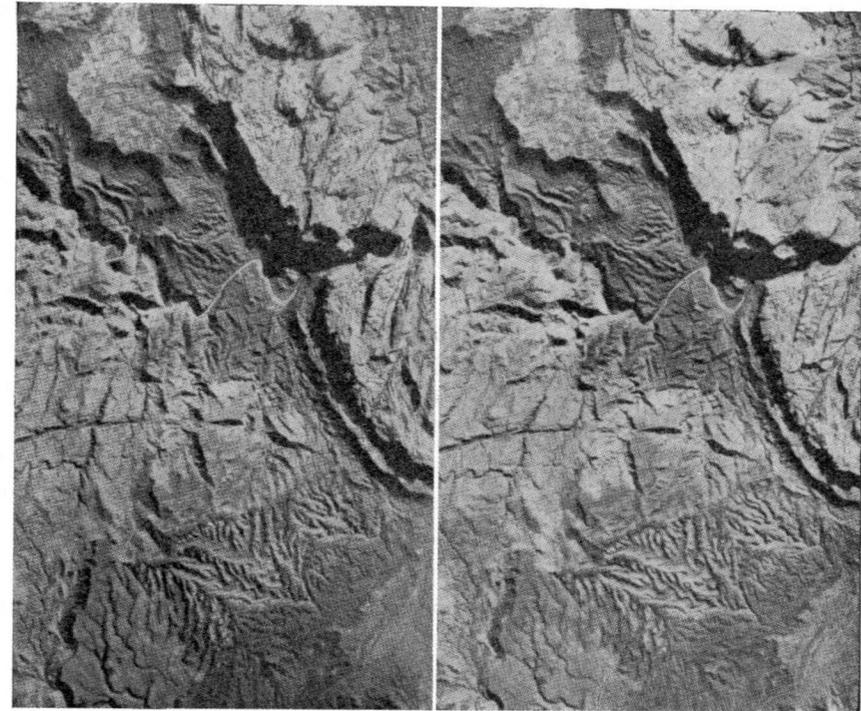


Fig. 49.—Estereograma de Emery County, Utah. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

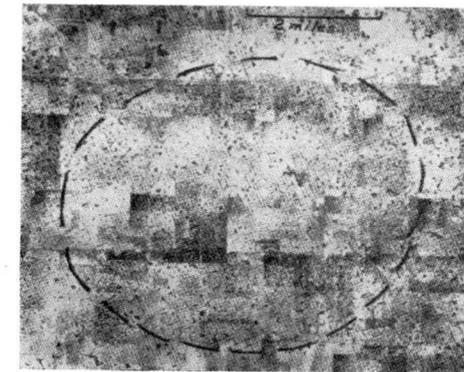


Fig. 50.—Mosaico de fotografías mostrando el campo petrolífero de Steelman SE. de Saskatchewan, Canadá. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

un anticlinal bien cerrado, un domo, una falla, etc. En cualquier caso, este concepto de anomalía es fundamental para la interpretación fotogeológica. El fotogeólogo debe tener una mente detectivesca capaz de darse cuenta de cualquier cosa rara que ocurra dentro de un cierto tono o dentro de una cierta textura o configuración o forma o tamaño. Precisamente uno de los aspectos fundamentales del entrenamiento de un fotogeólogo, debe consistir en enseñarle multitud de fotografías aéreas, en visión unidimensional, para que se acostumbre a detectar anomalías de todo tipo.

Hay numerosas configuraciones de drenaje (radial, dendrítico, anular, reticular, etc.), así como tonales, topográficas, de vegetación o de cualquier otra clase. En la figura 50 observamos una configuración tonal, que pudiéramos llamar moteada o salpicada, característica de las llanuras con depósitos glaciares de esa región. A pesar de los falsos tonos oscuros introducidos por las esquinas de las fotografías, se ve una anomalía tonal anular, que marca la posición de un campo petrolífero. Para darse cuenta de configuraciones y anomalías tonales, creemos que es útil entornar los ojos, para aislarse de cualquier otra cosa.

#### *F o r m a.*

Es la expresión topográfica de un dispositivo geológico, y consiste en la aplicación de conocimientos geomorfológicos para la interpretación de las fotografías. A veces, este criterio de reconocimiento es de inmediata y abundante aplicación: allí donde haya terrazas, depósitos de ladera, conos vol-

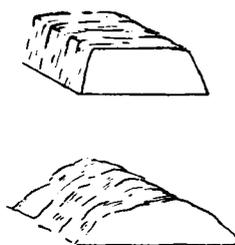


Fig. 51.

cánicos, flujos de lava, etc., y, en cambio, en otras ocasiones, es casi inútil.

En lo que se refiere a las corrientes de lava, William Hemphill, del U. S. G. S., cree poder generalizar diciendo que los flujos básicos ofrecen una superficie plana y lados abruptos, presentando, por tanto, una sección de forma trapezoidal, como la indicada en la parte de arriba de la figura 51: en cambio, las lavas ácidas tienen una sección parecida a la que se muestra

en la parte de abajo de la misma figura 51, la superficie es más irregular, y los lados redondeados, y son menos extensas. Todo ello puede deberse a que las corrientes ácidas son más viscosas y menos móviles que las básicas.

#### *T a m a ñ o.*

Es la consideración de las dimensiones reales de un dispositivo geológico. La verdadera magnitud de los objetos que contemplamos, calculada aproximadamente, a través de la escala, debe estar siempre presente en nuestro cerebro, ya que en algunos casos es un criterio decisivo para la interpretación. Recordamos ciertas manchas, en una fotografía de pequeña escala, que parecían dolinas de hundimiento en un paisaje cárstico, pero que su interpretación como tales fue descartada, puesto que resultaban tener unas dimensiones de cerca de dos kilómetros. Lo mismo nos ocurrió en otra ocasión con unas grietas poligonales que semejaban grietas de barro «mud-craks». En algunas circunstancias, puede ser conveniente calcular las dimensiones de un objeto de una manera más exacta, con un estereómetro (ver capítulo IV).

\* \* \*

Todos estos criterios básicos de reconocimiento, que hemos descrito, en la práctica, como es lógico, se aplican de un modo inconsciente, pero, sin embargo, recomendamos que, de vez en cuando, se haga un alto en el trabajo y se recapacite sobre estos extremos, repasando dichos criterios básicos para comprobar si estamos descuidando la aplicación de alguno.

Verdaderamente importante para lograr una cierta seguridad en la interpretación, es la convergencia de criterios. A veces, uno solo de estos criterios es suficiente para proporcionarnos una certeza total, como sucede en la figura 44, en la cual con el criterio de forma, nos basta para saber que estamos contemplando un cono volcánico, pero de ordinario, el caso no será éste, sino que será la suma de varias pistas, apuntando en una misma dirección, lo que da lugar a una interpretación probable. Se presenta también en alguna ocasión, la circunstancia de que dudemos por partes iguales entre dos interpretaciones con análogas probabilidades.

Terminaremos estas consideraciones sobre criterios, diciendo que, en general, las rocas de grano fino, como las pizarras, son oscuras, se meteorizan formando laderas pronunciadas, la configuración de juntas no es destacada, y la textura de drenaje es densa. A continuación vamos a hablar algo de la vegetación en la interpretación fotogeológica.

### Vegetación

Por supuesto, que cuanto mayores sean los conocimientos de botánica del fotogeólogo, mayor será su rendimiento en lo que a interpretación de vegetación se refiere, aunque, en general, no creemos que sea necesario una especialización en esta ciencia, ni mucho menos, sino que, el discernimiento normal de un buen fotogeólogo bastará en la mayoría de los casos para resolver los problemas planteados, porque lo que interesa es que se dé cuenta de las diferencias existentes en la vegetación, asociando las diferentes clases de plantas a distintos tipos de rocas, o fallas, o a lugares con posibilidad de agua subterránea, etc.; en cambio, es igual sepa clasificar o no dichas plantas, o conozca o no muchas de sus características.

Es interesante saber, si se trabaja en la prospección de minerales de cobre, que el sulfato de este metal mata, casi por completo, toda vegetación. Por el contrario, los diques de dolerita suelen ir acompañados de una vegetación exuberante. La asociación de las coníferas con suelos de carácter arenoso, es un hecho bien probado en todo el mundo.

Frecuentemente, los arroyos no se ven directamente en la fotografía, sino que su presencia queda señalada por una concentración de vegetación de tonalidad oscura. Sin embargo, en ciertos casos, como por ejemplo, en las selvas africanas de Costa de Oro, la red de drenaje queda definida porque, a través de los enormes árboles, se observa una vegetación de tono claro, a lo largo de los cauces.

Unas condiciones climáticas muy uniformes, es decir, con ausencia de estaciones diferenciadas, tienden a unificar la vegetación, a pesar de las diferencias litológicas de las formaciones. Algo análogo ocurre en climas tropicales, donde, el espesor de la capa meteorizada es muy grande.

Con esta clase de interpretación es preciso tener mucho cuidado, ya que las condiciones de vegetación pueden cambiar bruscamente por factores meteorológicos, o por el hombre. Recordamos una fotografía de una zona con abundante vegetación, en la cual había una mancha clara sin árboles, que terminaba de un modo extraño, como con flecos, por el SO. Dicha anomalía resultó corresponder a un incendio, acompañado de fuerte viento del NE. Wilds W. Olive, narra la historia de un alineamiento de tono claro, que aparecía en las fotografías de la parte norte central de Monroe County, Alabama. El citado alineamiento fue detectado en 1953, sobre fotografías hechas en 1940, y después de varios días de trabajo de campo, se descubrió, a causa de la conversación con un guarda forestal, que el alineamiento era la huella dejada por un tornado que arrasó la comarca el año 1938. En 1953, los árboles derribados habían sido retirados, ocupando

su puesto otros nuevos, de manera que los efectos del fenómeno habían quedado completamente borrados.

Aunque de efectos no tan espectaculares, como los arriba indicados, hay otros acontecimientos, como el cultivo de las tierras, la repoblación forestal, el pastoreo, etc., que modifican considerablemente las configuraciones y texturas de la vegetación.

A pesar de ello, el tamaño y disposición de los campos de cultivo, suele ser bastante útil al fotogeólogo, expresando, con frecuencia, diversas características litológicas o estructurales. La interpretación de campos de cultivo es una especie de técnica aparte dentro de la fotogeología, donde al principio apenas se atreve uno a marcar nada, pero, con cierta práctica, se llegan a alcanzar resultados bastantes buenos.

### Drenaje.

El estudio cuidadoso de las redes de drenaje tiene una gran importancia en la Geología del Petróleo. Varias autoridades estiman que, alrededor del 70 por 100 de las reservas mundiales de petróleo, están situadas en llanuras, cubiertas, en general por depósitos modernos, que ocultan casi por completo el substratum. Como la geología de campo es imposible de practicar en estas regiones, la exploración ha solido recurrir a la ayuda de los equipos sísmicos de reflexión, pero esta prospección es cara, y, si existen cerca de la superficie capas de grava, puede llegar a resultar inaplicable. En

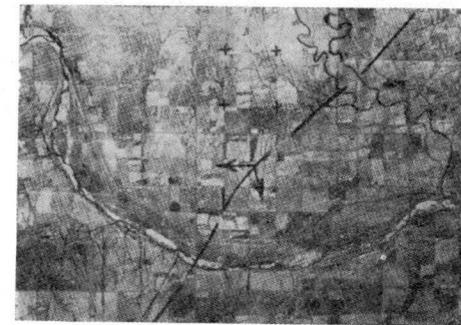


Fig. 52.—Mosaico de las llanuras del norte centro de Oklahoma. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

este caso, es probable que la solución sea el estudio de las redes de drenaje en la fotografía aérea, y, de todas formas, en cualquier circunstancia, debe realizarse este estudio, cuyo coste es insignificante y cuyos resultados pueden ser muy remuneradores.

Las estructuras almacenadoras de petróleo, más importantes, son los an-

ticlinales, los domos, y las fallas, y todos los métodos para localizar estas estructuras, en tierras llanas, se basan, según L. H. Lattman, en la siguiente hipótesis, de gran trascendencia geológica: «el efecto final que produjo una estructura, se propaga continuamente hacia arriba de la superficie terrestre, aunque el principal desarrollo de dicha estructura tuviera lugar largo tiempo atrás, en el pasado geológico». La conclusión inmediata de esta teoría de reactivación, es que las estructuras han de tener una expresión topográfica aunque sea muy débil, y así, los domos y anticlinales, cuyo esfuerzo de propagación es hacia arriba, quedarán representados

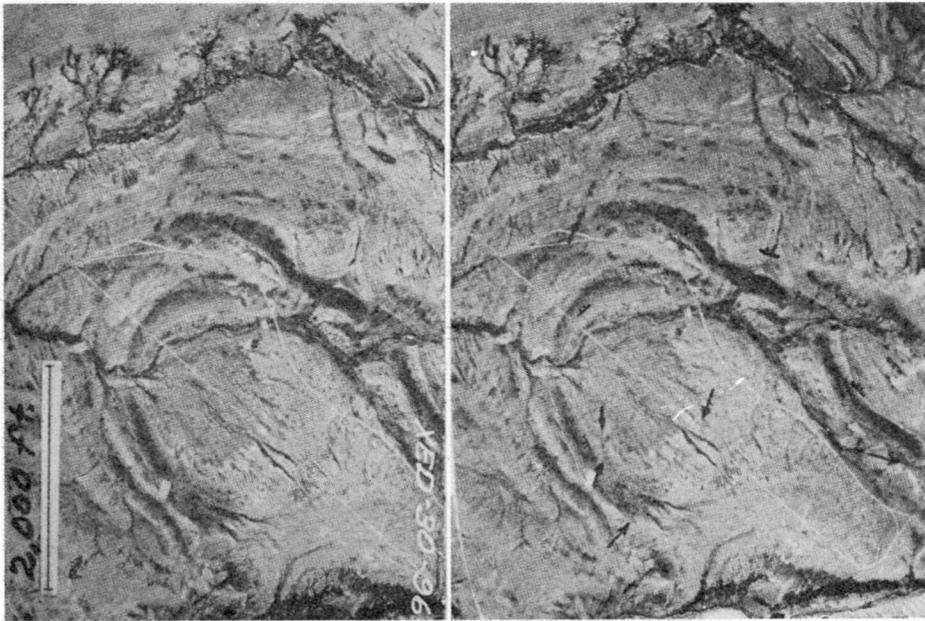


Fig. 53.—Estereograma de la cuenca de Green River, Wyoming. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

por una elevación topográfica, pero, a veces, tan suave, que puede consistir en una bóveda de cerca de dos kilómetros de diámetro y menos de medio metro de altura. Como puede comprenderse, no hay mapa topográfico, ni geólogo de campo que pueda apreciar esa bóveda, pero en cambio, ello es posible por el análisis fotogeológico del drenaje.

En las tierras llanas, a que nos estamos refiriendo, es normal que las pendientes de los cauces sean pequeñas, muchos de ellos descienden un pie por milla o menos, y, en estas condiciones, las corrientes son muy sensibles a cualquier pequeño accidente topográfico.

Como indica Lattman, y es evidente, según la importancia de la altura

topográfica, la red de drenaje se puede deformar de tres modos fundamentales: primero, que se cree un sistema de drenaje nuevo, si la altura topográfica es suficientemente importante. Si se trata de un domo, la configuración del nuevo sistema de drenaje será radial. Segundo, que uno o varios cauces sean desviados de su curso normal, como sucede en la figura 52, donde la amplia curva que describe el río, es asociada con el lomo de un anticlinal, también muy amplio, que se sumerge hacia el S.-SO. La notable diferencia de tono y textura entre la parte norte y sur de la figura se debe a los materiales infrayacentes; en el Norte, la cobertura superficial descansa



Fig. 54.

sobre sedimentos aluviales, mientras que al Sur, el manto superficial está formado a expensas de pizarras permianas. En la figura 53, son varios los arroyos desviados de su curso por la presencia de una nueva configuración anular de drenaje. Y tercero y finalmente, si la elevación topográfica es pequeña, o el drenaje está claramente superimpuesto a las estructuras, la configuración de drenaje no queda alterada, y de nada sirve buscar anomalías de configuración con visión unidimensional, sino que se trata de darse cuenta de pe-

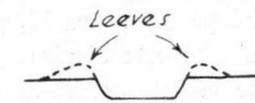


Fig. 55.

queños fenómenos en el cauce de un río, difíciles de detectar. Estos pequeños fenómenos, pueden consistir: en empantanamiento de las aguas sobre la elevación topográfica o algo aguas arriba, o en anastomosis, como indica la figura 54, es decir, entrecruzamiento de numerosos hilillos de agua. En inglés se denomina «Leeves» a las barreras de materiales clásticos formados en las márgenes de los ríos (fig. 55), y cuyo origen es debido a la deposición, producida durante las inundaciones, cuando las aguas, al salirse de su cauce y extenderse, pierden bruscamente velocidad y, por tanto, capacidad de acarreo. Pues bien, cuando un río atraviesa una pequeña elevación topográfica, se puede notar que estos «leees» son anormalmente bajos. También es frecuente que, durante las inundaciones, los «leees» se rompan por aquellos sitios donde haya fallas.

La configuración de meandros de un río es, asimismo, interesante de ser observada. A simple vista, se pueden apreciar anomalías como se ve en el mapa III, en el cual, segmentos de los ríos siguen claramente algunos de los principales sistemas de fracturas. Otras veces, será conveniente considerar la relación  $\frac{a}{b}$  (fig. 56), que caracteriza la forma de un meandro, y tener en cuenta las desviaciones del valor de esta fracción que puedan ser tenidas como anómalas. La principal utilidad de este concepto, se refiere principalmente al estudio de sistemas de fracturas, y al de los cambios en la litología de las formaciones.

Por último, Lattman nos habla de los «halos tonales» en estructuras petrolíferas. El origen de estos «halos» no está aún demostrado, aunque



Fig. 56.

algunos los atribuyen a escape de hidrocarburos. A este respecto conviene recordar la gran penetrabilidad de algunos gases, como, por ejemplo, el hidrógeno.

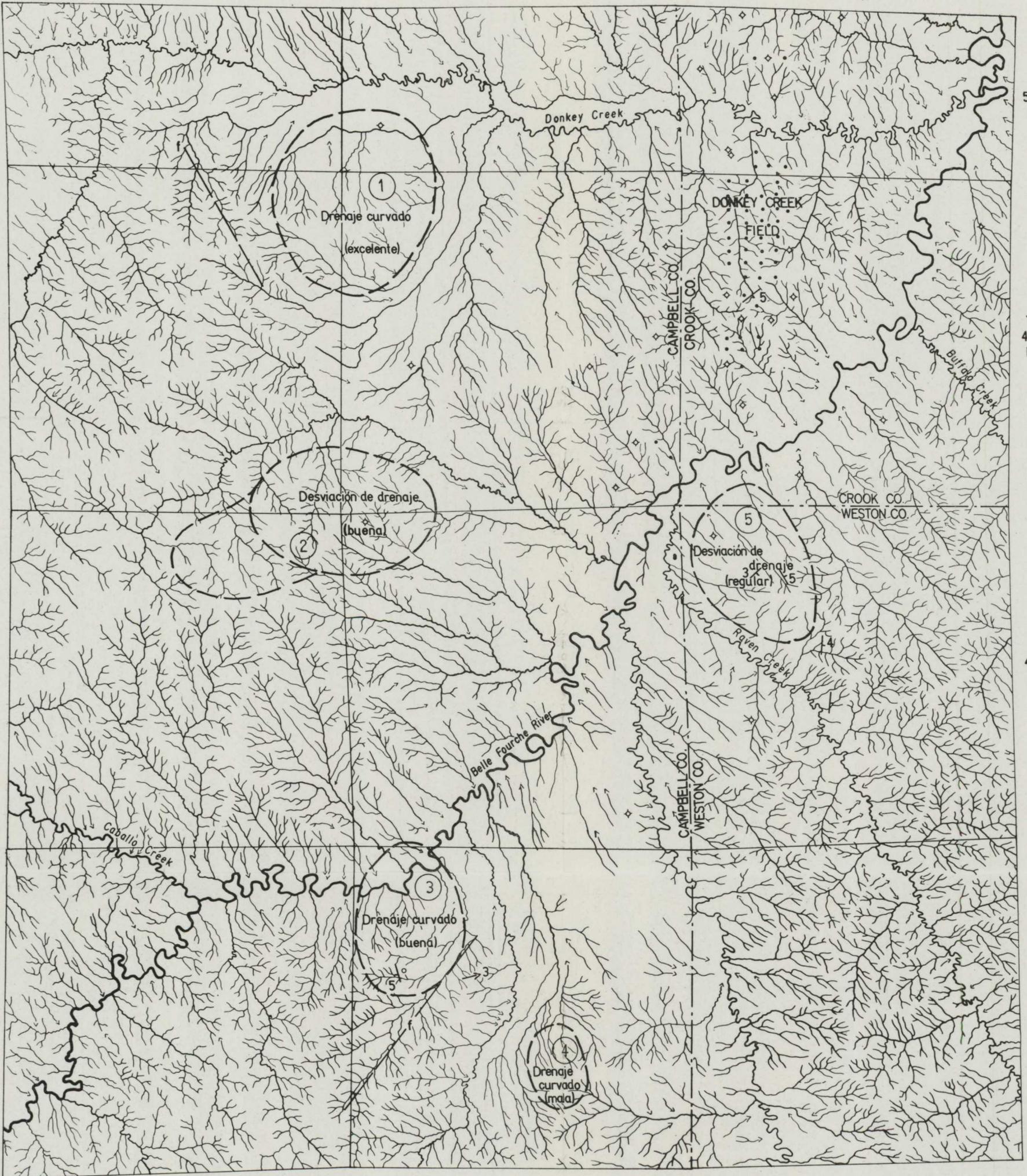
Autorizados por la asociación Geológica de Wyoming, presentamos dos mapas de análisis de drenaje: Mapa I y Mapa II, para que el lector se haga una idea de la manera de funcionar esta técnica, y de hasta dónde llega la interpretación. El Mapa I tiene la interpretación en sí mismo. La explicación de las anomalías del Mapa II, es la siguiente:

- 1) *a.* Drenaje radial moderadamente definido.  
*b.* Desviación hacia el Oeste, en A, de un arroyo de rumbo S.
- 2) *a.* Configuración radial de drenaje, moderadamente definido.  
*b.* Desviación hacia el Norte, en A, de un segmento NO. del barranco de Dead Horse.  
*c.* Desviación hacia el NE., en B, de un arroyo de rumbo N.  
*d.* Desviación hacia el NO., en C, de un arroyo de rumbo N.  
*e.* Arqueamiento de un arroyo al Oeste, rodeando el flanco Oeste de la anomalía.
- 3) *a.* Configuración radial de drenaje.  
*b.* Ligera desviación hacia el NE., en A, de un arroyo rumbo N.  
*c.* Brusca desviación hacia el Este, en B, de un arroyo rumbo N.

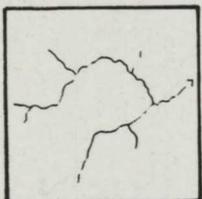
R 70 W

R 69 W

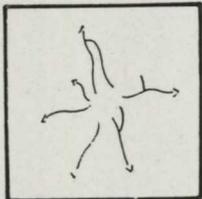
R 68 W



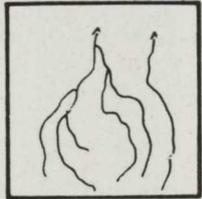
ANOMALIAS DE LA CONFIGURACIÓN DE DRENAJE



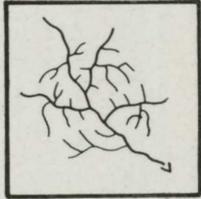
DESVIACIÓN DEL DRENAJE



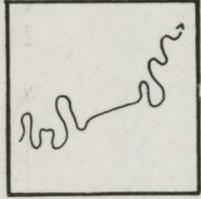
DRENAJE RADIAL



DRENAJE CURVADO



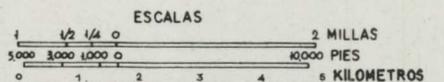
DRENAJE CONCENTRICO



CAMBIO DE LA CONFIGURACIÓN DE MEANDROS

ANÁLISIS DE DRENAJE  
DONKEY CREEK  
POWDER RIVER, WYOMING

POR D. H. ELLIOT



AUTORIZADO POR WYOMING GEOLOGICAL ASSOCIATION

- 4)
  - a. Drenaje anular a lo largo del flanco N. y NE. de la anomalía.
  - b. Configuración radial de drenaje.
  - c. Desviación hacia el Oeste, en A, de un arroyo de rumbo S., sobre el flanco N. de la anomalía interior.
  - d. Desviación hacia el Oeste, en B, de un arroyo rumbo S.-SO
  
- 5)
  - a. Drenaje anular a lo largo de los flancos E., S. y SE. de la anomalía.
  - b. Drenaje anular a lo largo de los flancos NO., N. y NO. de la anomalía.
  - c. Desviación hacia el O., en A, de un arroyo rumbo NO.
  - d. Brusca desviación hacia el S., en B, de un arroyo de rumbo SO.
  - e. Desviación hacia el O., de un arroyo de rumbo S.
  
- 6)
  - a. Configuración radial de drenaje bien definida. Esta anomalía está centrada en una destacada divisoria de aguas. La configuración radial puede estar exclusivamente controlada por la topografía y no por la estructura.
  
- 7)
  - a. Drenaje anular a lo largo de los flancos S., SE. y E. de esta anomalía.
  - b. Drenaje anular a lo largo del flanco Oeste de la anomalía.
  - c. Configuración radial de drenaje.
  - d. Desviación hacia el NE., en A, del barranco de Kingsbury, con un arco hacia el E., alrededor del flanco Este de la anomalía.
  - e. Desviación hacia el N., en B, de un arroyo de rumbo NE., con arqueamiento hacia el NO. del arroyo anular alrededor del flanco oeste de la anomalía. El arroyo vuelve a tomar su rumbo NE. en el flanco N. de la anomalía.
  
- 8)
  - a. Débil configuración radial de drenaje.
  - b. Desviación hacia el O., en A, y arqueamiento hacia el O., de un arroyo de rumbo N.-NO. en el flanco Oeste de la anomalía.
  - c. Ligera desviación en B de un arroyo de rumbo N.
  
- 9)
  - a. Drenaje anular a lo largo de los flancos E. y S. de la anomalía, definida por un segmento de arroyo que se considera controlado estructuralmente.
  - b. Brusca desviación hacia el S., en A, de un arroyo de rumbo Oeste
  - c. Brusca desviación hacia el E., en C, de un arroyo de rumbo S.
  - e. Desviación hacia el E., en D, de un arroyo de rumbo S.
  - f. Desviación hacia el SE., en E, de un arroyo de rumbo S.
  - g. Brusca desviación hacia el NO., en F, de un arroyo de rumbo SO., sobre el flanco NE. de la anomalía.

La desviación NO. del arroyo, se presenta en el lado Norte de una divisoria de aguas E.-O. Esta divisoria puede controlar la desviación del arroyo que se considera como anomalía.

- 10) *a.* Desviación hacia el SO., en A, de un arroyo de rumbo O.-NO.
- b.* Desviación hacia el O., en B, de un arroyo de rumbo NO.
- c.* Desviación hacia el O. en C., de un arroyo de rumbo NO.
- d.* Arqueamiento al SO. de un arroyo de rumbo NO., sobre el flanco SO. de la anomalía.
- e.* Desviación al O., en D., de un arroyo de rumbo S.

- 11) *a.* Brusca desviación hacia el S., en A, de un arroyo de rumbo NO.
- b.* Pequeña desviación hacia el N., en B, de un arroyo de rumbo NO.
- c.* Pequeña desviación, en C, de un arroyo de rumbo N.
- d.* Brusca desviación hacia el O., en D, de un arroyo de rumbo S.
- e.* Desviación hacia el O., en D, de un arroyo de rumbo S.
- f.* El afluente arqueado del barranco de Dead Horse, en el flanco Oeste de la anomalía, parece estar estructuralmente controlado.

- 12) *a.* Configuración radial de drenaje bien definida.

Esta anomalía está localizada en una divisoria de aguas. La configuración radial está probablemente controlada por la topografía, en vez de estarlo por condiciones estructurales anómalas.

En los campos de Dead Horse Creek y de Barber Creek, hay producción comercial de petróleo.

Una morfología, de la cual merece la pena decir algo desde el punto de vista de drenaje, es el paisaje cárstico. La repentina aparición y desaparición de los cauces es síntoma revelador de tal fenómeno, así como la existencia de fosas o dolinas, cuyo tamaño real debe ser tenido muy en cuenta para su interpretación. La figura 57 muestra una zona cárstica, donde la topografía de disolución está fuertemente controlada por innumerables fracturas (flechas).

Recordamos el caso de una red de drenaje, idealizada en la figura 58, es decir, una serie de cauces más o menos paralelos, corriendo en dirección Sur, y afluentes de éstos; una red de arroyos de un orden inferior, de los cuales, los afluentes de la derecha eran bastante más largos e importantes que los de la izquierda. La topografía era bastante uniforme, por estar formada por grandes cuestas, cuya línea de máxima pendiente coincidía con los arroyos largos de la derecha. Suponiendo que los cauces principales corrieran paralelos al rumbo de las capas, lo cual parecía bastante claro, al principio se dio la interpretación representada en la sección de la figura 59, o sea, atribuyendo las cuestas más largas y de menor gradiente a «dip slopes» (laderas estructurales, cuya pendiente coincide con el buzamiento de las ca-

R 76 W  
106°00'

R 75 W

R 74 W  
105°45'

T 50 N

T 50 N

44°15'

44°15'

T 49 N

T 49 N

T 48 N

T 48 N

44°05'

44°05'

106°00'  
R 76 W

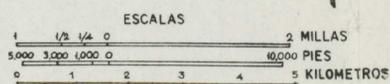
R 75 W

105°45'  
R 74 W

DEAD HORSE CREEK  
ANOMALIAS GEOMORFOLOGICAS  
POWDER RIVER BASIN AREA  
WYOMING

PREPARADO POR  
V. ZAY SMITH ASSOCIATES  
DENVER, COLORADO  
MAYO, 1958

AUTORIZADO POR WYOMING GEOLOGICAL ASSOCIATION



SIMBOLOS GEOMORFOLOGICOS

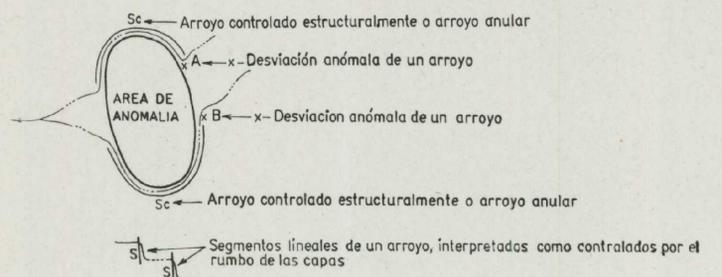




Fig. 71.—Estereograma de Brevard County, Florida-Cabo Cañaveral en 1950. Obsérvense las líneas de las antiguas costas. (Autor, por Doeringsfeld, Amútdo and Ivey, Denver, Colorado.)

comenzó a construir un aeropuerto en Africa sobre un cono de deyección de barro, y el de un lujoso hotel edificado en una costa que está a punto de ser destruída por la erosión, etc., casos en los que un fotogeólogo, con un par de fotografías y menos de media hora de trabajo, podía haber evitado la pérdida de mucho dinero. En la figura 71, por el contrario, observamos una costa que gana terreno al mar.

No queremos dejar de subrayar, una vez más, las condiciones de audacia y prudencia a la vez, que debe reunir el fotogeólogo. Es frecuente que, cuando el geólogo empieza a ver fotografías aéreas, se muestre muy conservador en sus interpretaciones, desconfiando un poco de lo que sus ojos ven y temiendo ser abrumado por la cantidad de detalle; luego va tomando confianza y llega a una etapa de excesiva euforia, hasta que la experiencia y el cometer un cierto número de equivocaciones, le devuelven a un estado de conveniente moderación, en el cual con la práctica irá mejorando la interpretación poco a poco.

Finalmente, presentamos un estudio fotogeológico de la Hoja de Logroño (Mapa III), escala 1:50.000 del Mapa Nacional. Fue realizado sin ningún conocimiento ni de campo ni bibliográfico sobre la zona, y en él pretendemos dar una idea al lector de lo que puede ser una investigación fotogeológica previa a un estudio geológico general de cierta área. Por supuesto, si los objetivos perseguidos hubieran sido otros, habríamos profundizado más en determinados aspectos; por ejemplo, si se tratara de construir alguna presa, habríamos buscado algunos emplazamientos probables, y habríamos dedicado mayor atención a los depósitos superficiales; si quisiéramos hacer un estudio de sistemas de juntas, habríamos marcado éstas con mayor profusión y cuidado, etc.

Nos atrevemos a publicar el Mapa III, aún sabiendo que contiene numerosos errores, para dar a entender cuál es la verdadera misión de la Fotogeología, que no consiste, ni por asomo, en la exactitud ni en la certeza, sino en colaborar a la interpretación. Lo único que merece la pena discutir con respecto a dicho mapa es si es útil o no. Nosotros creemos que sí.

Y con esto terminamos esta serie de artículos sobre Fotogeología, esperando sean de algún provecho para el que se interese por estas cuestiones.

pas), y aquellas otras de la vertiente opuesta a «back slopes»; de este modo, los estratos buzarian suavemente hacia el Este. Sin embargo, la realidad resultó ser la indicada en el corte de la figura 60, es decir, capas muy le

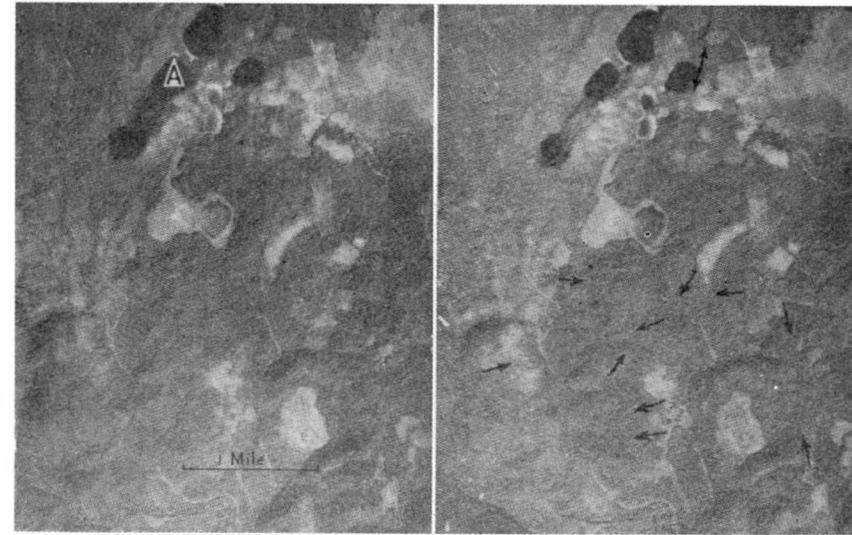


Fig. 57.—Estereograma de Honduras Británica (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

vantadas buzando al Oeste. Ello demuestra hasta qué punto el estudio fotogeológico no puede darse nunca como definitivo, sin la comprobación de campo, por muy probable que parezca la interpretación.

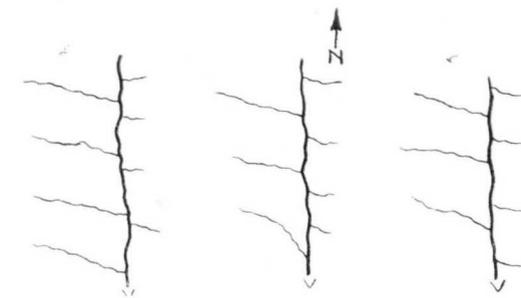


Fig. 58.

Desde el punto de vista de su expresión topográfica, las formaciones pueden dividirse en homogéneas y heterogéneas, y también pueden ser clasificadas en permeables e impermeables. Las formaciones homogéneas muestran, casi invariablemente, una configuración dentrítica de drenaje, sin evi-

dencia de control estructural. Las rocas impermeables ofrecen una textura de drenaje mucho más fina que las permeables, pues gran parte del agua que cae corre por la superficie formando multitud de pequeños arroyos y barrancos, y así, en consecuencia, la textura topográfica es también fina.

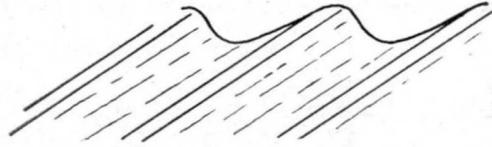


Fig. 59.

Para la búsqueda de aguas subterráneas es también muy útil la fotografía aérea, ya que además de facilitarnos el estudio geológico general, que para esta prospección, como para cualquier otra, es imprescindible, nos ayudará grandemente en otros aspectos específicos, como son: la delimitación de las cuencas de recepción, el estudio de la permeabilidad, por la textura de la red de drenaje, etc. En los grandes valles rellenos de depósitos cuaternarios, la ausencia de drenaje que indica permeabilidad, manchas de tonali-

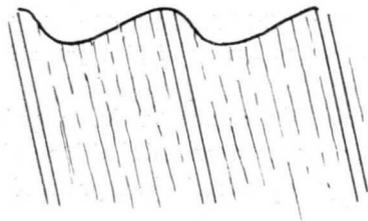


Fig. 60.

dad oscura significando humedad, y la presencia de cierto tipo de vegetación como los juncos, serán condiciones muy favorables para existencia de aguas subterráneas.

#### *Fracturas.*

Al igual de lo que ocurre con el drenaje, el campo de aplicación de la fotogeología al estudio de las fracturas, es fantástico. Salvo algunos pequeños detalles, como el espejo de falla, o la dirección de las estrías, o la milonitización producida, etc., en general, el carácter de una fractura importante se aprecia mucho mejor en la fotografía que en el campo, y en cuanto al estudio estadístico de juntas, diaclasas o pequeñas roturas, observan-

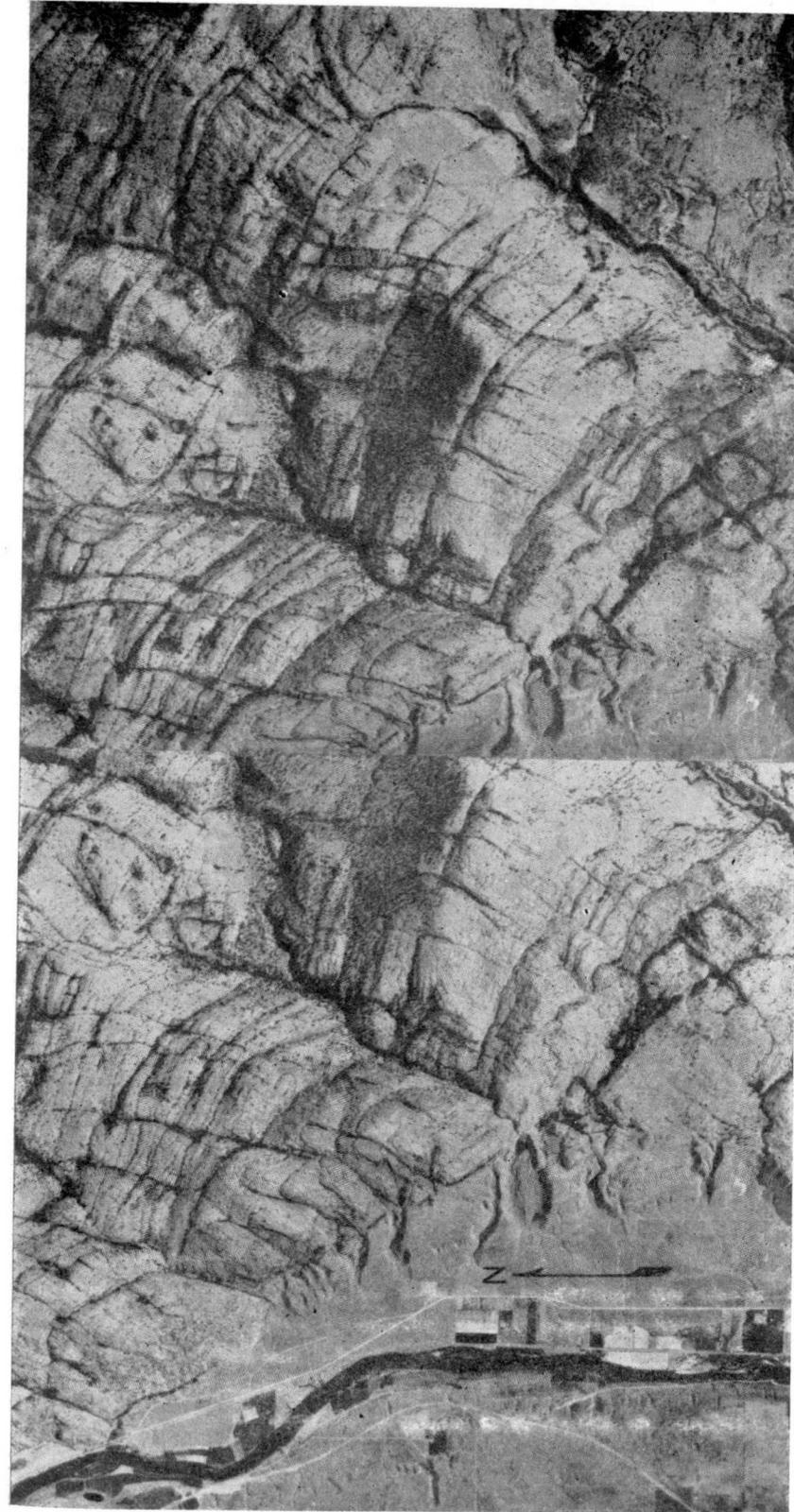


Fig. 61.—Estereograma de Okanogan County, Washington-Provincia fisiográfica del Norte de las Montañas Rocosas—Parte del batolito de Colville formado de intrusiones de granodiorita mesozoica. Obsérvase el rumbo dominante de las fracturas N. NE. Las líneas de rumbo NO. parecen restos de estratificación dentro de la masa granitizada.

(Autor. por Doeringsfeld, Amuedo and Ivey-Denver, Colorado).

do sus direcciones más favorecidas, sólo es posible, si contamos con el auxilio de la fotografía aérea, porque en el campo sería una labor interminable. Obsérvese, por ejemplo, en la figura 61, lo que supondría llevar a un mapa las fracturas mediante reconocimiento sobre el terreno.

La técnica del descubrimiento y señalamiento de fracturas sobre las fotografías, es un vasto campo en el que se han originado numerosas controversias por diferencias de criterio, y aún de temperamentos dentro del mismo criterio.



Fig. 62.—Fotografía de la luna. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

En el U. S. G. S, se tiene por norma, que a nosotros nos parece acertadísima, no señalar ninguna falla como tal, mientras no se vea el desplazamiento de los estratos. En cualquier otro caso, marcaremos el alineamiento sospechoso, sin llamarle falla. Ahora bien, esto de señalar el alineamiento es muy importante, pues luego quizás se compruebe, bien por reconocimiento sobre el terreno, bien por medio de sondeos o de cualquier otra forma, que dicho alineamiento tenía un significado geológico importante, y, en ese caso podemos extender el citado significado geológico a otros alineamientos de la misma familia, es decir, de la misma zona, paralelos, y con el mismo aspecto.

A veces se han detectado alineamientos tonales sobre las fotografías, invisibles en el campo, sobre sedimentos muy recientes, que luego han resul-

tado ser fallas en profundidad, comprobadas mediante sondeos o por procedimientos geofísicos. Ello no debe extrañarnos demasiado, ya que es lógico que, a lo largo de estas roturas antiguas, zonas de debilidad de la corteza terrestre, se transmitan, de una manera especial, los esfuerzos tectónicos que continua o esporádicamente sabemos tienen lugar en épocas recientes y actuales. A consecuencia de estos fenómenos, es muy verosímil que se altere la porosidad y grado de humedad de los depósitos situados justamente encima de la falla con respecto a los circundantes, produciéndose así el alineamiento tonal.

Hay muchos dispositivos lineales que pueden ser falsamente interpretados como fallas: estratificación, juntas, alineamientos de vegetación, márgenes de corrientes de lava, canales rellenos, discordancias angulares, márgenes de terrazas, etc. Como puede verse en el Mapa III, hemos señalado numerosos alineamientos sin darles explicación alguna. En la figura 62, que representa una fotografía de la Luna, se ven numerosos alineamientos tonales que probablemente marcarán la posición de fracturas regionales o de diques. Muchos alineamientos parten de los cráteres.

Para apreciar alineamientos tonales en las fotografías aéreas, conviene dedicar un rato a la observación con visión unidimensional. Se procurará mirar tangencialmente, esto es, con los ojos separados de las fotografías, pero a poca altura sobre ella, y se irá girando poco a poco la fotografía para que no haya ninguna dirección privilegiada de observación. También creemos que es conveniente entornar algo los ojos con el fin de eliminar otros detalles. Para reconocer otros alineamientos cuya principal característica es la expresión topográfica, utilizaremos la visión estereoscópica. Es preciso no emplear demasiado tiempo en esta tarea, ya que si no, se se acaban viendo alineaciones por todas partes y en todas direcciones.

Las rocas sedimentarias suelen presentar sistemas de juntas más regulares y espaciadas que las rocas ígneas. Así por ejemplo, los sistemas irregulares y apretados de juntas de las masas graníticas son bastante típicos. En las rocas sedimentarias, de grano fino, los sistemas de juntas están, en general, menos desarrollados que en las de grano grueso. Las juntas en la dirección del buzamiento de las capas son, normalmente, más anchas que las otras, debido a la acción erosiva del agua.

Las fallas de empuje, sobre todo si son de bajo ángulo, y más aún, si el plano de falla es paralelo al de las capas, son las más difíciles de detectar; en cambio, las fallas de desgarre («wrench» o «tear» faults) con su característica traza rectilínea, y su visible desplazamiento de estratos en planta, son en general las más fáciles (fig. 63).

Un geólogo norteamericano, llamado Blanchard, se dedica a hacer estudios de juntas con fines comerciales. Establece la norma de las juntas en una determinada región, y, dividiendo la superficie en cuadrados iguales, seña-

la en cada uno de ellos el número de juntas que no siguen la citada norma. A continuación construye un mapa con líneas de igual intensidad de juntas desviadas. Así, por ejemplo, en la figura 64, la línea de en medio se obtiene uniendo los cuadrados en los cuales un 70 por 100 de las juntas no se ajusta al modelo regional. De este modo, en la curva de arriba, de 80 por 100, se encuentra, según Blanchard, un área de altas compresiones, y comparando este mapa con otro de análisis de drenaje, consigue ciertos

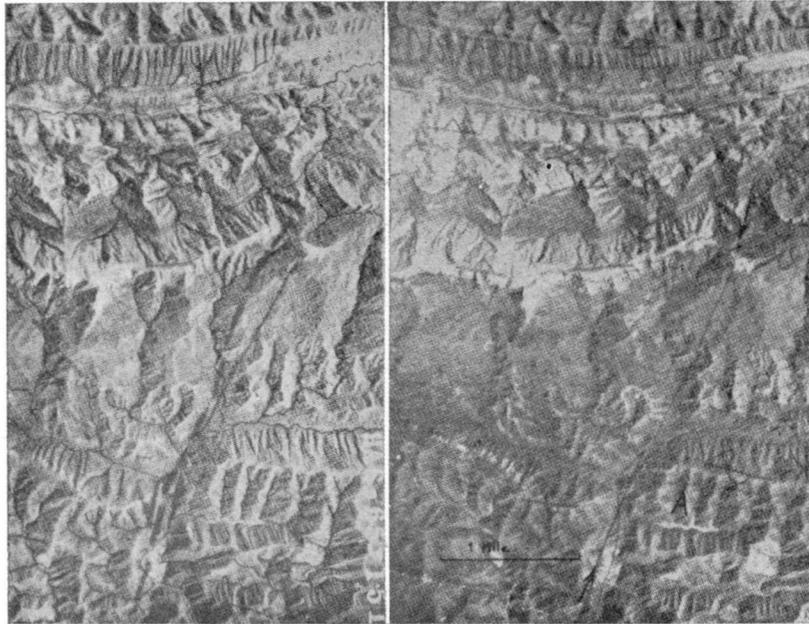


Fig. 63.—Estereograma de una sección monoclin del frente subandino, Bolivia. Nótese la línea de falla (flechas), a lo largo de la cual hay desplazamiento en «A». (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

resultados. La discusión de este método, dadas las numerosas hipótesis y simplificaciones que presupone, sería muy prolija.

Hasta ahora, la Geología Estructural nos ha dado poca luz respecto al significado de los sistemas de juntas o diaclasas. Creemos que, con la valiosa ayuda de la fotografía aérea, es ya tiempo de acometer este problema de una manera intensiva, empezando por aquellas zonas del globo de mínimo trastorno tectónico, para que la situación sea lo más simple posible, y poder relacionar fácilmente esfuerzo y deformación.

En una publicación titulada «Bases teóricas del análisis de fracturas», P. H. Blanchet, de Blanchet and Associates Limited Calgary, Alberta, Canadá, expone una audaz pero interesante teoría, cuyos puntos fundamentales vamos a transcribir:

«La fotografía aérea es el único procedimiento posible, económico y rápido de estudiar todas las fracturas de un área extensa, y con esta ayuda, y a partir de las observaciones hechas en la región de Great Plains, en el oeste del Canadá, y basándose en ciertos análisis estadísticos de fracturas en cada zona examinada, el autor da los siguientes postulados generales:

- 1) En todas las áreas examinadas se encuentran cuatro direcciones principales de fracturas o grupos de fracturas.
- 2) La orientación de la dirección estadística principal de cada grupo de fracturas es regionalmente sistemático y no caprichoso.



Fig. 64.

- 3) Los cambios rotacionales graduales de azimut de la dirección estadística principal de cada grupo de fracturas, de una parte de una región a otra, se ajustan a una amplia y regular configuración regional, que no parece tener relación con los trastornos tectónicos larámicos en la región de las Montañas Rocosas. Estos cambios graduales de azimut parecen más bien relacionados con la latitud y con la estructura general de la Tierra, que con ningún efecto local.

Partiendo de numerosos exámenes de otras áreas, en Norte y Suramérica, y de un estudio general de literatura y mapas publicados de muchas regiones de la Tierra, creemos que los grupos de fracturas abundantes y sistemáticamente orientados, no son privativos del occidente del Canadá, sino que se presentan en casi todas partes de la corteza terrestre.

La amplia existencia de fracturas, junto con su orientación sistemática, sugiere fuertemente que su causa sea uno o varios esfuerzos suprarregionales o corticales, más bien que fuerzas tectónicas locales. Entre los muchos sistemas de fuerzas que afectan a la Tierra, tres son considerados como más importantes con relación a nuestros fines:

#### 1.º Sistema de fuerzas no rotacional Norte-Sur.

Se considera muy probable que la relación del diámetro polar al diámetro ecuatorial ( $D_p/D_e$ ) de la Tierra, sufra pequeñas variaciones como resultado de las variaciones mensual y anual de la longitud del radio vector (distancia Tierra-Sol). En los datos existentes en Ephemeris y Nautical Almanac, se puede ver que, hacia el 1.º de abril, la Tierra alcanza su mayor velocidad de recesión, separándose del Sol según el radio vector a 114 millas

por hora. Aproximadamente seis meses después, alrededor del 8 de octubre, su velocidad de acercamiento es máxima, también de 114 millas por hora. El 2 de enero y el 5 de julio, la velocidad de la Tierra a lo largo del radio vector es cero. Además de estos cambios radicales del vector velocidad, hay trece submáximos y trece submínimos del vector aceleración.

Esta discusión de las variaciones de forma de la Tierra, y de sus desviaciones de una suave trayectoria circular alrededor del Sol, es considerada importante con relación al problema de las causas de los sistemas de fracturas sistemáticamente orientadas, porque no sólo indica la existencia de un sistema de fuerzas Norte-Sur, sino que también señala que este sistema ha sido activo durante todos los tiempos geológicos.

#### .2º Sistema de fuerzas rotacional Este-Oeste.

Además del sistema anterior, la corteza terrestre está sujeta a otros y aún mayores esfuerzos. Esto es, un sistema de fuerzas rotacionales o de pares de fuerzas causado por una cierta tendencia de ciertos segmentos anulares de la corteza terrestre a desplazarse hacia el Este, en mayor proporción que los segmentos adyacentes. La porción de la corteza terrestre, que se extiende aproximadamente desde la latitud 50º Sur a la de 50º Norte, a la que denominamos anillo ecuatorial, parece actuar como una entidad independiente, tanto del núcleo de la Tierra como del resto de la corteza. Tiene la

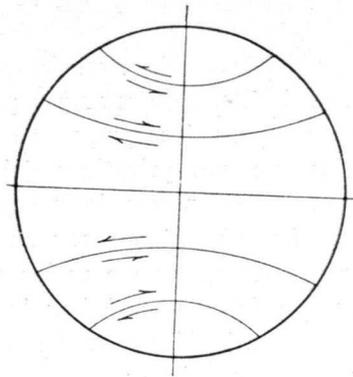


Fig. 65.

tendencia de girar hacia el E. con respecto al resto, sobre todo en las proximidades de sus límites Sur y Norte. Suponiendo que la velocidad de rotación de la Tierra disminuyese paulatinamente, debido al fenómeno que los investigadores describen con el nombre de «Fricción de marea», se puede demostrar que, siendo su momento considerablemente mayor, el conjunto del anillo ecuatorial tiende a desplazarse hacia el Este, como consecuencia

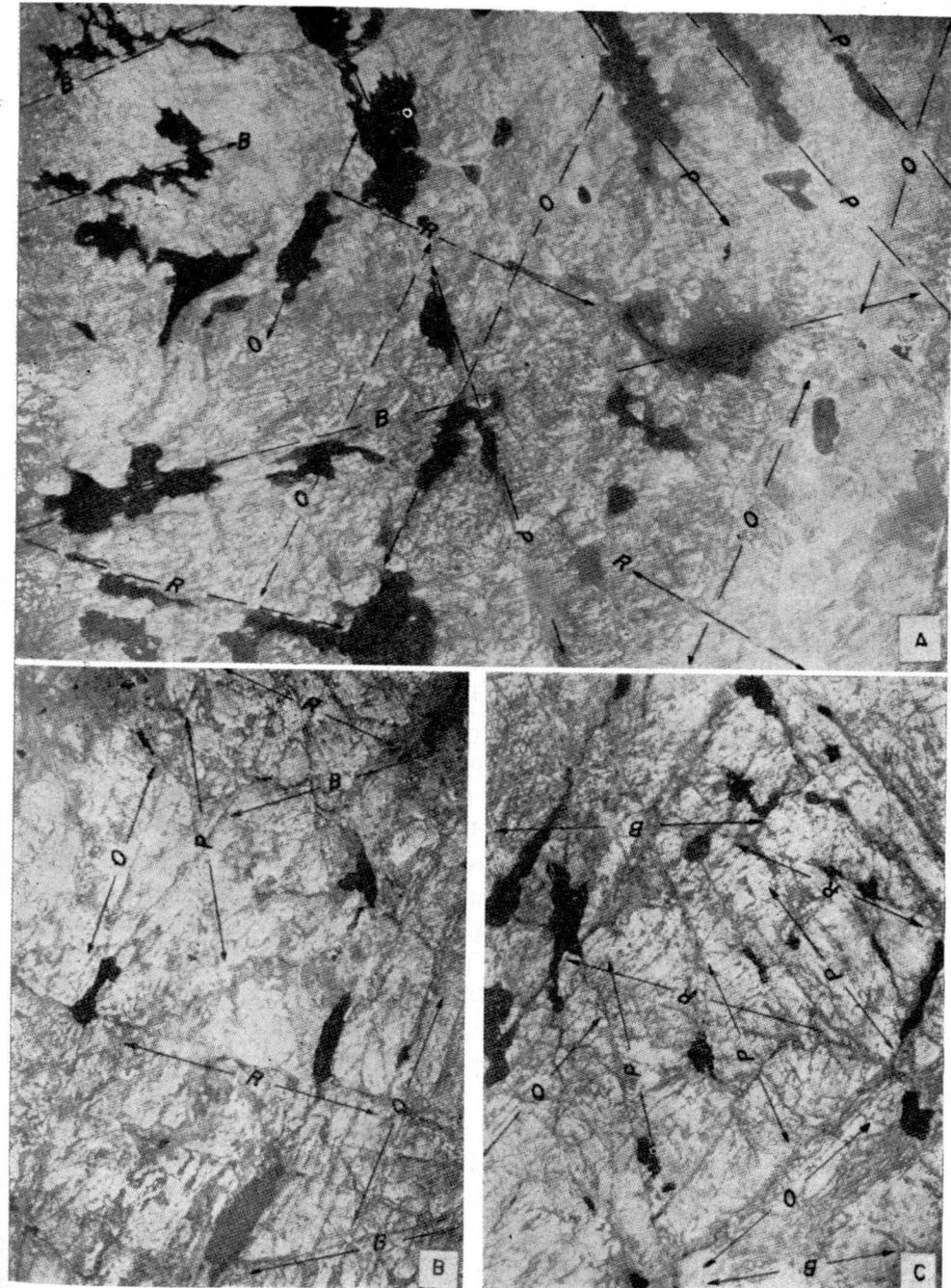


Fig. 66.—Fracturas en rocas ígneas del escudo canadiense. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

de esa disminución de la velocidad de rotación. Por otra parte, este mismo fenómeno de «fricción de marea», causa del decrecimiento de la velocidad de rotación, actúa principalmente sobre la porción ecuatorial, tendiendo a anular su emigración hacia el Este. Se demuestra también, que es razonable suponer que la fricción de marea tiene su máximo efecto en la zona cortical comprendida entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, esto es, entre 30° Norte y 30° Sur, y es por ello por lo que esta parte de la corteza exhibe una tendencia a emigrar hacia el Oeste.

Este sistema rotacional de esfuerzos Este-Oeste queda representado en la figura 65.

De lo dicho, se puede erróneamente deducir la existencia de ciertas líneas E.-O. de debilidad en la corteza terrestre, y lo cierto es que debe hablarse de amplias zonas más que de líneas.

Considerando el efecto combinado de los sistemas E.-O y N.-S., la magnitud del sistema de fuerzas N.-S. es casi constante para todas las áreas; en cambio, la del sistema E.-O. depende íntimamente de la latitud. La resultante se aproxima a la componente N.-S. para altas latitudes.

La conducta teórica de los sistemas de fracturas con arreglo a estos conceptos, se ajusta a los resultados obtenidos en muchas determinaciones ampliamente diseminadas.

### 3.º Mareas de la corteza terrestre.

Queda todavía por considerar un tercer, pero no menos importante, sistema de fuerzas, al cual la corteza terrestre está continuamente sujeta. Este sistema de fuerzas resulta, no sólo de las mareas líquidas de la hidrosfera, sino también de las mareas sólidas de la parte seca de la corteza terrestre. Estas fuerzas de mareas son de considerable importancia para el análisis de fracturas, no por causa de la magnitud de la deformación temporal producida por una de estas mareas, sino porque el esfuerzo, aunque pequeño, se aplica repetidamente. Actúa de una forma casi periódica, dos veces diarias en cualquier punto, o sea, unos 730.000.000 de veces en un millón de años. Son pequeños movimientos ondulatorios que tienden a entrar en fase, con lo cual se suman sus intensidades, pudiendo llegar a producir tremendas deformaciones.»

La continua flexión de la corteza producida por las fuerzas de las mareas, suministra una explicación razonable al hecho de que las fracturas del substratum sean observables en fotografías a través de un recubrimiento de depósitos modernos.»

En la figura 66 damos un ejemplo de análisis de fracturas realizado por P. H. Blanchet.

### Otras circunstancias geológicas.

Generalmente, la mayor información fotogeológica se obtiene de regiones de clima árido, donde los afloramientos son mejores y las relaciones geobotánicas más claras. Por el contrario, en zonas tropicales, en las cuales la vegetación es espesa, y donde el espesor de la capa meteorizada alcanza a veces los 200 pies, no sólo el substratum queda completamente cubierto, sino también la vegetación se uniformiza.

En términos muy generales, obtenemos la mayor cantidad de información a partir de las rocas sedimentarias, y dentro de éstas, cuando el ciclo de erosión se encuentra en el período de última juventud o primera madurez,

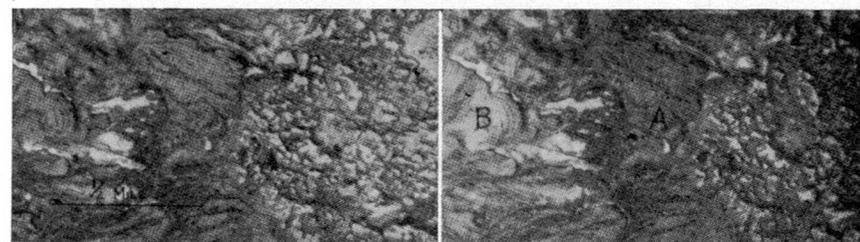


Fig. 67.—Estereograma de un terreno volcánico del sur de Alaska. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

ya que es entonces cuando la erosión ha tenido tiempo de actuar de una manera diferenciada, y sin embargo, todavía no se ha producido una gran destrucción de las formas y un enterramiento en derrubios, como sucederá más tarde.

A continuación tenemos las rocas extrusivas, que suministran menos datos que las sedimentarias, porque al ser más homogéneas, su expresión topográfica es peor. En esta clase de rocas, cuanto más jóvenes sean mejor, porque la erosión destruye los caracteres de reconocimiento. En la figura 67 se pueden apreciar dos flujos de lava A y B claramente diferenciables, entre los cuales se puede hacer una comparación de edad, puesto que siendo la superficie de A, más oscura, es decir, menos pulida, y conservando aún la típica superficie estriada («pahoehoe surface» en inglés), es muy probable que haya estado menos tiempo expuesta a la erosión, y por tanto sea más joven que el flujo B.

La forma lobular de las corrientes de lava es bastante típica, adaptándose a la topografía existente en la época de la erupción. En corrientes básicas hemos visto diferentes lenguas de lava superpuestas, de las cuales la superior era un poco más corta que la inferior, adquiriendo el conjunto

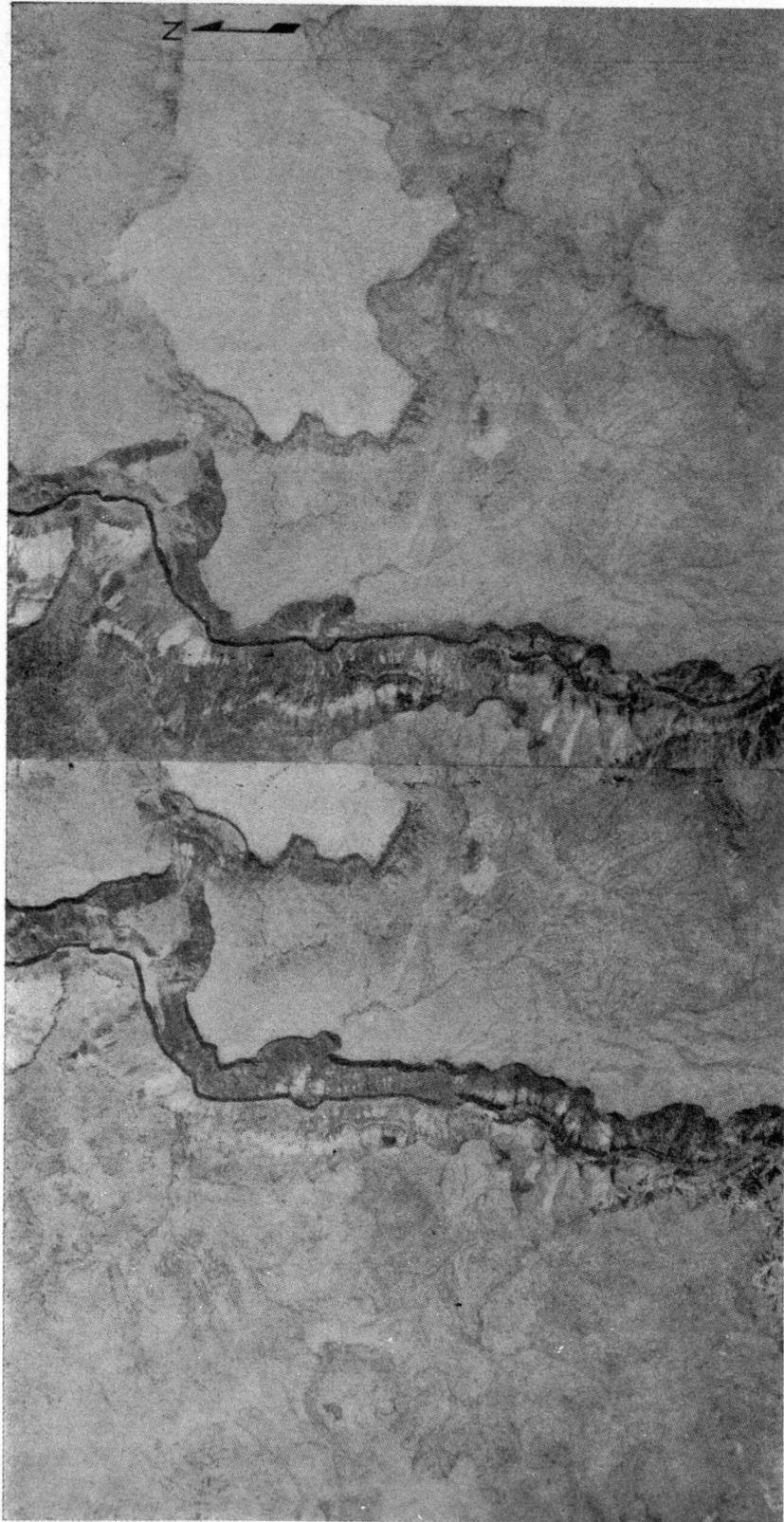


Fig. 68. — Estereograma de Malheur County, Oregón.

(Autor. por Doeringsfeld, Amuedo and Ivey, Denver, Colorado)

un aspecto de diferentes niveles de terrazas. Otra interpretación interesante es la de lo que en U. S. A. denominan «septoos», que son alturas topográficas que no fueron cubiertas por lava, y, que por ello, después se erosionaron mucho más fácilmente, formando ahora depresiones en el paisaje. El «casquete de lava» es un sistema peculiar de juntas que aparecen al final de la lengua, debido al rápido enfriamiento.

La estratificación de las rocas sedimentarias suele ofrecer un aspecto bastante distinto al de la lava depositada en varias tongadas superpuestas, pues, la aparente estratificación de las lavas, es, en general, más gruesa y más irregular, es decir, con frecuentes variaciones de espesor, que la de las formaciones sedimentarias. En la figura 68 se pueden distinguir los paredones formados por las lavas, de los asomos blancos constituídos por capas sedimentarias.

Los diques, por su composición litológica diferente a la de la roca que los rodea, y, por su traza rectilínea, son fáciles de señalar en las fotografías. Los diques ácidos, como los aplíticos, son normalmente más resistentes que las formaciones circundantes, por lo cual se muestran destacados en el paisaje. En la figura 69 se ve una gran intrusión, probablemente de material ácido debido a su tonalidad clara, y a la izquierda un pequeño dique que parece de la misma composición. Nótese cómo el rumbo y la configuración meándrica del río quedan alterados al llegar a la intrusión. Los diques básicos, por el contrario, son químicamente débiles, y así suelen meteorizarse fácilmente y formar depresiones lineales, a veces con un suelo de color oscuro característico como cobertura.

De las rocas intrusivas obtenemos aún menos información fotogeológica que de las extrusivas. Poducen una impresión masiva, con la vegetación uniformemente distribuida y con una configuración irregular de juntas. El drenaje es, por lo general, dendrítico, y la meteorización en grandes bolos, que yacen diseminados por la superficie, es típica.

Las rocas metamórficas proporcionan mínima cantidad de información, porque el proceso de metamorfismo borra las diferentes características de los sedimentos, igualando sus propiedades químicas. La interpretación deberá ser llevada a cabo recordando las rocas de procedencia. Las rocas metamórficas de origen sedimentario, expresan en su fotografía algunas características de las sedimentarias equivalentes, pero son más resistentes, y sobre todo, más uniformemente resistentes que éstas. Por ejemplo, en una serie sedimentaria en la que alternan, areniscas, calizas y argilitas o arcillas, estas últimas son muy blandas respecto a las otras, pero, si tiene lugar un proceso de metamorfismo, las arcillas se convierten en esquistos, cuya diferencia de dureza con las cuarcitas y mármoles correspondientes es mucho menor que antes. Otra característica distintiva de las formaciones metamórficas sedimentarias es que están invariablemente cortadas por fallas y zonas de fractura

en todas direcciones. La combinación de este intenso fracturamiento con su naturaleza química resistente, ocasiona una irregularidad y aspereza en la topografía, típica de dichas rocas.

Las rocas metamórficas ígneas, difieren de las ígneas correspondientes en la gran abundancia de los fenómenos de fractura, y también, en algunos casos, por mostrar vagas indicaciones de esquistosidad o estratificación néisica. En la figura 70 vemos una masa granítica entre terrenos metamórficos. La diferencia tonal entre ambos es considerable. En las formaciones metamórficas se observa exfoliación y en el granito grandes fracturas. La interpretación de exfoliación puede confundirse con la de estrías de glaciación; un criterio que puede servir de distinción es que las primeras son independientes

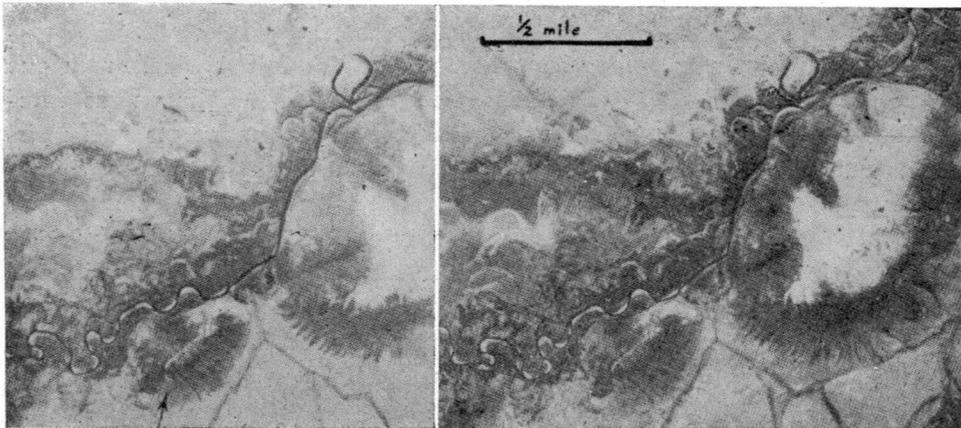


Fig. 69.—Estereograma de una intrusión entre rocas sedimentarias, Alaska (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

del relieve, mientras que las segundas suelen adaptarse a la topografía, especialmente si el glaciar es reciente.

La interpretación del diastrofismo por medio de antiguas penillanuras desplazadas, es muy interesante, porque estos dispositivos son fáciles de ver en las fotografías aéreas. Una penillanura o superficie arrasada antigua, implica un largo período de permanencia cerca del nivel base de erosión. Si la citada penillanura se encuentra actualmente a considerable altura sobre dicho nivel, es lícito deducir que ha habido un movimiento de ascenso desde su formación, suministrando el grado de disección de esta superficie una medida aproximada del tiempo transcurrido desde su elevación. Para esta interpretación, es preciso estar seguro de que se trata de una penillanura de arrasamiento, pues es fácil de confundir con una antigua superficie marina, puesta de manifiesto por la denudación de la cobertura sedimentaria.

Ha sido siempre creencia general, porque se le debió ocurrir a algún geó-

logo antiguo y famoso, que lo normal en los estratos sedimentarios era encontrarse el relieve invertido con relación a las estructuras, es decir, que el núcleo de los anticlinales estaba erosionado, formando una depresión con respecto a los flancos, y que, en los sinclinales, el núcleo estaba constituido por una altura topográfica respecto a los flancos denudados. La fotogeología, con su posibilidad de examinar miles de estructuras en un espacio razo-

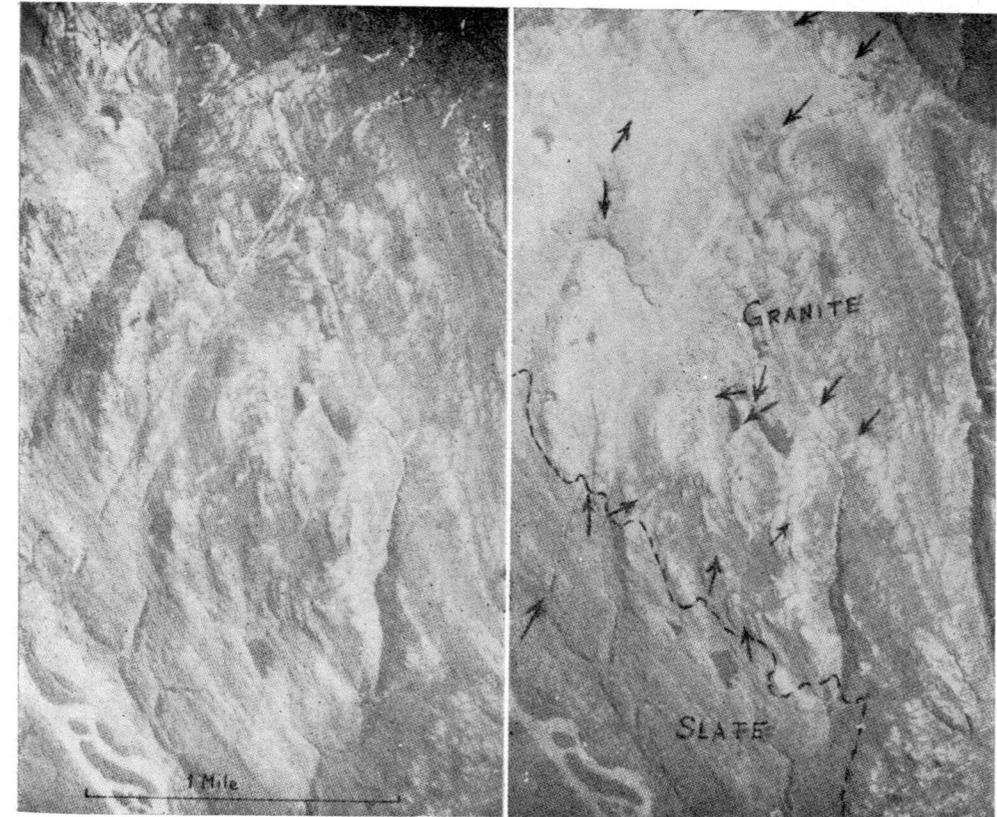


Fig. 70.—Estereograma del sur de Alaska. (Del «Manual of Photographic Interpretation of the American Society of Photogrammetry».)

nable de tiempo, tiene la última palabra en este asunto, pues, por lo pronto, ya hay algún fotogeólogo como Frank A. Melton, que opina justamente lo contrario, esto es, que el relieve invertido se presenta con menos frecuencia que el relieve normal.

También en lo que se refiere a la Geología de Ingeniería, la ayuda que presta la fotografía aérea es enorme, tanto para la ubicación apropiada de cualquier construcción, como para la localización de materiales de construcción cercanos a la obra. Conocemos el caso de una compañía americana que

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDER, J. B., and PROCTER, W. D. (1955): *Investigations upon a proposed dam site in Klang Gates, Federation of Malaya*, «Colonial Geology and Mineral Resources», vol. 5, núm. 4, págs. 409-415.
- ALLIGER, J. (1955): *Application of photogeology to oil exploration in western Canada*, «Jour. Alberta Soc. Petrol. Geol.», vol. 3, núm. 10, págs. 179-184, 194. «Amer. Soc. of Photogrammetry (1960). «Manual of Photographic Interpretation».
- Amer. Soc. of Photogrammetry (1960): *Manual of Photographic Interpretation*.
- BARTON, D. C. (1933): *Surface fracture system of south Texas*, «Bull. A. A. P. G.», vol. 17, núm. 10, págs. 1194-1212.
- BELCHER, D. J. (1946): *Engineering applications of aerial reconnaissance*, «Bull. G. S. A.», vol. 57, núm. 8, págs. 727-734.
- (1945): *The engineering significance of soil pattern*, «Photogram. Eng.», vol. 11, núm. 2, págs. 115-148.
- (1953): *The engineering significance of landforms*, «Proc. Highway Res. Bd.», número 2, in «Bull.», núm. 13, «Acad. Sci.».
- GREGG, L. E., and WOODS, K. B. (1943): *The formation, distribution and engineering characteristics of soil*, «Purdue Univ. Research Ser.» 57, «Highway Res. Bull.» 10, Jan., 389 págs., «Chapter» 4, «Aerial Photographs in Soil Mapping», págs. 61-80.
- (1944): *Identifying land forms and soils by aerial photographs*, «Proc. 30th Ann. Purdue Read School» (Mar.), págs. 133-154.
- BENCH, B. M. (1948): *Discovery of oil structures by aerial photography*, «Oil and Gas Jour.», vol. 47, núm. 17, págs. 98-100, 146, 150, 152.
- BENNINGHOFF, W. S. (1953): *Use of aerial photographs for terrain interpretation based on field mapping*, «Photogram. Eng.», vol. 19, núm. 3, págs. 487-490.
- (1950): *Use of aerial photographs in mapping vegetation and surficial geology in sub Arctic regions*, «Photogram. Eng.», vol. 16, núm. 3, págs. 428-429.
- BENTOR, Y. K. (1952): *Air-photographs and geologic mapping with special reference to the geological conditions in the Negev (southern Israel)*, «Bull. Res. Council of Israel», vol. 2, núm. 2, págs. 157-169.
- BLANCHET, P. H. (Aug.) (1957): *Development of fracture analysis as exploration method*, «A. A. P. G., Bull.», vol. 41, núm. 8, págs. 1748-1759.
- BROWNING, W. F. (1951): *Mapping of geologic formations by application aerial photography*, «Highway Research Board Bull.», 46, págs. 67-84.
- BRUNDALL, L., and HARDER, B. P. (1953): *Photogeologic evaluation in the Montana Plains area*, «Billings Geological Society, Fourth Annual Field Conference», págs. 150-155.
- BURNINGH, P. (1955): *Some problems concerning aerial photointerpretation in soil survey*, «Netherlands Jour. of Agricultural Science», vol. 3, núm. 2, págs. 100-106.
- CADY, W. M. (1945): *Aerial photos as an adjunct to Arctic and Subarctic geologic reconnaissance*, «Trans. of New York Academy of Sciences», vol. 7, ser. 2, págs. 135-138.
- CAMERON, H. L. (1949): *Air photograph interpretation in the Chimney Corner-Cheticamp Area*, «Cape Breton Island, N. S.: Photogram. Eng.», vol. 15, núm. 3, págs. 238-249.
- (1953): *Air-photo interpretation in natural resources inventories*, «Photogram. Eng.», vol. 19, núm. 3, págs. 481-486.
- CHOUBERT, BORIS (1957): *Essai sur la morphologie de la Guyane*, Memoires pour servir a l'explication de la Carte geologique detaillee de la France: Dept. de al Guyane francaise, Paris, Imprimerie Nationale.
- COLWELL, R. N. (1952): *Photographic interpretation for civil purposes*, Chapter XII of Manual of Photogrammetry, Second Edition, «Amer. Soc. of Photogrammetry», páginas 535-599.
- (1954): *A systematic analysis of some factors affecting photographic interpretation*, «Photogram. Eng.», vol. 20, núm. 3, págs. 433-454.
- DEBLIEUX, C., and SHEPHERD, G. F. (1951): *Photogeologic study in Kent County, Texas*, «Oil and Gas Jour.», vol. 50, núm. 10, págs. 86, 88, 98-100. Part I.
- (1949): *Photogeology in Gulf Coast exploration*, «Am. Assoc. Pet. Geol.», vol. 33, págs. 1251-1259.
- DESJARDINS, L. (1952): *Aerial photo may locate deep-seated salt domes*, «Oil and Gas Jour.», vol. 51, núm. 13, págs. 82-84.
- (1951): *The measurement of formational thickness by photogeology*, «Protog. Eng.» vol. 17, núm. 5, págs. 821-830.
- *Techniques in photogeology*, «Bull. A. A. P. G.», vol. 34, núm. 12, págs. 2284-23-17.
- EARDLEY, A. J. (1943): *Aerial photographs and the distribution of constructional materials* «Proc., Highway Res. Bd., 23 rd Ann. Mtg., Nov.», págs. 557-568.
- (1942): *Aerial photographs, their use and interpretation*, Harper & Brothers, New York.
- ECKEL, E. B. (1958) (Editor): *Landslides and Engineering Practice*, «Highway Research Board Special Report» 29, National Academy of Sciences-National Research Council publication 544, 232 págs. Chapter on Photointerpretation.
- ELLIOT, D. H. (1952): *Photogeologic interpretation using photogrametric dip calculations*, «Calif. Div. Mines, Spec. Rept.» 15, Jan., 21 págs.
- FISCHER, W. A. (1955): *Photogeologic instruments used by the U. S. Geological Survey*, «Photogram. Eng.», vol. 21, núm. 1, págs. 32-39.
- (1953): *Protogeologic studies of Arctic Alaska and other areas*, selected papers on «photogeology and photo interpretation», pres at Mtgs. Spons. by Committee on Geophysics and Geophraphy, Res. & Dev. Bd., Washington 25, D. C., April, págs. 207-214.
- (1958): *Color aerial photography in photogeologic interpretation* «Protogram Eng.», vol. 24, núm. 4, págs. 545-548.
- FROST, R. E. (1953): *Factors limiting the use of aerial photographs for analysis of soil and terrain*, «Protogram. Eng.», vol. 19, núm. 3, págs. 427-436.
- (1946): *Identification of granular deposits by aerial photography*, «Proc. Highway Res. Board, Nat. Acad. Sci.», vol. 25, págs. 116-129.
- and WOODS, K. B. (1948): *Airphoto patterns of soils of the western U. S.*, «Purdue Univ. Tech. Dev. Rept.», núm. 85, U. S. Dept. Commerce, C. A. A.
- GRANTHAM, D. R. (June 1953): *Aerial photography, Vegetation and Geology*, vol. 88, núm. 6, págs. 329-336, Mining Magazine.
- GREENMAN, R. L. (1951): *The engineer looks at pedology, symposium on surface and sub-surface reconnaissance*, «Proc. at the Fifty-fourth Ann. Mtg. Amer. Soc. for Testing Materials», Atlantic City, New Jersey (June 19), Special Technical Publication núm. 122, págs. 46-56.
- GROSS, W. H. (1951): *A statistical study of topographic linears and bedrock structure*, «Geol. Assoc. Canada, Proc.», vol. 4, págs. 77-87.
- GWYNE, C. S. (1942): *Swell and swale patter of the Mankato Lobe of the Wisconsin drift plain in Iowa*, «Jour. Geol.», vol. 50, núm. 2, págs. 200-208.
- HELBLING, R. I. (1949): *Studies in protogeology in connection with geological mapping Switzerland, specifically of the Todi Range*, «Publ. under commision by the Fed. Inst. Tech.», Zurich, Art. Inst., Orell Fussli, A. G., Zurich, 137 págs. (Trans. by N. E. Odell).
- HEMMING, H. (1937): *Air Survey as a factor in Empire Development*, Mine and Quarry Engineering, Dondon, vol. 2, núm. 7, págs. 254-263.
- HENDERSON, L. H. (1939): *Detailed geological mapping and fault studies of the San Jacinto*

- tunnel line and vicinity. «*Jour. Geol.*», vol. 47, núm. 3, págs. 314-324 (Illustrates the use of air photos as an aid to structural studies, including criteria for the recognition of faults).
- HEMPHILL, W. R. (1958): *Small-scale photographs in photogeologic interpretation*, «*Photogram. Eng.*», vol. 24, núm. 4, págs. 562-567.
- HITTLE, J. E. (1949): *Air photo interpretation of engineering sites and materials*, «*Photogram. Eng.*», vol. 15, núm. 4, págs. 589-603.
- HOPKINS, D. M., Karlstrom and others (1955): *Permafrost and ground water in Alaska*, «U. S. G. S. Prof. Pap. 264F».
- HOWE, R. H. L. (1958): *Procedures of applying air photo interpretation in the location of ground water*, «*Photogram. Eng.*», vol. 24, núm. 1, págs. 35-49.
- HORBERG, L. (1951): *Intersecting minor ridges and periglacial features in Lake Agassiz Basin, North Dakota*, «*Jour. Geol.*», vol. 59, núm. 1, págs. 118.
- JENKINS, D. S.; BELCHER, D. J.; GREEG, L. E., and WOODS, K. B. (1946): *The origin, distribution and airphoto identification of U. S. soils*, «*Technical Development Report*», núm. 52, Civil Aeronautics Administration, U. S. Dept. of Commerce, Washington, D. C. (May).
- JOHNSTONE, W. E. (1953): *Photogeology and Mineral Exploration*, «*Mining Magazine*» vol. 88, núm. 5, págs. 265-270.
- JOLIFE, A. W. (1945), Inst.: *Aeropropecting in the Yellow-knife area*, «*Canadian Inst. Min. & Metall. Trans.*» (Sept.), págs. 588-604.
- KENT, BION H. (1957): *Experiments in the use of color aerial photographs for geologic study*, «*Photogram. Eng.*», vol. 23, núm. 5, págs. 865-868.
- LATTMAN, L. H., and OLIVER, W. W. (1955): *Solution widened joints in Trans Pecos, Texas*, «*Bull. A. A. P. G.*», vol. 39, núm. 10, págs. 2084-2087.
- — (1954): *The one-sided development of tributaries in tilted sedimentary rocks in eastern Allegheny Plateau of West Virginia*, «*Papers of the Michigan Academy of Science, Arts and Letters*», vol. 39, págs. 361-365.
- — (1958): *Technique of mapping geologic fracture traces and lineaments on aerial photographs*, «*Photogram. Eng.*», vol. 24, núm. 4, págs. 568-576.
- — and NICKELSEN, R. P. (1958): *Photogeologic fracture-trace mapping in Appalachian Plateau*, «*A. A. P. G. Bull.*», vol. 42, núm. 9, págs. 2238-2245.
- LAYLANDER, P. A. (1952): *How colored photographs make newest ore-search method*, «*Mining World*» (June), págs. 41-43.
- LUEDER, D. R. (1951): *The preparation of an engineering soil map of New Jersey*, Symposium on surface and subsurface reconnaissance, «*Proc. Am. Soc. for Testing Materials*», págs. 73-81.
- — (1953): *Airphoto interpretation as an aid in mineral reconnaissance and development*, «*Photogram. Eng.*» vol. 19, núm. 5, págs. 819-830.
- — (1959): *Aerial Photographic Interpretation*, McGraw-Hill Book Co. Inc.
- LEVINGS, W. S., and HERNES, S. (1953): *Air photo criteria of ore localization in Corbin-Wickes mining district, Jefferson Co., Montana*, «*Photogram. Eng.*», vol. 19, núm. 3, págs. 450-460.
- — (1944): *Acrogeology in mineral exploration*, «*Colorado School Mines, Quart.*», vol. 39, núm. 4, págs. 1-77.
- LOEL, W. (1938): *Use of aerial photographs in geologic mapping*, «*Am. Inst. Min. and Metall. Eng., Mining Technology*», vol. 2, núm. 2, «*Tech Publ.*», vol. 144, págs. 356-409.
- MELTON, F. A. (1950): *The geomorphology and photogeological study of the flatlands*, «*Photogram. Eng.*», vol. 16, núm. 5, págs. 722-744.
- MILLER, V. C. (1953): *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mt. area, Virginia and Tennessee*, Office of Naval Research, «*Tech. Rpt.*», núm. 3.

- MOLLARD, R. C. (1947): *Air photo mapping of Montgomery County soils for engineering purposes*, Joint Highway Research Project, Reprint núm. 36, Proceedings 33rd Ann., Purdue Road Sch., Ext. Ser. 63, vol. 31, págs. 223-266.
- MOORE, R. C. (1947): *Aerial photographs as aids in stratigraphic studies* «*Photogram. Eng.*», vol. 13, núm. 4, págs. 550-557 (describes a method for measuring stratigraphic section using air photos).
- PARVIS, M. (1947): *Regional drainage patterns of Indiana*, «*Proc. 33rd Ann. Purdue Road School, Purdue Univ.*» (Reprint of Purdue U.) (July), págs. 192-222.
- — (1950): *Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks*, «*Photogram. Eng.*», vol. 16, núm. 3, págs. 387-409.
- PILLMORE, C. L. (1957): *Application of High-order Stereoscopic Plotting Instruments to Photogeologic Studies*, «*U. S. Geol. Survey Bull.*», 1043-B, págs. 23-34.
- POMERENING, J. A., and CLINE, M. G. (1953): *The accuracy of soil maps prepared by various methods that use aerial photograph interpretation*, «*Photogram. Eng.*», vol. 19, núm. 5, págs. 809-817.
- PURDUE UNIVERSITY (March 1953): *A Manual on the Airphoto Interpretation of Soils and Rocks for Engineering Purposes*, School of Civil Eng. and Eng. Mechanics (March).
- PUTNAM, W. C. (1947): *Aerial photographs in Geology*, «*Photogram. Eng.*», vol. 13, núm. 4, págs. 557-565.
- RAY, R. G., and FISCHER, W. A. (Oct. 18, 1957): *Geology from the Air* «*Science Magazine*», vol. 126, núm. 3277, págs. 725-735.
- — (March 1958): *Color aerial photography*, Western Miner and Oil Review, vol. 31, núm. 3, págs. 35-37.
- — (1960): *Aerial Photographs in Geologic Interpretation and Mapping*, «*U. S. G. S. Professional Paper*», 373.
- REED, J. C. (1940): *The use of airplane photographs in the geologic study of the Chicago Mining District, Alaska*, «*Photogram. Eng.*», vol. 6, núm. 1, págs. 35-44.
- RICH, J. L. (1951): *Geomorphology as a tool for the interpretation of Geology and Earth History*, «*N. Y. Acad. Sci., Trans.*», Ser. 2, vol. 13, núm. 6, págs. 188-192.
- ROONEY, C. W., and LEVINGS, W. S. (1947): *Advances in the use of air survey by mining geologists*, «*Photogram. Eng.*», vol. 13, núm. 4, págs. 570-584.
- SCHULTE, O. W. (1951): *The use of panchromatic, infrared and color aerial photography in the study of plant distribution*, «*Photogram. Eng.*», vol. 17, núm. 5, págs. 688-714.
- SHAW, S. H. (1953): *The value of air photographs in the analysis of drainage patterns*, «*Photogrammetric Record*», vol. 1, núm. 2, págs. 4-17.
- SIBINGA, SMIT G. L. (1948): *On the geomorphic and geologic analysis and interpretation of aerial photographs*, «*Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Asdrijskundig Genootschap*», págs. 692-700.
- SMITH, H. T. U. (1950): *Progress and problems in photogeology*, «*Photogram. Eng.*», vol. 16, núm. 1, págs. 111-118.
- — (1943): *Aerial photographs and their application*, D. Appleton-Century Co., N. Y., pag. 372.
- — (1953): *Photo interpretation of terrain*, in selected papers on photogeology and photo interpretation, «*Pres. Mtgs. Soons. by Comm. on Geophys. and Geogr., Res., and Devel. Bd.*», Washington 25, D. C. April.
- — and WENGERD, S. A. (1947): *Photogeology aids naval petroleum exploration*, «*Bull. A. A. P. G.*», vol. 31, núm. 5, págs. 824-828.
- SPURR, S. H. (1948): *Aerial Photographs in forestry*, Ronald Press Co., New York, pag. 340.
- STONE, KIRK (1956): *Air photo interpretation procedures*, «*Photogram. Eng.*», vol. 22, número 1, págs. 123-132.
- SUMMERSON, C. H. (1954): *A philosophy for photo interpreters*, «*Photogram. Eng.*», vol. 20, núm. 3, págs. 396-397.

- TATOR, B. A. (1954): *Drainage anomalies in coastal plains regions*, «Photogram. Eng.», vol. 20, núm. 3, págs. 412-417.
- (1951): *Some applications of aerial photographs to geographical studies in the Gulf Coast regions*, «Photogram. Eng.», vol. 17, núm. 5, págs. 716-725.
- (1958): *The aerial photograph and applied geomorphology*, «Photogram. Eng.», volumen 24, núm. 4, págs. 549-561.
- THURRELL, R. F., JR. (1953): *Procedures and problems of photogeologic evaluation*, «Photogram Eng.», vol. 19, núm. 3, págs. 443-449.
- VAN NOUHUYS, J. J. (1937): *Geological interpretation of aerial photographs*, «Am. Inst. Min. & Metall. Eng.», vol. 126 (Metal Mining-Mining Geology), págs. 607-624: «Mining Technology», vol. 1, núm. 4 (A. I. M. E. Tech. Publ. 825), Juli, 18 págs.
- WENGERD, S. A. (1950): *Photogeologic characteristics of Palaeozoic rocks of the Monument Upwarp, Utah*, «Photogram. Eng.», vol. 16, núm. 5, págs. 770-781.
- WERMUND, E. G. (1955): *Fault patterns in northwest Louisiana*, «Bull. A. A. P. G.», vol. 39, núm. 11, págs. 2329-2336.
- WHEELER, R. R., and SMITH, N. C. (1952): *Finding faded structures, Part I*. «World Oil», vol. 135, núm. 1, págs. 73-76, 82.
- ZONNEVELD, J. I. S., and COHEN, A. (1952): *Geological reconnaissance in Surinam*. «Symposium in Photogram. Eng.», vol. 18, núm. 1, págs. 151-157.

Recibido 28-VIII-61.

JOSE DONAT ZOPO  
Del Grupo Vilanova Piera

## NOTAS GEOLOGICAS EN TORNO A BARIG (II)

### RESUMEN

Se señala que los diversos asomos del Keuper y de la facies wealdica, observados en el sur del valle de Bârig, constituyen una misma unidad diapirica, enmascarada en algunos lugares por el Cuaternario, y que estos asomos se relacionan mediante una falla S.-SW. con la «Serra Grossa».

### RESUMÉ

On signale que les divers indices du Keuper et de la facies wealdique, observés au sud de la vallée de Bârig, ils constituent une meme unité d'apyrique, masque en quelques lieux par le Quaternaire, et que ces indices se relationent moyennant une faille S.-SW. avec la «Serra Grossa».

### SUMMARY

It is said that the diferent points of the Keuper and of the wealdic facies seen on the south of the Bârig valley are a same diapiric unit, covered in some places by the Quaternary and there points are in connection with the «Serra Grossa» through the faut S.-SW.

En las anteriores notas (NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, núm. 62) establecí claramente la edad de Keuper para las margas irisadas y yesos que acompañados de cristales de cuarzo se situaban en distintos afloramientos señalados en la comarca de Bârig (Valencia), tales como el «Barranc de la Manesa, Font de la Puigmola y Font de l'Ait de l'Edra», así como la facies wealdica para las arenas cuarcíferas y pudingas que las acompañaban.

Con ocasión de celebrarse, en la citada localidad de Bârig, la II Asamblea Espeleológica Levantina, tuve oportunidad de recorrer y estudiar detenidamente la zona y de adquirir nuevos datos sobre la geología de la misma.

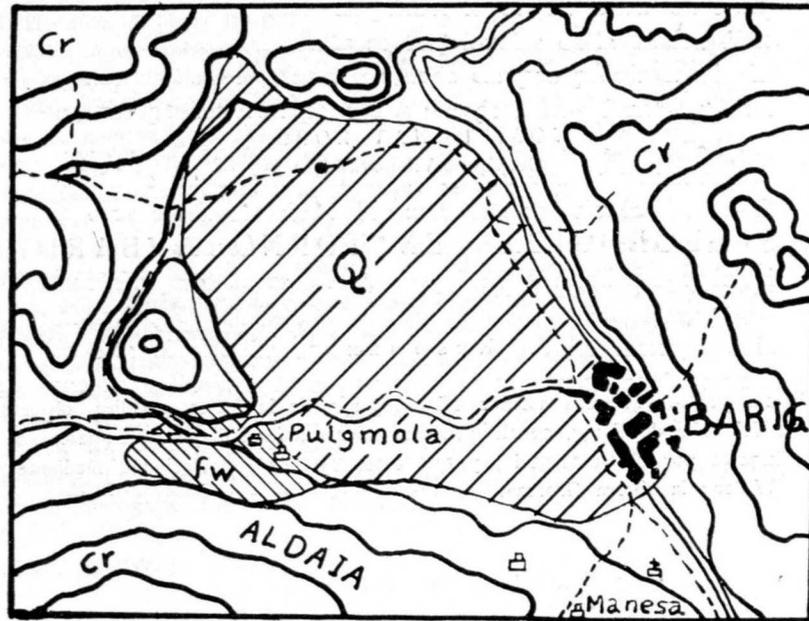


Fig. 1.<sup>a</sup> Representación del valle de Bârig, según Hoja núm. 770 Alcira (a escala 1/25.000)

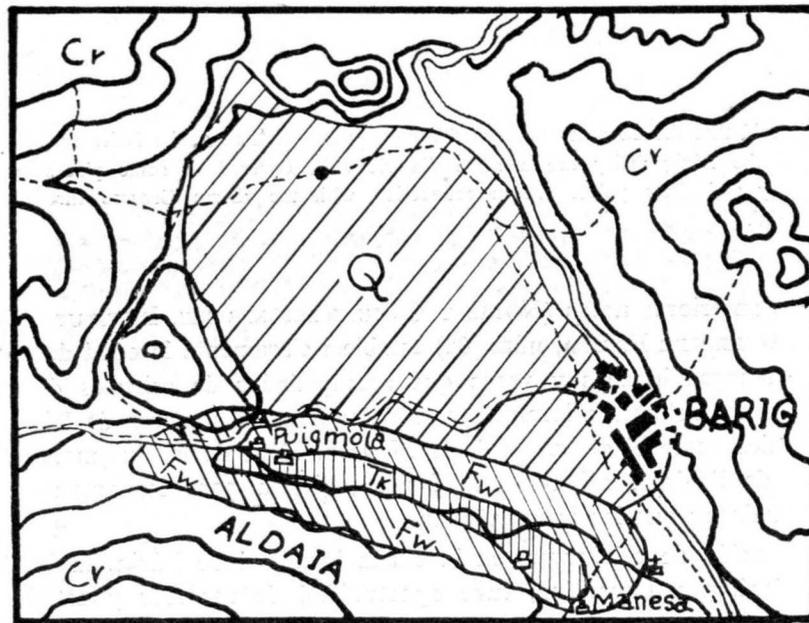


Fig. 2.<sup>a</sup> Representación del valle de Bârig de acuerdo con estas notas (escala 1/25.000)

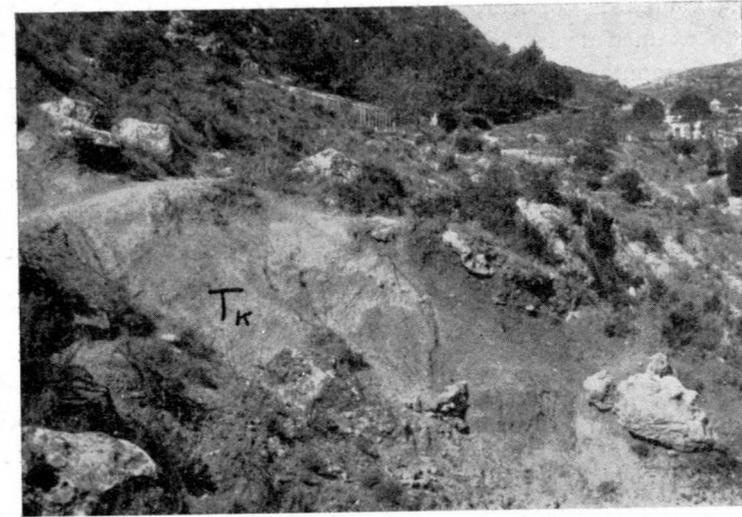


Foto núm. 1. Keuper en la «Font de la Puigmola» (Bârig)

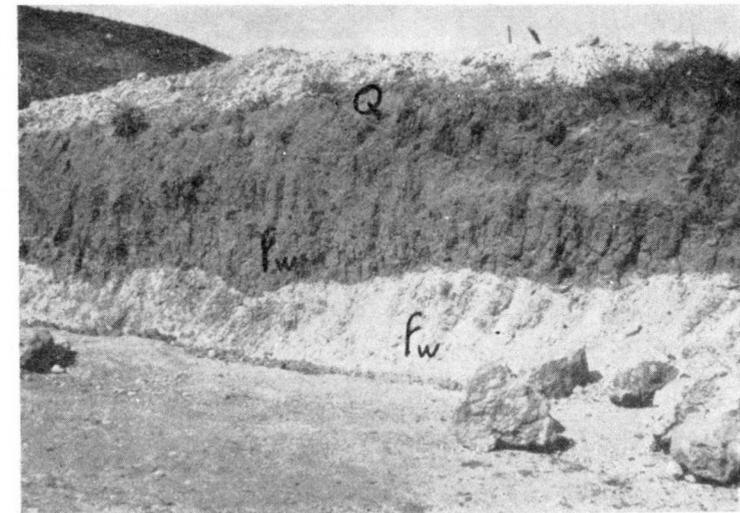


Foto núm. 2. La facies wealdica junto al «Barranco de la Manesa» (Bârig)

Los varios asomos margo-yesosos estudiados con anterioridad me plantearon la necesidad de conocer, en primer lugar, su extensión e importancia. Un detenido examen de las faldas septentrionales de la «Serra d'Aldaia», así como unos desmontes efectuados en unos campos próximos al «Barranc de la Manesa», me permitieron para el valle de Bârig formular las siguientes conclusiones:

1) Que existe un diapiro del Keuper, constituido por margas abigarradas, yeso y cuarzo cristalizado, sobre una falla de orientación E.-W., que se extiende desde el «Barranc de la Manesa» hasta algo más al oeste de la «Font de la Puigmola», es decir, ocupando linealmente todo el sur del valle de Bârig.

2) Que este diapiro ha arrastrado consigo a la facies wealdica suprayacente, que se halla integrada por margas abigarradas, de tonalidades claras, arcillas caoliníferas, arenas amarillentas silíceas, etc., en cuyo conjunto se observa un agudo buzamiento acorde con el diapiro (desmontes próximos al «Barranc de la Manesa»).

3) Que sobre los materiales del Keuper y los wealdicos existe un recubrimiento parcial del Cuaternario, de un espesor irregular, un metro y a veces menos, y que a la simple inspección ocular muestra un aspecto de discontinuidad en la superficie de los anteriores.

4) La falla de dirección E.-W., que cruza todo el sur del valle de Bârig al llegar a la Puigmola, toma la dirección S.-SW., apareciendo en su recorrido los asomos diapíricos del Keuper del «Algezar» y de la «Font de l'Edra», y penetrando en el término de Cuatretonda corre a relacionarse con las fallas y asomos diapíricos de la Serra Grossa».

Recibido 4-VIII-61

551.7

HOLLIS D. HEDBERG

## EL PANORAMA ESTRATIGRAFICO

(Un examen de las bases empleadas para la determinación y la clasificación de las edades de los estratos pétreos de la Tierra) (\*)

### RESUMEN

La voz estratigrafía significa, literalmente, la ciencia que describe los estratos. Trata de la composición, forma, disposición, distribución, sucesión y clasificación de los estratos de rocas y también afecta lo referente a la interpretación de estas características en los términos de modalidad de origen, ambiente, edad, historia y relación con respecto a otros conceptos geológicos. La estratigrafía se ocupa del cuadro completo de las rocas que componen la corteza terrestre en forma de estratos de diversas clases, y de la interpretación de estos estratos en el desarrollo geológico de la Tierra.

Existen muchas ramas de la estratigrafía, de acuerdo con las características peculiares de los estratos rocosos que se consideren. Una de las más importantes es la *cronoestratigrafía*, que trata de la determinación y clasificación de edades de los estratos. Su objeto básico reside en la interpretación de la historia de la Tierra, mediante la secuencia cronológica de sus estratos.

Los medios principales de los que nos valemos para llevar a cabo la cronoestratigrafía son: 1) Las relaciones físicas entre los estratos. 2) La relación de éstos con respecto a la secuencia de la evolución orgánica, y 3) La determinación de edad radioactiva. Hay otros tipos de información suplementaria acerca de la edad, o de la posición cronoestratigráfica, que puede ser suministrada por otras características de los estratos o de otros fenómenos geológicos, tales como su litología, mineralogía, paleoclimatología, variaciones en el nivel de los mares, orogenias, actividad ígnea, y discordancias. Son, sin embargo, escasos los fenómenos de estos tipos de los que puede probarse que hayan ejercido efectos que sean distintamente reconocibles, idénticos en carácter y sincrónicos por todo el mundo.

El empleo coordinado de todas las contribuciones posibles para la determinación relativa y absoluta de edades y correlación de tiempos, es el método que promete los mejores resultados para la progresión continuada de la cronoestratigrafía.

(\*) HOLLIS D. HEDBERG: *The Stratigraphic Panorama* (An Inquiry into the Bases for Age Determination and Age Classification of the Earth's Rock Strata). Conferencia enunciada con ocasión de su despedida como Presidente de la Geological Society of America. Publicada en el Boletín de dicha Sociedad, vol. 72, págs. 499-518, abril 1961. Traducción por J. M. Ríos debidamente autorizada por el autor y editores, a quienes se expresa profundo agradecimiento.

Unida al problema del establecimiento de la edad de los estratos y del establecimiento de su sucesión con respecto a la historia de la Tierra, está la tarea de la *clasificación cronoestratigráfica*. Es demasiado vasto el registro (1) de cuatro mil millones de años, escrito en millones de kilómetros cúbicos de estratos, para que sea comprensible como un todo, por lo que resulta necesario fragmentarlo en unidades menores y más prácticas. Los únicos tipos de comparación que resultan adecuados como referencia para medir el alcance y amplitud de estas unidades cronoestratigráficas, consisten en intervalos de estratos específicamente escogidos para ese fin: los estratos tipos.

La unidad fundamental de clasificación cronoestratigráfica de aplicación mundial es el *sistema*. Los sistemas, establecidos sobre todo en Europa occidental durante la primera mitad del pasado siglo, fueron ideados originalmente como constitutivos de unidades «naturales» con respecto a la historia de la Tierra. Pero como consecuencia del origen local, y un poco casual, que tuvieron la mayor parte de ellos y el primitivo y rudimentario estado del conocimiento geológico mundial en esa época, resulta difícil que los veamos ahora como divisiones «naturales» de aplicabilidad mundial. Sin embargo, son muchos, incluida la Comisión Estratigráfica de la U. R. S. S., los que todavía sustentan la idea de que los sistemas están caracterizados por una coincidencia de acontecimientos de orden mayor en la historia geológica, y de cambios, de orden también mayor, en el transcurso de la evolución biológica. Aceptan que todas las directrices de información estratigráfica apuntan hacia, y convergen en, la formación de divisiones «naturales» de estratos con respecto al tiempo, y que por consiguiente los diferentes tipos o modalidades de clasificación estratigráfica-lito-estratigráfica, bioestratigráfica, etc., son innecesarios.

Por otra parte, las investigaciones llevadas a cabo por otros estudiosos competentes de las pruebas de «discontinuidades naturales» de alcance mundial, bien sea en el registro diastrófico o en el de la evolución orgánica, han tenido como resultado una fuerte oposición en contra. Parece razonable aceptar, cualquiera que sea el resultado de lo que eventualmente pueda resultar probado, que aún no ha sido demostrado que hayan tenido lugar «disrupciones naturales» de alcance mundial, ni en el carácter general, ni en la continuidad de los estratos a la escala de los sistemas geológicos, tales como se aceptan en la actualidad, ni tampoco de que haya hechos peculiares en los límites de los actuales sistemas que permitan su consideración como puntos de división *naturales*, de alcance mundial, dentro de la escala cronoestratigráfica. Las pruebas sugieren más bien que nuestros sistemas geológicos constituyen solamente unidades cronoestratigráficas arbitrarias dentro de un continuo caracterizado por cambios intrincadamente tesselados, y que no son necesariamente coincidentes, de las muchas y diversas propiedades y atributos de los estratos rocosos, y que su principal trascendencia es la de unidades tipo de referencia cronoestratigráfica, con independencia de otras clases de clasificación estratigráfica. Con independencia de cual sea la opinión acerca de las relaciones existentes entre estas unidades y los acontecimientos de la historia de la Tierra, el punto de importancia crítica reside en que estos sistemas y sus subdivisiones mayores deberían

(1) Siempre he abrigado el propósito, heredado sin duda de mi ilustre antecesor en la cátedra Don Pedro de Novo, de vigilar en lo posible la limpieza del idioma, en cuanto a la introducción, o aceptación de vocablos extranjeros. La tarea no es fácil, en muchos casos, y el resultado quizás muchas veces desacertado, pero la intención es elevada. Traduzco en este caso por «record», registro, en el sentido de catálogo o relación de hechos o fenómenos. De la misma manera traduzco siempre por «log» igualmente registro, en el sentido de índice o expresión ordenada de un contenido. Estas versiones extrañan quizás al principio, pero luego el oído y la mente las asimilan y las aceptan. Y de esta manera se preserva la limpieza del idioma. (Nota del traductor.)

quedar ligados mediante convenio internacional a secuencias de estratos específicamente designados y delimitados —estratotipos— de modo que suministren una base uniforme de definición mundial.

#### A B S T R A C T

Stratigraphy means literally the descriptive science of *strata*. It deals with the composition, form, arrangement, distribution, succession, and classification of rock strata and it also involves the interpretation of these features in terms of mode of origin, environment, age, history, relation to organic evolution, and relation to other geologic concepts. Stratigraphy concerns itself with the complete picture of the rocks of the earth's crust as strata of various kinds and the significance of these strata in the earth's geological development.

There are many branches of stratigraphy, depending on the particular features of rock strata under consideration. One of the most important is *chronostratigraphy* which deals with the age determination and age classification of strata. Its basic purpose is to interpret the history of the earth through the chronologic sequence of its rock strata.

The principal means used to work out chronostratigraphy are (1) the physical interrelations of strata, (2) the relation of strata to sequence of organic evolution, and (3) radioactivity age determinations. Valuable supplementary evidence of age or chronostratigraphic position can be supplied by other features of rock strata and other geologic phenomena such as lithology, mineralogy, ore deposits, chemical composition, paleomagnetism, paleoclimatology, changes in sea level, orogeny, igneous activity, and unconformities. However, few of these can be proved to have had effects which were distinctly recognizable, identical in character, and synchronous over the whole world. Coordinated utilization of all possible lines of relative and absolute age determination and time correlation offers the promise for continued progress in chronostratigraphy.

Joined to the problem of the dating of strata and the establishment of their sequence with respect to earth history is the task of *chronostratigraphic classification*. The record of 4 thousand million years, written in millions of cubic miles of strata, is too vast to be comprehended as a whole and it is necessary to break it down into smaller more practicable units. The only adequate reference standard for the scope of these chronostratigraphic units are specifically designated intervals of rock strata-stratotypes.

The fundamental unit of world-wide chronostratigraphic classification is the *system*. The systems, largely established in Western Europe during the first half of the last century were originally thought to constitute «natural» units with respect to earth history. In view of the local and rather haphazard manner in which most of them originated and the primitive state of world geological knowledge at that time, it is difficult now to see them as «natural» divisions of world-wide extent. Nevertheless the belief is still supported by many, including the U. R. S. S. Stratigraphic Commission, that the systems are marked off by a concurrence of major events in geologic history and major changes in the course of organic evolution. They assume that all lines of stratigraphic evidence converge to form «natural» divisions of strata with respect to time and that hence separate kinds of stratigraphic classification—lithostratigraphic, biostratigraphic, etc. are unnecessary.

On the other hand, investigations by other competent workers of the evidence for world-wide «natural breaks» in either the diastrophic record or the record of organic evolution have resulted in strong judgments to the contrary. The conclusion seems reasonable, regardless of what may be proved eventually, that it has not yet been demonstrated that world-wide «natural breaks» in the general character and continuity of strata exist at the scale of the presently accepted geologic systems nor that the evidence at the boundaries of the present systems is such as to allow them to be considered as *the* «natural»

world-wide division points of the chronostratigraphic scale. Rather, the evidence suggests that our geologic systems are only arbitrary chronostratigraphic units in a continuum characterized by intricately overlapping and not necessarily coincident changes in the many and various properties and attributes of rock strata and that their principal significance is that of standard units of chronostratigraphic reference, independent of other kinds of stratigraphic classification. Regardless of opinion on the relation of these units to events of earth history, the critically important point is that the systems and their major subdivisions should be tied down by international agreement to specifically designated and delimited sequences of rock strata—stratotypes—so as to provide a uniform basis of definition for everyone.

### INTRODUCCIÓN

El otro día volaba de lado a lado de los Estados Unidos. Cuando abandonamos Nueva York, el cielo estaba completamente cubierto, y nada se podía ver a través de la ventana del avión sino nubes. Pero más adelante, conforme avanzábamos hacia el Oeste, aparecían, con frecuencia incrementante, jirones o desgarros entre las nubes y me entretenía tratando de ver, en estos atisbos ocasionales del paisaje, lo que pudiera darme alguna idea de cuál era mi situación geográfica en este viaje a través del continente. ¿Cuáles eran los rasgos de topografía, de la red de drenaje, en la vegetación, en los cultivos, de cada una de estas vistas aisladas que pudieran ayudarme en la identificación de mi situación en el panorama conjunto de mi viaje? ¿Había algo en las semejanzas o diferencias de la sucesión de paisajes que me permitiese agrupar el paisaje en provincias naturales, o clasificarlas geográficamente?

Conforme volaba sobre este vasto y variado país, y con mayor o menor éxito identificaba nuestra ubicación geográfica a partir de estos cortos atisbos de la tierra por debajo de nuestro avión, se me ocurrió imaginar con qué éxito podría determinarse la situación estratigráfica en un viaje a lo largo de los tiempos geológicos con la sola información de vistazos de manifestaciones aisladas de la secuencia de rocas que componen la corteza terrestre.

¿Sería capaz de identificar el Siluriano y el Devoniano, por ejemplo, como unidades naturales en este panorama estratigráfico, o resultarían tan artificiales y difíciles de distinguir como Indiana de Illinois, o como la separación Kansas-Colorado? Algo del tipo de este juego estratigráfico es lo que me propongo explorar, y voy a examinar con ustedes algunas de las consecuencias de nuestros resultados en filosofía estratigráfica.

### CAMPO GENERAL DE LA ESTRATIGRAFÍA

En primer lugar ¿qué es estratigrafía? En traducción literal de su etimología (de *stratum* y *graphía*), se puede decir que el vocablo significa «la cien-

cia descriptiva de los estratos», y no veo necesidad de apartarse de esta sencilla definición inherente a la palabra misma. Por consiguiente, la estratigrafía, en su uso aplicado a la geología, trata de todas las rocas dispuestas en estratos, y de todos los aspectos de las rocas cuando se presentan como estratos; un estrato geológico puede ser definido sencillamente como un lecho o capa de roca, unificado por la posesión de ciertos caracteres o tributos por los que difiere de los lechos o capas adyacentes. La separación entre un estrato y los adyacentes puede estar señalado, corrientemente, mediante planos visibles de estratificación o separación, pero puede haber estratos con límites de menor perceptibilidad visual, aunque siempre, sin embargo, con alguna definición de límite que presente horizontes de cambio en la litología, en la composición mineralógica, en su paleontología, en la composición química, en las edades, en cualquier otra cosa. La estratigrafía arrastra consigo la composición, forma, disposición, distribución, sucesión y clasificación y, además, la interpretación de estas características de los estratos en conceptos de origen, ambiente, edad, y relaciones con respecto a otros conceptos geológicos. Además, y puesto que en el más amplio concepto de la palabra la corteza toda de la Tierra está estratificada, todas clases de rocas, las ígneas y metamórficas, tanto como las sedimentarias, caen dentro del campo general de la estratigrafía. De este modo, tenemos en la estratigrafía un magnífico y amplio campo que se ocupa por sí solo del cuadro completo y comprensión de las capas de la corteza terrestre, en todos los aspectos en que se manifiestan.

Ciertamente que este concepto que acabo de expresar es un concepto amplio de la estratigrafía, y también es cierto que llega a contactos con casi todas las restantes ramas de la geología, pero lo que nos interesa recordar es que la estratigrafía se ocupa de las rocas como *estratos*, y sólo afecta ésta a esas otras ramas en la medida en que se apliquen a *estratos*. (Esta es, por ejemplo, la diferencia que existe entre la litología y la litoestratigrafía, entre paleontología y bioestratigrafía).

Me doy cuenta muy bien de que hay muchas gentes a las que gustaría limitar la estratigrafía a las relaciones de *edad* existentes entre los estratos, y de que algunos van incluso más lejos, y querrían limitar la estratigrafía a las relaciones de edad entre estratos, tales como resulten de sus contenidos en *fósiles*. Si bien yo estaría entre los primeros en conceder que la determinación de las relaciones de edad entre los estratos es uno de los objetivos más importantes de la estratigrafía, sin embargo, insisto en que *no es éste el único* objetivo. Existen también otros campos importantes y coordinados de la estratigrafía. Estoy convencido de que los fósiles constituyen uno de los medios más útiles de llevar a cabo el estudio de las relaciones de edad existentes entre los estratos, pero insisto, de nuevo, *no es el único* medio. Hemos aprendido mucho acerca de las relaciones de edad existentes dentro del

Precambriano, y también en otros estratos relativos o absolutamente estériles, sin ayuda alguna de los fósiles.

El objetivo más acuciante en el trabajo de muchos estratígrafos puede no ser la determinación de la edad de los estratos, su atribución al Eoceno, Oligoceno, o Mioceno, sino la determinación de las características litológicas de esos estratos, su delineación y clasificación como cuerpos tridimensionales litológicamente unificados, o unidades litoestratigráficas, con independencia de cuál sea su edad geológica. Aquellos de entre ustedes ocupados en la industria del petróleo, saben cual es la vital importancia de esa clase de trabajos e, incidentalmente, y justo porque esta rama de la estratigrafía, la litoestratigrafía, resulte tener un aplicación comercial más bien directa, no por eso hay razón para considerarla fuera del alcance de la estratigrafía, o para estimarla como un objetivo innoble, una especie de ejercicio preliminar, una proto-estratigrafía, o como uno sólo de los medios conducentes al fin de la verdadera estratigrafía, según parece que sea la tendencia de algunos. (¡Es muy posible que la utilidad comercial y la ciencia geológica no se excluyan mutuamente!).

La imagen de la corteza de la Tierra estratificada, a la que llegamos por las variaciones en su *litología*, es tan auténtica estratigrafía como la imagen de la corteza de la Tierra estratificada de acuerdo con su edad geológica. Ambos son conceptos válidos por sí mismos, y ambas son partes esenciales en nuestra comprensión de la historia de la Tierra. Del mismo modo, la imagen de la distribución estratigráfica de fósiles en la corteza terrestre es valiosa, pero no sólo por la ayuda que presta, sino también como indicadora de los cambios de ambiente de la vida o paleoecología. La clasificación de los estratos terráqueos con respecto a su *modo* de origen es tan estratigrafía como lo es la clasificación de los mismos si utilizamos como criterio su *época* de origen. Existen tantas fases de la estratigrafía como modos hay para la clasificación de los estratos. Cualquier intento para la restricción del término a algo más reducido que su amplio significado básico implicado en sus raíces etimológicas, no solamente crea confusión, sino que, además de no servir objetivo alguno de utilidad concebible, ejerce realmente un efecto dañoso y asténico en el pensamiento geológico.

#### CRONOESTRATIGRAFÍA

Bástenos con lo dicho por lo que se refiere al campo general de la cronoestratigrafía. Podemos denominar *cronoestratigrafía* a aquella rama de la estratigrafía que trata de todo lo referente a la edad de los estratos, así como a las relaciones de edad existentes entre ellos y a esta materia es precisamente a la que vamos a dedicar nuestra máxima atención. Aunque he insistido en que la cronoestratigrafía no es toda la estratigrafía y en que

existen muchas ramas, cada una de ellas con sus objetivos peculiares, sin embargo, casi todos los criterios en que se basan estos otros campos de la estratigrafía tienen también alguna intervención en la determinación de su posición con respecto al tiempo geológico, y de este modo juegan también algún papel en la cronoestratigrafía. Si pudiéramos echar una mirada sobre el panorama estratigráfico, sobre la imagen total de los estratos de rocas de la corteza terrestre, ¿cuáles serían los hechos observables que pudieran constituir una ayuda para la determinación de la cronoestratigrafía, que pudieran contribuir a fijar las edades de cada estrato con respecto a los otros y también en su relación con respecto al transcurso de la historia de la Tierra? ¿Y en qué hechos de la secuencia de los estratos una vez que quedase correctamente establecida, podríamos apoyarnos para la subdivisión de esta historia en capítulos o unidades menores, con respecto al tiempo geológico, para llegar a una clasificación cronoestratigráfica?

O, desde otro punto de vista, si hubiéramos podido observar desde un satélite de la Tierra el desarrollo de los estratos que constituyen la corteza terrestre desde los más antiguos tiempos geológicos hasta los actuales, ¿cuáles serían las características que hubiéramos visto estampadas en estos estratos rocosos que pudieran suministrar ahora una clave para el reconocimiento de su correcta sucesión a partir de su origen, especialmente si, como es el caso corriente, pudiéramos ver ahora solamente fragmentos aislados y parciales de la imagen total en alguno que otro sitio, como ocurría con los ocasionales atisbos a través de los desgarres de las nubes en nuestro viaje trascontinental que nos dejaban ver solamente fragmentos del panorama geográfico total? ¿Y qué bases podrían suministrar estas improntas de la historia de la Tierra dentro del registro de las rocas, para el reconocimiento de edades diferentes o de períodos de aquella historia?

Este es el problema estratigráfico con el que nos enfrentamos, y recuerden que, por encima de todo, es un problema verdaderamente *estratigráfico*. Como estratígrafos estamos interesados en la edad de los *estratos*, y no tanto en la edad de la materia rocosa en sí misma que, debemos recordarlo, es en gran medida la edad misma de la Tierra (con la excepción de una cantidad probablemente mínima de materia cósmica que haya podido acumularse desde la formación original de la Tierra). Nuevos estratos han sido añadidos constantemente a la corteza terráquea desde el alba de la historia geológica, añadidos y destruidos...

Y estos estratos son nuevos, como estratos, aunque hayan sido constituidos por un mero retrabajamiento y reordenación de viejos materiales que existían ya, destrucción de viejas rocas y su deposición para constituir otras nuevas; fusión de viejas rocas, y enfriamiento y cristalización hasta originar otras nuevas; metamorfización de rocas *in situ* para crear nuevos estratos pétreos a partir de rocas viejas. Son estos estratos, y sus caracteres, los que nos interesan principalmente como estratígrafos, no tanto la materia

pétreo constituyente en sí misma. Y, cuando hablamos de edad geológica, no hablaremos de la edad de la materia que constituye la roca, sino de la edad de los estratos, de la edad de determinadas capas de la corteza terráquea.

#### BASES PRINCIPALES DE QUE DISPONEMOS PARA LA DETERMINACIÓN DE EDAD O POSICIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA

Veamos en primer lugar de qué medios disponemos para la determinación de la edad de los estratos terráqueos, bien se trate de la edad relativa de unos estratos respecto de los otros, como de su edad absoluta expresada en millones de años, o de ambas. Sobresalen tres medios principales:

- 1) Determinación de edades relativas por medio de las interrelaciones de estratos.
- 2) Determinación de edades relativas mediante sus relaciones con respecto a la sucesión de la evolución orgánica.
- 3) Determinación de edades absolutas (y relativas) por métodos radioactivos.

#### *Relaciones físicas entre estratos*

Es probable que no exista criterio de edad relativa más sencillo y positivo que el que suministra la superposición de estratos, aunque haya con frecuencia tendencia a olvidar, incluso a despreciar el papel que desempeña por la atención dedicada a métodos más complejos. La posición estratigráfica relativa es una clave evidente para la obtención de la edad relativa. En cualquier secuencia normal de rocas sedimentarias, el lecho siguiente es más joven que aquél sobre el que descansa. Este es el concepto clásico y fundamental de la determinación relativa de edades, y todos los restantes métodos se apoyan sobre la aceptación de su validez como punto de partida.

En cualquier manifestación local de estratos no trastornados, resulta por lo general, rápidamente explicada de este modo su posición cronoestratigráfica relativa. Sin embargo, como todos sabemos, surgen dificultades cuando las capas están muy trastornadas, volcadas o cabalgantes, cuando una roca ígnea más joven aparece implantada por intrusión dentro de una serie de estratos más antiguos; cuando una roca más vieja y relativamente móvil, como en el caso de la sal o del yeso, ha sido inyectada o ha fluído sobre lechos más jóvenes; cuando se presentan cambios laterales de facies o espesores, y cuando hay discordancia. Pero incluso bajo estas circunstancias, el estudio cuidadoso de las relaciones entre afloramientos y contactos pueden llegar a revelar la edad relativa.

Quizás el impedimento máximo para la atribución de estratos a su co-

orrecta posición cronoestratigráfica relativa por medio de la sencilla ley de superposición, reside en la falta de continuidad de los afloramientos. Es entonces cuando entra en funciones la herramienta suplementaria de la correlación estratigráfica, cuando la separación entre afloramientos es tal que impide la prosecución real de las capas. La *correlación estratigráfica* consiste en la determinación, mediante semejanzas en carácter, de correspondencias mutuas en la posición estratigráfica entre lechos en dos o más puntos separados. La correlación puede basarse en correspondencias entre la litología, contenido fósil, en el carácter del registro eléctrico, en la edad geológica, o en cualquier otra propiedad del estrato. Tal correlación puede llevar consigo una correlación exacta de *tiempos* de los estratos en *cuestión*, o puede no llevarla, pero constituye siempre una ayuda útil para la determinación de edades relativas.

El desarrollo del arte de la correlación ha sido una de las grandes contribuciones de la industria del petróleo al conocimiento estratigráfico. Micropaleontología, minerales pesados, registros eléctricos, registros de radiaciones gamma y otras muchas técnicas especializadas, han sido utilizadas con gran éxito. Lowman (1949, págs. 1964-1967), explicó muy bien cómo este sencillo método de ataque para llegar a la determinación de la serie estratigráfica, se ha aplicado por toda la amplitud de la región costera del Golfo de Méjico, mediante la construcción, lograda de columna de sondeo en columna de sondeo, de una red de correlaciones entre estratos de índole puramente empírica, con exclusión de toda idea de cronología o de facies. Este es el modo de ataque que se ha empleado, y se sigue usando, en cantidad de regiones por todo el mundo, tanto mediante las columnas de sondeos o por medio de columnas estratigráficas obtenidas en afloramientos de superficie. Como resultado de unos dos millones de sondeos perforados en busca de petróleo durante este siglo, y con la adición del avance logrado en las técnicas de correlación, resulta posible ahora determinar con seguridad cual sea la posición estratigráfica de los estratos a través de muchas y vastas áreas de cuencas sedimentarias en el mundo entero, haciendo caso omiso de su relación con respecto a cualquier escala tipo de tiempos geológicos. Conforme se avance en las perforaciones, extendiéndolas a las plataformas submarinas costeras, y se obtengan columnas y series más completas, resultará posible el establecimiento de lazos de correlación a regiones cada vez más extensas. Y no es de manera alguna inconcebible que incluso se pueda llegar exclusivamente por estos medios a ligar unas con otras, series estratigráficas intercontinentales.

También es digna de mención, para la determinación de posiciones cronoestratigráficas relativas mediante las relaciones observadas entre estratos, la contribución de la fotografía aérea aplicada a seguir las trazas de las capas, e incluso series estratigráficas completas, de aérea en área. Na-

die que haya observado la extensión de bandas continuas de estratos, tales como las muestra la fotografía aérea a lo largo de ciertos frentes montañosos elevados, puede dudar, ni por un momento, acerca de la tremenda ayuda que las fotografías aéreas han suministrado a la prolongación lateral de las secuencias estratigráficas, ayuda de que carecían nuestros primeros estratígrafos.

Finalmente, deberíamos hacer especial mención de la contribución de los geofísicos al trazado de los estratos, no sólo mediante correlaciones de registros eléctricos de sondeos, sino también por la interpretación de reflexiones sísmicas y datos de refracción a través de áreas carentes de afloramientos no perforadas por sondeos, y a profundidades que no están al alcance de las máquinas de perforación.

En conjunto, las herramientas para la obtención de las series estratigráficas mediante la traza directa o la sencilla correlación de los estratos, son mucho más poderosas que lo eran en los tiempos de los primitivos estratígrafos, y resultaría verdaderamente impresionante si pudiéramos ver ahora cuán lejos nos hubieran llevado estos métodos directos, por sí solos, en nuestro avance hacia el establecimiento de un orden cronoestratigráfico de alcance mundial.

#### *Relaciones entre los estratos y la secuencia de la evolución orgánica*

Es bien cierto que la mayor parte del conocimiento que poseemos hoy día acerca de la sucesión de los estratos de la corteza terrestre se debe, en su mayor parte, a las pruebas suministradas por los fósiles. En su mero papel como constituyentes distintivos de las rocas, los fósiles han suministrado uno de los medios mejores y de más amplio uso para seguir el transcurso de las capas y establecer correlaciones entre ellas. Sin embargo, los fósiles han suministrado, yendo mucho más allá de esta contribución utilísima pero relativamente sencilla, una clave mucho más asombrosamente eficaz para el reconocimiento y establecimiento de las posiciones relativas de los estratos en regiones ampliamente distantes entre sí, así como entre continente y continente.

En primer lugar, los fósiles nos han llevado a la separación de los estratos de la corteza terrestre en dos grandes conjuntos: una serie fanerozoica, más joven, en la que el contenido fósil es abundante y en que los fósiles incluyen formas de vida de organización relativamente alta, y una serie criptozoica más vieja (Precámbrica), en que el contenido fósil falta o es escaso, y en el que la mayor parte del acopio encontrado hasta la fecha corresponde a formas de vida primitiva y relativamente sencilla. Además, dentro de las rocas fanerozoicas, en que el registro es bueno y las formas complejas, se ha seguido el avance de la evolución orgánica con gran detalle, según multitud de ramas y a través de formas innumerablemente va-

riadas y constantemente cambiantes, de modo que ha sido posible una atribución de edades relativas incrementantemente detallada, por todo el mundo, mediante el contenido en fósiles, una vez que quedó establecida la secuencia general.

Subrayó Stubblefield (1954), la relación existente entre la paleontología y la estratigrafía, y la íntima interdependencia histórica existente entre ambas. Solamente cuando se pudo llegar al conocimiento de la sucesión estratigráfica, mediante la observación directa de la superposición de capas de formas fósiles, y sólo cuando se llegó a establecer esta secuencia, pudieron ser ligadas unas a otras las series locales de rocas procedentes de regiones ampliamente distantes en el correcto orden de sus edades.

Es de tal categoría el éxito sobresaliente con el que la paleontología ha sido aplicada a la obtención de edades relativas dentro de los paquetes de estratos fanerozoicos durante los últimos ciento cincuenta años, que un observador extraño podría pensar que ya no existen obstáculos para la conclusión de la determinación al máximo detalle de la ordenación cronoestratigráfica mundial de estas rocas. Sin embargo, resulta desde luego patente a la mayor parte de los bioestratígrafos, que no es ese el caso. Sólo una fracción infinitésima de la vida del pasado ha sido puesta al alcance de nuestros estudios. Una gran parte de los estratos, incluso los de edad fanerozoica, no contienen fósiles o los contienen en muy reducida medida; por otra parte, los bioestratígrafos se ven embarazados en algunas ocasiones, localmente al menos, por una gran abundancia de fósiles de diferentes tipos, cuya evolución se ha llevado a cabo a ritmos muy distintos. Otras veces, los restos fósiles encontrados en depósitos de ciénaga, no son los mismos que los de depósitos fluviales, o de líneas de costas marinas, o desiertos, o lodos de mares profundos, y resulta difícil establecer la correlación lateral de épocas entre estos ambientes diferentes sobre la base de sucesiones evolutivas de fósiles. Las circunstancias concurrentes en la conservación de los fósiles han sido también sumamente variables, y por una parte han dejado espacios vacíos, mientras que por otra han permitido el retrabajamiento y repetición de deposición de formas. Finalmente, discordancias, hiatos y complicaciones estructurales, han introducido con frecuencia confusión en la interpretación del registro fósil.

La era criptozoica o precámbrica merece mención especial desde el punto de vista litoestratigráfico. Durante largo tiempo, esta época pareció desde el punto de vista paleontológico, tierra de nadie, pero durante los últimos decenios se han logrado importantes avances en la penetración de los secretos de la vida retenida en el pobre registro de estos estratos. Parece que estamos ahora en posesión de pruebas razonables de que la vida existía ya en la época de las rocas más viejas entre las existentes en la Tierra, hace tres a cuatro miles de millones de años (Ahrrens, 1955). Es cierto que son muy escasas las trazas de vida en éstas las rocas más primitivas, consis-

tentes en grafito o carbón en fina diseminación, y en algunas calizas, pero en las rocas calizas de edad algo más reducida, se han encontrado en todo el mundo stromatolitos y algunos otros restos de tipo alga; las calizas no son infrecuentes, e incluso se han observado huellas de carbón y de petróleo. ¿Qué mayor desafío para los bioestratígrafos que el esfuerzo de organizar el conocimiento de la vida durante estas largas y oscuras épocas, que constituyen los nueve décimos de duración total de la existencia de la Tierra, antes de que, por decirlo así, el registro fósil hiciera su explosiva aparición en escena? El descubrimiento reciente llevado a cabo en Ediacara, en Australia del Sur, y analizado por Glaessner (1960), de una abundante fauna de blandos cuerpos, constituida por celentéreos, anélidos y otras formas (incluidas algunas que se conocen solamente en el Precámbrico de Africa del Sur y de Inglaterra), dentro de una serie precámbrica que asciende gradualmente sin interrupción hasta estratos del Cámbrico bajo, con fósiles de concha dura, resulta un indicio de que aún nos queda mucho por aprender acerca de la vida del Precámbrico.

#### *Establecimiento de edades de los estratos por medio de la radioactividad*

El descubrimiento, al principio de este siglo, de que algunos de los elementos contenidos en las rocas de la corteza terrestre están en estado de continua desintegración radioactiva y llegan a constituir otros elementos o isótopos a una velocidad que, no sólo es constante, sino también lo suficientemente rápida como para ser susceptible de medida, abrió a los geólogos una perspectiva para lograr el establecimiento de las edades de las rocas, hallazgo tan afortunado que aún parece casi inverosímil. La ciencia de la estratigrafía está en inmensa deuda con respecto a estos científicos e instituciones que se ocupan de la geología por todo el mundo y que, a pesar de las complicadas, laboriosas y minuciosas técnicas implicadas necesariamente en el proceso, y a pesar de repetidos descorazonamientos, han persistido en sus esfuerzos para lograr el desarrollo, y refinar y aplicar los métodos de la datación radioactiva. Aunque las actividades en este campo están, con toda certidumbre, todavía en sus etapas más primitivas, y aunque aparezcan todavía complicadas por muchos factores de incertidumbre, los resultados actuales parece ser que han proporcionado un concepto merecedor de razonable confianza acerca de la magnitud general del tiempo geológico y susceptible de ofrecer una promesa firme de medidas y dataciones mucho más exactas para el futuro.

Hasta el momento actual, los resultados estratigráficos más útiles parecen haberse obtenido por los métodos de uranio-plomo (también torio-plomo y plomo-plomo), rubidio-estroncio, potasio-argón, y carbono 14, siendo cada uno de ellos especialmente útil bajo determinadas y apropiadas

circunstancias. Son todavía engorrosos los problemas suscitados por la evaluación de factores, tanto de herencia como de fugas de productos, pero la concordancia entre los resultados obtenidos por métodos diferentes sobre una misma roca, o por el mismo método en minerales distintos de una misma roca, inspiran especial confianza.

La escala de tiempos obtenida por Holmes en 1947 mediante medida de radioactividades ha sido revisada recientemente, a la vista de nuevos datos, por Arthur Holmes (1960) y por J. L. Kulp (1960), con una concordancia muy satisfactoria en las conclusiones. Sin embargo, como observa Holmes (pág. 203), «para enfrentarse con las exigencias requeridas en la obtención de una escala de tiempos razonablemente exacta, es preciso que las edades medidas merezcan mucha más confianza, y que estén estrechamente correlacionadas y distribuidas de una manera equitativa a lo largo de los períodos, en mejor y mayor medida que lo que hasta ahora ha resultado posible». Faul (1960) ha suministrado recientemente una evaluación crítica del estado actual del establecimiento de edades por métodos radioactivos.

Es importante que recordemos siempre que lo que nos suministran las dataciones radioactivas no es una simple lectura directa de la edad de una roca. Lo que proporcionan es, por el contrario, ciertos datos físicos acerca de la composición isotópica de determinados cristales de mineral componentes de una roca, los cuales datos, sólo después de establecidas ciertas hipótesis y de aceptadas algunas concesiones, es cuando pueden permitir una interpretación acerca del número de años que han transcurrido desde el nacimiento de dichos cristales. Lo que a su vez puede exigir, además, una interpretación de la datación del proceso generador de los cristales, el cual, y según sean las circunstancias, puede ser más o menos indicador de la edad de la muestra de roca que engloba los cristales, y esta edad puede a su vez y finalmente, por sus circunstancias de campo, facilitarnos la interpretación de la edad de los estratos a los que está asociada la muestra de roca. De modo que el establecimiento de la edad de los minerales de un granito, nos proporciona la época de su cristalización, que puede ser distinta de la de intrusión, y la datación de la biotita en una pizarra puede suministrar la edad del metamorfismo responsable de la conversión de un determinado estrato en pizarra cristalina, pero a veces no la edad del estrato de origen en sí mismo; la edad de los minerales autigénicos en una roca sedimentaria establece la edad del proceso diagenético, que ha producido esos minerales, pero no nos da, de manera obligada, la edad de deposición de los sedimentos, ahora inclusores; y el establecimiento de la edad de minerales detríticos en un sedimento no es, evidentemente, sino la datación de material pétreo más antiguo que el estrato sedimentario mismo. Desde luego, que todas estas dataciones resultan extremadamente valiosas en sí mismas, como indicadoras de la situación en el tiempo de

ciertos acontecimientos geológicos, pero es preciso que reconozcamos sus limitaciones como indicadores directos de las edades de los estratos.

E, incidentalmente, ¿cuál es la edad de un lecho de micacitas constituido por un metamorfismo en tiempos silurianos sobre una marga pizarreña cambriana derivada de productos de la erosión de un granito precámbrico? ¿Será la edad cambriana de la marga, o la precambriana de los productos de erosión del granito, o la siluriana del proceso de metamorfismo?

Aunque los métodos radiactivos son casi únicos en su capacidad potencial de suministro de valores absolutos de edades, expresadas en años o en millones de años, es de todos modos probable que su contribución a la obtención de edades *relativas*, como complemento de las pruebas suministradas por otros procedimientos y con desprecio de los valores de edad absoluta, sea lo que realmente vaya a resultar lo más importante. La datación radiactiva nos ofrece un posible contraste para las muchas incertidumbres restantes en las atribuciones de edades relativas de las rocas fanerozoicas, y nos ofrece la máxima esperanza de llegar a averiguar, sobre la base de una escala mundial, las relaciones de edades relativas existentes entre la gran masa de las rocas precámbricas, las cuales representan el 90 por 100 de los tiempos geológicos, en las que los fósiles son escasos, y en que las complicaciones estructurales y el metamorfismo sólo permiten la observación directa de las series originales a intervalos locales. Por inexactos que puedan resultar los métodos radiactivos en la época actual, sin embargo, nos proporciona una gran tranquilidad pensar que casi todas las rocas están dotadas de pequeños relojes radiactivos de alguna clase, que marcan el tiempo continuamente, y que almacenan registros de tiempos que con toda probabilidad seremos capaces de interpretar algún día con mucha más exactitud que lo que ahora es posible.

#### OTROS INDICADORES DE EDAD O DE POSICIONES CRONOESTRATIGRÁFICAS

Baste con lo dicho por lo que se refiere a las principales bases de determinación de edades, superposición de estratos, evolución orgánica y radiactividad. De estos tres métodos, el único verdaderamente independiente es el de la superposición. Los de evolución orgánica y radiactividad, aunque independientes actualmente, sólo pudieron ser establecidos originalmente mediante la ayuda de algún conocimiento previo de las series. Puede merecer la pena, por consiguiente, examinar si hay otras directrices de información que, ahora que se ha obtenido una secuencia general, puedan ayudar al reconocimiento de las posiciones cronoestratigráficas. Incluso aunque no lleguen a reflejar cambios irreversibles (en la medida en que se consideren irreversibles los cambios en la evolución orgánica), hay, sin embargo, otras características que pueden resultar de utilidad, en determi-

nadas circunstancias, para la identificación de posiciones dentro de la escala cronoestratigráfica.

#### *Litología.*

Echemos un vistazo, en primer lugar, a la simple litología. Hay probablemente pocos de nosotros que no hayan examinado alguna vez algún nuevo afloramiento de rocas y no hayamos exclamado «parece triásico típico», o «sin poder decir por qué, pero esto tiene todo el aspecto de Cambriano». ¿Qué es lo que verdaderamente hay en el carácter litológico de los estratos que sea representativo de su edad? Hemos avanzado mucho desde el Wernerismo, pero ¿existe quizás aún algo de verdad en la idea de que los tipos de rocas varían con la edad geológica? Véanse a este respecto los análisis de Rubey (1951, pág. 1.114), Fairbridge (1954) y Pettijohn (1957, págs. 682-690).

Imagino que tal examen podría muy bien empezarse con una mirada a la litografía precambriana, comparada en la de los estratos fanerozoicos. Mientras que muchos admiten que el principio del uniformitarianismo es extensible a toda la época precambriana, al menos de manera general, hay, sin embargo, cantidad de observadores que de tiempo en tiempo han señalado la existencia de determinadas características en las rocas primitivas, que suponen diferentes. Sin embargo, en general, los resultados de la acumulación incrementante de información acerca del Precambriano del mundo entero tiende a negar o más bien a apoyar generalizaciones basadas en la aceptación de litologías distintas. En una conferencia reciente (Hawkes, 1958, página 315), llegó a la conclusión de que en general las rocas que se constituyeron en los tiempos precambrianos fueron semejantes a las que se forman en la actualidad, pero que la proporción de sedimentos indiferenciados (grauwacas y arcosas) era más alta, de acuerdo con el concepto de que con el avance de las épocas geológicas y la repetición de ciclos de erosión y deposición habría de tenderse hacia un incremento en las proporciones de sedimentos de diferenciación completa, tales como cuarcitas y rocas arcillosas. Subraya, sin embargo, que lo verdaderamente importante es que estos tipos diferenciados se encuentran también, en cierta medida, incluso en las rocas más viejas. Y menciona la existencia de filadíos, cuarcitas y calizas entre las más antiguas rocas de Suráfrica; además los registros de otros continentes incluyen ahora cierto número de observaciones de existencia de carbonatos sedimentarios y cuarcitas entre los más viejos estratos precambrianos (por ejemplo: Armstrong, 1960).

Ha sugerido Gill (1957, págs. 186-187), que sería razonable esperar, desde un punto de vista teórico, la falta de calizas y cuarcitas entre las más viejas rocas, no sólo como consecuencia de que las circunstancias de la me-

teorización de los más primitivos tiempos precambrianos no habrían sido favorables a la destrucción completa de los materiales rocosos hasta sus fracciones minerales, sino también porque hayan podido faltar las rocas portadoras de grano basto de cuarzo suministradoras de arenas cuarzosas; y, respecto a las calizas, porque no podrían depositarse hasta que los océanos primitivos se hubieran saturado de  $\text{Ca CO}_3$ . Sin embargo, llega simultáneamente a la conclusión de que «si hay algo verdaderamente distinto en los sedimentos arcaicos, ese algo está aún por definir».

Es probable que el ejemplo más difundido de una roca precambriana típica, y distinta de las otras épocas, sea el de los estratos ferrífero-silíceos fajeados de las regiones del Lago Superior, Escandinavia, Rusia, Africa del Sur, Mauritania, India, Australia, Brasil, Venezuela y algunos otros sitios. La amplia representación de rocas de este tipo, que parecen exclusivas del Precambriano, es ciertamente muy notable, pero ha habido también desarrollo, en menor escala, de rocas algo parecidas en épocas posteriores, y la comparación detallada entre las manifestaciones precambrianas mostraría probablemente diferencias muy considerables en rocas que acostumbramos a considerar como idénticas. Harold James (1960, pág. 107), previene contra la idea de que estos estratos ferríferos sean significantes de edad muy específica, incluso en el caso de que queden constreñidos al Precambriano, puesto que su datación radiactiva sugiere que los intervalos de tiempo transcurridos entre las deposiciones de rocas de este tipo en el Precambriano del Lago Superior pueden ser tan largos, o más aún, que todo el Fanerozoico.

Daly (1909) y otros, sugieren que es posible que haya una mayor abundancia de dolomías y calizas magnesianas con respecto a las calizas corrientes durante el Paleozoico antiguo y el Precambriano alto, si se los compara con estratos posteriores. Chillingar (1956, pág. 2.266), llega a la conclusión de que «no hay relación sencilla entre la proporción  $\text{Ca/Mg}$  y la edad de las rocas carbonatadas. Hay, sin embargo, una recesión general en la abundancia de dolomías (o aumento en la proporción media  $\text{Ca/Mg}$ ) al ascender en la columna geológica, con fluctuaciones periódicas superimpuestas de calizas calcíticas y dolomíticas».

Cierta cantidad de otros tipos de rocas parecen característicos de, o limitados a, determinadas partes de la columna fanerozoica, pero también es cierto que están en clara relación de dependencia de origen con respecto a la vida vegetal o animal, y por consiguiente puede ser considerado este factor como otro ejemplo más de establecimiento de edad mediante la evolución orgánica. Por ejemplo, mientras la materia carbonosa se conoce en épocas tan remotas como lo son las precambrianas, la presencia de depósitos de carbón importantes resultarían indicativos de una edad carbonífera, o más moderna. De igual manera, aunque se han encontrado trazas de

petróleo cuyo origen radica en rocas precambrianas (James, 1960, pág. 111), su presencia indígena, en cantidades considerables, aparece limitada a rocas fanerozoicas. La greda se considera como típica del Cretáceo, y la diatmita sólo se conoce en el Terciario, e incluso los minerales de hierro silíceos precambrianos pueden ser referidos a la vida orgánica. De todos modos, el extenso desarrollo de los tipos de roca mencionados suministran alguna indicación de orden general acerca de su posición cronoestratigráfica, por su mera litología.

Algunos otros tipos de roca, aunque no están constreñidos entre límites cronoestratigráficos, han llegado a ser popularmente considerados como particularmente corrientes en determinadas partes de la columna estratigráfica; así las capas rojas del Permiano y del Triásico, las arcillolitas moteadas del Terciario, los cherts radiolaríticos del Jurásico, los lignitos cretáceos y terciarios, las evaporitas permianas. Sabemos, sin embargo, que éstos son productos litológicos de determinados ambientes, y también sabemos que estos ambientes no tenían alcance universal en ninguno de los períodos antes mencionados, ni estaban tampoco limitados, ni mucho menos, a estos períodos.

#### *Mineralogía y criaderos.*

Parece que algunos minerales y menas muestran alguna relación con respecto a su edad geológica. Así, por ejemplo, la glauconita, que es corriente en todos los sistemas fanerozoicos, pero que se cita muy raramente por debajo del Cambriano y solamente en el Precambriano más joven. De la misma manera han observado muchos que la mayor parte del oro del mundo procede del Precambriano más antiguo del Canadá, Suráfrica, Australia, India y Brasil. Gran parte del cobre mundial sedimentario nos viene del Permiano y del Triás, y muchas de las tan extendidas capas rojas del Triásico se caracterizan por un contenido en cobre excepcionalmente alto. Micholic (1947), ha comentado que las menas de níquel aparecen en forma predominante en las rocas precámbricas, las de estaño en el Paleozoico, las de plomo y zinc desde el Paleozoico bajo hasta el Terciario alto, y el mercurio en el Terciario alto. Sin embargo, atribuye tal distribución en parte al hecho de que la erosión diferencial ha puesto de manifiesto en proporción mayor los filones metálicos de altas temperaturas de formación (origen más profundo), mientras que los criaderos de más bajas temperaturas (más someros), se han conservado relativamente mejor en las rocas más modernas. Lo atribuye también, en parte, a los más empinados gradientes geotérmicos de los tiempos geológicos remotos.

De Roever (1956, pág. 125), hace notar la falta del mineral lawsonita en rocas constituidas por metamorfismos pre-mesozoicos, y la relativa ra-

reza del glaucofano y la crossita en dichas rocas. Y lo explica así: «No sólo una evolución de la vida a lo largo de la historia de la Tierra, pero también algo de cambio en el carácter de las asociaciones minerales creadas durante las fases principales de los metamorfismos regionales de diversas épocas orogénicas».

Muchos petrógrafos de rocas sedimentarias han observado una tendencia general hacia la simplificación de las secuencias de minerales pesados detríticos con la mayor edad de la roca encajante (*Véase* sobre todo Petti-john, 1941).

#### *Composición química.*

Se ha investigado repetidamente cuál sea la posibilidad de cambios sistemáticos en la composición química general de los sedimentos con el avance de los tiempos. Rubey (1951), queda sorprendido por las pruebas de la constancia, de largo alcance, en las composiciones tanto de la atmósfera como de las aguas marinas (pág. 1.111), y llega a la conclusión de que mientras: «La composición de ambas, agua del mar y atmósfera, puedan haber variado algo durante el pasado..., el registro geológico señala que estas variaciones han quedado probablemente dentro de límites relativamente estrechos».

Nanz (1953) ha comparado la composición química de las pizarras precambrianas con respecto a las de eras más jóvenes y encuentra un decrecimiento progresivo en  $Al_2O_3$ , FeO, hierro total,  $K_2O$  y carbono, con la edad decreciente. También encuentra un incremento progresivo en CaO,  $P_2O_5$ ,  $CO_2$  y  $SO_3$  que piensa pueda estar relacionado con el desarrollo de la vida. Las otras variaciones consistentes las atribuye a «las texturas progresivamente más bastas de las muestras más jóvenes». Briggs (1959), hace comentarios acerca de un decrecimiento progresivo en las relaciones ferrosféricas a partir de unos dos mil millones de años; atribuye el decrecimiento al cambio ocurrido, a partir de una previa atmósfera reductora, hasta que llegó a formarse progresivamente otra más oxidante, como consecuencia del desarrollo de la vida vegetal. Poldervaart (1959), ha ofrecido una discusión interesante de la evolución química de la corteza terrestre.

#### *Paleomagnetismo.*

Estudios llevados a cabo acerca del paleomagnetismo terráqueo han sugerido una perspectiva sumamente intrigante para la datación de los estratos. Si el magnetismo remanente de una roca constituye un registro de la posición de los polos magnéticos terráqueos en la época de constitución de la roca, y caso de que haya habido desplazamientos de orden mayor

de los polos a lo largo de los tiempos geológicos (como parecen indicarlo los estudios realizados), si utilizamos entonces como orientación inicial lo que ya sabemos acerca de la edad de las secuencias de estratos, tendríamos en el paleomagnetismo un medio sumamente accesible para la ampliación de nuestras dataciones originales. La evaluación de las posibilidades de este método tendrá que esperar hasta que haya progresado más la investigación y se haya comprobado mejor la validez de algunas de las hipótesis establecidas, pero ya van apareciendo muchos trabajos en los que sobre la base de las mediciones paleomagnéticas, se llega a conclusiones acerca de la edad (*Véase* Cox y Doell, 1960, en un análisis reciente del paleomagnetismo).

#### *Paleoclimatología.*

Se encuentra abundante evidencia en los estratos terráqueos de cambios de clima de orden mayor ocurridos en diversas regiones durante el transcurso de su historia, y hay base para creer que algunos de estos cambios puedan haber sido el resultado de causas extraterráqueas, u otras causas de naturaleza tal que hayan sido capaces de afectar el clima de la Tierra conjuntamente. Sin embargo, como hace notar Dorf (1960), los climas no están en sí mismos sujetos a fosilización, y las claves que poseemos con respecto a los climas antiguos han de ser deducidas de sus huellas en los registros geológicos, plantas y animales fósiles, depósitos glaciales, evaporitas, capas rojas, yacimientos de carbones de ciénaga y en otros diversos hechos que reflejan el clima. Es de especial importancia para nuestro conocimiento de cambios climáticos de alcance mundial, la masa incrementante de datos acerca de las temperaturas oceánicas en tiempos pasados que nos ha sido suministrada por el termómetro geológico de isótopos del oxígeno, de Urey. A pesar del efecto enmascarador de las variaciones normales de latitud y de otros factores regionales que afectan al clima, parece que haya habido variaciones en las temperaturas y precipitaciones del pasado lo suficientemente generales como para suministrar ayuda en el establecimiento mundial de edades de los estratos.

#### *Cambios en el nivel del mar.*

Uno de los conceptos clásicos de la geología histórica es el de que ha tenido lugar una alternancia rítmica de transgresiones y regresiones de los mares, de alcance mundial (*Véase* el examen de esta cuestión hecho por Dunbar y Rodgers, 1917, págs. 305-306). En la medida en que este concepto sea válido, debería suministrar un medio importante para establecer relaciones entre las posiciones de los estratos de todo el mundo con respecto a una

secuencia tipo, una vez que se haya llegado al establecimiento de ésta. La identificación y correlación de alternancias de sedimentos marinos y no marinos, de depósitos en aguas someras y profundas, y de facies transgresivas y regresivas debería constituir, por consiguiente, una clave sencilla para el ensamble de las series locales, hasta llegar a constituir un conjunto cronológicamente ordenado. Es cierto que esto ha sido llevado ya a cabo con éxito a lo ancho de regiones muy extensas. Sin embargo, aunque el nivel del mar sea algo esencialmente uniforme por todo el mundo y aunque las adiciones locales de volúmenes de aguas se transmitan rápidamente como un alzamiento del nivel de todos los mares, no podemos, sin embargo, dejar de albergar la sospecha de que muchos de sus efectos en el registro de las rocas no son debidos ni a los cambios del volumen total de las aguas marinas ni a los cambios generales en la forma de las cuencas oceánicas, sino que más bien son la consecuencia de variaciones locales de las posiciones relativas entre mares y tierras en determinadas áreas costeras. Parece evidente que los movimientos locales de sentido vertical de la corteza terrestre, y tanto de los continentes como de las cuencas oceánicas, hayan sido tan grandes y geográficamente variables con relación al tiempo, que han dejado mucho menos orden en el registro pétreo mundial de las transgresiones y regresiones marinas que lo que algunos teóricos esperarían encontrar. Además, no hay razón para que pensemos que los sedimentos de una transgresión hayan diferido en forma reconocible de los de otras. Gignoux (1936, págs. 494-495), ha hecho resaltar de excelente manera la precaución con que se deben mirar las transgresiones, incluso una de tan amplia aceptación como lo es la del Cretáceo superior.

#### *Orogenias.*

Otro ejemplo clásico de concepto de geología histórica es el de que las orogenias periódicas de alcance mundial «puntuán» el registro, y que mediante sus efectos en la sedimentación, erosión, actividad ígnea y deformaciones de las rocas, suministran indicaciones potenciales en lo referente a la posición cronoestratigráfica. Es, de nuevo, verdaderamente cierto a lo ancho de amplias áreas; pero, como discutiremos más adelante, resulta dudoso que la naturaleza de las orogénesis haya sido tal que hubiera podido crear efectos y dejar huellas, semejantes y sincronas, de alcance mundial en el registro de las rocas.

#### *Actividad ígnea.*

Quizás ha habido algún decrecimiento general en la actividad ígnea conjunta de la corteza terrestre desde el comienzo del registro pétreo, y es posi-

ble también que haya habido algunas variaciones amplias todo a lo largo de las épocas geológicas, pero no hay nada que pudiera constituir por sí mismo un hilo de mucha confianza para guiarnos en la datación mundial de los estratos. De la misma manera, han sido observadas variaciones ordenadas en la composición de las rocas ígneas en relación con su época de origen para determinadas provincias, pero parece que haya escasa base para llegar a conclusiones acerca de la existencia de variaciones de alcance mundial en la composición de rocas ígneas en relación con la edad geológica. Es interesante, sin embargo, el hecho de que T. Wilson (1952) haya hecho notar que las más viejas rocas de Norteamérica, Australia y Suráfrica son volcánicas verdes, de las que opina que puedan ser contemporáneas, y constituir una división distinta, dentro de los tiempos arcaicos más antiguos. Las relaciones entre los sedimentos y los períodos de intrusión han sido utilizadas, desde luego, con frecuencia para el establecimiento de edades regionales. Hess (1955), ha demostrado el valor de la datación de serpentinas como clave para el establecimiento de edades de los nacimientos de cadenas montañosas.

#### *Discordancias.*

Las relaciones de los estratos con respecto a las superficies de discordancia de orden mayor constituyen una clave de amplio uso para determinar la posición cronoestratigráfica aproximada y es un criterio en el que se basan con frecuencia las determinaciones de edad. Su utilidad es grande, de modo general, para los estudios de categoría inter-regional, pero debería tenerse siempre en cuenta que no se conocen superficies de disconformidad que alcancen la categoría mundial, y también que en muchos de sus aspectos las discordancias se cuentan entre las referencias más mediocres para la fijación de tiempos, puesto que por su propia naturaleza la edad de una superficie de disconformidad varía por lo común en grado sumo de sitio a sitio.

Hay otros muchos criterios de investigación que pueden suministrar también información suplementaria para la determinación de las posiciones relativas o de las edades de los estratos pétreos. Weeks (1958, páginas 3-5), han reunido una interesante lista de fenómenos de los que opina que presentan un alto grado de paralelismo con respecto a acontecimientos geológicos a la escala mundial. Sin embargo, aunque puedan ser útiles (lo mismo que los que hemos mencionado) para las correlaciones locales o regionales, son pocos los fenómenos de la lista de los que se podrá llegar a probar que hayan originado efectos identificables, idénticos y contemporáneos en los estratos de cualquier parte del amplio mundo.

Finalmente, podemos aún preguntarnos qué es lo que podría haber en las solas «huellas del tiempo» que pudieran dejar su impronta en los estratos de la corteza terrestre. Todos nos hacemos viejos con el transcurso de los años y, hagamos lo que hagamos, es bastante difícil disimular las consecuencias. Por lo general, tenemos escasa dificultad para distinguir entre un hombre joven y un viejo. ¿Existe algún medio mediante el cual podamos distinguir las rocas jóvenes de las viejas por su mero aspecto? Desgraciadamente la respuesta parece ser: sólo por el hecho y en la medida en que el más largo transcurso de existencia de las rocas viejas haya permitido la acumulación, en ellas, de mayor número de acontecimientos, y de sus consecuencias. Por consiguiente, éstas aparecerán, en general, más consolidadas, más endurecidas, más recristalizadas, más deformadas, más intruídas y más «baqueteadas» que las jóvenes, pero de todos modos ello es, sin embargo, función directa de las contingencias experimentadas, no necesariamente de la edad, y las arcillas azules cambrianas de Rusia todavía tienen un aspecto mucho más joven que las pizarras terciarias de los Alpes.

Baste con lo dicho por lo que se refiere a los medios de que disponemos para la determinación de las edades de los estratos, de las posiciones cronoestratigráficas, y para la ordenación de todos los estratos de la corteza terrestre en el lugar que les es propio, dentro de la secuencia con respecto al tiempo geológico, e incluso para la expresión de su edad geológica en términos de años o de millones de años. Hemos visto que la superposición de los estratos, la evolución orgánica, y la desintegración radioactiva, constituyen nuestras principales herramientas, pero que hay también otras muchas características de los estratos, las cuales, una vez que el orden general de sucesión aparece claro en cualquier sitio, pueden constituir una ayuda para extender nuestra datación a otras partes, y hemos visto también que otros métodos, nuevos y útiles, están actualmente en proceso de desarrollo.

Hemos hecho enormes progresos en los dos cortos siglos durante los cuales los geólogos se han entregado a esta tarea, pero es evidente que es necesario ir aún más lejos. Ninguno de nuestros actuales métodos es infalible, todos tienen defectos y limitaciones e, incluso cuando se reúnen todos, quedan grandes dudas e incertidumbres. No obstante, el futuro está lleno de promesas y creo que podemos esperar con confianza que continúe en el futuro el rápido progreso de los tiempos pasados, si reconocemos en la estratigrafía el ancho campo que en realidad constituye, y si dejamos la puerta abierta para la cooperación entre todos los criterios de información estratigráfica (tanto los conocidos en la actualidad, como los que se puedan descubrir) para la consecución de nuestra meta fundamental, la obtención de la *cronoestratigrafía*.

#### CLASIFICACIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA

En la datación, o determinación de las posiciones relativas de los estratos de la corteza consiste la tarea fundamental de la cronoestratigrafía, y sin embargo, ésto no es todo. Tenemos además el problema, muy de la práctica, de cómo se han de manejar y utilizar los resultados de nuestro trabajo. Nuestro objetivo es sencillo. En su más amplio sentido, el objeto de la cronoestratigrafía reside en la interpretación de la historia de la Tierra mediante la secuencia de sus estratos. Pero la historia necesita sus puntos de referencia, fechas y divisiones. El registro de tres o cuatro millones de años escrito en millones de kilómetros cúbicos de estratos es de proporciones demasiado vastas para que lo manejemos como un conjunto. Debemos descender a unidades menores si hemos de cubrir objetivos prácticos. Es preciso que completemos la determinación de edades con la *clasificación de edades*. ¿Cómo podríamos lograrlo?

El concepto de historia está fundamentalmente involucrado con el de tiempos. Con respecto al punto de origen de los tiempos existe solamente *un* solo y verdadero orden de estratos, *una* sola y verdadera secuencia, todo ello referido a *un* solo orden de tiempos. Y sólo hay *una* sola clase de tiempo (1). No transijo con el criterio de que la evolución orgánica mide una clase de tiempo y la desintegración atómica otra. Podemos hablar de edades relativas y de edades absolutas, pero lo son con respecto a una sola y misma clase de tiempo. Lo que sí tenemos es varios medios diferentes de determinación de edades y, como dijimos, nuestra máxima esperanza de éxito reside en el entrelazamiento mutuo de estos métodos, en la combinación de los logros que cada uno de ellos pueda conseguir. Para alcanzar este objetivo, por consiguiente, debemos usar unidades de referencia que puedan ser aplicadas a todos y cada uno de estos métodos.

¿Cuáles son estas unidades? ¿Cuáles son los contrastes de medida que podemos emplear? ¿Cuáles estas unidades de referencia con respecto a la historia geológica? Pues si en la historia corriente usamos años o siglos, también hemos visto que en la geología histórica, nuestros métodos radiactivos pueden ser aplicados para interpretar y expresar las edades en términos de años. Sin embargo, la esfera del reloj de la evolución orgánica no nos marca años, sino la sucesión de las formas de vida. En el mé-

(1) Con posterioridad a la enunciación de esta conferencia, Preston Cloud ha tenido la amabilidad de atraer mi atención sobre el escrito de J. B. S. Haldane en «Nature» (vol. 15, núm. 3.888, pág. 555, 6 mayo 1944), que se refiere al interesante concepto de Milne de dos escalas de tiempos diferentes. Lo que sin embargo no implica más que una sola clase de tiempo.

todo de superposición de los estratos es el número y la sucesión de las capas lo que constituye nuestra escala. Y en otros métodos, es de los cambios de otras determinadas particularidades de los que depende nuestro concepto de edad relativa.

¿Cuál es entonces el denominador común mediante el cual podemos reunir todos estos indicadores de edades absolutas? Sólo conozco uno, y éste es el viejo, sencillo y clásico que ofrecen las rocas mismas: intervalos aceptados de estratos, estratotipos si ustedes quieren. Estimo que éstos deben ser nuestros contrastes fundamentales de referencia para la historia de la Tierra, y la base de nuestra clasificación de edades.

La historia de la Tierra, con toda su variada serie de acontecimientos, nos ha quedado escrita *solamente* en la sucesión de estratos que constituyen la corteza terrestre. Estos estratos comportan la relación, tal como nos es dado conocerla, como las páginas de un libro. Este libro ya está impreso, sin nuestra ayuda ni opinión. Pero todavía podemos dividirlo en capítulos, según nos convenga y si lo deseamos, pero sólo podremos conseguirlo, agrupando las partes del todo en conjuntos de páginas. Podríamos discutir indefinidamente entre nosotros respecto a cuáles son los acontecimientos de la historia que deberían constituir las bases para el establecimiento de los capítulos, según lo que interese a cada uno, y los puntos de vista personales, pero las páginas seguirán siendo las mismas como quiera que las agrupemos; y, como las páginas del libro, así los estratos de la Tierra son nuestras únicas bases fijas de referencia para capitular la historia de la Tierra, para constituir las divisiones de nuestra escala cronoestratigráfica.

Habrán algunos que deseen apoyar los capítulos mayores o divisiones (nuestros *sistemas* geológicos), en los cambios de la evolución orgánica; otros en los acontecimientos diastróficos, otros en los cambios paleoclimáticos, otros en las dataciones radioactivas. Pero todos estos criterios constituyen conceptos cuyo alcance puede variar con la opinión, o con nuevos descubrimientos, o con nuevas determinaciones. Si fijamos la base de un sistema, o de una serie, o de un piso, como una sección (o secciones) de estratos, designada y aceptada por nosotros, entonces tendremos todos un contraste común de referencias, que, en su tipo, significará únicamente un intervalo específico, para todos y cada uno de nosotros, en la escala de los tiempos, con independencia de nuestra interpretación siempre cambiante de la historia geológica. Y ello no constituye una congelación de lo que nosotros medimos, como algunos han pretendido (Bell, 1959), sino una congelación de las unidades mediante las cuales medimos. Y opino que esta constancia es lo que procuramos y deseamos lograr en cualquier contraste de medidas de la clase que sea. Entonces ya podremos proceder a la extensión de nuestros sistemas y series, de la mejor manera posible por el

mundo entero, dentro de lo que dé de sí la suma total de nuestros medios de correlación de tiempos, con la seguridad de que todos trabajamos para la consecución de los mismos fines, por los mismos medios y con los mismos criterios (Hedberg, 1959, pág. 676).

### *Nuestras actuales unidades cronoestratigráficas*

La historia de muestras actuales, y así denominadas, unidades cronoestratigráficas, es interesante. Comentaré aquí solamente algo acerca de aquellas unidades de rango mayor, y supuesta extensión mundial —los denominados *sistemas*— y lo haré con gran brevedad, parafraseando algunos comentarios míos de hace muchos años (Hedberg, 1948).

La mayor parte de nuestros denominados sistemas nacieron durante la primera parte del pasado siglo. Estas divisiones tuvieron su origen sobre todo en Europa occidental, en una época en que la ciencia de la estratigrafía estaba en su más tierna infancia, cuando sólo se conocían las sucesiones estratigráficas de una porción muy reducida de la corteza terrestre. Algunos de estos sistemas estaban basados originalmente en características litológicas de las que se pensaba que caracterizaban rocas pertenecientes a un intervalo determinado de los tiempos geológicos; otros consistían en nuevas designaciones aplicadas a secuencias observadas de rocas en determinadas áreas geográficas; otros fueron introducidos más tarde como remedio para incluir estratos intermedios objeto de discusión. En general, los puntos de partida para la definición original fueron notablemente variados y azarosos, y el orden de su establecimiento sin relación alguna con respecto a sus posiciones dentro de la secuencia de tiempos; y desde luego no fueron resultado de cualquier plan meditado y pre-establecido para la repartición en zonas de los estratos terráneos como conjunto. Citemos a Stubblefield, de Gran Bretaña (1954, pág. 153), donde tuvieron su origen muchos de estos sistemas:

«Fueron definidos gradualmente y sobre bases variables, y en su mayor parte empíricas. Aunque se buscó algún grado de unidad paleontológica, las líneas divisorias fueron trazadas, en general, según discontinuidades físicas de orden mayor, o cambios en la litología conjunta, que pareció entonces que tenían alcance regional»

Véase también Rastall (1944), R. C. Moore (1955, págs. 547-571), Spicker (1956, pág. 1.803), Weller (1960, pág. 39) y otros.

Sin embargo, aún concedido que los denominados sistemas de nuestra escala tipo fueron creados más o menos al azar, en diferentes sitios y en épocas diferentes, resulta, de forma bastante sorprendente, que han desempeñado muy bien su función. A partir de la multiplicidad de sistemas originalmente propuestos, algunos han destacado y han sido aceptados por

los estratigrafos en general, porque han mostrado ser *útiles* como contrastes de referencia para el tiempo geológico sobre una base mundial. Desde luego resultan imperfectos en muchos aspectos, y es cierto que podríamos dividir la sucesión estratigráfica de manera muy diferente si es que tuviéramos que hacerlo actualmente de nuevo. Desterremos, sin embargo, la idea de que deberíamos crear confusión en el gran trabajo llevado a cabo en los tiempos mediante un cambio radical de nuestro sistema de divisiones y de su nomenclatura en la actualidad. Creo, por el contrario, que debemos continuar viviendo aprovechando la comodidad de lo que tenemos. Pero es preciso que comprendamos con exactitud qué es lo que realmente hemos heredado con nuestros sistemas actuales, que quizás no es ni más ni menos que unidades de referencia, escogidas más bien en forma arbitraria, para expresar las edades geológicas, y que nos demos cuenta de que debemos afinarlas y definir las mejor en términos de secciones tipos de estratos de rocas, de manera que puedan servir mejor su sencilla y utilísima función, con desprecio de cualquier otro significado que puedan tener.

#### *Concepto de «discontinuidades naturales» de alcance mundial*

Históricamente, la mayor parte de los sistemas contrastaban intensamente, en sus localidades de origen, con las adyacentes, mediante diferencias sobresalientes de litología, estructura, o contenido fósil, y sus autores creían que sus límites eran indicadores de puntos de divisiones «naturales» en la historia de la Tierra (Véase Hedberg, 1948). Quizás, incluso más que los creadores mismos, fueron sus sucesores inmediatos los que supusieron que estas unidades de sistema representaban escalones bien definidos, y de alcance mundial, en la historia de la Tierra. El trabajo realizado posteriormente ha demostrado que la mayor parte de las supuestas y agudas discontinuidades de las áreas tipo eran realmente debidas a cambios locales de ambiente, o a disconformidades o hiatos que originaban lagunas en la sucesión estratigráfica local. Se han encontrado y obtenido buenas columnas sedimentarias actualmente por todo el mundo, que rellenan muchos de estos huecos y que completan una sucesión de fósiles mucho más ordenada y continua que lo que antes se pensaba posible. Sin embargo, y siguiendo el impulso de estas primitivas ideas, ha persistido la creencia altamente atractiva de que los sistemas son unidades «naturales» señaladas por cambios mundiales relativamente abruptos en la historia de la Tierra y en la sucesión evolutiva de las formas de vida. Aunque suerte de tal categoría nos pareciese a algunos de nosotros rayana en lo milagroso, en vista del método con que fueron establecidos los sistemas originalmente, son, no obstante, tantos los que aceptan una coincidencia de los sistemas actuales con las así denominadas discontinuidades «naturales», y resultarían además tan conveniente

si ello fuera verdadero, que su validez alcanza una importancia crítica por la categoría de sus efectos en toda nuestra filosofía estratigráfica. (Véase el inteligente análisis en Dunbar y Rodgers, 1957, págs. 302-307). La cuestión que se plantea es: ¿Deberíamos llevar a cabo por todo el mundo la identificación de rocas mediante un sistema particular basado en un determinado concepto de acontecimientos o características de alcance mundial que se supone que jalonan los límites «naturales» de los sistemas? ¿O deberíamos contentarnos con identificar las rocas por todo el mundo mediante un sistema particular sobre la base, más empírica, de correlaciones de tiempos como mejor podamos con respecto a un tipo establecido de tal sistema, con desprecio de toda idea preconcebida de cuáles puedan ser sus características mundiales o sus relaciones con respecto a la historia de la Tierra?

#### *Pruebas que puedan existir en el registro diastrófico de la ocurrencia de «discontinuidades naturales»*

Examinemos brevemente, en primer lugar, las pruebas que podamos tener de la existencia de diastrófismos mundiales, susceptibles de ser considerados como una base «natural» útil para la separación de los actuales sistemas, y muy especialmente, puesto que puede esperarse que el diastrófico se refleje tanto en la litología como en la sucesión de formas de vida.

En una conferencia magistral pronunciada ante esta Sociedad hace doce años, quebrantó hasta sus más profundas raíces Gilluly (1949) la teoría de la existencia de orogénesis periódicas de categoría mundial. Hizo notar Gilluly (página 562), que esta teoría había sido puesta en duda por «Shepard (1923), Berry (1929), Von Bubnoff (1931), Arkell (1933), Woodring (1938), Spieker (1946) y otros. En una estimulante comunicación enunciativa en Inglaterra con el intrigante título *Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico; un desastre geológico*, por R. H. Rastall (1944, pág. 163), dijo: «Otro punto que exige gran atención, especialmente en este país, es el hecho de que los períodos orogénicos están muy lejos de tener un alcance mundial. Por el contrario, son netamente locales. Como fruto de la comparación de la historia tectónica del Noroeste europeo con cualquier área del hemisferio meridional, resultaría con toda probabilidad mucho más próximo a la verdad decir que las revoluciones de orden mayor son más bien alternantes que sincronas. Parece probable que siempre se haya estado desarrollando alguna orogénesis en algún lado, y lo mismo ocurre todavía en la actualidad».

Más recientemente, Spieker (1956) ha insistido vigorosa e indignadamente sobre esta teoría. Arkell (1956, pág. 641), dijo:

«Es de notar que nuestros conocimientos actuales, no apuntan hacia ningún plan maestro de movimientos orogénicos y epirogénicos universales,

periódicos o sincronizadas. Este tipo de acontecimiento fue episódico, esporádico, no periódico. No ha habido "pulso de la Tierra".

Gignoux (1955, pág. 248), al rechazar la periodicidad orogénica de Stille, dijo:

«Considerados a la luz de la unidad global, los fenómenos geológicos no han obedecido ni a la batuta de una orquesta ni a la regla de un geómetra.»

De la misma manera, Tyrrell (1955, pág. 41), después de analizar el ciclo geológico de Sonder (fase geosinclinal, fase orogénica, fase continental), dice:

«El empleo del esquema de Sonder a este respecto, no implica su aceptación total, ni que sea aplicable a toda la Tierra, ya que no tiene en cuenta el hecho de que la corteza terrestre se compone de unidades distintas con historias diferentes y, lo más probable, con ciclos geológicos diversos y no sincrónicos. Además, los ciclos geológicos no siempre coinciden con las eras geológicas tipo. La gran plataforma rusa, por ejemplo, ha permanecido apenas trastornada desde los tiempos precámbricos y debe haber estado sujeta a un ciclo muy diferente de acontecimientos que los experimentados por las regiones geosinclinales y orogénicas, tales como Europa occidental y Norteamérica oriental.»

King (1955, pág. 723), se inclina hacia la idea de que «las orogénesis y epirogénesis fueron episódicas más bien que continuas; los episodios afectaron a fracciones de continentes más bien que a todo el continente o a todos los continentes; los episodios pueden quedar expresados en un lugar por compresiones de la corteza, en otro por tensiones, en un sitio por orogénias, en otro por epirogénias.»

Hawkes (1958), Holmes (1960), Kulp (1960) y otros han suministrado recientemente pruebas que se oponen al concepto de orogénesis abruptas, de carácter periódico y alcance mundial, del tipo que podría ser utilizado para jalear los sistemas. Gastil (1960), sin embargo, ve una concentración de fechas de edades radioactivas a intervalos aproximados de doscientos millones de años, y sugiere que constituyen una distribución cíclica de amplos períodos de reajuste cortical.

*Pruebas que ofrece el registro de la evolución orgánica respecto a la existencia de «discontinuidades naturales» de alcance mundial*

Volamos ahora nuestra atención hacia las pruebas que, de «discontinuidades naturales», nos pueda ofrecer, a la escala de lo mundial, el registro de la evolución orgánica. El simposio acerca de la *Distribución de explosiones evolutivas durante los tiempos geológicos* organizado por Lloyd Henbest y publicado en el «Journal of Paleontology» (1952, págs. 298-394), fue de extremo valor, y representa un esfuerzo para analizar las pruebas que pueda ha-

ber de cambios abruptos de categoría mundial en el registro paleontológico, que podrían resultar un reflejo de diastrofismos mundiales de carácter periódico.

Voy a citar algunas de las conclusiones que resumió Henbest (Henbest, 1952, pág. 317):

«Las pruebas que se obtienen a partir de la paleontología estratigráfica, indican que la teoría diastrofica y algunos de sus corolarios que se aplican a la estratigrafía, suponen unas deducciones muy exageradas y excesivamente simplificadas... Conforme avanzamos en el relleno de los huecos existentes en los registros estratigráficos y en la reconstrucción de la historia de la Tierra, las ideas de evolución nos aparecerán cada vez más como de máxima importancia y, en cambio, las gigantescas pulsaciones sincrónicas se volverán cada vez más difusas y oscuras, en su consideración de propiedades integrantes del proceso terrestre.»

Indica J. S. Williams (1954, págs. 1.604-1.605): «No existen límites "naturales" de alcance mundial entre los sistemas geológicos. Quizás exista una delimitación "natural" dentro del área parcial de la columna tipo, así como en otras áreas; pero no en todas, y probablemente tampoco en la mayor parte de las regiones. A pesar de que al autor le parece que hay una aceptación más bien general de este orden de ideas, la mayor parte de los geólogos parece que siguen pensando, más o menos inconscientemente, en términos de discontinuidades de alguna clase, bien sean litológicas, faunísticas o diastroficas, en las delimitaciones de sistema en áreas locales.»

Citaremos también a Hawkes (1958, pág. 318) quien, al resumir los hechos probatorios, con inclusión también de los del simposio de Henbest, y del más reciente referente a la corteza terrestre (*Crust of the Earth*), dice:

«Se reconoce de manera general, que hay una sensación de conexión entre las faunas y su ambiente. Los cambios en la temperatura, composición, profundidad, circulación, enlodamiento, y otras características de las aguas, ejercen una influencia sobre la naturaleza, extensión y velocidad de espaciamiento entre los animales marinos. Si, como parece altamente probable, tales cambios ambientales han estado sujetos a continuo progreso durante los tiempos geológicos, no habría razones para esperar que la evolución orgánica muestre avances especiales en tres períodos arbitrariamente escogidos, como lo son los períodos supuestamente breves de las revoluciones Caledónica, Hercínica y Alpídica, y se acepta en la actualidad que tal concepto no está apoyado por nuestros actuales conocimientos. La idea, mantenida durante largo tiempo, de que explosiones de evolución hayan coincidido con éstos episodios, está siendo abandonada.»

En cambio, Schindewolf (1954), Newell (1956, pág. 97), y muchos otros, ven abruptos cambios paleontológicos en los límites de eras que consideran «reales y aproximadamente sincrónicas, y reconocibles en diversas par-

tes y en diferentes regiones terráneas». De modo que la discusión está lejos de quedar zanjada.

Quizás la más sorprendente de todas las supuestas «rupturas naturales» la constituye la discontinuidad, todavía enigmática, que separa las rocas muy fosilíferas y la vida de compleja organización del Fanerozoico, de las rocas estériles, o apenas fosilíferas y de primitivas formas de vida del Precambriano. Incluso en este caso, si embargo, no debemos llegar a conclusiones hasta que logremos una mayor comprensión de su naturaleza. Hay muchos sitios en que los estratos sedimentarios descienden desde la base de los fósiles cambrianos en forma concordante y, al parecer, en secuencia continua hasta dentro del Precambriano. Es posible que vicisitudes en la conservación de los fósiles y en los ambientes de deposición sean probablemente causantes que la «base de la zona de *Olenellus*» o la «base de los fósiles cambrianos» estén lejos de constituir una superficie sincrona de alcance mundial, y puede que resulte sumamente exagerada la brusquedad de la ruptura.

He mencionado el hallazgo de fósiles en Ediacara, procedentes del Precambriano de Australia, y estoy seguro de que antes de mucho tendrán lugar otros hallazgos precambrianos que nos suministrarán más información acerca de esta actualmente tan misteriosa como abrupta aparición de formas complejas de vida en nuestros registros de las rocas. Mientras tanto, tenemos toda clase de razones para seguir adelante con la clasificación cronoestratigráfica del Precambriano como mejor sepamos y podamos, apoyados en cualesquiera bases objetivas que podamos encontrar. Yo diría amén a la conclusión de Harold James (1960, pág. 113), quien dice: «Aunque la inmensa duración de tiempo y la falta de diagnóstico en fósiles constituyen obstáculos formidables que rebasar, los problemas de estratigrafía y correlación en el Precambriano pueden y deben ser resueltos. No obstante las dificultades, el Precambriano no es un mundo aparte; contiene los mismos tipos de rocas y revela las mismas clases de procesos geológicos conocidos por los registros de las eras más jóvenes; son aplicables los mismos principios y se deben usar las mismas reglas. Y, como ocurre con las rocas de las eras más modernas, estratigrafía y correlación constituyen la esencia misma de la comprensión del registro geológico».

*Resumen de los conocimientos que atañen a las «rupturas naturales» de alcance mundial*

Pasando sobre los actuales conocimientos acerca del diastrofismo y de la evolución orgánica en su relación con respecto a las «discontinuidades naturales» de alcance mundial, y una vez que hemos echado un breve vistazo a la trascendencia que con respecto a la fijación de edades ofrecen los hechos de carácter litológico, mineralógico, composición química, cambios en el nivel

de los mares, actividad ígnea, discordancias y otros caracteres pétreos y características que afectan a las rocas, apreciamos que hemos encontrado en ello poco en qué apoyarnos con confianza para el establecimiento de una cronología de alcance mundial y todavía mucho menos en qué basar divisiones «naturales» cronoestratigráficas mundiales. Los cambios climáticos, así como cualquier otro fenómeno que pueda ser posible consecuencia de influencias extraterráneas, podrían ofrecer promesas de divisiones «naturales» temporales-estratigráficas, sanas, de alcance mundial; pero de nuevo nos encontramos en este caso, con que las manifestaciones, para su reconocimiento, tienen que yacer en los estratos mismos, y tal prueba parece todavía excesivamente escasa y polémica como para ser capaz de suministrarlos, por ahora, una base muy práctica de clasificación.

Lejos de mi intención está el emitir juicio acerca de la gran masa de datos objetivos cuya evaluación ha de ser llevada a cabo para determinar así, y en este caso, cuándo y cómo habrán tenido lugar grandes «rupturas naturales» o revoluciones de alcance mundial, a lo largo de la historia de la Tierra, «rupturas naturales» dotadas del suficiente impacto y brusquedad como para haber dejado su huella en los estratos terráneos, en forma tan neta y aguda que permitan tomarlas como la base para el establecimiento de divisiones cronoestratigráficas «naturales», de alcance mundial; y también lejos de mi intentar el enjuiciamiento acerca de si tales rupturas, caso de existir, coinciden con los sistemas que actualmente aceptamos. Si es eso lo que ustedes esperaban de mí, van a quedar defraudados. Lo único que puedo hacer es confiar en la obra de los que han estudiado la materia mucho más profundamente y con mucho más conocimiento de causa que yo. Estimo que no llegan a un acuerdo entre ellos mismos, pero también encuentro tanto razonamiento bien fundado en contra, que debo llegar a la conclusión, cualquiera que sea lo que en su día se llegue a probar, que aún no se ha demostrado que hayan tenido lugar «discontinuidades naturales» de escala mundial, apreciable en el carácter y continuidad de nuestros estratos a la escala de los sistemas geológicos que aceptamos en la actualidad, ni tampoco ha sido demostrado que la prueba de la existencia de límites que separen nuestros actuales sistemas sea de orden tal que nos permita considerarlos como los puntos «naturales» de división de categoría mundial dentro de nuestra escala cronoestratigráfica.

*Puntos de vista de la Comisión Estratigráfica de la U.R.S.S. con respecto a la clasificación cronoestratigráfica*

Algunos de entre ustedes estarán de acuerdo con las conclusiones a que he llegado, y otros sé que no lo estarán; pero será interesante mostrar a aquéllos con los que coincido, que de ninguna manera he estado atacando en presencia de ustedes a un «hombre de paja». Como prueba de ello presento las

conclusiones de la U.R.S.S. (Comité estratigráfico interdepartamental de la U.R.S.S. 1960) en 1960, que se supone representa la opinión de un amplio grupo de distinguidos geólogos del otro lado del Globo. En resumen, dicen lo siguiente:

1. Los objetivos básicos de la estratigrafía son la correlación de edades de las rocas y la elaboración de una sola escala de referencia de divisiones geocronológicas y sus correspondientes divisiones estratigráficas para toda la Tierra, basadas en así denominados pasos o etapas «naturales» en la historia del desarrollo físico de la Tierra y en la evolución de la vida orgánica.

2. Las subdivisiones de esta única, así denominada, escala estratigráfica «natural», deberían estar basadas en la totalidad de los criterios y orientaciones, así es que todas las clasificaciones independientes y diversas, tales como la litoestratigráfica, bioestratigráfica y cronoestratigráfica, son recusables.

3. La división de la historia de la Tierra en las así denominadas etapas «naturales», llega a ser posible gracias a la irreversibilidad de los fenómenos geológicos y a su periodicidad, la cual se manifiesta con máxima claridad por la alternancia de etapas largamente prolongadas de desarrollo evolutivo lento y gradual con etapas más cortas de rápidas transformaciones en la faz de la Tierra, concomitantes con importantes reordenaciones en la estructura interna de la corteza terráquea. Esta periodicidad se manifiesta también en las alternancias de grandes transgresiones y regresiones de los mares, en los correspondientes cambios en el transcurso de la evolución orgánica, en cambios en los procesos de sedimentación y denudación, en cambios en la paleogeografía, en las actividades ígneas y metamórficas y en grandes movimientos tectónicos de amplio alcance geográfico.

4. Los sistemas que reconocemos actualmente son divisiones «naturales» caracterizadas de manera general en sus partes bajas por una sucesión de depósitos transgresivos, que pasan de continentales a marinos y en su parte alta por depósitos regresivos. Sus límites se caracterizan con frecuencia por discordancias angulares, discontinuidades estratigráficas, cambios abruptos de facies y manifestaciones de actividades ígneas. Los sistemas se diferencian paleontológicamente, y están señalados sucesivamente por la aparición y rápido desarrollo de nuevos grupos de vida de categoría superior.

Pienso que debe resultar evidente de forma inmediata, que la mentalidad rusa al enfrentarse con la clasificación cronoestratigráfica difiere considerablemente, en su fundamental filosofía, de la que yo he apoyado en esta conferencia. Los rusos partirían de la aceptación de la existencia de etapas «naturales» de alcance mundial en el desarrollo histórico de las rocas de la corteza terrestre, más o menos acordantemente reflejadas en todos los criterios del conocimiento estratigráfico, y su objetivo consistiría después en encajar los estratos terráqueos, lo mejor que fuera posible, en estas etapas. Yo me inclino hacia una línea de ataque mucho más objetiva, que comenzaría por la clasificación de los estratos, con independencia, mediante

cada uno de los diversos sistemas de criterio estratigráfico, sin la conclusión preconcebida de que alguno o todos ellos habrían de mostrar acordancia con cada uno de los otros, o con alguna agrupación cronoestratigráfica de estratos general o universal. Si resultare así, me alegraría, pero en caso contrario no sentiría el menor deseo de forzar a este resultado. Trataría de establecer unidades cronoestratigráficas tan representativas de la historia de la Tierra como fuera posible, pero las definiría puramente sobre la base de columnas tipo, estratotipos, y las ampliaría después por todo el mundo sobre la estricta base de correlación empírica de tiempos con el estratotipo, utilizando para ello la suma total de pruebas disponibles, de cualesquiera clase que fueran, para lograr la determinación de la equivalencia de tiempos. El sistema ruso es deductivo; el que yo preconizo inductivo.

En cierta manera, la opinión rusa retiene algo de la influencia de los antiguos catastrofistas. Opuesta a la idea de la continuidad esencial y de la uniformidad de cambios para el mundo todo, está su idea de rupturas periódicas de alcance mundial reflejadas en cambios mundiales en los estratos y en sus contenidos. A la idea de que los límites de los sistemas generalmente aceptados son puntos más bien arbitrarios, se opone su opinión de que marcan puntos «naturales» de división de categoría mundial. Su concepto es sugestivo, y ha atraído por largo tiempo a los estratígrafos. No se debería pasar sobre él a la ligera, y lo único que me propongo señalar es que yo (y quizás ustedes), aún no hemos sido convencidos de que hay pruebas objetivas y válidas a su favor, ni tampoco a mí (ni quizás tampoco a ustedes), nos han convencido todavía de que hay razones teóricas válidas para que deba ser así. Desde luego es algo que quedará alguna vez probado como válido o como falso, conforme se desarrolle nuestro conocimiento de la estratigrafía mundial; mientras tanto, es una suerte que ambos, los rusos y nosotros, reconozcamos los mismos sistemas tipo y la necesidad de establecer, para ellos, tanto sean naturales como artificiales, secciones tipo (estratotipos).

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

De entre nuestros límites aceptados de sistemas, son probablemente pocos, si es que hay alguno, los que estén definidos adecuadamente en áreas tipo en la actualidad, y el progreso en la resolución de los problemas estratigráficos está impedido por huecos y superposiciones en dichos límites y por controversias fútiles acerca de la colocación de los estratos. Nuestra necesidad más flagrante consiste en la designación cuidadosa y en la aceptación universal de límites en columnas continuas, columnas-tipo o de comparación, que puedan servir como contraste para los sistemas. Si no logramos tal definición, no tendremos sino discusiones interminables y caos continuo.

El logro de los límites para estas unidades de alcance mundial exigiría cooperación mundial, y se alcanzaría mediante el establecimiento de estratotipos por Comisiones internacionales de estratigrafos bien calificados, cuyos resultados tendrían el apoyo de un cuerpo geológico internacional autorizado. Una vez que se fije una base de referencia de universal aceptación, estos límites sistemáticos pueden ser extendidos mediante correlaciones de tiempos por cualquiera de los procedimientos a nuestro alcance, fósiles, determinaciones radioactivas de edad y todo lo que nos sirva, por todo el mundo y de la mejor manera que podamos, pero siempre con una referencia tipo de contraste, a la que podamos volver en caso de duda o de controversia. Los sistemas así delimitados podrán ser para muchos de nosotros sencillamente unidades de medida y registro cronoestratigráfico, con carácter de tipo y universalmente comprendidas, sin nada más intocable acerca de ellas que lo puedan serlo la milla, el pie, o el metro. Habrá geólogos para los que serán capítulos sagrados en la historia de la Tierra. No tiene mucha importancia cuál sea la actitud, siempre que estemos de acuerdo acerca de los medios de definición y de extensión.

Tendremos que eliminar las superposiciones mediante la asignación de lo superpuesto a uno u otro de los sistemas que montan. Las lagunas, conforme se vayan llenando, también podrán quedar asignadas a uno o al otro de los sistemas adyacentes mediante adición a sus columnas-tipo de contraste, o incluso atribuyendo nombres nuevos a los estratos intermediarios si las circunstancias lo justifican. La capacidad de resolución de nuestros medios de determinación de edades y correlaciones de tiempos, no es tan fina que no haya de haber siempre probablemente una tierra de nadie, mayor o menor, compuesta por los estratos de atribución sistemática incierta con separaciones variables a partir del tipo columna de referencia designada, pero es normal esperar que ocurra algo de esto y tampoco hay necesidad de forzar los hechos con objeto de establecer divisiones tan precisas en materias cuya división está muy lejos de nuestra capacidad. (Véase también Williams, 1954). La sucesión de estratos en la Tierra suministra un espectro de edades semejante al espectro de la luz, y no es peor el referir estratos de edad incierta a posiciones entre Jurásico-tipo y Cretáceo-tipo que lo que hacemos cuando nos referimos a un color intermedio entre las longitudes de onda azul y verde del espectro de la luz, denominándolo azul-verde. De hecho, es esto mucho más científico y exacto que insistir en la atribución al azul o al verde, o al Jurásico o al Cretáceo, cuando no hay preferencia para ello que resulte de comparación con el tipo.

La imagen de la estratigrafía preconizada por el punto de vista ruso y aceptado también por muchos otros es hermosa, y quizás llegue el día en que su validez nos sea demostrada a aquellos de entre nosotros que preferimos por ahora movernos con más cautela. Por otra parte, tampoco puedo por menos de pensar que el otro y más puramente objetivo concepto que

he esbozado, de una estratigrafía que trata de delinear los estratos terráqueos por todo el mundo, tal como se los encuentra, con atención a tantas de sus características como puedan resultar de interés o utilidad, y que después procede a la extracción de sólo aquellas conclusiones de la historia de la Tierra que queden justificadas por los hechos establecidos, es también una bella imagen. No puedo por menos de repetir una cita del discurso memorial pronunciado por Sir Cyril Hinshelwood (1958, pág. X), ante la Royal Society, hacia el que llamó la atención el profesor Hawkes (1959), porque resulta muy apropiado para esta cuestión de la clasificación estratigráfica:

«Lo que el verdadero buscador del conocimiento desea de todo corazón es lograr algún esquema sencillo que presiente existir bajo los hechos... La búsqueda de principios que satisfagan estéticamente, parece frustrada con frecuencia por la complejidad de la Naturaleza; y el conflicto entre la imaginación y el austero respeto a la verdad parece, con tener con frecuencia como resultado la evolución de las teorías científicas a lo largo de tres etapas. La primera es la de las simplificaciones exageradas, las cuales reflejan, en parte, la necesidad que existe de poseer normas prácticas de trabajo e incluso, todavía más, una búsqueda excesivamente entusiasta de la elegancia en la forma. En la segunda etapa se distorsiona la simetría de los sistemas hipotéticos y se estropea su nitidez conforme los hechos, recalcitrantes, se rebelan cada vez más contra el conformismo. En la tercera etapa, cuando se llega a ella y si es que se llega, surge un nuevo orden, más intrínsecamente organizado, menos obvio, y en el que sus partes aparecen más sutilmente entrelazadas, puesto que resulta de concepción de la Naturaleza y no de concepción humana».

Así es que, en conclusión, yo por mi parte preferiría continuar pensando del registro estratigráfico como de un panorama, una imagen que ha ido cambiando continua y profundamente conforme se iba desplegando ante nuestra vista, pero en la que se superponen las variaciones de sus diversas características individuales de forma tan gradual y entrelazada, que en su conjunto resulta una sola escena. Algunas partes, desde luego, están actualmente ocultas de nosotros, pero cuando conozcamos plenamente la corteza de nuestro Globo, tanto en los continentes como bajo los océanos, lo probable es que en un sitio o en otro quedarán rellenas las lagunas en el registro de las rocas. De la misma manera que no hay deposición de sedimentos a menos que tenga lugar erosión en algún lado, tampoco hay secuencia de rocas en la corteza terrestre que no sea equivalente en algún lado a alguna discordancia o hiato, ni tampoco discordancia o hiato del registro local que no pueda estar representado por depósito en algún otro sitio. De la misma manera que nubes parciales podían oscurecer la continuidad de nuestro panorama geográfico conforme volábamos a tra-

vés del continente, también tenemos discontinuidades y huecos locales el registro de las rocas, pero, para la Tierra como un todo, existe todavía el panorama estratigráfico continuo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AHRENS, L. H.: *Oldest rocks exposed*, p. 155-168 in Poldervaart, Aire, editor, *Crust of the earth*: «Geol. Soc. America» Spec. 62, 762 p. (1955).
- ARKELL, W. J.: *Jurassic geology of the world*. Edinburgh, «Oliver and Boyd», Ltd., 806 (1956).
- ARMSTRONG, H. S.: *Marbles in the «Archean» of the southern Canadian Shield*. «Internat. Geol. Cong.», 9, pág. 7-20 (1960).
- BELL, W. C.: *Uniformitarianism—or uniformity*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», v. 43, p. 2862-2865 (1959).
- BRIGGS, M. H.: *Dating the origin of life on earth*. «Evolution», v. 13, p. 416-318 (1959).
- CHILLINGAR, G. V.: *Relationship between Ca/Mg ratio and geologic age*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», 40, p. 2256-2266 (1956).
- COX, ALLAN and DOELL, R.: *Review of paleomagnetism*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 71, p. 645-768 (1956).
- DALY, R. A.: *First calcareous fossils and the evolution of the limestones*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 20, p. 153-170 (1960).
- DE ROEVER, W. P.: *Some differences between post-Paleozoic and older regional metamorphism*. «Geol. Mijn.» (N. W. ser.), v. 18, p. 123-127 (1956).
- DORF, ERLING: *Climatic changes of the past and present*. «Am. Scientist», v. 48., p. 341-364 (1960).
- DUNBAR, C. O. and RODGERS, JOHN: *Principles of stratigraphy*. New York, «John Wiley and Sons», 356 p. (1957).
- FAIRBRIDGE, R. W.: *Stratigraphic correlation by micro-facies*. «Am. Jour. Sci.», v. 252, pp. 683-694 (1954).
- FAUL, H.: *Geologic time scale*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 71, p. 637-644 (1960).
- GASTIL, GORDON: *The distribution of mineral dates in time and space*. «Am. Jour. Sci.», v. 258, p. 1-35 (1960).
- GIGNOUX, M.: *Geologie stratigraphique*. Segunda ed., Paris, «Masson et Cie.», 709 p. (1936).
- — *Stratigraphic geology*. New York, «Harper and Bros», 682 p.
- GILL, J. S.: *Summary and discussion*, p. 183-191, in Gill, J. E., editor, *The Proterozoic in Canada*, «Royal Soc. Canada», spec. pub. 2, 191 p. (1957).
- GILLUJ, J.: *Distribution of mountain building in geologic time*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 60, p. 561-590 (1949).
- GLAESSNER, M. F.: *Precambrian fossils from South Australia*. «21st Internat. Geol. Cong.», 22 p., «Pr. Int. Paleont. Union», págs. 59-64 (1960).
- HAWKES, L.: *Some aspects of the progress in geology in the last fifty years. I*: «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 113, págs. 309-322 (1958).
- — *Some aspects of the progress in geology the last fifty years. II*: «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 114, págs. 395-410 (1959).
- HEDBERG, H. D.: *Time-stratigraphic classification of sedimentary rocks*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 59, págs. 447-462 (1948).
- — *Towards harmony in stratigraphic classification*. «Am. Jour. Sci.», v. 257, págs. 674-683 (1959).
- HENBEST, L. G.: *Significance of evolutionary explosions for diastrophic division of earth history-introduction to the symposium*. «Jour. Paleontology», v. 26, págs. 309-318 (1952).
- HESS, H. H.: *Serpentines, orogeny, and epeirogeny*, págs. 391-408 in Poldervaart, Aire, Editor: *Crust of the earth*: «Geol. Soc. America Spec. Paper», 62, 762 ptas. (1955).
- HINSHELWOOD, SIR CYRIL: *Address of the President, Sir Cyril Hinshelwood, at the Anniversary Meeting, 30 november 1957*. «Royal Soc. London Proc.», Ser A., v. 243, págs. v-xvi (1958).
- HOLMES, ARTHUR: *A revised geological time-scale*. Edinburgh «Geol. Soc. Trans.», v. 17, p. 3, págs. 183-216 (1960).
- INTERDEPARTMENTAL STRATIGRAPHIC COMMITTEE OF THE U. R. S. S.: *Stratigraphic Classification and terminology*. Moscow, «State Publishing Office» 2nd revised edition, editor A. P. Rctay, 60 p. (In Russian and in English) (1960).
- JAMES HAROLD, L.: *Problems of stratigraphy and correlation of Precambrian rocks with particular reference to the Lake Superior region*. «Am. Jour. Sci.», v. 253-A (Bradley Volume), págs. 104-114 (1960).
- KING, P. B.: *Orogeny and epeirogeny through time*, págs. 723-740 in Poldervaart, Aire, Editor, *Crust of the earth*. «Geol. Soc. America Spec. Paper», 62, págs. 723-740 (1955).
- KULP, J. L.: *The geological time scale*. «21st Internat. Geol. Cong.», p. 8, Pr., Sec. 3, págs. 18-27 (1960).
- LOWMAN, S. W.: *Sedimentary facies in Gulf Coast*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», v. 33, págs. 1939-1997 (1960).
- MIHOLIC, S.: *Ore deposits and geologic age*. «Econ. Geology», v. 42, págs. 713-720. (1947)
- MOORE, R. C.: *Invertebrates and geologic time scale*, págs. 547-574 in Poldervaart A.: *Crust of the earth*. «Geol. Soc. America Spec. Paper», 62, 762 p. (1955).
- NANZ, R. H. JR.: *Chemical composition of Pre-Cambrian slates with notes on the geochemical evolution of lutites*. «Jour. Geology», v. 61, pág. 51-64 (1953).
- NEWELL, N. D.: *Catastrophism and fossil record*. «Evolution», v. 10, págs. 97-101 (1956).
- PETTIJOHN, F. J.: *Persistence of heavy minerals and geologic age*. «Jour. Geology», v. 49, págs. 610-625 (1941).
- — *Sedimentary rocks*. 2nd ed. New York, «Happer's», 718 ptas. (1957).
- POLDERVAART, A.: *Chemistry of the earth's crust*, págs. 119-144, in Poldervaart, A., editor. *Crust of the earth*. «Geol. Soc. America Spec. Paper», 62, 762 ptas. 1955).
- RASTALL, R. H.: *Palaeozoic, Mesozoic, and Kainozoic: a geological disaster*. «Geol. Mag.», págs. 159-165 (1944).
- RUBEY, W. W.: *Geologic history of sea water*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 62, págs. 1111-1147 (1951).
- SCHINDEWOLF, O. H.: *Über die möglichen Ursachen der grossen erdgeschichtlichen Faunenschnitte*. «Neues Jahrb. Geol.», Pal., v. 10, págs. 457-465 (1954).
- SPIEKER, E. M.: *Mountain-building chronology and nature of geologic time scale*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», v. 40, págs. 1769-1851 (1956).
- STUBBLEFIELD, C. J.: *The relationship of paleontology to stratigraphy*. «Adv. Sci.», v. 11 no. 42, págs. 149-159 (1954).
- TYRRELL, G. W.: *Distribution of igneous rocks in space and time*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 66, págs. 405-426 (1955).
- WELLER, J. M.: *Stratigraphic principles and practice*. New York, «Harper and Bros» 725 p. (1960).
- WEEKS, L. G.: *Habitat of oil*. Tu'sa. «Am. Assoc. Petroleum Geologists», 1384 p. (1958)
- WILLIAMS, J. S.: *Problem of boundaries between geologic systems*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», v. 38, págs. 1602-1605 (1954).
- WILSON, J. TUZO: *Some considerations regarding geochronology with special reference to Precambrian time*. «Am. Geophys. Union Trans.», v. 33, págs. 195-208 (1952).

551.44(467.32 Vall de Uxo)

JOSE DONAT ZOPO y JUAN BAROLOME MARTIN  
Del Grupo Vilanova y Piera

## ESTUDIO GEOESPELEOLOGICO DE LA CUEVA DE SAN JOSE (VALL DE UXO-CASTELLON)

### R E S U M E N

Se estudia el río subterráneo de San José, de Vall de Uxó (Castellón), y la estratigrafía y tectónica locales en relación con su génesis.

### S U M M A R Y

It is studying now the St. Joseph subterraneous river on Vall de Uxó (Castellón), and the stratigraphy and tectonics in connection with his origin.

### R E S U M É

On étudie la rivière souterraine de Saint Joseph, de Vall de Uxó (Castellón), et la stratigraphie et tectonique locaux en relation avec sa genèse.

### PREÁMBULO

Bajo la dirección del Grupo Espeleológico Vilanova y Piera, de la Excelentísima Diputación Provincial de Valencia, se han verificado diversas prospecciones subacuáticas y espeleológicas en la Cueva de San José (Vall de Uxó-Castellón), cauce hipógeo del río del mismo nombre. Estas han tenido como resultado el hallazgo, al final antiguamente conocido, de tres bóvedas sifonantes, que han sido voladas con el auxilio de cargas de dinamita.

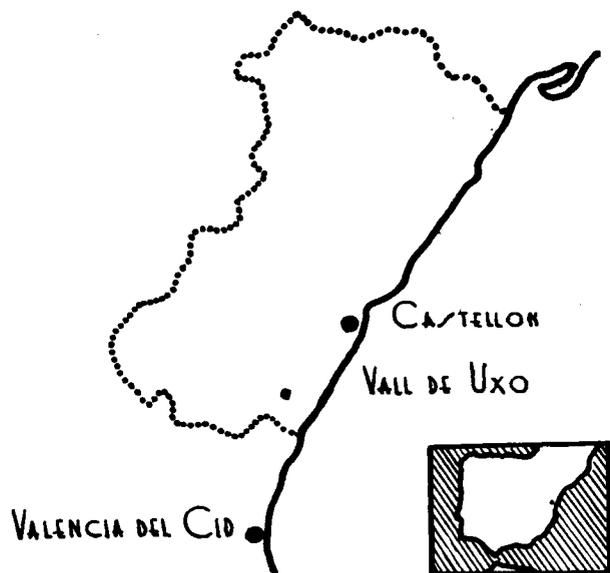
Abierto el nuevo paso, las exploraciones efectuadas en su interior, han situado la longitud de la cueva en unos 800 metros, contra los 280 que tenía anteriormente.

A continuación, se da a conocer, en breves notas, el estudio de la cavidad, efectuado en el curso de las exploraciones.

## I. SITUACIÓN DE LA CAVIDAD

La Cueva de San José se halla situada aproximadamente a los  $3^{\circ} 26' 5''$  de longitud Este y a los  $39^{\circ} 49' 30''$  de latitud Norte.

Abre su boca y se desarrolla en Vall de Uxó (Castellón), al Oeste de la población, a un kilómetro aproximadamente de la misma y al pie de un



1) Situación de Vall de Uxó en la provincia de Castellón

pequeño cerro situado a orillas del Barranco de San José, afluente del río Belcaire.

Un camino local conduce desde Vall de Uxó hasta la boca de la cavidad.

## II.—GEOLOGÍA LOCAL

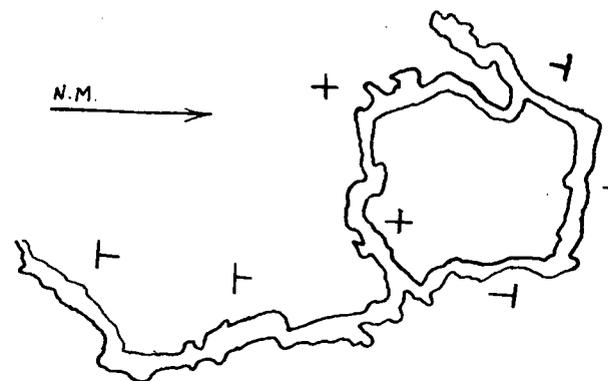
La Cueva de San José se desarrolla en un eje sinclinal de directriz ibérica, que se inicia al Sureste de Vall de Uxó y se prolonga hacia el interior de la Sierra de Espadán, con un rumbo de  $N.-60^{\circ}-W.$

Está constituido este sinclinal por calizas del Muschelkalk y su núcleo, no visible en el área de la cavidad, debe estar formado por el Buntsandstein, en cuyo contacto debe encontrarse gran parte del talweg del río, ya que el análisis de las gravas de las playas del interior de la cueva, arroja un ele-

vado porcentaje de materiales de constitución areniscosa, especialmente rodensos.

El Muschelkalk del interior de la cavidad muestra dos tipos distintos de calizas, estratigráficamente separadas. La superior, algo margosa, grisácea y rojiza, compacta y fácilmente soluble y erosionable; y la inferior, bastante dolomitizada, negra, dura, compacta y de mayor resistencia a la erosión. Suele mostrarse esta última atravesada por innumerables vetas de calcita blanca.

Estas calizas muestran cierto buzamiento hacia el Norte en el primer tramo de la cavidad; a continuación se produce un corto intervalo de ma-



2) Los buzamientos en la Cueva de San José

teriales disgregados y triturados, e inmediatamente la estratificación se presenta horizontal, en el tramo comprendido entre el Estanque Azul y los Arenales, y violentamente inclinada, hasta formar un ángulo de  $45^{\circ}$  con el horizonte, en la Galería del GEVYP y en Las Cañadas. La cavidad se ha formado en el fondo de un sinclinal, del que ocupa la Entrada, Sala de los Murciélagos, Boca del Forn y Lago de Diana el margen izquierdo; Paso de los Sifones, Estanque Azul, Lago del Diablo, el Embudo y el Arenal, el área central, y la Galería del GEVYP y las Cañadas, el lateral derecho.

Este sinclinal del Vall de Uxó se halla flanqueado, al Sur, por una falla de igual directriz, que lo sitúa en anómalo contacto con el Trías inferior del Monte Pipa; mientras que en el flanco Norte las calizas del Muschelkalk forman un agudo anticlinal, fallado contra el eje de Espadán, integrado principalmente por los rodensos micáceos del Bunt inferior, característicos de las formaciones de esta región.

Junto a esta tectónica ibérica, de origen sávico, aparecen también importantes unidades morfológicas de directrices y características béticas, ori-

ginadas probablemente en la fase estática, si bien su interés es mucho más reducido.

Como consecuencia de estas orogenias, se producen a su vez, tras el paroxismo de las mismas, los movimientos postorogénicos o de distensión, creando las grandes fracturas paralelas a los ejes de las formaciones, tanto béticas como ibéricas.

Una tercera orogenia apreciable es la originaria de los pliegues y fracturas de directriz aproximadamente N.-15°-E., y que con tanta frecuencia aparecen en la región de Vall de Uxó. Brinkmann señala la existencia de esta orogenia valáquica en la costa de la provincia de Castellón, y atribuye a la misma determinadas formaciones de hundimiento y algunos pequeños ejes de la provincia de Valencia. Con esta orogenia valáquica, se relaciona el Mioceno que, discordante sobre el Triás, se sitúa al Oeste de la Caverna, en las faldas del Monte Pipa.

Las formaciones estratigráficas aflorantes en esta zona, revisten gran interés hidrológico. El eje sinclinal de Vall de Uxó, constituido por calizas y dolomías, es muy permeable y descansa sobre el Bunt que, en su tramo o piso superior, se halla constituido por arcillas abigarradas impermeables, que detienen las filtraciones.

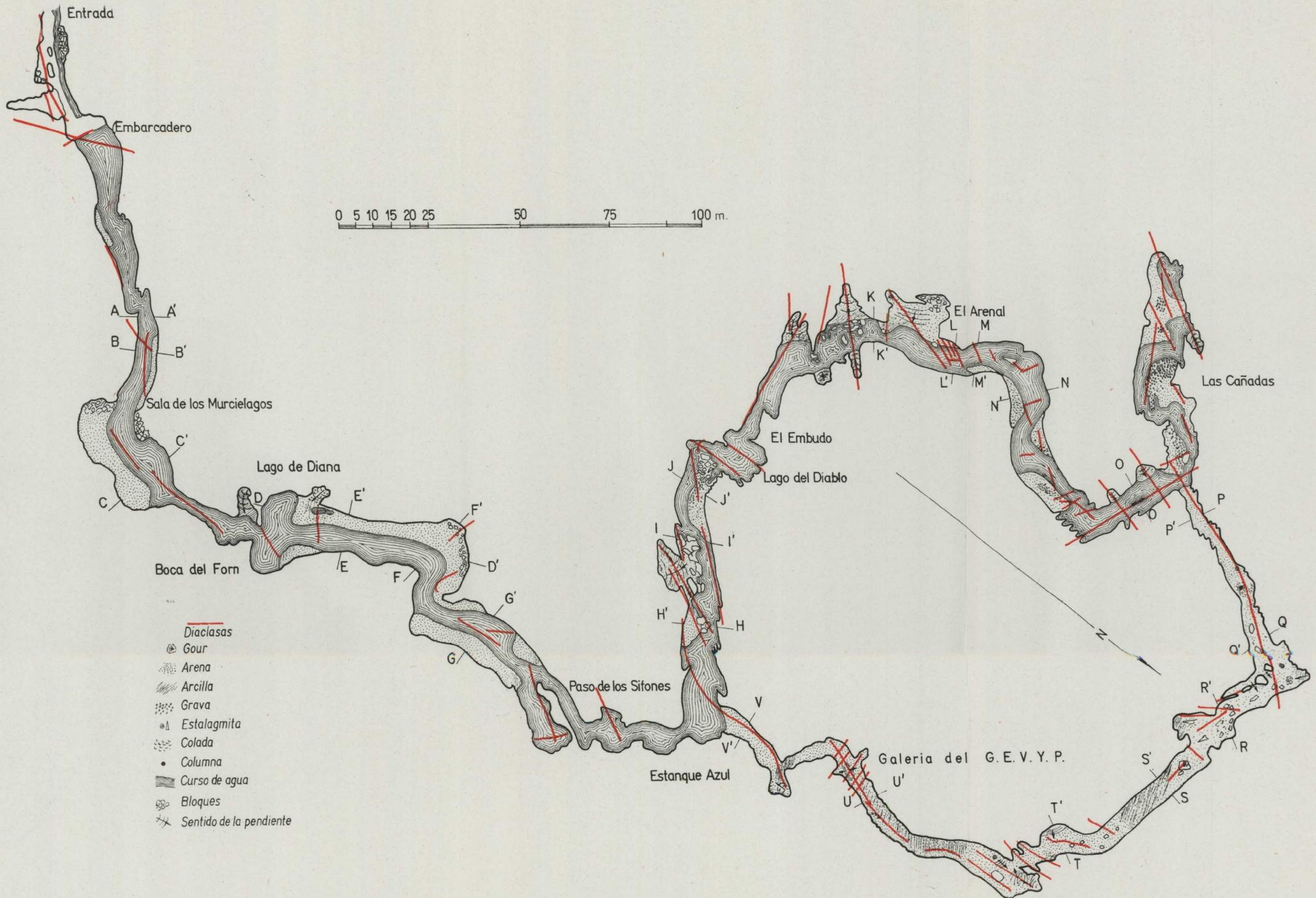
La estratigrafía de las formaciones inmediatas se halla constituida principalmente por las areniscas del Buntsandstein, micáceas y de coloraciones variadas y altamente permeables por su estado de fracturación.

El sinclinal de Vall de Uxó constituye la cuenca receptora de los aportes hídricos meteóricos, que son fácilmente absorbidos por las calizas y dolomías del Muschelkalk que lo integran. El agudo anticlinal que forman en el flanco Norte, así como la falla que separa a éste del eje de Espadán, impide los aportes hídricos por este lado. Por el flanco opuesto, las favorables condiciones de permeabilidad del Monte Pipa se ven anuladas por la falla intermedia existente entre ambos y la oposición de su buzamiento.

Ahora bien, la presencia de una tectónica bética, todavía muy acusada, produce una serie de interferencias orogénicas que, si bien en algunos puntos tienden a crear compartimentos hidrológicos estancos o aflorantes de escasa área territorial de absorción meteórica, en otros, por el contrario, contribuyen al aumento de dicha área, siendo este el caso aplicable al eje de Vall de Uxó, al producirse la interferencia de sinclinales béticos e ibéricos.

### III. DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

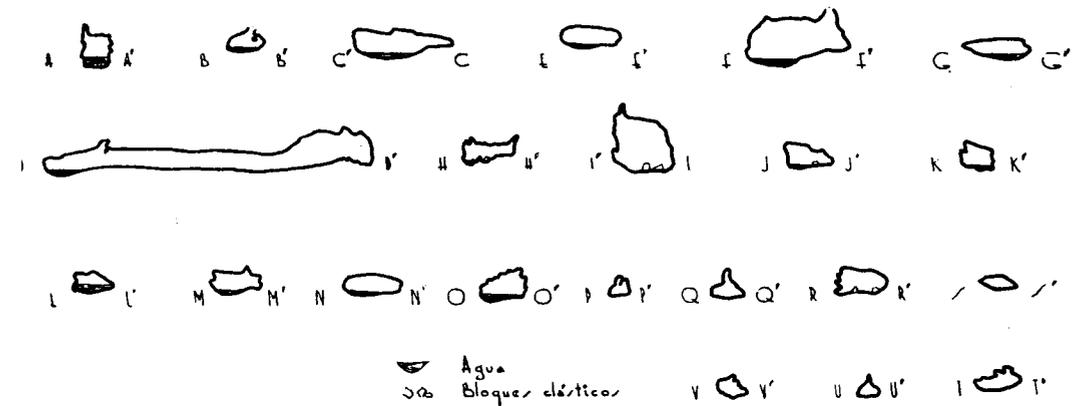
En aras de una mayor brevedad, nos limitaremos a describir sucintamente la caverna y las formas, reconstructivas o de relleno en ella existentes, por considerar que los planos que acompañan a las presentes notas



3) Plano de la Cueva de San José

pueden, mejor que nosotros en muchos casos, ilustrar adecuadamente acerca de ella.

La entrada de la cueva se halla protegida por una verja de hierro. Pasada ésta, nos hallamos en un estrecho corredor, artificialmente acondicionado y flanqueado lateralmente de grandes bloques clásticos. A la izquierda, por un pequeño canal artificial, discurre el agua surgente, momentos antes de aflorar al exterior. Unos metros más adelante, un embarcadero de madera, del cual se pasa a una barca, con cuya ayuda se remonta, aguas arriba, el curso del río.



4) Cortes transversales de la Cueva de San José

Avanzando ya por él, aparece, en primer lugar, un pequeño canal, formado por la erosión sobre una diaclasa y ocupado, en toda su amplitud, por las aguas.

A continuación, se abre una sala, la de los Murciélagos, con numerosos orificios en su bóveda, restos testigos de antiguas conducciones superiores; posee también una amplia playa de arena y arcilla, de aluvión, de gran espesor.

Prosigue la caverna por un corto pasadizo que desemboca en otra sala, en cuyo comienzo se halla el Lago de Diana, de gran profundidad. La comunicación entre ambos, se verifica por la Boca del Forno, antiguo y estrecho orificio que tuvo posteriormente que ser agrandado, y junto al cual, en su margen derecha, existe un pequeño ramal de carácter surgente.

En la sala del Lago de Diana, continúan apreciándose gran cantidad de orificios en la bóveda, restos también de antiguas conducciones superiores, hoy desarticuladas, y de los que suelen colgar grandes coladas, residuos de los pasados aportes hídricos.

En ella, los aluviones de arena adquieren gran importancia, hasta el punto de que el cauce del río ha debido ser dragado para permitir el trán-

sito de las barcas. En un ángulo lateral, en su margen derecha, se observan las coladas de una surgencia fósil de cierta importancia.

Prácticamente, hasta el final de esta sala, el buzamiento de las rocas era contrario al curso de la corriente del río. A partir de ella, se produce la normalidad de los mismos, tras atravesar un corto trecho en que éstos aparecen como triturados o fragmentados.

Esta zona finalizaba con anterioridad en dos pequeñas galerías, de bóvedas muy bajas. En la de la izquierda, por medio de prospecciones subacuáticas, se puso de manifiesto la existencia de tres bóvedas sifonantes. Voladas éstas, lugar denominado Paso de los Sifones, se alcanza a su continuación el Estanque Azul. A partir de éste, el curso del río se hace más accidentado. Continúan apareciendo playas de arena y arcilla, y por vez primera las de grava, fina y menuda. Gruesos bloques clásticos desprendidos de la bóveda, siembran la galería. Nuevamente, por la margen derecha, aparece una antigua surgencia, montada sobre un plano de diaclasación. A continuación del Lago del Diablo, aparece el Embudo, en el que se produce un rebaje de la bóveda tan pronunciado, que tan sólo queda a unos centímetros de altura sobre el agua.

Pasado el Embudo, el río forma grandes meandros, en los que hay, a ambos lados de su cauce, diversas surgencias fósiles. El talweg, mucho más irregular y juvenil, presenta grandes irregularidades de profundidad, abundantes bloques clásticos, y en las playas se va estableciendo un tránsito, cada vez mayor, de la arcilla y la arena, a la grava. El último sector o tramo de la cueva lo constituyen las Cañadas. Están constituidas por amplios gravales formando playas; las aguas aquí mantienen un irregular cauce a través de numerosas galerías intercomunicadas, y que en realidad no son sino restos de la erosión del agua sobre la roca madre, al amparo de los planos de diaclasación, y cuya coalescencia morfológica se halla en un período mucho más juvenil que el resto de la cavidad. En las Cañadas, la estratificación abandona su anterior horizontabilidad y buza 45° al Sur.

Esta gran variación en la morfología erosiva existente entre las Cañadas y las salas primeras, tales como la de los Murciélagos, o el Lago de Diana, indica un cambio notable en la misma, es decir, frente a la juventud de la primera, señala la senilidad de las últimas. Esto supone, a nuestro juicio, un marcado avance hacia su final.

Una prospección subacuática, a pulmón libre, verificada en las Cañadas, puso de manifiesto la presencia de nuevas bóvedas sifonantes.

#### IV. LA GALERÍA DEL GEVYP

Entre el Estanque Azul y el inicio de las Cañadas, existe una galería totalmente seca, y que ha recibido el nombre de Galería del GEVYP, por haber sido descubierta y explorada por los espeleólogos de esta organización.

Se encuentra a un nivel superior al talweg actual del río, por lo que no recibe los aportes hídricos del mismo más que ocasionalmente, es decir, en época de crecidas, cuando se produce un aumento de nivel.

Se ha originado por la erosión del agua sobre los planos de diaclasación según la orientación de sus tramos, y se la puede considerar como altamente juvenil en algunos de sus sectores.

Pero ¿de dónde se han producido estos aportes hídricos? Dentro de la Galería del GEVYP se observan algunas surgencias, una de ellas bastante importante en el último ángulo que forma la galería antes de desembocar en las Cañadas. Pero éste muestra un nivel demasiado bajo y una sección demasiado pequeña para poder originar el volumen erosivo de la Galería del GEVYP. Otras surgencias, producidas en los extremos de los fenómenos de diaclasación y provenientes del Norte, coadyuvarían a esta labor erosiva, pero, a nuestro juicio, muchas de ellas son posteriores a la formación primitiva de la Galería.

En algunos puntos, se observa el suelo primitivo, rocoso, de la cavidad, con las muestras de la erosión en la misma. Este suelo, primitivo, está a una altura bastante superior al talweg actual. Por ello, suponemos que la Galería del GEVYP ha debido ser originada por las mismas aguas del río de San José, en una fase intermedia entre la formación de su cauce más antiguo y por tanto mucho más elevado, y la del actual. Los materiales clásticos son bastante abundantes y su deposición se hace de acuerdo con su agudo buzamiento.

Las grandes coladas, producto del desplome del agua de conducciones superiores, falta por completo. En cambio, lateralmente, al amparo del favorable buzamiento estratigráfico, se producen abundantes aportes hídricos.

No se observan restos de conducciones superiores y, como consecuencia de ello, faltan coladas análogas a las de las grandes salas de la cueva; como compensación, aparecen formas calcáreas subacuáticas, bellos anemolitos y vistosas formaciones de céreo aspeto.

Una curiosa formación de barro, desconocida hasta la fecha en las cavidades valencianas, ha sido estudiada en uno de sus rincones. Han recibido el nombre de volcanes de barro, por la semejanza con estas figuras y la materia de que están constituidos. Adoptan la forma de conos, a veces tan estilizados, que casi se convierten en cilindros, y que se hallan sujetos al suelo, de tipo arcilloso, por su base y muestran en su cúspide un orificio central vertical, como si constituyesen el eje de la figura geométrica que adoptan y que llegan hasta el fondo del mismo. Alcanzan una altura de unos veinte centímetros y su diámetro de base oscila alrededor de esa cifra.

Su génesis se ha planteado de la siguiente forma: un fuerte goteo procedente de la bóveda y portando en suspensión una gran cantidad de arcilla,

una especie de barro líquido, originaría las formas cónicas; cesado éste y continuado tan sólo por el goteo de agua con cierta intensidad, iría produciendo el hueco interior de la misma y puliendo sus paredes externas.

## V. HIDROLOGÍA

Durante las prospecciones verificadas para el estudio de la cavidad, se pusieron de manifiesto la existencia de bóvedas sifonantes, primero en el Paso de los Sifones y posteriormente, por un miembro del GEVYP, en las Cañadas. Ello nos hace creer que en la supuesta prolongación de la caverna, deben de continuar produciéndose estas bóvedas, las cuales, dentro de ciertos límites, actúan de reguladoras del caudal hipógeo, evitando bruscas avalanchas de agua y su rápida precipitación al exterior, cuando los aportes hídricos, a consecuencia de la íntima relación del caudal con las precipitaciones meteóricas, se producen en forma extraordinaria.

A consecuencia de esta regulación, el espacio hueco o de caverna existente entre cada dos bóvedas sifonantes, se convierte en una cámara «trop plein». El agua adquiere, por esta causa, una mayor corriente, la cual, ejercida en estas cámaras «trop plein» origina a su vez un mayor potencial de salida a través de las bóvedas sifonantes, e inicia nuevas cámaras y nuevas presiones, que se van comunicando unas a otras, en forma retardada. También las galerías laterales, Galería del GEVYP y las que puedan existir ocultas tras la supuesta prolongación de las Cañadas, juegan su papel; por un lado actúan también de «trop plein» al recoger y alojar en su seno grandes volúmenes hídricos, pero por otra parte pueden actuar en contra de la regulación, al establecer comunicación entre dos cámaras separadas entre sí por una o varias de estas bóvedas sifonantes.

Con referencia a estas crecidas del río hipógeo son de señalar la existencia de las llamadas líneas de nivel en muchos puntos de la cavidad, las cuales se hallan unas sobre otras y están constituídas por diminutos caracillos, briznas de hierba y paja y otros materiales inclasificables, y que señalan, con su deposición, un nivel hídrico más elevado y cierta constancia en el mismo, habiendo observado huellas del mismo a tres metros de altura sobre el nivel actual.

Durante el año 1957, en el que se produjeron las enormes inundaciones que asolaron la provincia de Valencia, el caudal de agua surgente de la Cueva de San José, fue tan enorme, que cubría por entero la boca de la cavidad.

Actualmente, la Cueva vierte al exterior un caudal de unos dos mil litros por minuto como término medio y acusa, dentro de ciertos límites, las variaciones estacionales.

El nivel del curso del agua es bastante normal, lo que en época de sequía; la cavidad, en su parte conocida, es incapaz de aportar agua por sí sola, es decir, carece totalmente de reservas de utilización natural. Claro es que siempre se puede contar con los grandes embalses del interior, pero su utilización supondría el empleo de fuerzas motrices, y con ello un encarecimiento de la misma.

Las surgencias fósiles, existentes en gran número, parecen indicar épocas de mayor riqueza hídrica que la actual.

## VI. GÉNESIS Y DATACIÓN

La idea sobre la genética de la misma es bien sencilla y se ha ido esbozando en los anteriores capítulos.

La Cueva de San José es una cavidad surgente, viva, originada por erosión de las aguas, en el fondo de un sinclinal, calizo-dolomítico y actuante sobre planos de diaclasación, orientados según las tectónicas dominantes en la comarca, en algunos terrenos y, en otros, sobre los planos de estratificación; así, por ejemplo, observamos en la Galería del GEVYP, cómo la erosión alterna, de los planos de diaclasación a los de erosión, según la orientación de la misma.

Por coalescencia morfológica en las diaclasas erosionadas, contribuyen en gran parte a su normalización los procesos clásticos, especialmente los originados por desprendimiento de la bóveda, que tienden, en las zonas de buzamiento horizontal, a crear techumbres de igual buzamiento, elevando con ello su altura y eliminando restos de antigua erosión. Parte de los productos clásticos formados caen en el talweg del río, y la erosión producida por las aguas del mismo los va eliminando lentamente.

Las diversas surgencias internas observadas, hoy fósiles, deben haber tenido en la formación de la cavidad una importancia puramente local, mereciendo, no obstante, destacar entre ellas la situada en el ángulo de la Galería del GEVYP, en el lugar denominado de los Volcanes, y en los que existe una surgencia fósil de cierta importancia, junto a bóvedas erosivas de gran interés.

Respecto a la datación de la cavidad, volveremos a recordar que, establecida sobre sistemas de diaclasación perfectamente definidos, la edad de la misma no habrá de ser nunca superior al más moderno de éstos.

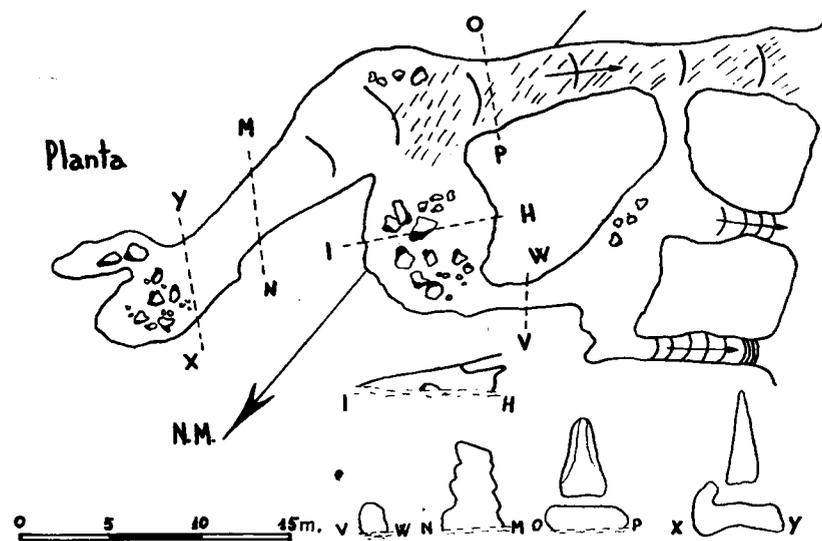
Así pues, si la orogenia valáquica, la más reciente de todas, se ha producido entre el Plioceno y el Pleistoceno, y más concretamente entre el Villafrañense y el Siciliense, la cavidad tendrá un origen postpliocénico o postvaláquico, es decir, francamente cuaternario.

## VII. LA CUEVA DE LOS ORGANOS

Aunque este estudio está dedicado al conocimiento de la Cueva de San José, nos parecería incompleto de no hacer figurar en el mismo una reseña, aunque breve, de la Cueva de los Organos, hoy totalmente fosilizada.

Está situada la Cueva de los Organos a un centenar de metros de la de San José, en el camino que va desde esta cueva a la población de Vall de Uxó y a una misma altitud sobre el nivel del mar, y su estratigrafía y tectónica son idénticas, existiendo en la misma el agudo buzamiento hacia el Norte, observado con anterioridad en la Cueva de San José.

Posee varias bocas de entrada y se desarrolla en los mismos materiales



5) Cueva de los Organos

estratigráficos que la anterior. Está formada principalmente por la erosión de aguas surgentes sobre un plano de diaclasación de orientación SW.-NE., de unos cincuenta metros escasos de longitud, con algunas desviaciones laterales. En la diaclasa sobre la que se ha instalado la galería principal, existen, hacia su final, restos morfológicos de la existencia de pisos superiores al actual.

Las ramas laterales acusan indistintamente erosión sobre planos de diaclasación y de estratificación.

En esta cavidad se observan claramente señales de la existencia de una erosión hacia el interior de la montaña, y apoyada sobre los planos de estratificación. Es evidente que el responsable de la misma es el Barranco de

San José, cuyas aguas epigeas, buscarían su abismamiento al amparo del favorable buzamiento de las calizas. Es decir, que en ella se aprecian síntomas asincrónicos de cavidad sumidero los más antiguos, y surgente los más modernos.

Es indudable que esta erosión producida por las aguas epigeas del Barranco, también ha debido producirse en la Cueva de San José, pero allí son más difíciles de interpretar, debido a los acondicionamientos y modificaciones artificiales que se han operado en su boca de acceso. Esta erosión del Barranco de San José se señala también a un nivel superior a ambas cuevas, y por lo tanto más antiguo, en la Covacha de la Ermita, pequeña cavidad sumidero situada casi en la cumbre del cerro y al nivel de la Ermita.

Carecemos de medios para dictaminar si ambas cavidades, Cueva de los Organos y Cueva de San José, han llegado a funcionar sincrónicamente; tan sólo podemos afirmar que ambas pertenecen al mismo conjunto cárstico, y que su edad y génesis son análogas.

## VIII. CONCLUSIONES

La Cueva de San José, de Vall de Uxó, es el talweg de un importante río hipógeo, formado en el fondo de un sinclinal del Muschelkalk, calizo y de buenas posibilidades cársticas. La directriz ibérica del mismo, señala su cuenca de recepción externa, la cual, como es natural, es infrahumanamente imposible de ser mejorada. Por ello, los cuidados deben ir dirigidos hacia la captura de los máximos aportes hídricos hipógeos. Para esto, y basados en el conocimiento de su cuenca, se precisa por un lado la prohibición de efectuar capturas hídricas por medio de pozos en un radio de acción que se estime adecuado, y por el otro, facilitar el afloramiento de las conducciones hídricas internas. Esto se puede lograr por medio del prolongamiento máximo de la cavidad; por la ampliación y limpieza de las surgencias secundarias que afluyesen al mismo, e incluso por medio de túneles artificiales y laterales, o por la excavación de surgencias fósiles cegadas.

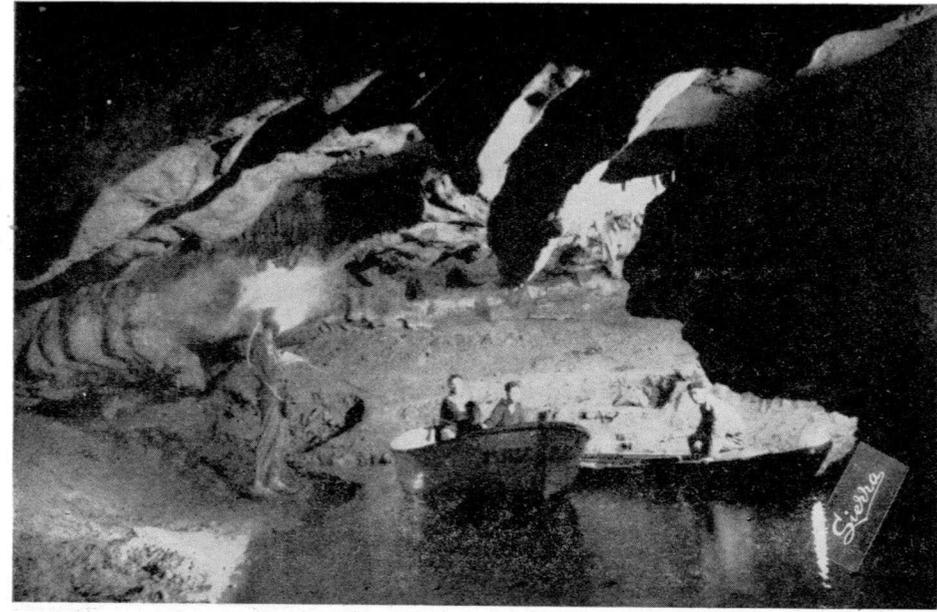
## BIBLIOGRAFÍA

- BRINKMANN, R.: *Las cadenas béticas y celtibéricas del sureste de España*. «Publicaciones extranjeras sobre geología de España», tomo IV, Madrid, 1948.
- DUPUY DE LÔME, E.: *Alumbramiento de aguas subterráneas en Vall de Uxó (Castellón)*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. ESP., tomo V, 48, Madrid, 1957
- : *Explicación de la Hoja núm. 668, Sagunto (Valencia)*, del Mapa Geológico de España. Esc. 1/50.000, Madrid, 1959.
- HÄHNE, C.: *La cadena celtibérica al Este de la línea Cuenca-Teruel-Alfambra*. «Publicaciones extranjeras sobre geología de España», tomo II, Madrid, 1943.

Recibido 27-IX-61.



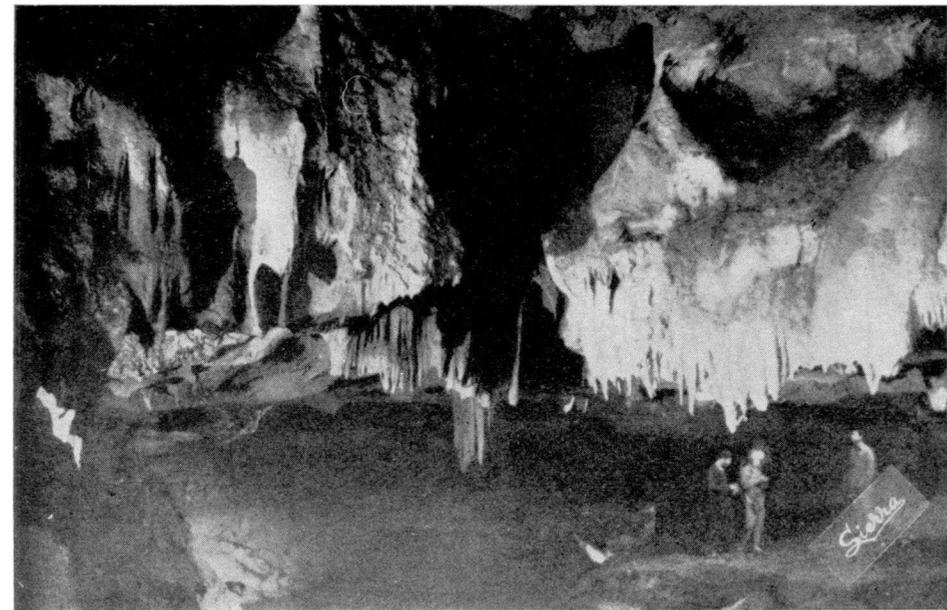
1.—Entrada a la Cueva de San José (fot. J. Soler).



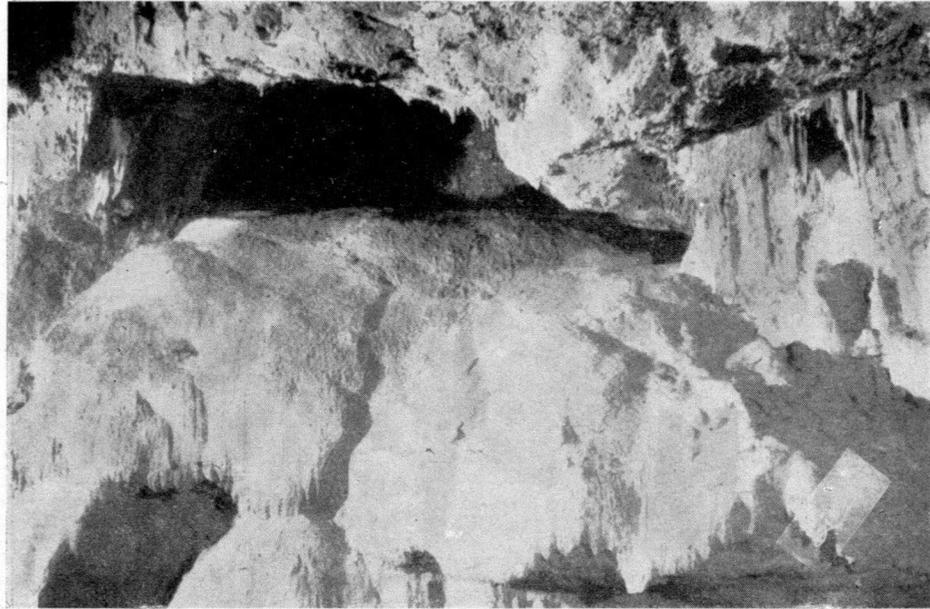
3.—Un rincón de la Sala de los Murciélagos (fot. J. Sierra).



2.—Primer canal inundado de acceso a la cueva (fot. J. Sierra).



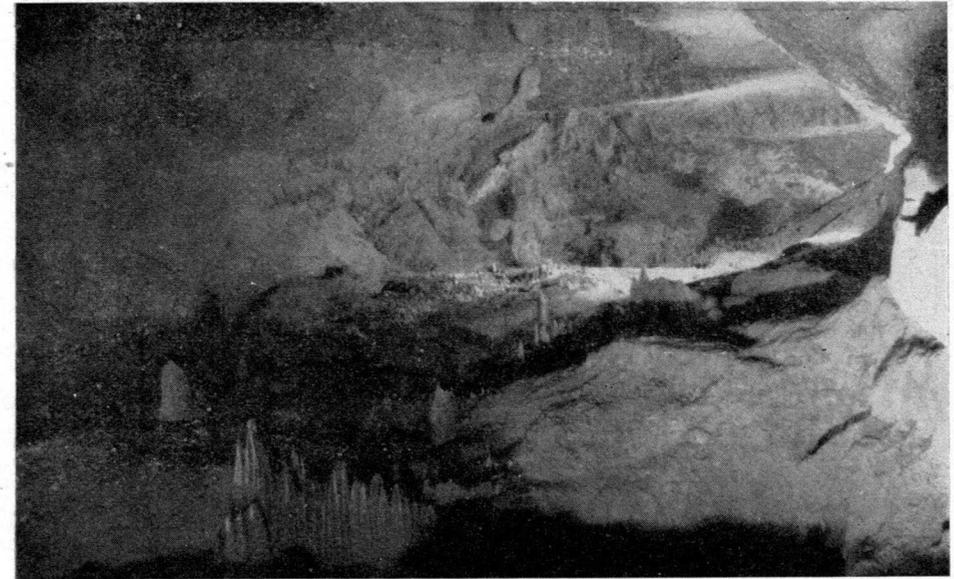
4.—Sala del Lago de Diana (fot. J. Sierra)



5.—Surgencia fósil en la Sala del Lago de Diana (fot. J. Sierra).



6.—Bóveda erosionada en la Sala del Lago de Diana (fot. J. Sierra).



7.—Rincón de la cavidad pasado el Lago de Diana (fot. J. Sierra).



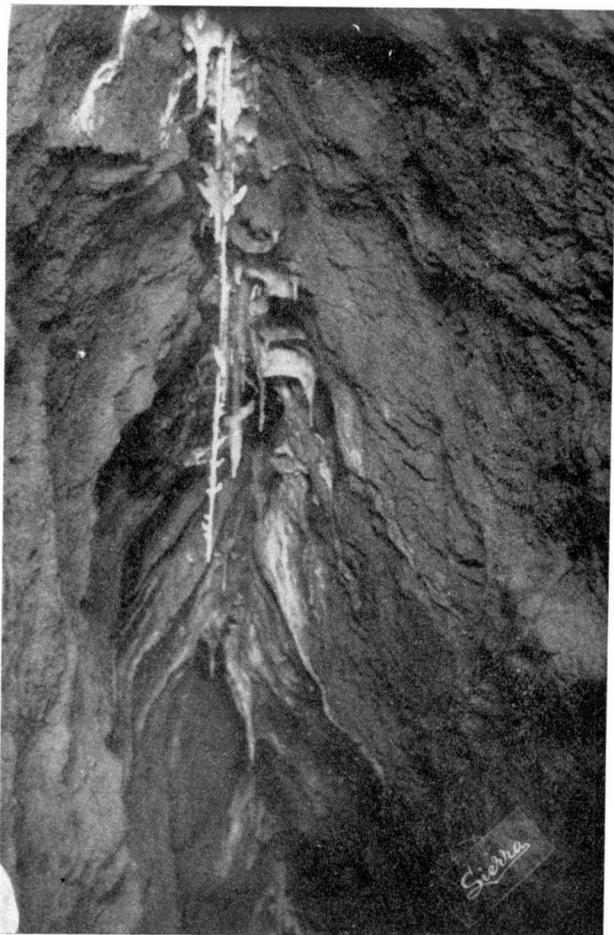
8.—Antiguo Paso de los Sifones (fot. J. Sierra).



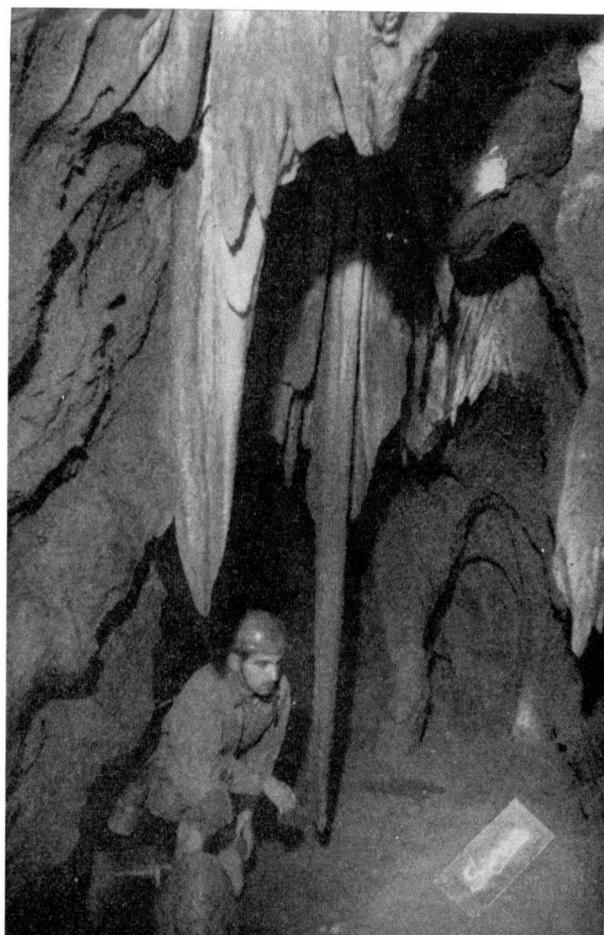
9.—Estalactitas en la Galería del GEVYP (fot. J. Sierra).



10.—Estalactitas en la Galería del GEVYP (fot. J. Sierra).



11.—Anemolitos en la Galería del GEVYP, en tramo abierto sobre planos de diaclasación (fot. J. Sierra).



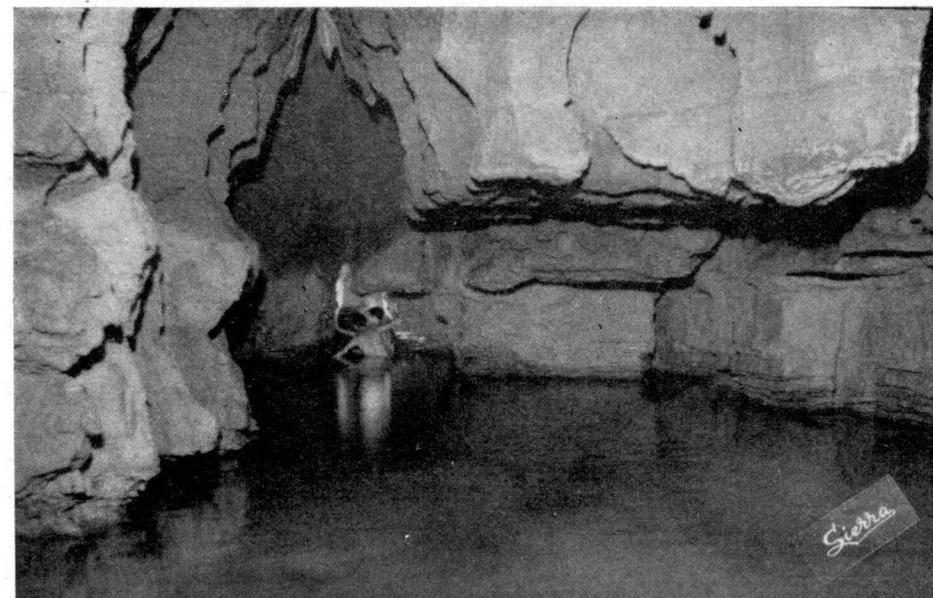
12.—Acción de las aguas sobre los planos de diaclasación (fot. J. Sierra).



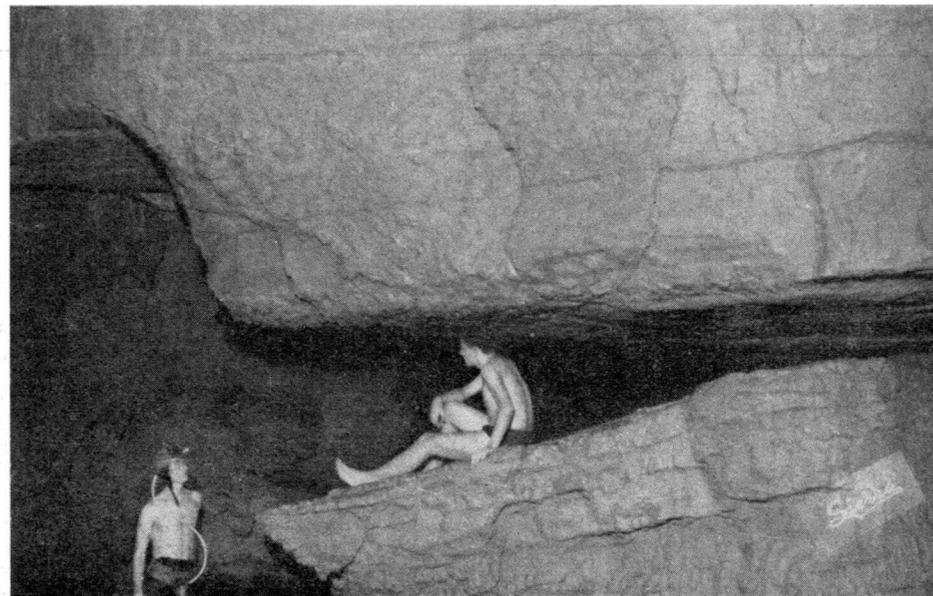
13.—Coladas pendientes de las antiguas conducciones hídricas en la bóveda (fot. J. Sierra).



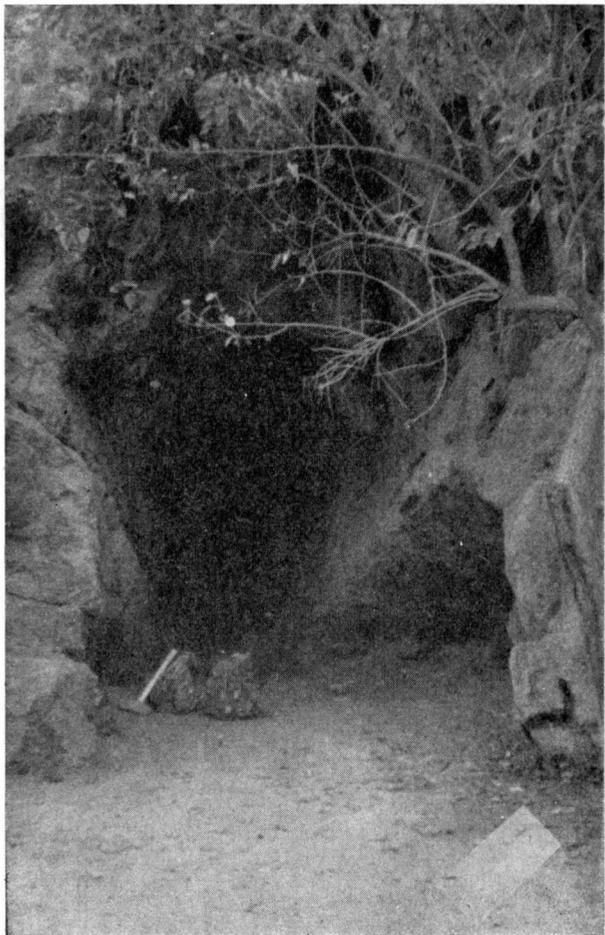
14.—Proceso clástico originado por una bóveda de estratificación horizontal (fot. J. Sierra).



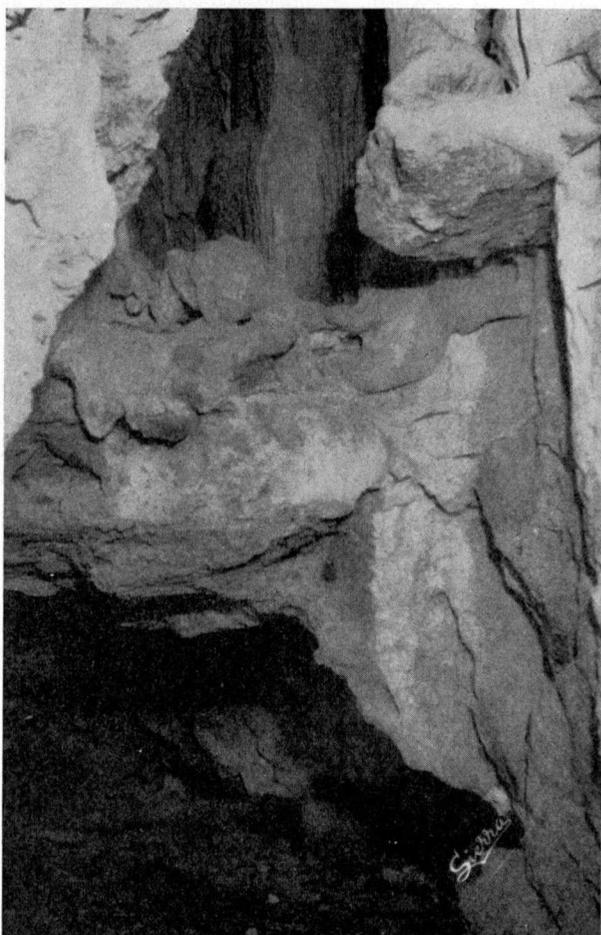
16.—El río de San José tras el Paso del Embudo (fot. J. Sierra).



15.—Proceso clástico antes de alcanzar el Lago del Diablo (fot. J. Sierra).



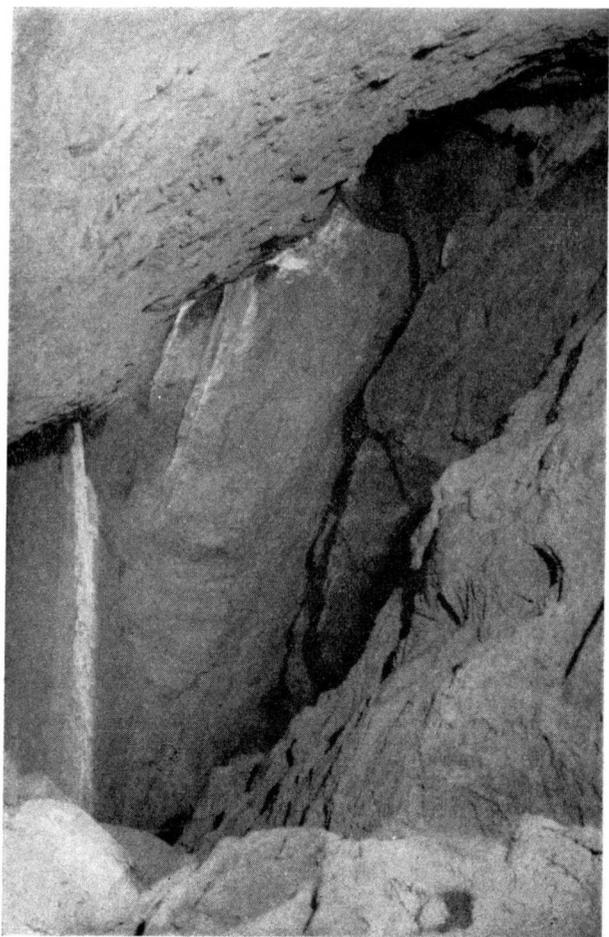
17.—Entrada a la Cueva de los Organos (fot. J. Sierra).



18.—Restos de la existencia de un piso superior en la Cueva de los Organos (fot. J. Sierra).



19.—Buzamiento inclinado hacia el interior de la Cueva de los Organos (fot. J. Sierra)



20.—Acción de sumidero sobre planos de estratificación en la Cueva de los Organos (fot. J. Sierra).

551.735 (464.3)

A. ALMELA, M. ALVARADO, E. COMA, C. FELGUEROSO e I. QUINTERO (1)

## MANCHAS CARBONIFERAS EN LA PROVINCIA DE CIUDAD REAL

### RESUMEN

En este trabajo se describen dos manchas carboníferas de la provincia de Ciudad Real, encontradas durante nuestro estudio de la zona reservada de Almadén.

En el plano adjunto, por dificultades de imprenta, hemos omitido los numerosos horizontes cartografiados en el citado estudio, correspondientes al Siluriano y Devoniano. Se ha simplificado igualmente la complejidad tectónica de la zona y sólo hemos resaltado el Carbonífero, que a veces queda cubierto por formaciones modernas.

### ABSTRACT

This work, we describe two carboniferous spots of the Ciudad Real county. These terrains were found during our investigación of the Almaden area.

Althoug we will publish the whole study in a next future, in this paper we talk only about the carboniferous.

### INTRODUCCIÓN

Al estudiar la zona reservada de Almadén, hemos encontrado las manchas carboníferas que se indican en el plano adjunto, donde sólo hemos resaltado el Carbonífero y hemos simplificado la complejidad tectónica y estratigráfica del Siluriano y Devoniano, por dificultades de imprenta. Nuestro propósito es publicar en su día toda el área estudiada en un mapa en color, única forma de señalar todos los horizontes cartografiados. Por ahora sólo damos un plano parcial que comprende el Carbonífero de Guadalmez y una pequeña parte de la otra gran mancha que se extiende por las Hojas de San Benito, Hinojosa del Duque y parte meridional de la de Chillón, correspondientes al Mapa Geográfico Nacional a escala 1:50.000.

Conviene también advertir, que algunos de los lugares geográficos men-

(1) El estudio paleontológico ha sido realizado por los Sres. Quintero y Revilla.

cionados en esta nota no figuran en nuestro plano por rebasar los dominios de éste, y sólo pueden verse en las correspondientes Hojas que acabamos de citar.

#### ESTUDIO GEOLÓGICO

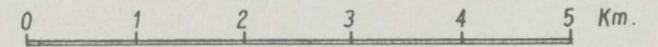
En la Hoja de Chillón, hemos encontrado sedimentos carboníferos en dos áreas de características completamente diferentes a pesar de su relativa proximidad. Una de estas áreas ocupa una gran extensión, y tiene su borde norte



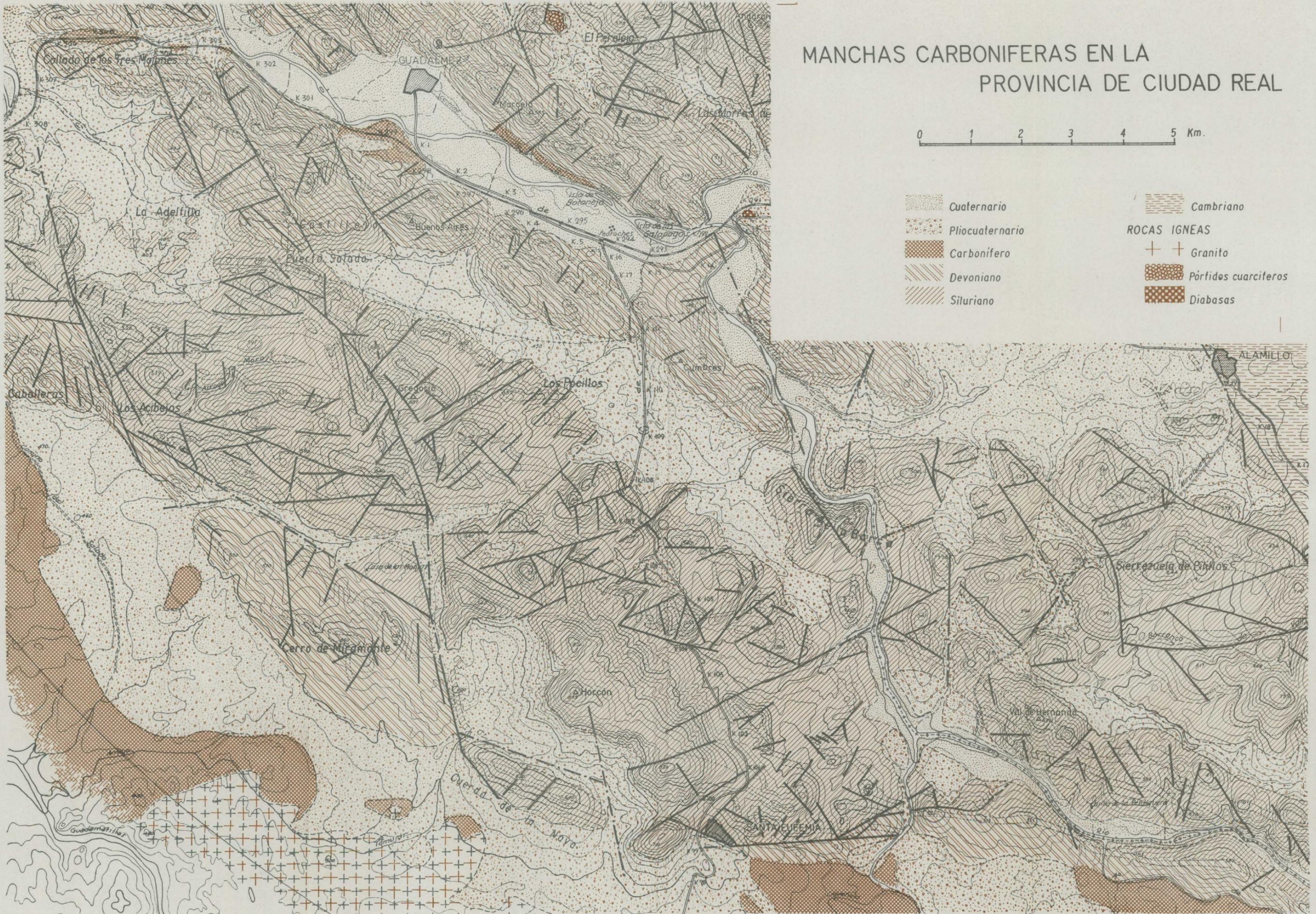
Fot. 1.—Pizarras replegadas.

orientado aproximadamente según la dirección de los ejes hercinianos. Parte de la citada área se encuentra enclavada en la Hoja de Chillón, entre su borde occidental y el Camino del Salado. Al Norte está marginada por el Devónico superior, que se extiende por la parte meridional de la Hoja, según el Cerro de las Mangadas, Membrillo y Membrillo bis hasta Caballeras y Los Acibejos. A partir del Camino del Salado, la mancha carbonífera entra en la Hoja de Hinojosa del Duque sepultada a veces por formaciones modernas,

# MANCHAS CARBONIFERAS EN LA PROVINCIA DE CIUDAD REAL



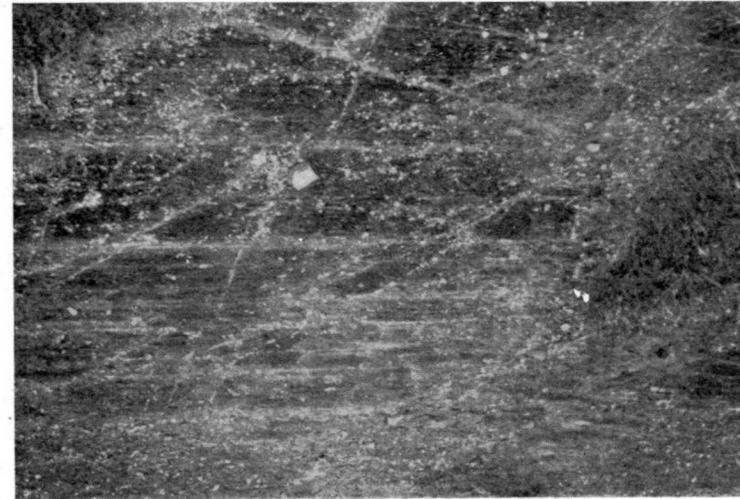
- |  |               |                     |                      |
|--|---------------|---------------------|----------------------|
|  | Cuaternario   |                     | Cambriano            |
|  | Pliocuatnario | <b>ROCAS IGNEAS</b> |                      |
|  | Carbonífero   |                     | Granito              |
|  | Devoniano     |                     | Pórfidos cuarcíferos |
|  | Siluriano     |                     | Diabasas             |



pasa al Sur de Santa Eufemia y se dirige hacia el límite oriental de dicha Hoja para entrar en la de San Benito al Sur del río Guadalmez.

El borde Sur de la mancha en cuestión, está limitado por el batolito granítico de Los Pedroches o por alguna apófisis septentrional del mismo.

El área considerada está constituida por una monótona y extensa serie de pizarras (fotos 1 y 2) grises la mayor parte, aunque a veces muestran tonalidades verdosas, pardo-rojizas o negras. Son de carácter marino y más o menos arenosas con abundantes vetas de cuarzo, interstratificada unas, y otras discordantes con los lechos.



Fot. 2.—Diaclasado de las pizarras anteriores.

Las únicas variaciones litológicas dignas de tener en cuenta, son debidas a niveles de pudinguillas concordantes con las pizarras, en crestones que se elevan suavemente sobre la monótona formación, así como un largo lentejón calizo de tono rosado y también concordante, que corta a la carretera que va de Hinojosa del Duque a Cabeza de Buey, a unos 800 metros de la bifurcación que se dirige a la estación de Pelalcázar (Hoja de Hinojosa del Duque). Estas calizas no sobrepasan los dos metros de potencia, y en ellas, engastada en la roca, hemos determinado una faunela compuesta por los siguientes fósiles:

Tallos de *Poteriocrinites*.

*Polypora* cf. *subquadrata*, Toulou.

*Thamnopora* sp.

Este lentejón calizo, así como el que hay más al Sur, se caracterizan por su gran abundancia de pisolitos, que se aprecian claramente en las secciones

de roca (ver foto 6). Tanto por la facies similar al mármol grioto como por la fauna y su posición en la serie estratigráfica, por encima del Devoniano superior, le atribuimos la edad dinantiense, lo mismo que todas las pizarras y pudinguiñas del área considerada, en facies Culm.

La otra mancha carbonífera ocupa el núcleo del sinclinal de Guadalmez (Hoja de Chillón), y yace sobre los niveles altos del Devoniano, bien datados por fósiles.

Aunque Groth cita una fauna hallada en Guadálmez, a la que atribuye una edad Fameniense, los fósiles que indica no han sido encontrados por nosotros.

Esta fauna está compuesta por:

*Modiomorpha?*

*Modiella.*

*Avicula* sp.

*Cardiola (Buchiola) retrostriata.*

*Chiloceras circumflexum* Sandb.

*Tornoceras simplex* Buch.

*Tornoceras bilobatum* Wedekind.

*Tornoceras* cf. *cinctum* Keyserling.

*Tornoceras* sp.

El argumento de Groth en su atribución de los esquistos piritosos de Guadálmez al Fameniense se basa en la ausencia de *Gephyroceras*, y el gran número de individuos pertenecientes al género *Chiloceras*. Establece un paralelismo de los esquistos de Guadálmez con los de San Domingos (Portugal), Cabrières, Rostellec (Bretaña) y nivel de Nehden (Alemania).

Nosotros no hemos encontrado la fauna citada por Groth y suponemos que pertenece a un nivel inferior al nuestro, en tránsito insensible del Fameniense al Carbonífero.

Por nuestra parte hemos señalado y datado el citado Carbonífero, tanto por la existencia de *Posidonomya becheri* como por la de *Reticuloceras*, *Phillipsia* y otros fósiles que señalan el paso del Viseano superior al Namuriense. También hemos encontrado restos vegetales como la *Stigmaria ficoides*, que demuestran la presencia de un Carbonífero continental sepultado en su mayor parte por formaciones plio-cuaternarias.

Son muy escasos los afloramientos, que sólo aparecen esporádicamente en los flancos del sinclinal y en algún otro punto donde las trincheras del ferrocarril Madrid-Badajoz lo han puesto al descubierto.

Los afloramientos, que como ya hemos dicho, jalonan la línea férrea Madrid-Badajoz entre los kilómetros 298 y 306, están constituidos litológicamente por pizarras pardas que se desmenuzan en pequeños fragmentos angulosos y pizarras gris-azuladas o gris oscuras muy arcillosas. En estos sedi-

mentos abundan principalmente la *Rhynchonella pleurodon*, Phill; la *Posidonomya becheri*, Bronn. y los ostrácodos.

Entre las pizarras, especialmente cuanto más al Oeste nos desplazamos, se observan finos lechos arenosos de color pardo y muy diaclasados, que constituyen una facies flysch.

A continuación, damos de Oeste a Este una ligera reseña de los asomos encontrados a lo largo de la trinchera del ferrocarril.



Fot. 3.—Pizarras carboníferas en la trinchera del ferrocarril de Madrid-Badajoz, hacia el km. 305

1) Entre el kilómetro 305,050 y 304,400 (foto 3), afloran pizarras gris azuladas y algún banco arenoso intercalado con rumbo N.-75-O. y buzamiento de 70° componente Sur.

2) Las mismas pizarras anteriores aparecen en otro asomo situado entre los kilómetros 303,700 y 303,500, pero faltan los lechos arenosos. Aquí hemos encontrado los siguientes fósiles del Dinantiense:

*Leiopteria*, sp.

*Posidonomya lamellosa* Kon.

*Edmondia* sp.

3) En el kilómetro 302,500 hay un asomo de unos 200 metros de longitud según la vía férrea, constituido por las mismas pizarras.

En los alrededores de la casilla del ferrocarril, hemos encontrado una fauna fósil representada por buenos ejemplares del Namuriense, entre los que determinamos:

*Spirifer*, sp.

*Posidonomya corrugata* Ether.

*Leiopteria laminosa* Phill.

4) Entre los kilómetros 298 y 300 se encuentra el afloramiento más importante, donde abundan los fósiles en pizarras muy arcillosas o argilitas.

A la altura del kilómetro 299,100 junto a la vía, hemos encontrado un rico yacimiento, del que hemos recogido numerosos ejemplares del Viseano superior y Namuriense, entre los que pudimos clasificar:

*Rhynchonella pleurodon* Phill.

*Productus*, sp.

*Posidonomya becheri*, Bronn.

*Posidonomya corrugata* Ether.

*Leiopteria laminosa* Phill.

*Coleolus carbonarius* Demanet.

*Reticuloceras bilingue* Salter.

*Reticuloceras superbilingue*, Bisat.

Ostrácodos.

En esta misma zona y ya cerca del río Guadalmez, aflora un nivel de calizas organógenas, cuya dirección varía de N.-60-O. a N.-70-O., con buza-



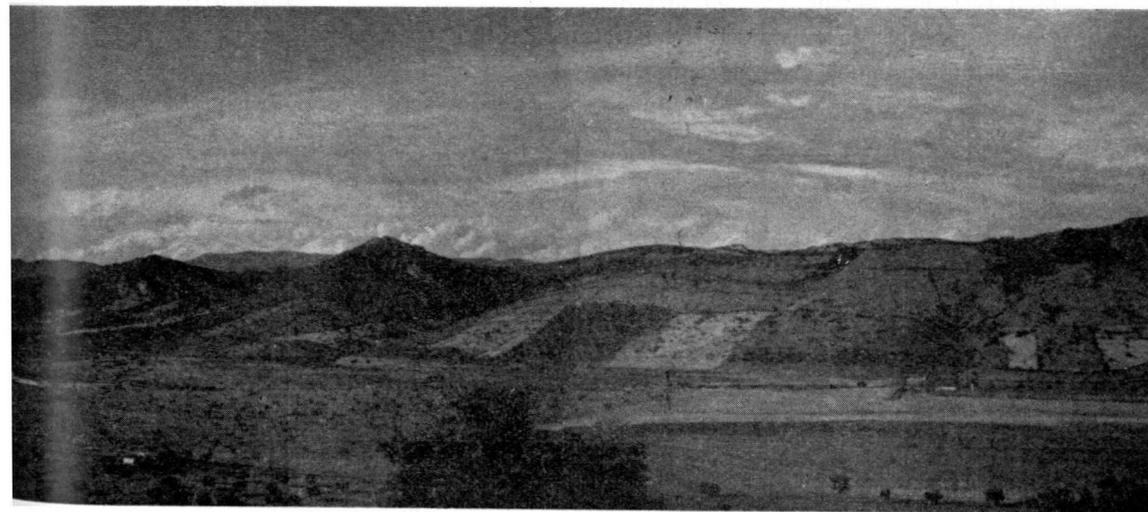
Fot. 4.—Flysch carbonífero de la margen derecha del río Guadalmez.

mientos que en general se apartan poco de la vertical. En ellas hemos encontrado grandes acumulaciones de braquiópodos, especialmente Spiriferidos, y un pigidiun de *Phillipsia cliffordi*, Wood,

- Aparecen también aquí, pizarras grises y a veces moradas muy arcillosas y vetas de yeso.

La gran acumulación de restos fósiles, puede ser debida a la deposición en régimen salobre en este brazo de mar; sedimentación que ha tenido lugar en aguas tranquilas, donde no hay aporte de oxígeno a las capas inferiores, lo que da lugar a un fondo de ambiente reductor en el que no es posible la vida de organismos destructores.

El clima probablemente era cálido, y en apoyo de esta hipótesis tenemos



Fot. 5.—Devoniano del flanco Norte del sinclinal de Guadalmez. En primer término el Cuaternario del río Guadalmez.

los yesos que indican una intensa evaporación. Parece muy verosímil que el umbral que separaba la cuenca de Guadalmez estuviera ya iniciado a principios del Carbonífero, o quizás antes, y delimitaría de este modo los dos ámbitos de características muy distintas, lo que explica la diferencia de facies entre ambas manchas carboníferas.

5) Al N. del río Guadalmez, en la zona donde éste dobla en aguda curva de forma de rodilla, aproximándose mucho al Camino de la Solana, aparece el Carbonífero con alternancia de arcillas, pizarras grises, a veces verdosas, lechos finos arenosos o margosos y algún banco calizo. Este conjunto constituye una verdadera facies flysch (foto 4), donde hemos encontrado una *Stigmaria ficoides* Brong. del Westfaliense y Estefaniense, aunque suponemos se trata del Westfaliense, pues parece concordante con el Devoniano. También hemos recogido algún ejemplar de Equisetites.

Esta formación sigue el mencionado camino aproximadamente hasta la Isla de Balanejo. Aquí hemos visto calizas del Dinantiense con:

*Gomphoceras* sp.  
*Michelinoceras* sp.  
*Goniatites cyclolobus* Phill.

El Plio-cuaternario que cubre el Carbonífero no debe ser muy potente, pues en los pozos artesianos hechos en los alrededores de Guadalmez, se van pizarras carbonosas en sus escombreras.

La potencia del Carbonífero hasta el Westfaliense es muy reducida en comparación con el Siluriano y Devoniano de la región; nosotros la estimamos como mucho en 200 metros.

En cuanto a la existencia del Estefaniense, no tenemos ningún argumento favorable, aunque acaso en el centro del sinclinal quede sepultado por el manto de recubrimiento, de modo que su confirmación sólo podría realizarse mediante sondeos.

En la foto 5 puede verse el flanco norte del sinclinal de Guadalmez, formado por las cuarcitas devonianas y el Plio-cuaternario bajo el que yace el Carbonífero.

Entre los fósiles recogidos observamos que unos son de carácter marino y otros continentales, lo cual sucede también por lo que se refiere a sedimentos. Parece, por tanto, verosímil que la cuenca de Guadalmez estuviese comunicada con el mar, hasta principios del Westfaliense, en que debió quedar definitivamente aislada, probablemente por algún pequeño movimiento epirogénico.

#### PALEONTOLOGÍA

Hemos recogido en los afloramientos carboníferos de Guadalmez los siguientes fósiles:

##### Tramo equivalente al Mármol grioto

*Goniatites cyclolobus* Phill.  
*Michelinoceras* sp.  
*Gomphoceras* sp.

##### Dinantiense

*Rhynchonella pleurodon* Phill.  
*Spirifer* sp.  
*Productus* sp.  
*Leiopteria* sp.  
*Leiopteria laminosa* Phill.  
*Posidonomya lamellosa* Kon.

*Posidonomya becheri* Bronn.  
*Edmondia* sp.  
*Phillipsia cliffordi* Wood.  
*Ostrácodos*.

##### Viseano superior

*Spirifer* sp.  
*Posidonomya corrugata* Ether.  
*Ostrácodos*.

##### Namuriense

*Spirifer* sp.  
*Productus* sp.  
*Posidonomya corrugata* Ether.  
*Leiopteria laminosa* Phill.  
*Coleolus carbonarius* Demanet.  
*Reticuloceras bilingue* Salter.  
*Reticuloceras superbilingue* Bisat.  
*Ostrácodos*.

##### Westfaliense

*Stigmaria ficoides* Brong.  
*Equisetites* sp.

El mejor yacimiento es el del kilómetro 299,100 del ferrocarril Madrid-Badajoz. En él hemos recogido ejemplares del Dinantiense «sensu lato», pero en otros es posible afinar más y nos definen el Viseano superior. Generalmente estas especies van asociadas en la misma roca a otras marcadamente del Namuriense, por lo que es preciso suponer este yacimiento como tránsito de uno a otro tramo.

A continuación hacemos una ligera descripción de los ejemplares figurados en este trabajo, con excepción de los Poteriocrinites de la foto 6, en que no nos ha sido posible determinar especie, por cuanto se trata de muestras muy espatizadas.

Tallos de Poteriocrinites. Foto 6

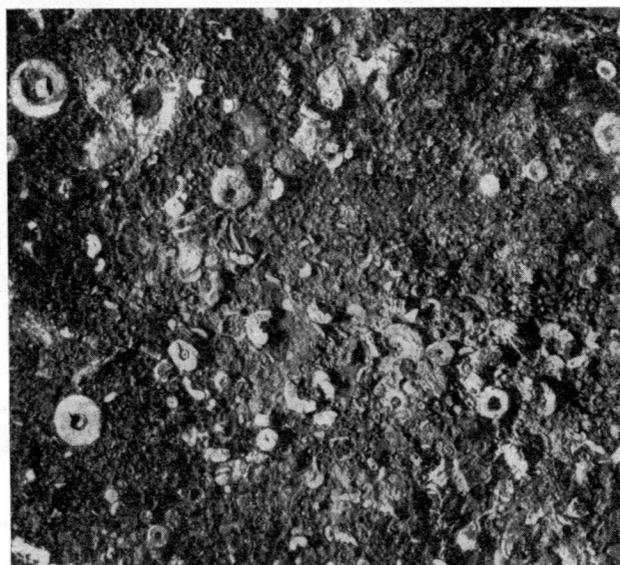
Aunque no hemos podido determinar la especie, por considerarlo de importancia hemos figurado una muestra del lentejón calizo que corta a la

carretera de Hinojosa del Duque a Cabeza del Buey, a unos 800 m. de la bifurcación que se dirige a la estación de Belalcázar.

Estos Poteriocrinites son el testimonio paleontológico de que no es cambriana la zona señalada como tal, en el Mapa Geológico 1:1.000.000 (año 1955).

*Rhynchonella pleurodon* Phill. Foto 8

1821. SOWERBY: *Terebratula mantiae*. «Min. Con.», lám. CCLXXVII, fig. 1.  
 1836. PHILLIPS. *Terebratula pleurodon*. «Geol. of. Yorkshire», vol. II, lám. XII, pág. 222, figs. 25-30.  
 1858. DAVIDSON. *Rhynchonella pleurodon*. *Monograph*. «British Fossil Braquiopoda», lám. XXIII, pág. 101, figs. 1-22.



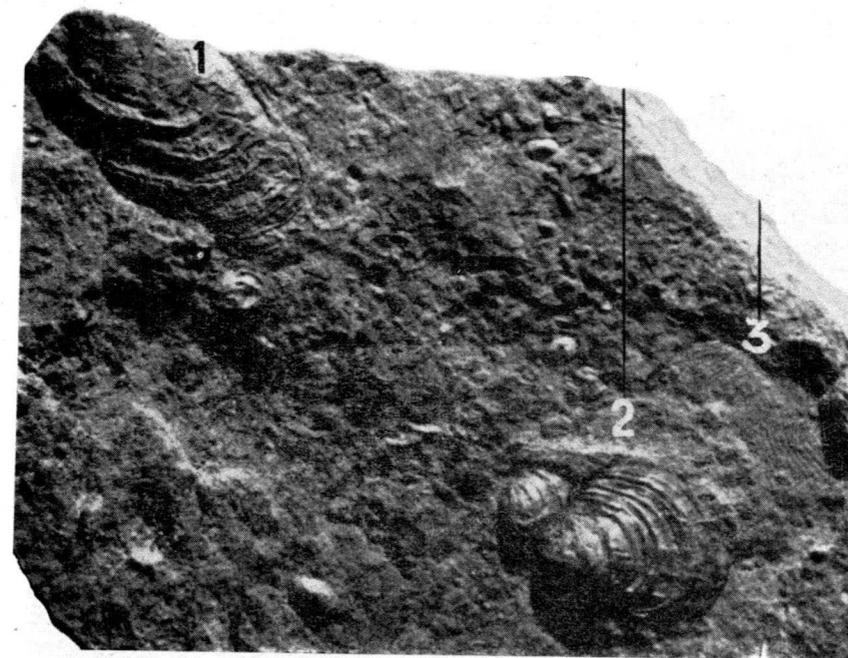
Fot. 6.—Tallos de Poteriocrinites y pisolitos. Ligeramente aumentado. (Hoja de Hinojosa del Duque.) Nivel: Dinantiense.

Concha transversalmente oval, raramente más larga que ancha, pero es de forma muy variada y las valvas son más o menos convexas, corchete moderadamente incurvado, *deltidium amplexans* con un pequeño foramen circular, bocel ancho y seno poco profundo en la valva ventral.

Las costillas son en número variable, desde 10 a 24 en cada valva, de las que hay de 3 a 9 en el bocel y de 2 a 8 en el seno, aunque lo frecuente es 5 en el primero y 4 en el segundo.

Davidson considera la *Terebratula mantiae* de Sowerby como una variedad de la *R. pleurodon* Phill.

Horizonte: Dinantiense-Namuriense.



Fot. 7-X 3.—1. *Posidonomya becheri* Bronn. 2. *Posidonomya corrugata* Ether. 3. *Reticuloceras superbilingue* Bisat. Ostrácodos. Nivel: Namuriense.

*Posidonomya becheri* Bronn. Fot. 7, 8 y 9

1863. GOLDFUSS: *Petrefact German*, pág. 112, lám. 163, fig. 6.  
 1901-1905. Hind. *Monograph*. «British Carboniferous Lamellibranchiata», pág. 27, lám. 6, figs. 11-15.  
 1946. FEIO: *Contribution a la connaissance de Posidonomya becheri*, Com. Serv. Geol. de Portugal, t. XXVII, pág. 119.

Concha de tamaño mediano, oblicuamente suboval y pectiniforme, borde anterior redondeado formando un ángulo romo con la charnela que se curva suavemente hacia abajo y hacia atrás. El borde posterior es casi recto en su mayor parte y forma un ángulo obtuso con aquélla.

La superficie está ornamentada con numerosas costillas concéntricas elevadas, de sección triangular, separadas por surcos. Tanto las costillas como

los surcos se hacen más anchos y distantes a medida que se alejan del corchete.

La charnela es más corta que el diámetro transverso de la valva y sobre ella se sitúan los corchetes, algo excéntricos hacia la parte anterior, convexos y puntiagudos. Horizonte: Dinatiense-Namuriense.



Fot. 8-X 3.—*Rhynchonella pleurodon* Phill. *Posidomya becheri* Bronn. 1. *Reticuloceras bilingue* Salter. 2. *Reticuloceras superbilingue* Bisat. Ostrácodos. Nivel: Namuriense.

*Posidomya corrugata* Ether. Foto 7.

1901-1905. *Hind. Monograph*. «British Carboniferous Lamellibranchiata», página 30, lám. 6, figs. 1-5.

Forma de tamaño mediano, irregularmente subcuadrada, comprimida, ligeramente oblicua y muy inequivalva. Lleva una orejeta anterior que forma ángulo recto con el borde correspondiente, el posterior es recto y hace án-

gulo obtuso con la charnela, que es más corta que el diámetro transverso de la valva. Los corchetes son pequeños, agudos, prominentes y situados anteriormente. La concha es ligeramente abombada, comprimida posteriormente para formar un repliegue dorsal.

La ornamentación se compone de estriás concéntricas y costillas aplanadas, más marcadas en la parte media e inferior de la valva.

Horizonte: Dinantiense-Namuriense.



Fot. 9-X 2.—a) *Posidomya becheri* Bronn. b) *Coleolus carbonarius* Demanet. Nivel: Namuriense.

*Leiopteria laminosa* Phill. Foto 10

1865. KONINCK: *Faune du Calcaire Carbonifère de la Belgique*. «Ann. du Mus. d'Hist. Nat. de Belgique», t. XI, pág. 190, lám. 30, fig. 6.  
1901-1905. *Hind. Monograph*. «British Carboniferous Lamellibranchiata», pág. 14, lám. 3, figs. 4-9.

Concha de tamaño mediano, alargada, oblicua. La valva izquierda moderadamente convexa. El borde anterior recto y oblicuo de delante a atrás. La orejeta anterior relativamente bien desarrollada, redondeada en su extremidad; la posterior 3 veces más larga que la anterior y aproximadamente la mitad de la longitud total de la concha; borde posterior fuertemente escotado. Corchetes situados en el tercio anterior del borde cardinal.

La ornamentación de la concha consiste en pliegues concéntricos equidistantes que se aproximan más sobre la orejeta posterior.

Horizonte: Dinantiense-Namuriense.

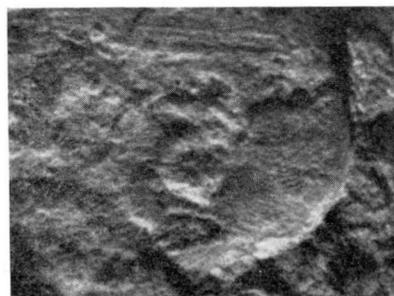
*Coleolus carbonarius* Demanet. Foto 9

1941. DEMANET: *Faune et Stratigraphie de l'Etage*. Namurien de la Belgique. «Mem. 97 Mus. R. Hist. Nat. de la Belgique», pág. 270, lám. 16, figs. 24-25.



Fot. 10-X 3.—*Leiopteria laminosa* Phill. Nivel: Namuriense.

Concha cónica, alargada, delgada, que puede alcanzar de 30 a 35 mm. de longitud y no pasa de 3 a 4 de anchura en la base. Casi siempre aplanada y



Fot. 11 y 12-X 3.—*Reticuloceras superbilingue* Bisat. Ostrácodos. Nivel: Namuriense.

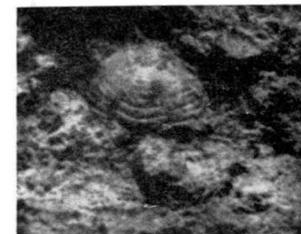
mostrando en este caso una quebradura longitudinal irregular, debida a la compresión mecánica. La ornamentación está constituida solamente de finas estriás transversas, perpendiculares o ligeramente oblicuas al eje de la concha, es su número de unas 10 por milímetro.

Horizonte: Namuriense.

*Reticuloceras bilingue* Salter. Foto 8

1941. DEMANET: *Faune et Stratigraphie de l'Etage Namurien de la Belgique*. «Mem. 97 Mus. R. Hist. Nat. de la Belgique», pág. 280, lámina XVIII, figs. 1-5.

Especie que reúne las características del género y que se distingue del *R. reticulatum* Phill. por la finura de la red formada por las estriás trans-



Fot. 13-X 3.—*Phillipsia cliffordi?* Wood. Nivel: Namuriense.

versas y espirales, de las cuales estas últimas tienden a localizarse en la región de la lengüeta (rostro) y son más acentuadas, elevadas y mejor delimitadas que en la especie *reticulatum*.

Horizonte: Namuriense.

*Reticuloceras superbilingue* Bisat. Fotos 7, 8, 11 y 12.

1941. DEMANET: *Faune et Stratigraphie de l'Etage Namurien de la Belgique*. «Mem. 97 Mus. R. Hist. Nat. de la Belgique», pág. 281, lám. XVIII, figs. 6-9.

Se caracteriza:

- 1.º Por la extrema finura de la estriación transversa.
- 2.º Por la desaparición casi completa de la costulación espiral.
- 3.º Por la fuerte proyección hacia delante y estrechamiento de la lengüeta.

4.º Por la presencia de dos surcos a ambos lados, que se colocan cerca del borde externo de la concha.

Esta última es la característica principal de la especie.

Horizonte: Namuriense.

*Phillipsia eliffordi* Woodw. Foto 13

1883-1884. WOODWARD: *Monograph of the British Carboniferous Trilobites*, pág. 96, lám. 10, figs. 8-12.

Tenemos solamente un *pygidium* que atribuimos con duda a esta especie, cuyos caracteres específicos en cuanto a éste se refiere son:

1.º Aproximadamente es tan ancho como largo.

2.º La anchura del raquis es un tercio de la total en el borde anterior, pero rápidamente disminuye y llega a ser un séptimo en su extremidad distal, que es redondeada.

3.º Dicha extremidad está bordeada por un ancho margen con finas estrías concéntricas. Este borde es un séptimo de la longitud del *pygidium* en la parte central, pero disminuye lateralmente en anchura.

4.º El *pygidium* se compone de trece segmentos o somites en el raquis y diez pleuras a cada lado, que aparecen bifurcadas en la proximidad del borde.

5.º No tiene espinas ni tubérculos como se observan en otras especies de este género.

Horizonte: Dinantiense.

Recibido 3-X-61.

912:551.24

V. V. BELOUSOV

## MAPA TECTONICO DE LA TIERRA

ADAPTACIÓN POR J. M. L. DE A.

### 1. REGIONES DE LA CORTEZA CONTINENTAL

#### A. *Geosinclinales alpinos.*

1. Macizos interiores en los geosinclinales alpinos.
2. Geosinclinales alpinos no divididos.
3. Geosinclinales alpinos con inversión mesozoica.
4. Parageosinclinales y fosas marginales alpinas.

#### B. *Plataformas alpinas.*

5. Anticlinales sobre el zócalo de plegamientos hercinianos.
6. Sinclinales sobre el zócalo de plegamientos hercinianos.
7. Anticlinales sobre el zócalo de plegamientos caledonianos.
8. Sinclinales sobre el zócalo de plegamientos caledonianos.
9. Plegamientos del zócalo precambriano aflorantes.
10. Plegamientos del zócalo de Baikal aflorantes (únicamente en Siberia).
11. Anticlinales sobre el zócalo de plegamientos precambrianos.
12. Sinclinales sobre el zócalo de plegamientos precambrianos hundidos principalmente en el Paleozoico.
13. Sinclinales sobre el zócalo de plegamientos precambrianos hundidos principalmente en el Mesozoico y el Cenozoico.
14. Mares continentales.

#### C. *Regiones activas y oceanización.*

15. Cuenca epiherciniana interior (Oeste de Siberia y Golfo de Piedmont).
16. Regiones hundidas en el Terciario y el Cuaternario, relacionadas con la oceanización (China).
17. Arcos insulares del tipo primero.

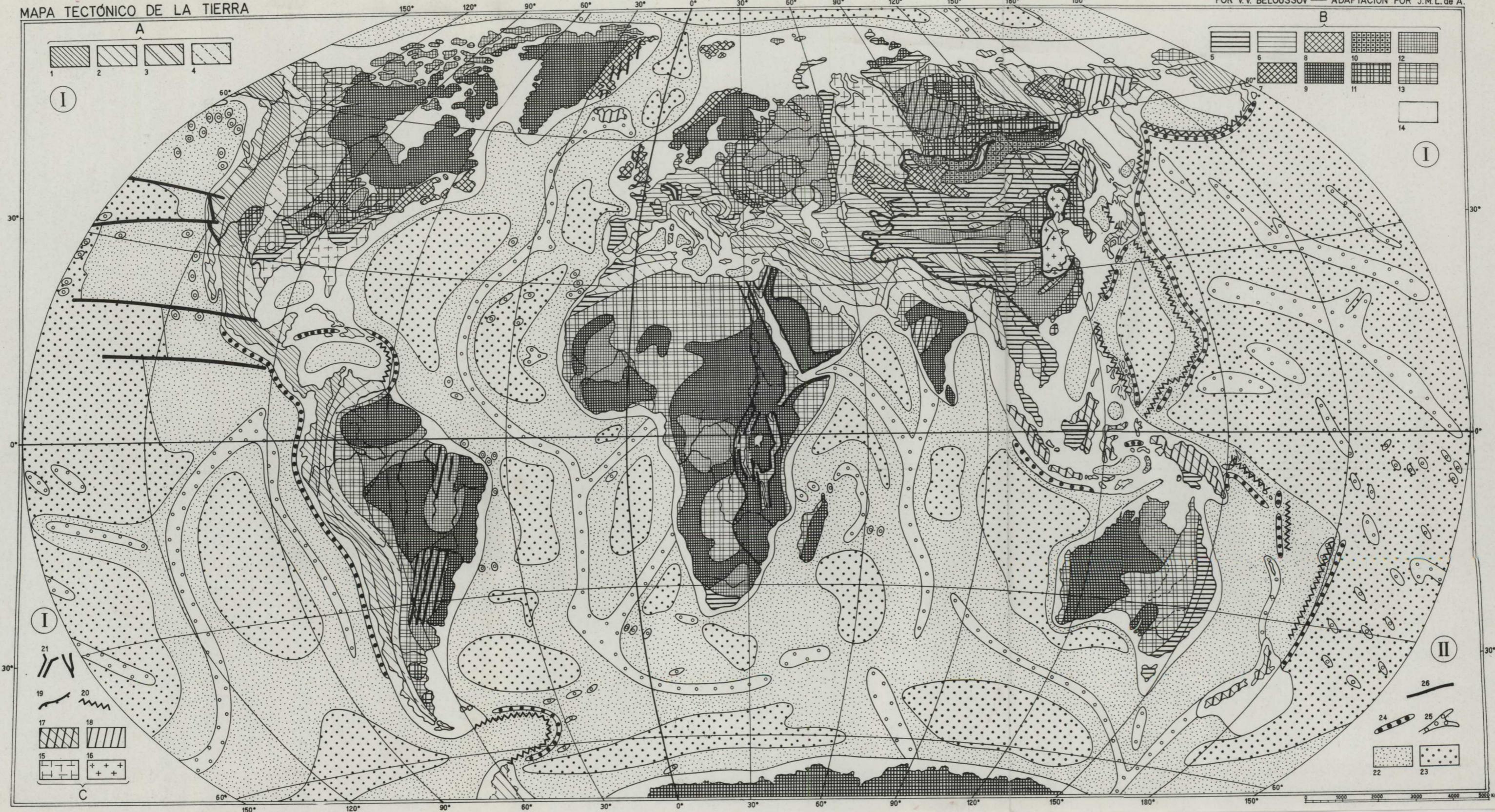
18. Plataformas basálticas y otras extrusiones relacionadas con la oceanización.
19. Límites de la región de activación tectónica.
20. Arcos insulares del tipo segundo.
21. Fosas importantes.

## II. REGIONES DE LA CORTEZA OCEÁNICA

22. Regiones poco profundas en los océanos y en la parte de los mares con corteza oceánica o con corteza intermedia.
23. Cuencas oceánicas profundas.
24. Fosas oceánicas de profundidad muy grande.
25. Levantamientos oceánicos y volcanes submarinos.
26. Fallas importantes.

Recibido 4-X-61.





551.14

ANTONIO DUE ROJO, S. I.  
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

## LAS CAPAS PROFUNDAS DE LA CORTEZA TERRESTRE

### RESUMEN

En estas notas se reseñan algunos resultados recientes de las investigaciones geológicas y geofísicas de la corteza y principio del manto terrestre; los métodos no son precisamente nuevos, pero en la aplicación de los hasta ahora empleados hay un creciente progreso y perfeccionamiento de la técnica, que da vigoroso impulso a lo que se sabe sobre esta materia; tales son los sísmicos, geotérmicos y vulcanológicos, así como la proyectada perforación del manto y sobre todo las últimas exploraciones oceanográficas, de gran valor científico.

### SUMMARY

The last results in geological and geophysical investigations about the earth crust and upper mantle, with methods not always new, but technically ever progressing, give us useful knowledge on these matters with seismic, geothermic and vulcanologic explorations, as well as deep drilling toward the earth mantle and the recent great exploration of the ocean bottom.

### EL PROYECTO «MOHOLE»

Desde que en 1957 aprobó en principio la UGGI, en Toronto, el atrevido plan de perforación hasta el manto bajo la corteza terrestre, a más de los ensayos preliminares, de que damos a continuación las últimas noticias, la discusión sobre su aspecto práctico ha sido y continúa siendo muy viva: se ha criticado su elevado coste, que habría de restarse a otras empresas geofísicas más importantes; se ha negado su utilidad, alegando que ya es suficientemente conocido lo que por esos medios extraordinarios se quiere averiguar, y hasta se ha dicho que no es favorable a la ciencia semejante publicidad en gran escala. A las respuestas a tales objeciones que ya adelantábamos en una reseña anterior, convendrá añadir las relativas a la financiación del proyecto: se espera realizarlo por unos cinco millones de dólares, poco en comparación de otros que en nuestros días se ven prosperar: por lo demás la

experiencia enseña que semejantes empresas (estudio del átomo, exploración del espacio, etc.), se hacen valer y se imponen por sí mismas, sin hacerse la guerra económica, y en particular la preferencia del estudio y exploración de nuestro propio planeta antes que los demás, no solamente se juzga razonable, sino que los conocimientos adquiridos sobre la Tierra contribuirán no poco a los que se desea alcanzar acerca de los demás astros (8).

En la primavera de 1961 se acaba de realizar una de las fases preliminares a cargo del CUSS I, junto a la isla de Guadalupe, cerca de la costa occidental de Méjico (distinta de la de igual nombre en las Pequeñas Antillas), donde el taladro de 11,43 centímetros de diámetro descendió hasta establecer contacto con el fondo del mar a 3.566 metros de profundidad; durante más de sesenta horas que duró la perforación, el navio tuvo que soportar vientos de hasta 35 nudos (179 m/s.) y olas de 3,5 a 4,5 m. de altura, a pesar de lo cual no se desvió más de un centenar de metros del centro exacto de la operación. Los resultados científicos directamente obtenidos en cierto modo quedan relegados a segundo término si se comparan con el éxito de técnica e ingeniería que supone haber vencido la dificultad de operar en tan adversas circunstancias meteorológicas y en el funcionamiento de la perforadora a tan gran profundidad, lo que unido a otro experimento semejante, hecho junto a la costa del Perú, donde se ha practicado la perforación de un pozo de petróleo submarino por medios de control a distancia, significa un favorable presagio de lo que podrá ser en breve la exploración petrolífera en alta mar y otras operaciones de investigación científica.

Con el apoyo financiero de la National Science Foundation (735.800 dólares), se dio comienzo a la ardua empresa, primero en aguas de La Jolla, California, en una trinchera submarina, a mediados de marzo de 1961 y se obtuvieron varios cilindros de sedimentos a unos 900 metros de profundidad con penetración de 60 a 90 metros; en una segunda tentativa, después de sacar sedimentos de arenisca poco consolidada y otros procedentes de corrientes de turbidez con abundantes fósiles, el taladro tropezó con rocas más sólidas de carbonatos a 230 metros, que el examen de rayos X reveló ser dolomitas, y más abajo se volvió a encontrar arena más blanda y fango. Aunque aún no se ha determinado la edad de estos materiales, parece que los terrenos inmediatos a la zona dolomítica pertenecen al Pleistoceno y los inferiores al Plioceno; se sacaron muestras a 70, 73, 101, 152 y 230 metros bajo el fondo, pero hubo de desistir de continuar la operación por haberse perdido el cilindro receptor. En esta prueba de San Diego, se pudo comprobar que por medio de dos motores diesel, fuera de bordo, de 200 HP. cada uno, regidos por una consola provista de radar y sonar, era posible mantener quieta en su sitio la barca soporte, a pesar del fuerte viento y el oleaje; y con esta seguridad se trasladó todo el equipo a la isla mejicana de Gua-

dalupe, perteneciente al distrito Norte de la Baja California, donde se iba a hacer la prueba en forma más definitiva.

Ante todo se practicó un pozo de un par de centenares de metros en el sedimento blando, del que se sacaron varios cilindros, y el 31 de marzo comenzó la fase principal: entre los 150 y los 170 metros bajo el fondo salieron muestras de arcilla compacta y firme, de color gris verdoso, muy rica en fósiles, que los geólogos indentificaron como perteneciente al Mioceno; a partir de los 170 metros, la velocidad del taladro se vio frenada por un basalto duro vesicular de grano fino, de acuerdo con los datos sísmicos, que acusan en aquel sitio un cambio brusco en la velocidad de transmisión de ondas. De este basalto se obtuvieron algunas muestras antes de abandonar la perforación a los 185 metros; se comentó humorísticamente entre los técnicos que esta importante contribución a la geología ocurrió el día 1 de abril, que equivale en otros países a nuestro día de Inocentes. Una tercera tentativa en Guadalupe obtuvo resultados semejantes a 80 y 140 metros.

En el terreno paleontológico, los resultados han sido de particular interés: hasta un 80 por 100 del sedimento mioceno consistía en restos fósiles y se ha calculado que se depositaron a razón de dos centímetros por milenio; en la capa superior más superficial a 152 metros escaseaban muchos más los fósiles. Otras observaciones geofísicas simultáneas se han hecho en esta ocasión: a los 42 metros la temperatura era de 7° C y a los 150 subió ya a 21°; aunque ya era conocido el exceso de flujo térmico en esta región, las medidas actuales indican un gradiente más acusado de lo que se esperaba. Se introdujeron geófonos en el pozo abierto para medir la velocidad de las ondas sísmicas procedentes de cargas explosivas desde otro barco auxiliar, el «Orca», de la misma Institución Scripps: la velocidad registrada para el depósito de fango gris resultó un poco menor (1,59 km/s.) de lo que se creía, indicio de que el espesor de ese sedimento marino no es tanto como se había calculado. La última fase del experimento fue el empleo de un nuevo turbotaladro de fabricación francesa, en el que la rotación ordinaria es reemplazada por un nuevo sistema de funcionamiento hidráulico, con 750 revoluciones por minuto, mediante agua del mar inyectada desde la superficie a través del tubo de transmisión que llega al fondo; y a pesar de que éste distaba, como queda dicho, más de tres kilómetros y medio, las pruebas dieron resultado satisfactorio. Igualmente se hicieron medidas acerca de las corrientes marinas en aquel sitio, y de otros factores geofísicos; ahora el trabajo consistirá primero en un detenido análisis de las muestras para deducir de él consecuencias prácticas y teóricas, y sobre todo en hacer planes concretos sobre futuras operaciones, cada vez más avanzadas y desde luego más difíciles de realizar (3).

## EL PROBLEMA DEL MANTO

Es difícil tratar de esta región interna del globo separadamente, es decir, prescindiendo de la corteza y del núcleo, que la limitan por ambos lados, superior e inferior; a medida que se ofrecen nuevos datos de observación, aparecen teorías y «modelos» de corteza, manto y núcleo, y su discusión da materia en Congresos, revistas especializadas y otras en que se publican trabajos de investigación, para presentar tentativas de solución. Tal es, por ejemplo, la teoría de Vening Meinesz sobre la presencia, acusada por datos sísmicos, de una capa de transición a una profundidad comprendida entre los 200 y los 900 kilómetros de profundidad, y que según él significa el cambio de una fase más densa de olivina desde abajo, a otra ortorrómbica hasta llegar a la corteza; se funda parcialmente en la probabilidad de una corriente de convección que afecta a todo el espesor del manto, lo que no ocurriría si entre ambos niveles hubiera una diferencia de composición química, y en cambio no se opondría a ello una mera transición de fase.

La curva temperatura-profundidad para los primeros 1.200 kilómetros a partir de la superficie, y la curva teórica del equilibrio de fase, coinciden entre los 200 y los 900, por lo que el concepto de capa de transición es completamente aceptable; la hipótesis de una fase más densa en la porción inferior conduce inevitablemente a una capa de transición entre ambas fases, la cual por efecto del enfriamiento de la Tierra se desplaza lentamente hacia arriba, y es difícil concebir cómo una diferencia de composición química pueda conducir al mismo resultado. La carga y descarga de la corteza es causa de cambios de presión que perturban el equilibrio de fase en dicha capa de transición: el efecto teórico de la ablación del hielo pleistocénico explica satisfactoriamente porqué la velocidad creciente, calculada para uno o dos milenios en Fenoscandia, haya sido menor que lo realmente comprobado y porqué se ha retrasado la ulterior elevación de nivel. Por último, el efecto de la capa de transición en una corriente convectiva que la atraviesa, se puede demostrar que es una explicación plausible de porqué el gradiente térmico bajo los océanos es en general prácticamente el mismo que bajo los continentes, a pesar de que en éstos la corteza es más rica en componentes radiactivos (5) (13).

Partiendo de ecuaciones termodinámicas conocidas y de diversos estudios experimentales, Kapustinskiy llegaba en 1958 a la conclusión de que el efecto de la comprensión en la entropía es equivalente al del enfriamiento, y haciendo aplicación a la variación de energía libre y el contenido térmico, establecía su cuarto principio de la Termodinámica: que ambos son iguales cuando el volumen tiende a cero, o lo que es lo mismo, que las propiedades calóricas y

térmicas de un cuerpo llegan a hacerse independientes del volumen cuando éste se reduce indefinidamente; cierto que ningún cuerpo puede ser comprimido hasta lograr que todos sus núcleos atómicos estén en contacto geométrico (volumen cero absoluto), pero si un cuerpo en fase cristalina llegase a tal estado de compresión, su entropía sería igualmente nula. Otro carácter propio de la teoría de este autor, es el cambio radical en las propiedades químicas de los átomos comprimidos; por eso modifica la ley de periodicidad de los elementos, admitiendo que los electrones exteriores de los átomos sujetos a altas presiones en el interior de la Tierra son obligados a adentrarse en el edificio atómico y así adquieren propiedades químicas diferentes; conforme a esta conjetura, construye una tabla efectiva de cinco períodos en la eclogita del manto, en vez de la normal de siete, válida para las presiones que rigen en la superficie y en la corteza, y somete la organización atómica de los electrones en el manto al principio de Pauli; sugiere, por tanto, una transformación electrónico-isomérica de átomos de una «química degenerada» en los sistemas de silicatos comprimidos en el manto, a los cuales atribuye una estructura cristalina. El núcleo terrestre sería, pues, isotérmico, y consistiría en elementos metálicos despojados completamente de sus electrones periféricos; la capacidad térmica del núcleo resulta así insignificante, lo que conduce a una temperatura constante en todo él de unos 2.000° C. teniendo en cuenta la conductividad térmica metálica (4).

Por su parte, Pospelov, teniendo en cuenta la dificultad de definir y delimitar adecuadamente el concepto geológico de corteza terrestre, sugiere que una zona situada a 60-80 kilómetros de profundidad, donde se dan condiciones cuasicríticas energéticas y fisicoquímicas, haga las veces de corazón o centro donde se originaría la actividad tectónica y magmática manifestada luego en la corteza exterior. La caída o disminución rápida de la resistividad eléctrica aparente, hallada por Krayev a varias decenas de kilómetros de profundidad en perfiles donde los electrodos distaban entre sí de 50 a 75 kilómetros, parece indicar el límite superior de esa región central, cuyo espesor varía con el tiempo y oscila radialmente: es decir, formando una aureola de masas magmatogénicamente activas, que sale del interior y se abre camino, cobrando mayor actividad en ciertos períodos de la historia magmática; por analogía con la solar se le ha llamado «corona magmatogénica terrestre».

Los grupos regionales de cuerpos intrusivos y de los ígneos sometidos a metamorfismo, que aparecen en la superficie de la Tierra a modo de manchas o zonas alargadas magmáticamente activas, son elementos regionales y estructurales básicos de esta corona; las llama Pospelov «áreas de magmatismo» y aparecen como agregados y asociaciones definidas de formaciones magmatogénicas sobre la corteza o dentro de ella, según modelos o figuras estructurales bien definidas, por lo que las denomina «asociaciones estruc-

turales» de elementos intrusivos y se dividen en asociaciones en forma de enjambres y en forma lineal. Estudios hechos sobre el terreno en la región de Altay-Sayan, y en los «traps» de la plataforma siberiana han tenido por objeto la investigación topográfica y geológica de estas intrusiones, con vistas a buscar nuevas posibilidades de interpretación a las complejas relaciones entre estos factores estructurales, petrográficos y metalogénicos (15).

La composición de la porción externa del núcleo la han calculado MacDonald y Knopoff, admitiendo para la Tierra en general una distribución media de elementos químicos semejante a la de los meteoritos de condrita, y coincide bien con la actual producción térmica terrestre; si se le asigna al manto, a partir de una capa más exterior de 400 kilómetros de espesor, una composición a base de eclogita, bajo la cual sigue la dunita, el modelo condritico exige un núcleo de siliciuro de hierro, cuyo número atómico, representativo de tal compuesto, sería de 22,8, de acuerdo con la cifra del orden de 22, calculada por Bullen, según la distribución de densidades que éste propone. La conductividad eléctrica de tal núcleo habrá de ser de 1/3 a 1/10 de la del hierro puro, para las condiciones que allí rigen, lo que a su vez también concuerda con lo exigido por la teoría del campo magnético terrestre (11).

#### LA APORTACIÓN SISMOLÓGICA

Bajo el título de «Upper mantle project» se ha formado en el seno del Comité Internacional de Geofísica una entidad especial con el fin de estimular y coordinar los estudios de las capas exteriores de la Tierra, incluyendo las que siguen inmediatamente a la corteza, objeto hoy de interesantes investigaciones y de actualidad cada vez mayor, gracias a los nuevos medios de penetración de que dispone hoy la técnica, ya que es evidente que mientras no se logre avanzar mucho más en este terreno, no hallarán solución satisfactoria multitud de problemas básicos de geología, tales como el origen y formación de los continentes y las cuencas oceánicas, el mecanismo y la naturaleza de los terremotos, los volcanes y la orogenia. Para todo ello, el dato sismológico continúa siendo primordial.

Desde que hace cincuenta años demostró Mohorovicic que la estructura de las capas corticales podía deducirse de los tiempos de recorrido de las ondas sísmicas, la interpretación de los sismogramas ha sido un recurso fértil en resultados importantes y no pocas veces de gran utilidad práctica; claro es que a pesar de sus notables progresos, este método tiene forzosamente que limitarse a establecer analogías entre las propiedades físicas directamente inaccesibles de los materiales atravesados por las ondas y las comprobadas para otros en el laboratorio, donde se procura, sin lograrlo nunca del todo, reproducir el medio ambiente de esas grandes profundidades,

temperaturas y presiones. A pesar de ello, esa analogía se acerca con frecuencia a la realidad tan verosímelmente, que equivale a un sólido argumento físico; otras veces se esfuma en la incertidumbre y a lo más queda reducida a una mera probabilidad discutible, o sencillamente faltan todavía datos suficientes de observación para sacar conclusiones definitivas.

Por ejemplo, el manto que se extiende bajo los continentes y océanos se caracteriza por una velocidad para las ondas longitudinales de 8 a 8,2 kilómetros por segundo, y para las transversales continentales es de 4,6-4,8; pero faltan datos para ellas en el manto suboceánico. De tales cifras es de donde se ha deducido una composición química a base de dunita.

La antigua apreciación de que la velocidad elástica crecía simplemente con la profundidad a partir de la discontinuidad de Mohorovicic, ha tenido que ser abandonada: la observación de Gutenberg de una zona de sombra para las ondas elásticas engendradas por los terremotos, le indujo a postular una zona de menor velocidad de transmisión; gracias a las violentas explosiones atómicas, perfectamente cronometradas, se pudo comprobar con certeza la existencia de dicha zona, difícil de analizar en los sismogramas ordinarios.

Hoy se ha llegado a un conocimiento más adecuado, aunque todavía no completo, de las estructuras corticales y primeras capas del manto, por métodos sismológicos y gravimétricos: 1) La corteza continental manifiesta un cambio en los parámetros elásticos a medida que crece la profundidad, con transición del granito al basalto, que en algunos sitios es muy brusca (discontinuidad de Conrad), aunque la variación de velocidad es más acusada en la segunda zona que en la primera; 2) la corteza pierde espesor al llegar al margen continental y lo gana por debajo de las montañas, especialmente a expensas de la capa basáltica; 3) bajo los océanos, la densidad y velocidad elásticas de la corteza coincide con las de los materiales subyacentes al granito en los continentes; 4) los arcos de islas y las trincheras abisales marítimas están asimismo asociadas con mayores espesores corticales: en esas trincheras la compensación isostática es precaria, y su alta sismicidad evidencia una gran actividad tectónica; 5) la inversión de velocidad en la región superior del manto presenta un mínimo a unos 140 kilómetros de profundidad, y esa porción anómala de velocidad menor no es igual bajo los mares que bajo tierra firme, como si en el primer caso la temperatura fuese superior y las rocas más «blandas»; más aún: hay indicios de que este carácter es algo más acusado bajo el Atlántico y el Índico que bajo el Pacífico; 6) por último, se discute todavía, apoyándose en datos sísmicos, si las discontinuidades de Mohorovicic y Conrad se deben a cambio de composición o de fase (16).

En la actualidad, los geofísicos de diferentes campos piden a los sismólogos la información más precisa posible sobre multitud de pormenores relacionados con su especialidad respectiva; pero no siempre es posible complacerles. La comunicación presidencial de K. E. Bullen a la Asociación in-

ternacional de sismología y física del interior de la Tierra, tenía por título *La sismología en nuestra era atómica*; en ella señalaba que las explosiones nucleares tenían una energía mucho mayor que las de origen químico y, por tanto, enviaban las ondas a mayor profundidad; los sismógrafos habían registrado muchas explosiones atómicas, pero había existido por parte de las autoridades interesadas cierta resistencia a dar datos sobre la localización exacta y el momento preciso de las explosiones. Aunque ello ha disminuído el valor de tales pruebas bajo el punto de vista sismológico, se han obtenido algunos resultados importantes, que probablemente no se hubieran podido deducir de la observación de los terremotos.

No hay duda de que si se presenta la oportunidad de registrarlas en muchos sismógrafos situados a distancias convenientes del origen, se obtendría una información que ayudaría no poco a resolver problemas hasta ahora insolubles. Nos encontramos, decía Bullen, en el suplicio de Tántalo, porque ahí están las herramientas que tanto necesitamos, pero no es muy probable que nos dejen utilizarlas y con el creciente temor a los peligrosos efectos de las explosiones atómicas, es muy difícil que la sismología pura consiga producir alguna destinada únicamente a sus fines particulares; sin embargo, en algunas ocasiones recientes se ha llegado a un acuerdo y ha sido posible sacar provecho de algunas experiencias de esta clase.

Hay también que advertir que gran cantidad de datos sobre terremotos no han sido todavía analizados, y que convenientemente utilizados producirán resultados fructíferos; además se están introduciendo nuevos métodos en ese estudio, y en especial instrumentos capaces de registrar ondas superficiales de extremada lentitud, como veremos a continuación. Sin salirse de los procedimientos clásicos, Bullen ha obtenido resultados muy interesantes acerca de la variación de densidad en el interior de la Tierra: las velocidades de las ondas P y S dependen de la densidad del material que transmite y de su elasticidad, la cual a su vez está determinada por la rigidez y la incompresibilidad. Estas tres magnitudes no pueden derivarse de las dos velocidades, pero pueden hacerse estimaciones cuando se tienen en cuenta informaciones que proceden de otras fuentes.

Bullen encuentra que la densidad aumenta en el manto desde unos 3,3 inmediatamente debajo de la discontinuidad de Mohorovicic hasta alrededor de 5,5 en la base del manto; allí salta hasta aproximarse a 9,5 y aumenta hasta 11,5 en el fondo del núcleo exterior; en el interior todavía se halla otro fuerte aumento. La rigidez, que representa la resistencia al esfuerzo cortante, aumenta continuamente en el manto hasta el fondo, donde es casi cuádruple de la del acero ordinario; por el contrario, en el núcleo externo la rigidez es muy pequeña y esto es lo que se quiere expresar cuando se dice que el núcleo es líquido, sea cual fuere su estado físico real; por otra parte, la incompresibilidad o resistencia a la presión no cambia materialmente en el límite del

núcleo. Cuando se consiguió evaluar la presión, se vió que había alcanzado cerca de 1,33 millones de atmósferas en el fondo del manto y cerca de cuatro en el centro de la Tierra; continuando esta serie de razonamientos, llega este autor a la conclusión de que el núcleo interno debe de ser sólido. Asimismo a la antigua creencia clásica de que todo el núcleo estaba constituido por ferro-níquel, va sustituyendo la apreciación, deducida de investigaciones recientes, de que ello habría de restringirse al interno: el externo parece ser de un material no muy diferente del del manto, pero transformado por las altas presiones allí existentes (6).

El violento terremoto que asoló la región meridional de Chile en mayo de 1960, será recordado por los sismólogos como el primero que se demostró haber hecho vibrar, no ya la corteza, sino prácticamente toda la masa del globo terrestre, conforme a las predicciones teóricas hechas ya en el siglo pasado; preveían en efecto aquellos geofísicos tres clases de oscilación libre: la llamada esferoidal, en que la Tierra se comportaría como si fuese alternativamente estrujada y aflojada por un gigante, cuyas manos se apoyasen en los polos; la torsional, en que el gigante hiciese girar sus manos en direcciones opuestas, y la radial, que consistiría en dilataciones y contracciones uniformes de la Tierra.

Para apreciar tales movimientos, necesariamente lentos, hacían falta sismógrafos apropiados, que solamente comenzaron a usarse hace unos veinte años, y aun así no daban gráficas suficientemente fieles a la realidad (en el megasismo de Kamchatka de 1952, los resultados del análisis de sismogramas no fueron todavía satisfactorios); pero durante y después del de Chile, las oscilaciones libres fueron claramente registradas en sismógrafos especiales de muy largo período, así como en el de tensión que ya funcionaban en el observatorio geológico de Lamont: la oscilación desplazó la corteza terrestre varias pulgadas en la región neoyorquina, donde están emplazados, amplitud más que suficiente para haberse hecho sentir con cierta violencia, a no haber sido por su período extraordinariamente lento, de más de 15 minutos, con lo que la máxima aceleración  $A/T^2$ , por mucha que fuese la amplitud absoluta en el numerador, quedaba reducida a un valor insignificante a causa del alto valor de T, elevado además al cuadrado en el denominador. Según Jack Oliver, jefe del Departamento sismológico de Lamont, se pudieron identificar las vibraciones esferoidal y torsional, y probablemente también la radial, a la que al tiempo de comunicar esta nota no había alcanzado aún el análisis completo; en los sismogramas estudiados, independientemente del terremoto principal y sus réplicas subsiguientes, se pudieron apreciar estas ondas lentas durante los cinco días que les siguieron (14).

#### DATOS VULCANOLÓGICOS Y TÉRMICOS

Los volcanes ofrecen a la investigación humana dos objetos diferentes: uno exterior, que son los fenómenos eruptivos directamente observables y observados desde la más remota antigüedad, y otro interior, en forma de conjeturas y deducciones indirectas acerca de las estructuras y procesos de donde nacen las manifestaciones exteriores; y en este segundo campo se ha avanzado mucho en tiempos recientes, cuando las técnicas modernas sísmológicas, geodésicas y gravimétricas han descubierto y localizado no pocos agentes y causas de cada uno de los efectos observados en la superficie; por ejemplo, un equipo de sismógrafos de campaña determina exactamente la posición, profundidad y cuantía de los diversos choques por los que se deduce lo que está ocurriendo en capas profundas, a donde no llega la observación directa; de aquí la denominación bastante propia de los volcanes como las principales «ventanas» a donde nos podemos asomar a ver lo que ocurre en el interior de la Tierra; bajo el título de Vulcanología se suele hoy incluir gran parte del estudio de esos materiales ocultos, a veces tan remotamente relacionados con la antigua vulcanología, que muchas rocas, tradicionalmente consideradas como plutónicas o ígneas, es decir, consolidadas a partir de un estado inicial de fusión, está comprobado hoy que nunca estuvieron fundidas.

Entre los numerosos problemas que se plantea la vulcanología moderna, sólo nos interesan aquí los que tienden a descubrir la naturaleza, estructura y actividad de las capas profundas, corteza y principio del manto, hasta donde parece extenderse el dominio del volcán; es ya relativamente antigua la creencia de que el magma o roca fundida, que sale del cráter, procede de esa región superior del manto, pero de ahí a determinar con certeza dónde y cómo se forma, queda un largo camino por recorrer. Durante el último cuarto de siglo se ha comprobado que el foco de numerosos terremotos de los que acompañan las erupciones en las islas Hawai, se halla a unos cuarenta kilómetros (treinta y cinco más abajo que el límite superior del manto en aquel sitio) y es obvio presumir que de ese nivel procede el magma: desde hace pocos años, la instalación de sismógrafos más sensibles ha permitido asociar a esas sacudidas mayores una serie de temblores rítmicos menos intensos, a los que antes se atribuía un origen superficial, cual si fuesen debidos al paso de los materiales ígneos por los conductos que dan al exterior; al comprobar hoy que su sede está también a esos cuarenta kilómetros, se hace patente un movimiento magmático en la misma zona profunda, y allí es lógico situar el origen de la erupción; otro tanto prueban los datos sísmicos respecto de los volcanes de Kamchatka, donde la profundidad focal es de 50 a 60 kilómetros: no hay que olvidar que en tierra firme es mayor el espesor cortical que en el suelo insular de Hawai.

Una de las cuestiones básicas en esta materia, de solución obligadamente especulativa, es la distribución del calor en los estratos sucesivos; las más recientes apreciaciones admiten una rápida subida del gradiente cerca de la superficie, que a los 100 km. es de 1.100-1.200° C y por los 200 km. llega a 1.500, y todos coinciden en situar la región superior del manto en un nivel térmico superior al punto de fusión de las lavas basálticas, si éstas estuviesen sometidas a las condiciones ambientales superficiales, y sin embargo es bien sabido que en todo el espesor del manto hasta el núcleo la transmisión de ondas sísmicas indican inequívocamente una Tierra sólida: oposición aparente que se salva teniendo en cuenta la subida de este punto de fusión cuando las presiones van creciendo; pero como son inevitables los cambios de régimen de carácter local, que desviarían en uno u otro sentido la curva media teórica, y ésta se acerca bastante al punto de fusión también teórico, puede suceder que en tales circunstancias se produzca la liquefacción del magma.

Lo que no es admisible es que ello suceda a los 40 km. medidos en Hawai y mucho menos que baste la curva térmica para explicar las temperaturas observadas en los materiales eruptivos (precisamente los mismos 1.100-1.200° C asignados a los 100 km. de profundidad); hay que buscar otra causa, factores distintos de la línea isogeotérmica mundial: más aún, en todas las zonas volcánicas aparece esta clase de anomalía respecto de la distribución universal del calor, irregularidad que pudiera ser, no ya el resultado, sino la causa del volcanismo. Porque tal concentración térmica ¿viene del interior del manto a impulso de corrientes de convección o es engendrada por alguna especie de fricción interna?

Durante la erupción del Kilauea en 1952, la emisión térmica se calculó en,  $4.3 \cdot 10^{16}$  calorías, todo ello casi exclusivamente en forma de calor, pues otras veces la liberación de energía se reparte entre otras manifestaciones, tales como explosiones o terremotos. El investigador japonés Yokoyama estima la energía global terrestre liberada en las erupciones entre  $10^{16}$  y  $10^{25}$  erg, casi toda originada en capas profundas y aportada a la superficie con la subida del magma. Actualmente se cree que la mayor parte del calor que viene de esa fuente tiene su origen en la compresión de los materiales que forman el manto, y en menor proporción en su radiactividad; y aunque se ha sugerido que el volcanismo es efecto de una concentración local anómala de materias radiactivas, sin embargo los análisis de este género practicados con lavas y gases recientemente emitidos, no han revelado un nivel superior al fondo radiactivo normal. Hay desde luego otras causas conocidas (oxidación e interacción de gases al aproximarse a la superficie, liberación del calor latente de cristalización, etc...), pero esto no explica sino en pequeña proporción la cuantía térmica total, y a lo más sería una especie de compensación de otras pérdidas sufridas por el material eruptivo durante el ascenso: la causa principal tiene que ser mucho más profunda.

Un problema adicional nace de la composición misma del material emitido, que resulta bastante diverso del que se cree formar el manto: el basalto es lo que más abunda, y aun otras rocas volcánicas parecen ser modificaciones ulteriores del magma basáltico; entre las tres variedades conocidas predomina el basalto toleítico, del que están formadas casi exclusivamente las grandes montañas de Hawai, con un volumen de 100.000 millas cúbicas ( $416.730 \text{ km}^3$ ), del mismo orden de magnitud que la gran acumulación existente en la llanura del río Columbia y algo menor que en la región india del Deccan; del toleítico parecen derivarse los otros tipos por fusión en las capas profundas.

La mayor parte de los geólogos y geofísicos asignan a la parte superior del manto una composición primaria peridotita con abundancia de olivina, rica en magnesio y en hierro; pero no hay que olvidar que entre los materiales más internos y los más superficiales puede haber una especie de intercambio por intrusión, fusión parcial o simplemente mezcla, que altere la composición primitiva. Otra hipótesis propone la eclogita o basalto polimorfo a alta presión, es decir, que habría un cambio de fase entre los 30 y los 60 km.; bajo los océanos, donde el espesor cortical es reducido, la presión no es muy considerable, pero a pesar de ello no faltan autores que se inclinan a admitir el cambio de fase de un modo universal. Como se ve, la solución última siempre viene a ser la esperanza en el éxito del proyecto «Mohole», acerca del cual la última noticia publicada (Sc. Dig. septiembre 1961) habla de un taladro nuclear novísimo, que probablemente no existe sino sobre el papel, capaz de fundir la roca a su paso: llevaría una especie de reactor nuclear productor de alta temperatura (del orden de un millar de grados C), que alternativamente fundiría la roca y caería por su propio peso en el material así fundido; unos recipientes especiales de cerámica servirían para la recolección de muestras a diferentes profundidades.

En no pocos casos favorables, una erosión amplia se ha encargado de poner al descubierto secciones naturales de terreno en antiguos volcanes; sea cual fuera su tipo, parece ser que en todos ellos hay un gran depósito magmático, generalmente a escasa profundidad, como lo prueba la intumescencia que precede o acompaña las erupciones, seguida como es lógico de un descenso de nivel después de ellas; no se ha de entender precisamente como un depósito único, sino más bien como una serie de compartimentos o conductos de estructura compleja: los modernos instrumentos de medida no solamente aprecian exactamente tales variaciones de nivel, sino también inclinaciones del terreno del orden de la centésima de segundo de arco. Hay otros medios indirectos de localizar esos depósitos: en el Vesubio las lavas arrastran consigo fragmentos de dolomitas triásicas, cuya posición y nivel es allí bien conocido (a seis kilómetros bajo el suelo de la región), y por tanto a esa profundidad tiene que estar el techo del depósito magmático; consideraciones parecidas han localizado en estratos de 4 ;

7 kilómetros los centros volcánicos terciarios en Escocia, y otras cifras semejantes se obtienen en volcanes de Hawai y del Japón; en Kamchatka la falta de propagación de ondas sísmicas transversales (que no se propagan por un medio líquido) arguye en el grupo de volcanes de Klyuchevski la existencia de un enorme depósito situado a 50-60 kilómetros, es decir, en el límite del manto o quizás dentro de él, aunque pudiera tratarse del lugar donde el magma *se produce*, no de las cámaras donde *se acumula* cuando sobreviene la intumescencia previa a la erupción; se admite que éstas últimas son una especie de lacolitos relativamente pequeños, mientras que la de Kamchatka, a juzgar por los datos sísmicos, mediría de 10 a 12 kilómetros de espesor y unos 30 de diámetro. En la región de Messum, al SW. de Africa, una erosión muy profunda ha descubierto una masa lenticular de roca intrusiva que a 4-5 kilómetros por debajo de un volcán le sirvió sin duda de depósito, y cuya estructura pertenece al género lopolito, puesto que los estratos subyacentes estaban combados por su peso; no es pues aventurado admitir la existencia de ese doble almacenamiento sucesivo en dos grados diferentes antes de salir el magma por el cráter (9).

Por diferentes modelos de globos terrestres hipotéticos, se ha calculado cuál haya de ser el proceso superficial de flujo térmico, partiendo de una radiación correspondiente a la de los meteoritos condriticos, y con temperatura inicial que a 1.200 kms. de profundidad alcance los  $2.600^\circ \text{C}$ ; para una radiación concentrada en los 100 kilómetros más exteriores, el flujo térmico superficial al presente sería de  $68 \text{ erg/cm}^2/\text{seg.}$ , en vez de los 50 que da la observación, y teniendo en cuenta que el calor inicial contribuye solamente con el 20 por 100; analizando la relación entre ese calor inicial, la distribución de la radiación y el flujo resultante, se deduce que en efecto, la Tierra tiene una composición radiactiva semejante a la de un meteorito condritico, y por tanto la concentración de fuentes caloríficas cerca de la superficie exterior tiene que haber procedido de temperaturas muy inferiores al punto de fusión de los silicatos: solamente se salvaría semejante discrepancia admitiendo una reducción a la mitad en el factor radiactivo. El problema es complejo y se han estudiado las diversas combinaciones resultantes de variar la cuantía y profundidad de los elementos U, Th y K, así como las temperaturas iniciales de la génesis planetaria, capacidad y conductividad térmicas de los materiales terrestres, etc... (10).

En la termodinámica del manto desempeñan un papel importante según varios autores las corrientes de convección; se ha calculado su velocidad en 3,6 centímetros por año, de modo que a un giro completo corresponderían  $1,78 \cdot 10^8$ ; la perturbación térmica tendría que ser de  $9,7^\circ \text{C}$ . y el flujo supondría una distorsión de 159 metros en la corteza y 237 en la superficie del núcleo: la carga debida al peso así ejercido resulta ser de  $5,3 \cdot 10^7 \text{ dinas/cm}^2$  en el límite superior del manto y de 8,9 en el interior. L:

teoría de Maines, arriba expuesta, es objeto de discusión respecto de la eficiencia térmica resultante, que sería demasiada a juicio de otros autores: la diferencia es de 70 por 100 en aquélla, contra 4 por 100 de éstos (7).

Son interesantes a este propósito las experiencias de laboratorio y exploraciones sobre el terreno realizadas en la URSS por Belousov. A pesar de los progresos y recursos actuales de la Geología, es evidente que no se hallan a nuestra vista sino los resultados estáticos de multitud de procesos en que han intervenido aquellos factores termodinámicos; no es posible verlos trabajar en extensiones tan enormes y tiempos tan dilatados. De aquí la idea de no pocos investigadores de construir modelos a escala reducida, que hagan posible reproducirlos experimentalmente, y si ello no constituye una prueba suficiente de lo ocurrido en la realidad, al menos sirven de comprobación sobre la validez de las teorías o suscitan ideas útiles para hallar la explicación de los hechos; así se ha venido haciendo desde hace muchos años, y últimamente lo único que se ha añadido es una mayor exactitud en los métodos, y fidelidad en tener en cuenta los factores en juego: no solamente los tiempos, distancias y tamaños, sino también el factor térmico, presión y otros agentes activos, juntamente con la rigidez, elasticidad, plasticidad y viscosidad entre los pasivos. Precisamente una de las causas que restaban valor a los experimentos hechos antiguamente y aun a principios de este siglo, fue que el estudio de los plásticos, de los cuerpos elásticos y sólidos acababa de nacer, así como el conocimiento experimental del dominio de las altas presiones y temperaturas.

En el laboratorio del Instituto de Física Terrestre de la Academia de Ciencias de Moscú, Belousov describe un experimento de la formación artificial de un domo o cúpula de sal de los que se forman al ser empujada la sal fundida hacia la superficie a través de estratos más pesados, pero de mayor viscosidad; una especie de erupción volcánica sin volcán. Este material se representó con asfalto receptor poco denso (0,6), y las reducciones hechas en su viscosidad se hicieron teniendo en cuenta que la altura de la columna de sal en la naturaleza es de unos 5 kilómetros y en el modelo, de 50 centímetros (factor =  $10^4$ ); el tiempo requerido suele ser de 50.000 años y en el laboratorio fue casi de una hora (factor =  $4 \cdot 10^8$ ); el producto de ambos factores dio el de reducción de la viscosidad, de casi  $10^{13}$ , y como la viscosidad de la sal natural es de  $10^{22}$  poises (resistencia al flujo expresada en dinas/seg/cm<sup>2</sup>), la del asfalto hubo de ser reducida proporcionalmente a  $10^{22} : 10^{13} = 10^9$ . Entre otros resultados curiosos de la experiencia, se pudo observar que estas cúpulas tienden a formarse allí donde la capa de sal tiene mayor espesor, y parece impedirlo la presencia de gruesas capas superpuestas, resultando que confirmó más tarde la exploración sobre el terreno de casos análogos. Investigaciones semejantes han sido valiosas para de-

terminar el origen y proceso de fallas, plegamientos y otros accidentes geológicos (1).

Siendo los plegamientos una reacción de las capas corticales a los movimientos verticales diferenciales de bloques separados, cabe distinguir las siguientes clases de plegamientos: 1) los *de bloque propiamente* dichos, que afectan la forma característica de bolsas y aparecen en los geosinclinales y plataformas; 2) los *de inyección*, debidos al flujo horizontal de rocas especiales plásticas, por extrusión que se verifica desde un lugar a otro, en el que se acumulan, formando así núcleos de inyección al abrirse camino y atravesarlo; este flujo de rocas plásticas es efecto de la carga desigual de los estratos superpuestos, así como de las fracturas que se producen en ellos, sobre todo en las cuencas tectónicas; 3) los *metamórficos* o profundos, relacionados con el proceso de granitización y metamorfismo, al perder densidad los materiales rocosos si son impregnados por sustancias volátiles, y entonces la reducción de densidad induce el flujo hacia arriba, y 4) *de corrugación general*, originados por fuerzas gravitacionales, que provocan el deslizamiento de estratos por superficies en declive pronunciado o la expansión hacia los lados de los bloques elevados, con lo que crean presiones laterales y por lo tanto pliegues en las capas adyacentes: todo esto puede también ocurrir a consecuencia de los plegamientos de las clases segunda y tercera; los de la tercera y cuarta son frecuentes en las zonas de geosinclinales; por lo demás, no existen indicios de fuerzas compresionales de orden general en la corteza terrestre, son más bien fenómenos de carácter local, y sus causas también lo son, incluidas las de orden térmico, que evidentemente cooperan en todos los casos, de modo que como hechos primarios únicamente cabe considerar a los movimientos verticales de bloques independientes. La antigua teoría de la contracción general por enfriamiento también universal, hoy abandonada, como origen de los plegamientos, es incapaz de explicar los hechos observados y el proceso complejo, aunque regular, de los movimientos *oscilatorios* de la corteza terrestre, que las investigaciones recientes han evidenciado en todas partes (2).

#### LA EXPLORACIÓN OCEANOGRÁFICA

Desde las costas de California hasta las islas Hawai, el fondo del Pacífico va descendiendo gradualmente. Hace diez años parecía obvio admitir algo parecido para todas las cuencas oceánicas, que tendrían hacia el centro su máxima profundidad; pero hoy que son mejor conocidas los fondos del Océano, se sabe que las fosas más profundas están en los bordes, y aunque haya excepciones en forma de prolongaciones dilatadas del zócalo continental, como la que hay al E. de Norteamérica, en el caso del Pacífico no es ad-

misible esa especie de estuario avanzado hacia alta mar: el análisis de los sedimentos y la prospección sísmica han demostrado que a partir de la costa de California los residuos continentales, que suelen formar tales prolongaciones, son escasos y a veces inexistentes, y la capa de sedimentos marinos es de un espesor bastante normal, lo mismo que el de la corteza misma, de suerte que allí el borde superior del manto es paralelo al fondo marino: la consecuencia lógica es que esa misteriosa pendiente se debe al manto subyacente.

El hecho de que esto no fuese una anomalía aislada, se pudo comprobar inmediatamente antes y durante el Año Geofísico Internacional, cuando la Institución Scripps de Oceanografía emprendió la exploración de una notable protuberancia o elevación del fondo en el Pacífico oriental, de enorme extensión y por entonces poco conocida, que llegaba hasta los parajes marítimos más remotos y menos explorados; únicamente los navíos de los Estados Unidos, con motivo de las operaciones antárticas Highjump y Deepfreeze, dieron a conocer algunos de sus rasgos generales; hoy las expediciones de la Scripps han alcanzado sus límites al E. de las Marquesas y al W. de Centroamérica, y en ambos sitios han hallado un flujo térmico anormal; en uno de ellos, asimismo una velocidad sísmica también anormal en el manto, al modo de las encontradas en la cresta central atlántica, suscitando así la cuestión de si este fenómeno es característico de tales cordilleras submarinas: por lo demás, la del Pacífico Este parece ser una porción de la mundial oceánica, que pasa por todos los mares, con un recorrido total de 129.000 kilómetros, y quizás se extiende, como veremos, por debajo de la costa de California, en relación estructural con la serie de fallas transversas que surcan en latitud casi todo el Pacífico: son otros tantos problemas geotectónicos que confluyen en el más radical, el del origen de este enorme accidente geológico.

Su extensión superficial sobre el fondo, es comparable al de ambas Américas, el relieve medio de dos a tres kilómetros, incluidas algunas alturas mayores y volcanes, su anchura de 2.000 a 4.000 kilómetros y su longitud máxima, desde Méjico hasta Nueva Zelanda, de unos 13.000. Transversalmente a esta formación están las llamadas zonas de fractura, casi una docena, en forma de bandas de topografía montañosa, que en los puntos de intersección con la cresta modifican y perturban su disposición general, hasta el punto de que la anchura de ésta ha sido desplazada verticalmente por varios centenares de metros a lo largo de tales fracturas, cual si hubiera sido su primitiva posición. Semejantes zonas presentan un relieve característico y uniforme de pocos kilómetros, pero su anchura es de varios centenares y su longitud de varios millares, con frecuentes fallas que escalonan longitudinalmente su nivel medio, y no pocas fracturas secundarias que interrumpen su largo recorrido, es decir, todo un nuevo mundo hasta ahora desconocido,

que los navíos oceanográficos, describiendo una tupida red de rutas marinas, acaban de descubrir.

En cuanto al otro carácter propio de las cordilleras oceánicas, de encerrar muy exactamente dentro de sus límites topográficos gran número de focos sísmicos superficiales, es difícil de comprobar en este caso, por no abundar las estaciones sismológicas en Sudamérica y por su natural ausencia en el mismo Pacífico, al revés de lo que ocurre con la cresta central atlántica, que las tiene y muy potentes a ambos lados en Europa y Estados Unidos; además, aquí en el Pacífico no se trata de una cresta submarina aislada, sino que está cortada por los otros accidentes geológicos mencionados, que complican el cuadro clínico de la actividad cortical. La solución parcial de esta dificultad ha sido una red de estaciones flotantes a cargo de los geofísicos de la Scripps, con que se ha realizado una amplia prospección del subsuelo en el Pacífico E., y el resultado ha sido la comprobación de que, en efecto, a la protuberancia externa de la corteza terrestre corresponde otra interna del manto y por cierto bastante más acusada que aquélla.

Casi en todas partes, en esta región hay una primera capa exterior de sedimento no consolidado de pocos centenares de metros de espesor, a la que sigue una segunda de material consolidado o volcánico de potencia variable, del orden de un kilómetro, y una tercera, la corteza oceánica propiamente dicha, que confina con la discontinuidad de Mohorovicic y según los datos sísmicos relativos a la cuenca del Pacífico, definida por la línea andesítica (veintiuna estaciones, contando las flotantes) es de 4,9 kilómetros; dentro del área misma de la elevación cortical, a unos 1.400 kilómetros de la cresta máxima (cinco estaciones), resulta ser de 3,7; otras cinco estaciones situadas inmediatamente sobre la cresta, no han obtenido registro de velocidad normal del manto, que suele ser de ocho o más kilómetros por segundo; por otra parte, este tercer estrato, llamado aquí corteza, dentro de los 1.400 kilómetros conserva su grosor uniforme que apenas llega a 3,8 kilómetros, es decir, uno menos que en cualquier otra región del Pacífico.

En exacta correspondencia con esta disposición estructural se encuentra la intensidad del flujo térmico observado en la cresta, conforme a los copiosos datos recogidos en esta materia por Richard y Heezen; la cifra media, así en los continentes como en los océanos, fuera de esta clase de cordilleras, es de  $1,1 \cdot 10^{-6}$  cal/cm<sup>2</sup>/seg.; pues bien, a lo largo de esta protuberancia la cifra inicial varía entre 2 y 8 en una banda de varios centenares de kilómetros de ancho y diez mil de longitud, a semejanza de lo que ocurre en la del Atlántico; y en marcado contraste, más al W. del sitio así explorado, en una extensión de 3.000 kilómetros de anchura por 6.000 de largo, los valores son excepcionalmente bajos, de 0,14 a 0,97; parece existir otra zona de escaso flujo térmico al Este, a mitad de camino entre la cresta y la costa de Sud-

américa, pero no hay todavía datos suficientes de observación para afirmarlo con certeza; su estudio podrá ser objeto de ulteriores exploraciones.

Con estos elementos de juicio se pueden plantear mejor las dos cuestiones arriba apuntadas: la primera es si este accidente geológico continúa desde Méjico hacia el Norte a través del continente americano; puesto que verosimilmente es una sección más de la cresta oceánica mundial, sería extraña semejante interrupción abrupta antes de llegar a California, para reaparecer más arriba, a lo largo de la costa del Oregón, Washington y Alaska; y es de notar que esta solución obvia tiene el precedente del Africa oriental, donde se prolonga la rama oceánica del Indico con iguales características en tierra firme que en el fondo oceánico; lo confirma además el dato sísmico, con régimen uniforme respecto de la porción subpacífica, si bien los focos que se alinean en la falla de San Andrés parecen ofrecer caracteres un tanto diferentes, como era de esperar, pues no sería propio de la corteza continental el reducido espesor que suele tener la oceánica ni la elevación correspondiente del manto; en cambio, se ha comprobado en el golfo de California y en el borde continental el mismo exceso en el flujo térmico que en la cresta submarina. Se puede, pues, admitir como explicación plausible de los hechos observados, que se trata de un solo sistema con unidad geológica, y que la pendiente submarina desde California a las Hawai no es sino la vertiente de una cordillera cuya cresta se encuentra, durante ese trayecto, en tierra firme.

El segundo problema es la relación genética entre la cordillera submarina y las franjas laterales de fractura perpendiculares a ella; así parecen sugerirlo la disposición geográfica, la analogía y proporción similares de desplazamiento cortical, y la misma interacción entre ambas clases de accidente. Estas zonas paralelas de fractura presentan un aspecto de regularidad homogénea en sí misma y en su distribución superficial, y ocupan nada menos que la décima parte de la superficie terrestre, aunque están agrupadas exclusivamente en las cercanías de la cordillera pacífica, nuevo indicio de su relación con ella, aunque en rigor pudieran pertenecer a otro sistema mundial más antiguo, que posteriormente fuera rejuvenecido por diversos factores geotectónicos; no faltan casos similares en otras regiones del globo, por ejemplo, en China, y por tanto no puede descartarse del todo tal hipótesis; sin embargo, un grupo de fracturas como éste es algo único y típico.

A juzgar por solos los datos topográficos, no se trata más que de fallas de torsión; pero los mapas magnéticos del Pacífico NE. no solamente prueban la dirección de las fallas, sino también la cuantía de su acción: se aprecia en ellos una marcada anomalía magnética con tendencia casi exactamente dirigida de N. a S., que sufre un desplazamiento lateral hacia la derecha a la altura de la falla de Murray, de 150 kilómetros; otro de 250 hacia la izquierda en la Pioneer, y otro de 1.200 en el mismo sentido en la de Mendocino, éste

último el más pronunciado de cuantos se han medido en la Tierra, y que sólo en tan favorables circunstancias oceánicas hubiera sido posible; en otro lugar hubiera dividido en dos un continente. Los bloques corticales entre una y otra zona de fractura, de varios millones de kilómetros cuadrados, apenas muestran signos de perturbación; las anomalías magnéticas no ofrecen señales de compresión, extensión, rotación o simples cortes, excepto en las fracturas mismas, y a lo más denotan una presión uniforme dentro de cada bloque, aunque con régimen diferente de uno a otro, que se manifiesta por líneas de volcanes y montañas, producidas a lo largo de las fallas: todo ello característico de la tensión cortical, como si todo el fondo del Pacífico hubiera estado sometido a esa tensión antes o durante la producción de las zonas de fractura.

Tan enormes desplazamientos de los bloques corticales submarinos no tienen correspondencia con los del continente adjunto: la zona de Mendocino separa a la vertiente costera unos cien kilómetros al N. de California, pero este desplazamiento lateral es hacia la derecha, en sentido opuesto al del fondo marino hacia el W.; en la de Murray no hay perturbación costera, aunque las islas Channel y las cordilleras transversales de California parecen marcar una extensión en tierra firme de la zona de fractura. En cuanto a la torsión que originó las fracturas, a juzgar por la apariencia de éstas, en la hipótesis de que la transición corteza-manto signifique un cambio radical de carácter químico, es probable que la corteza de escaso espesor haya sido distendida, ya que al ser meramente arqueada por la protuberancia del manto, la reducción consiguiente no hubiera sido tan grande; la porción hoy tan delgada (3,8 km.), tiene una anchura media de 2.800 kilómetros, y si antes era igual al resto del Pacífico (4,9), esa anchura tuvo que ser entonces de 2.200, lo que implica una traslación lateral de los flancos corticales de unos 600.

La interacción cresta-fracturas sugiere claramente el dato sísmico y la topografía; la cresta es hoy sísmicamente activa, indicio de que persevera la deformación, en tanto que las zonas de fractura únicamente lo son en la intersección con aquélla, como si su sismicidad propia fuera pura coincidencia; pero si en la actualidad no presentan actividad apreciable, parecen haberla tenido al principio de la formación de la cresta; la dirección general de ella sufre desviaciones laterales en las intersecciones, y entre Mendocino y Murray el flanco de la cresta está desplazado horizontalmente en la misma dirección y cuantía que las anomalías magnéticas; si en tierra firme un plegamiento anticlinal apareciera así perturbado por fallas de torsión, la deducción obvia sería que esto ocurrió después o por lo menos al mismo tiempo del plegamiento; así pues, parece suficientemente probada la relación genética entre ambas formaciones.

Hasta ahora escaseaban los datos de observación acerca de las crestas

submarinas, pero en poco tiempo se han acumulado de tal suerte, que las hipótesis para explicarlas se suceden rápidamente unas a otras y al mismo ritmo acelerado son propuestas, modificadas y abandonadas; he aquí algunas: Bullard, Maxwell y Revelle han sugerido una convección relativamente reciente en el manto, que daría razón del intenso flujo térmico, con la ventaja de que esta teoría explica de paso, al menos cualitativamente, los demás hechos hasta ahora comprobados; porque en efecto, esos materiales internos de alta temperatura, al ascender hacia la corteza, producirían la protuberancia en virtud de la misma expansión de origen térmico, o quizá por otras alteraciones físico químicas, y esta misma hinchazón del manto daría lugar a la correspondiente en la corteza y produciría las grietas de tensión paralelas a la cresta. Como ya hemos advertido, esta deformación cortical no es suficiente para explicar el adelgazamiento observado; se requiere además una notable traslación de toda la corteza hacia los flancos, y precisamente porque a medida que se aleja la corriente, se lleva consigo el magma a niveles inferiores, resulta tan escaso en los flancos el flujo térmico.

Aunque todas las porciones de cordilleras submarinas parecen constituir una sola unidad geológica, no por eso es necesario admitir una génesis única y uniforme; comparando la del Pacífico con la del Atlántico, resulta la primera proporcionalmente más ancha y con vertientes mucho menos empinadas y con menos fallas longitudinales; acaso estas diferencias sólo implican diferentes estados de evolución o tiempos de origen. Parece ser, en efecto, que la vida de tales accidentes no es muy larga y podrían hallarse unos y otros en fases más o menos avanzadas. Todos los océanos tienen elevaciones centrales, excepto el Pacífico, que en su lugar posee atolones y guyots (islas antiguas, hoy sumergidas), que sobresalen de una serie de crestas estrechas y escarpadas; si una elevación ancha, con fallas en la cima y coronada por islas volcánicas, se hubiera hundido en tiempos antiguos, tales serían precisamente los vestigios que de ellos veríamos hoy: los guyots del Pacífico central fueron islas hace unos cien millones de años, y si marcan la preexistencia de una protuberancia antigua, el proceso de su hundimiento tuvo que haber sido relativamente breve.

Una deriva continental como la que sugirió el paralelismo entre las costas opuestas del Atlántico y la figura misma de la cresta central, tendría a su favor el argumento paleomagnético ya reseñado en estas mismas páginas, y a esta teoría se inclinan los que pudiéramos llamar geólogos «continentales»; los «marinos» se resisten a ella porque no encuentran pruebas suficientes en la geología del fondo del mar: se hace difícil conciliar las crestas del Índico y Pacífico con una primitiva unión de África y Sudamérica; pero si se admite una distribución fortuita de elevaciones del fondo oceánico de corta duración, las cosas varían; en el caso de que todas se hubieran formado en el centro de la cuenca, no habría razón para que la corrien-

te convectiva en el manto, u otro agente parecido, escogiese sistemáticamente ese lugar para producir la elevación cortical; en cambio, la del borde Este del Pacífico y la que penetra en el continente africano, explican la razón de ser de aquella preferencia, a saber, porque los márgenes de las cuencas se han consolidado en virtud de esas corrientes de convección que partían del centro, y entonces las dos excepciones mencionadas corresponderían a convecciones recientes o si se quiere rejuvenecidas, que por tanto no han tenido tiempo de producir desplazamientos continentales *de importancia*; subrayamos esta expresión porque de hecho la región oriental africana está desgarrada por profundas grietas, y la Baja California se halla casi separada de Norteamérica en la misma dirección de la cresta oceánica (12). Hasta aquí el estado actual de un problema interesante que afecta a gran parte del globo terrestre, y cuyo estudio continúa en la actualidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) BELOUSOV, V. V.: *Experimental geology*, «Scient. Amer.», v. 204, núm. 2, págs. 96-106, febrero, 1961.
- (2) — —: *The origin of folding in the earth crust*, «Journ. of geoph. Research», v. 66, número 7, págs. 2241-2254, junio 1961.
- (3) «Geo Times»: *Preliminary Mohole project drilling successful*, v. 5, núm. 8, páginas 10-13, mayo-junio, 1961.
- (4) KAPUSTINSKIY, J.: *On the theory of the earth*, «Akad. Nauk. SSSR Vopr. geok. miner.», págs. 37-71, 1958.
- (5) KENNETH, L. C.: *The problem of the «mantle-crust mix»*, «Program-Annual meeting AGU», abril, 1961.
- (6) LEHMANN, I.: *El interior de la Tierra revelado por los terremotos*, «Endeavour», v. 18, número 70, págs. 99-105, abril, 1960.
- (7) LICHT, A. L.: *Convection currents in the earth mantle*, «Journ. Geoph. Res.», v. 65, número 1, págs. 349-353, 1960.
- (8) LILLY G. G. y MAXWELL, A. E.: *The earth mantle*, «Science», v. 129, núm. 3360, páginas 1407-1410, mayo 1959.
- (9) MAC DONALD, G. A.: *Vulcanology*, «Science», v. 133, núm. 3454, págs. 673-679, marzo, 1961.
- (10) — —: *Surface heat flow from a differentiated earth*, «Journ. Geoph. Res.», v. 66, número 8, págs. 2489-2493, agosto, 1961.
- (11) — — y KNOPOF, L.: *On the chemical composition of the outer core*, «R. A. S. Geoph. Journ.», v. 1, núm. 4, págs. 284-297, 1958.
- (12) MENARD, H. W.: *The east Pacific Rise*, «Science», v. 132, núm. 3441, págs. 1737-1746, diciembre, 1960.
- (13) MEINERZ, V.: *A fase transition layer between 200 and 900 km. depth in the earth?*, «K. Ned. Akad. WET. Proc. Ser. B.», v. 59, págs. 1-10, 1956.
- (14) OLIVER, J.: *Quivering earth*, «Sc. Amer.», v. 203, núm. 2, págs. 75-76, agosto, 1960.
- (15) POSPELOV, G. L.: *On the «earth zones» of the earth crust...*, «Akad. Nauk. SSSR. Izv. ser. geol.» núm. 3, págs. 19-35, 1959.
- (16) PRESS, F.: *The earth crust and upper mantle*, «Science», v. 133, núm. 363, páginas 145-1463, mayo, 1961.

Recibido 4-X-61.

55:37

JOSE M.ª RIOS

MEMORIA ACERCA DE LA ORGANIZACION Y RESULTADOS  
LOGRADOS EN EL SEPTIMO CAMPAMENTO PARA  
PRACTICAS DE GEOLOGIA «HECHO-ANSO 1961» (\*)

INFORMACIÓN GENERAL. AMBITO Y CARACTERÍSTICAS

Durante los días 1 al 19 del pasado julio de 1961, se han desarrollado, sin novedad, las tareas correspondientes a nuestro VII Campamento para prácticas de Geología, tareas que fueron llevadas a cabo por un grupo principal, que tuvo sus bases en Hecho y Ansó, y por un destacamento que tuvo su base en Sallent.

Una vez más los grandiosos escenarios del Pirineo Aragonés han sido el teatro de nuestras actividades didácticas y de cartografía, que este año nos han permitido completar los trabajos de campo en las Hojas de Ansó y Zuriza, que quedan terminadas en el terreno, salvo que las tareas posteriores en el despacho pongan de manifiesto lagunas o discrepancias que sea preciso aclarar de nuevo sobre el terreno.

Los trabajos en la Hoja de Ansó se iniciaron durante el año 1959 en el V Campamento, y los de Zuriza en el año 1960 durante el VI Campamento, en el que se avanzaron además profundamente los trabajos de reconocimiento en la de Ansó, sin que sin embargo se llegase a terminar la Hoja. El destacamento de Sallent tuvo por misión, completar y detallar el estudio de los granitos en la región al N. de Sallent de Gállego.

El número de participantes fue de 32, o sea apenas menor que en el año anterior. Se caracterizó por una nutrida participación de las Universidades españolas y, sobre todo, por un contingente de estudiantes de la de Madrid, que hasta ahora no había participado en nuestras tareas. Igualmente la de Zaragoza ha enviado por primera vez un alumno. Del extranjero estuvieron

---

(\*) Las Memorias en que se describen las actividades de Campamentos anteriores, son las siguientes: Primer Campamento 1955, N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 40. Segundo Campamento 1956, id., núm. 45. Tercer Campamento 1957, id., núm. 49. Cuarto Campamento 1958, id., núm. 52. Quinto Campamento 1959, id., núm. 56. Sexto Campamento 1960, id., núm. 60.

representadas la Universidad de Burdeos, y la Escuela de Minería y Tecnología de Michigán. Tuvimos la satisfacción de recibir de nuevo a veteranos de anteriores campamentos, entre ellos al catedrático Sr. Iraola, y al Sr. Ahmed, estudiante de nacionalidad libia, alumno de la Universidad de Madrid. Se reunió también contingente para constituir un equipo femenino que compartió con gran espíritu la vida, a veces dura, de las jornadas de montaña, en plan de igualdad con respecto a sus compañeros masculinos.

Tuvimos la fortuna de contar con un nutrido grupo de instructores. Me ayudaron en las tareas docentes y cartográficas los Sres. Mouline, adjunto a la Cátedra del Prof. Lamare, en Burdeos, e Iraola, catedrático de Geología del Instituto Peñaflorida de San Sebastián y, además los Sres. don Joaquín del Valle de Lersundi y don Juan José García Rodríguez, del Instituto Geológico y Minero de España. Los Sres Pastor y Ríos, alumnos de 5.º Curso, y participantes también en el anterior Campamento, auxiliaron eficazmente en las tareas de instrucción.

Un nuevo Secretario, don Raimundo Herraiz, alumno de primer Curso de la Escuela de Minas, desempeñó con gran eficacia y a gusto de todos las tareas de puesta a punto del material, transporte, detalles de organización y bienestar personal de los campamentistas.

Las villas de Hecho y Ansó fueron nuestras sucesivas residencias, y en ellas disfrutamos de la cordialísima hospitalidad de las nobles gentes alto-aragonesas de carácter severo y austero, y por consiguiente lentos en la entrega, que una vez lograda, es sincera y profunda. La personalidad, tan marcada, de las gentes alto-aragonesas, inspira gran respeto y, al mismo tiempo, honda simpatía.

El día 1 de julio comenzaron nuestras tareas en Hecho, con unas jornadas de entenamiento físico y de conocimiento de los métodos de trabajo y empleo del material. El día 10 levantamos nuestra base de Hecho y nos trasladamos a Ansó, donde trabajamos hasta el día 19 de julio, en que clausuramos el Campamento con una comida extraordinaria de despedida.

Hubiera sido nuestro deseo que el destacamento de Panticosa, dirigido por don Tirso Febrel, distinguido especialista petrolólogo de nuestro Instituto, hubiera llevado a cabo sus trabajos simultáneamente con respecto a los nuestros, pero no fue posible debido a otros compromisos de trabajo previos. Este destacamento, compuesto por sólo dos geólogos, don Tirso Febrel y don José Nicolás Sierra, alumno del 5.º Curso y ya destacado petrolólogo, se trasladaron a Sallent de Gállego el día 25 de julio y dieron por terminadas sus tareas el 6 de agosto.

Los recorridos llevados a cabo en las Hojas de Ansó y Zuriza, nos han permitido completar los realizados en años anteriores y dar por terminados los trabajos de campo en esas Hojas, a expensas de que los trabajos de despacho muestren alguna laguna que sea necesario rellenar más adelante. Los

realizados por el destacamento de Sallent, han permitido afirmar y detallar los conocimientos petrográficos y estructurales de la zona de granitos y aureola de metamorfismo en la Hoja de Sallent.

En la organización de los trabajos de campo, se ha distribuido a la gente en equipos compuestos por tres estudiantes, que constituirían la unidad de trabajo, y agrupaciones de uno, dos o hasta tres equipos, que efectuaban sus tareas acompañados por un instructor.

Dos furgonetas Citroen del P. M. M., dieron el servicio de transporte.

Nuestra organización ayudó con becas, medias becas o ayudas de viajes, a algunos de los participantes menos fuertes económicamente.

#### PARTICIPANTES

El número de participantes fue de 32, y se componía de: tres señoritas, dos de ellas licenciadas en Ciencias Naturales, otra estudiante de Ciencias Geológicas; tres estudiantes de la Universidad de Granada; tres de la de Madrid, uno de ellos de nacionalidad libia; uno de la de Zaragoza; dos de la Facultad de Ciencias de Burdeos y un alumno de la Escuela de Minas y Tecnología de Michigan, Estados Unidos; tres alumnos del 5.º Curso y catorce de 4.º Curso de la Escuela de Minas.

Fueron dirigidos por el Prof. Ríos, auxiliado por un adjunto de la Cátedra de la Universidad de Burdeos, un licenciado del Instituto de San Sebastián y dos Ingenieros del Instituto Geológico y Minero de España.

Ejerció las funciones secretariales un alumno del primer Curso de la Escuela de Minas. Lamentamos profundamente la ausencia del Prof. P. Lamare, catedrático de Geología de la Universidad de Burdeos y eminente pirineísta, quien había anunciado su asistencia y que por una serie de incidencias fortuitas no pudo acudir a la cita.

#### EL MARCO GEOGRÁFICO

Coincidió en general con el del anterior Campamento, pero nos extendimos por el Oeste y por el Norte hasta cubrir las restantes zonas de las Hojas de Ansó y Zuriza que no lo habían sido en los anteriores Campamentos. Alcanzamos la frontera en todo el borde septentrional de la Hoja de Zuriza, y llegamos a los confines de Navarra en la parte alta del Valle del Roncal.

No es necesario encomiar la extraordinaria belleza de los paisajes en que se desenvolvieron nuestras actividades, pues basta con mencionar que se trataba de los valles altos del río Aragón Subordán, donde se asienta la localidad de Hecho; del río Veral o de Ansó y del río Esca, que constituye

el Valle del Roncal, ya en Navarra. El primero de los valles termina en la selva de Oza, el segundo en la de Zuriza y el tercero en las llanadas de Be-lagua. Las cabeceras de los tres valles constituyen paisajes maravillosos, que se ofrecen como un premio a quienes acometen la tarea de atravesar las profundas gargantas rocosas, que cierran su entrada. Tras los escarpados cañones, en los que vemos volar águilas y buitres, saliendo de sus nidos, abren de repente las onduladas praderías que ascienden gradualmente hasta los más altos picos.

La región recorrida culmina en las cimas de Peña Forca (2.390 metros) y Campanil (2.371 metros) en la Hoja de Ansó, y en la de Orriste (2.121 metros), Petrechema (2.300 metros), Mesa de los Tres Reyes (2.433 metros), Anielarra (2.323 metros), Arlás (2.043 metros) y Lácora (1.867 metros) en la de Zuriza.

Hemos disfrutado de espléndidos panoramas; hemos acampado junto a lagos y torrentes y junto a neveros, unas veces en suaves praderías, otras precariamente asentados entre el roquedo o al borde de precipicios.

El tiempo nos fue, en general, propicio. Había menos nieve que en años anteriores, debido al prolongado período primaveral, pero de todos modos fueron pocos los equipos que no tuvieron que enfrentarse con el paso de neveros.

Encontramos una zona de gran belleza natural, aunque ingrata de recorrer, constituida por la enmarañada superficie caliza, de arriscada erosión cárstica, que se extiende en el saliente septentrional de la Hoja de Zuriza, y donde enclavan la famosa sima de San Martín y la Mesa de los Tres Reyes, donde se unen Aragón, Navarra y Bearn. Es una zona en que es difícil situarse, dificultad acrecentada por la existencia de bosques en muchas zonas, y donde es sumamente penoso caminar, y además carente de agua. De modo que no pudimos establecer campamentos en su interior y aun los equipos que hubieron de acampar en sus márgenes, tuvieron que surtirse de agua fundiendo la nieve que se pudo encontrar, tras largas búsquedas, en lo más profundo de algunas grietas de difícil acceso. Uno de los equipos, en esta zona, vivió momentos de gran incertidumbre, por la ausencia de uno de sus componentes, perdido en la niebla, durante dos horas y media, en un intento de buscar agua.

Casi todo el tiempo nos acompañó el sol en nuestras tareas, y las noches de tienda fueron en general tranquilas y apacibles. Pero al final hubo unas jornadas de lluvias y nieblas pertinaces, que no sólo nos obligaron a entrar en las tiendas calados hasta los huesos, sino que dificultaron o impidieron la observación geológica

## EL MARCO GEOLÓGICO

El marco geológico fue análogo al del anterior Campamento, y en la Memoria en que se describen sus actividades puede encontrarse una mención de sus características.

El área paleozoica que quedaba por estudiar en las Hojas de Ansó y Zuriza era ya muy reducida, y constituida por formaciones devonianas y carboníferas cuyas características generales nos eran ya familiares. Pero pudimos señalar una nueva mancha, hasta ahora, al parecer, no registrada en nuestra cartografía geológica, en que merced a una falla reaparecen todavía las formaciones devonianas y carboníferas al Oeste de lo que hasta ahora se consideraba como su límite occidental, una vez que quedan anegadas por la transgresión cretácea.

Las formaciones permotriásicas fueron también objeto de diversos recorridos, y resulta interesante señalar que de nuevo desaparecen, hacia el Oeste, en la base del Cretáceo, de modo que éste llega a apoyarse de nuevo directamente sobre el Devoniano y el Carbonífero, como ocurre en gran parte de la Hoja de Sallent.

Por lo demás, las características generales del Devoniano, Carbonífero y Permo-Triásico, no difieren de las descritas en las memorias de anteriores Campamentos.

Nuestros trabajos se desarrollaron, en su mayor parte, sobre formaciones cretáceas y eocenas.

No solamente llevamos a cabo una cartografía general de sus diversos tramos, que se inician en el Senonense más bajo, sino que además, algunos de nuestros equipos se dedicaron al levantamiento detallado de sus series estratigráficas con desmuestres seriados que fueron sometidos a estudio micropaleontológico.

Igualmente fue objeto de análisis cuidadoso la estratigrafía del Eoceno. El Eoceno en esta zona se complica con respecto a las zonas más orientales estudiadas en anteriores Campamentos, por la aparición de diversas cuñas o, más exactamente, lentejones calizos y calizo-margosos, que introducen variedad y complicación en la estratigrafía y litología de la facies dominante que es el Flysch. Este Flysch eoceno es sumamente típico y característico en esta región, que es verdaderamente adecuada para el estudio de este tipo de fenómeno sedimentológico.

En cuanto al Cretáceo, también experimenta una marcada evolución, que ya se hacía notar al Este del Aragón Subordán, pero que es mucho más marcada al Oeste de su curso. Todavía no podemos precisar su estratigrafía fina, puesto que está pendiente de la clasificación de los fósiles recogidos.

Pero la facies maestrichtense margo-arenosa de color pardo, sigue perdiendo espesor hacia el Oeste y quizás no rebase los 100 metros al Oeste de Peña Forca. Por debajo aparecen unos niveles margo-calizos grises, que pudieran ser aún maestrichtenses o ya campanenses, y que alcanzan espesores considerables. Por debajo hay una serie alternante de margas, margo calizas y calizas y dolomías dispuestas en bancos irregulares o lentejones con tránsitos laterales, que son los que desarrollan erosión cárstica y que deben representar todo el Senonense inferior y que llegan quizás al Campanense.

Señalamos finalmente la sorpresa que nos produjo la presencia en la cima del monte Lácora, en la misma línea fronteriza, de materiales paleozoicos y conglomerados de oscuras y sombrías tonalidades, que descansan sobre el Senonense. Los participantes franceses señalaron su analogía con los conglomerados de Mendibeltza, pero no aparecían señalados en los mapas geológicos de que disponíamos allí para consulta, ni en los españoles ni en los franceses.

Dedicamos gran atención a su estudio como consecuencia del interés despertado por su hallazgo en uno de mis itinerarios, y destacamos un equipo para su estudio detallado. Desgraciadamente el tiempo no nos ayudó ni a unos ni a otros en el reconocimiento de la cima del Lácora, pues todos tuvimos intensas lluvias y densas nieblas, hasta el punto de que fue imposible, ni por un solo momento, ver como se prolongaba hacia el Norte la masa de conglomerados al otro lado de la divisoria, que allí constituye la frontera. Pero de todos modos pudimos reunir bastante información; intentó el grupo a quien encomendé su estudio completarlo una vez terminado el Campamento, para lo que volvió en septiembre al valle del Roncal con ese exclusivo objeto. No tuvo mucha más suerte que antes. El tiempo fue igualmente malo, pero además, y como consecuencia del lamentable incidente fronterizo acaecido poco antes algo más al Oeste, tuvieron dificultad de acceso a la zona.

A nuestro regreso a Madrid pudimos comprobar que se trataba en efecto de los conglomerados de Mendibeltza, y que la materia había sido tratada ampliamente en la literatura francesa y alguna vez en la española. El mismo equipo que había llevado a cabo el estudio detallado de la reducida zona, quedó encargado de hacer un estudio minucioso de todos los antecedentes, así como de los datos recogidos por nosotros. Dicho equipo estaba constituido por los Sres. Echevarría y García Salinas.

Este año pudimos completar el estudio a la Peña Forca, en cuya ascensión fracasamos el año pasado. Su estructura geológica es complicada, pero tiene la ventaja de estar puesta de manifiesto con gran claridad y es extremadamente bella e instructiva. Es un grandioso ejemplo tectónico de una serie de pliegues acostados que implican el Senonense superior, las calizas del Danés-Montense y el Eoceno inferior.

Como características tectónicas especiales de la nueva zona, hay que señalar la serie casi infinita de superficies de resbalamiento, en general de pequeña extensión, que recortan por doquier el área sononense de la zona septentrional de la Hoja de Zuriza. Su avance es muy reducido y su extensión longitudinal es corta, pero son un indicio de los fortísimos empujes hacia el Sur desarrollados por las presiones tectónicas.

El hecho más notable lo constituye el desarrollo innegable de un metamorfismo indudablemente mecánico, que se desarrolla en débil espesor a ambos lados de las superficies de resbalamiento. Este metamorfismo presta un color oscuro a las margas azules, les da un brillo y tonalidad claramente metamórficos, y da origen a infinidad de filoncillos, vetas e inserciones de calcita en la superficie de resbalamiento o en su inmediata vecindad.

#### ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

El día 30 de junio se realizó el transporte de material en las dos furgonetas Citroen, que llevaron además un gran número de campamentistas y llegaron a Hecho a la caída de la tarde. El día 1 de julio se completó la concentración del personal, al que se distribuyó en equipos, y se hizo el reparto y asignación del material. Por la tarde en una reunión general, se dieron instrucciones prácticas y se explicaron unas nociones generales acerca de la geología regional y de la zona objeto de estudio.

Los días 2, 3 y 4 de julio se destinaron a jornadas de entrenamiento físico y de enseñanza y práctica de nuestros métodos de trabajo de campo.

El día 2 bajamos desde la selva de Oza, a lo largo de la carretera, hasta la casa forestal, examinando las características de las formaciones devonianas, carboníferas, permo-triásicas y cretáceas, estas últimas en serie completa. Regresamos a comer a Hecho, y por la tarde se practicó instrucción de material y de montaje de las tiendas.

El día 3 nos llevaron las furgonetas, por Aragiés y curso alto del río Osia hasta el final de la carretera forestal, en la borda de los Corralones. Desde allí subimos hasta el pie de la garganta entre los macizos de Bernera y Visaurín, y avanzamos por ella hasta el pie de la collada del valle de los Sarrios, donde nace el río Osia. Comimos entre aquellos neveros y húmedas praderías y descendimos de nuevo hasta la borda de los Corralones donde nos esperaban las furgonetas. Esta excursión permitió a los participantes, examinar el detalle de la tectónica de violentos pliegues acostados al Sur.

El 4 completamos nuestro itinerario de la carretera de Oza, donde comimos, y por la tarde se prepararon los equipos para las jornadas de montaña.

El 5 de julio subí con dos equipos a Peña Forca, donde, por haber ele-

gido mal el camino, habíamos fracasado una vez el año anterior. Los accesos a Peña Forca son escasos, de no llevarse a cabo en plan de escalada. Esta vez seguimos la vía correcta y acampamos en un bellissimo circo en la cara Este, junto a un manantial que plantea un problema hidrológico, ya que el agua parece embalsada, no se aprecia desagüe ni corriente ninguna, y sin embargo el nivel se mantiene constante, con un agua helada y cristalina. La Peña Forca es montañosa y muy cástica, y por consiguiente muy seca: no se alcanza el nivel de las nieves. Al día siguiente alcanzamos las cimas, con inolvidables panoramas. Levantamos su cartografía y descendimos por la empinadísima cara Sur que, afortunadamente, presenta muy buenos apoyos. De no haber podido descender por allí, hubiéramos tenido que desandar todo lo andado y nuestro retraso hubiera despertado la alarma en Hecho.

El día 8 de julio salí con dos equipos y recorrimos la zona al pie de la cara Norte de Peña Forca, zona que se desarrolla sobre todo en el Senonense. Acampamos en una alta pradería sobre el valle de Tortiella, junto a un nevero cuya agua de deshielo utilizamos. Al día siguiente, el 9, recorrimos la zona entre la collada de Estivella y la cima de Chipeta. Es una zona de tan bella como complicada tectónica. Descendimos por el Permo-trías hasta Oza, donde nos esperaban las furgonetas.

El día 10 nos dedicamos a levantar la base de Hecho y después de comer nos trasladamos a Ansó, donde quedamos instalados al anochecer.

El día 11 de julio subí al campo con dos equipos. Nuestro objetivo era el estudio del monte Paquiza Linzola y zona al N. de él. Con otros equipos fuimos en una furgoneta hasta la selva de Zuriza. Al poco tiempo nos separamos de los restantes equipos y con los míos ascendimos las suaves pero empinadísimas laderas meridionales del Paquiza Linzola, cubiertas de praderías. El paso a la vertiente N. fue muy penoso y en algunos sitios incluso comprometido por tratarse de margas desnudas de vegetación, descompuestas y rebaladizas y de gran pendiente. Por fin alcanzamos la vertiente septentrional en la margen del karst.

Acampamos en una pradería, pero nos costó gran trabajo encontrar agua, que hubimos de obtener mediante fusión de la nieve hallada en la profundidad de una gran grieta del karst. Por la mañana del día 12, recorrimos una zona de las calizas carstificadas en pasos sumamente penosos, de modo que nuestro avance fue mucho menos profundo que lo que nos habíamos propuesto. Por la tarde hicimos una travesía a nivel a través de una selva en la ladera muy pendiente de la cara septentrional del Paquiza Linzola. Fue un paso muy fatigoso y en zona seca; afortunadamente encontramos agua en el cauce de un arroyo a la hora de comer. A media tarde alcanzábamos la collada y descendíamos a Zuriza, donde nos recogieron las furgonetas.

El día 14, con dos equipos pasamos en la furgoneta al valle del Roncal

hasta su cabecera. Allí establecimos el campamento, y con mis equipos emprendimos la ascensión hacia la cima del Lácora. Pronto entró el día en agua; entre la lluvia y la niebla regresamos, empapados, al campamento. Al día siguiente alcanzamos otra vez la cima del Lácora en condiciones apenas menos desfavorables que el día anterior. Por esta razón no quedamos satisfechos de la labor realizada en el estudio de las extrañas formaciones allí encontradas. Recorrimos la línea fronteriza en dirección a la sima de San Martín, sin lograr alcanzarla, y regresamos a Zuriza.

El día 15, salí al campo con tres equipos y con otro grupo conducido por Del Valle. Juntos ascendimos por las laderas del Línzola en dirección del collado de la Hoya del Solano Este, que alcanzamos al mediodía. Ya en la falda septentrional montamos las tiendas en un gran campamento e hicimos un recorrido local todos juntos. Llovió durante toda la noche copiosamente, pero a la mañana siguiente levantó algo el tiempo y quedó un cielo cargado de nubes, pero con jirones entreabiertos de intenso azul, por los que un sol radiante originaba bellísimos contrastes de luz y sombra en un paisaje húmedo y fresco, brillante por las lluvias de la noche. Las cimas de las montañas se adornaban de jirones de niebla. Nuestro grupo recorrió las faldas de Petrechema hasta alcanzar la frontera en la collada. Recorrimos las crestas fronterizas sin alcanzar ver del lado francés más que algún precipicio, que entrevisto en la niebla nos parecía insondable.

El grupo de Del Valle realizó mientras tanto la ascensión y estudio de la cima de los Tres Reyes. Nos reunimos todos a comer junto a las tiendas, y después de levantar el campamento regresamos a Zuriza, donde nos esperaban las furgonetas.

Mientras tanto los restantes equipos con sus correspondientes instructores llevaban a cabo los recorridos que les estaban encomendados, en forma análoga.

Los días intermedios entre estas jornadas de campo se dedicaban al descanso físico y al repaso y estudio de datos y fotografías aéreas.

El día 19 celebramos una comida de despedida en la fonda de Ansó. Es lástima que, de acuerdo con nuestra tradición, no pudiera ser celebrada al aire libre en plena montaña, pero las circunstancias no eran propicias a ello, tanto por la inseguridad del tiempo en días anteriores, como por dificultades de organización y desplazamiento. No obstante la comida resultó extraordinariamente animada.

Por la tarde se clausuró el Campamento, se recogió el material, se retiró nuestra bandera, y las despedidas sellaron las amistades entabladas durante aquellos días de entrañable convivencia entre compañeros, muchos de ellos procedentes de distintos países o centros.

No hubo novedad desagradable alguna y muy poca enfermería, menos que ningún año, y en los días de descanso la animación y natural alegría

juvenil de los participantes fue extraordinaria y también más acusada que nunca. Como en las jornadas de trabajo la gente respondió muy bien, no sólo no intenté atajar estas manifestaciones, sino que participé en ellas con gusto, en la medida de lo discreto.

Creo que todos los participantes guardarán un recuerdo muy agradable y duradero de estos días de trabajo y convivencia y comunión con la Naturaleza.

El destacamento independiente compuesto por los señores Febrei y Sierra se instaló, durante los once días que duró su trabajo de campo, en la zona del lago Respumoso, debido a la gran pérdida de tiempo que supondrían los desplazamientos periódicos desde Sallent hasta la zona a estudiar.

En la primera ascensión se proveyeron de comida en frío y pan para varios días. Después, y cada tres días, subía un mulero para proporcionarles pan y una comida hecha en el Hotel de Sallent.

Los siete primeros días acamparon en el refugio del lago Respumoso, y los restantes, por indicación de la Guardia Civil, tuvieron que trasladarse a un punto más próximo al puesto de la misma, donde se les había preparado la habitación más decente en los derruidos barracones de la presa.

Durante la permanencia en la montaña tuvo que soportar este equipo un tiempo irregular, con días de lluvia y abundantes nieblas. Recorrió la zona N. del lago Respumoso para estudiar minuciosamente un gran enclave de rocas metamórficas en pleno granito; la zona S. de Respumoso y Campo Plano, los ibones de Arriel, la vertiente S. de Aguas Limpias y la región O. del Paso del Onso, donde estudiaron el contacto del granito.

El último día, y como despedida a su trabajo, fueron obsequiados por la Naturaleza en su bajada hacia Sallent con una magnífica orquesta de truenos, relámpagos, lluvia, granizo y un pequeño alud que obligó al mulero a arrojar al suelo, y del que por fortuna no hubo que lamentar desagradables consecuencias.

#### LABOR REALIZADA Y PLANES FUTUROS

Pudimos completar, como nos habíamos propuesto, las Hojas de Ansó y Zuriza. Solamente la zona de karst quedó un poco clara en los recorridos, pero como es dudoso que una red más densa hubiera enseñado mucho más, quedamos de todos modos satisfechos.

La experiencia de este año ha confirmado mis previsiones. No nos conviene avanzar hacia el O., porque nos adentramos en las regiones de lluvias y niebla del Pirineo navarro, que ocasionan gran trastorno en nuestras tareas y rebajan el rendimiento.

Por el contrario, nos desplazaremos hacia el E., y bien hacia la zona de

Ordessa y del Viñemal, o bien más al E. todavía. Preferíamos continuar, sin interrupción, los estudios al E. de la Hoja de Sallent, donde los comenzamos, pero la zona de Ordessa es peligrosa si no se consigue ayuda adecuada, y el Viñemal es un monte verdaderamente impresionante. Pero si logramos una ayuda eficaz por parte del Patrimonio Forestal, con prestación de sus guías, afrontaremos el año próximo el estudio de ambas zonas.

El mecanismo de los Campamentos ha funcionado como siempre, a perfección, por lo que no lo modificaremos.

Las Compañías, al mantener e incrementar su ayuda con generosidad, que agradecemos profundamente, nos han permitido aumentar el fondo de remanencia, no obstante el aumento de gastos y el número crecido de becas, medias becas y ayudas que hemos concedido este año, muy superior al de años anteriores.

Por mi parte y encauzada la organización y probada su eficacia, deseo entregarla a manos más jóvenes, aunque sin desligarme nunca de ella. De manera que en adelante se encargarán de la organización dos codirectores, los Sres. Del Valle y García Rodríguez. Contarán siempre con mi ayuda y mi consejo, y desde luego seguiré participando en las tareas del campo mientras siga conservando las energías físicas que exige tan dura tarea.

Recibido 20-X-61.

Fig. 1.—Grupo de participantes en el VII Campamento «Hecho-Ansó» 1961. En la ladera E. de Guarrinza. Sentados: de izquierda a derecha: Tormos, Leal, McLanahan, Echeverría, Bezancon, Alonso, González Puga, Giresse. De rodillas: Herráiz, González Donoso, Escobar, Encarnita Puga, Vera. De pie: Díez, Del Valle, García Rodríguez, Cortina, Ahmed, Querol, Leria, Angoloti, Elisa de Pascual, Ortiz, M.ª Teresa Jiménez, Fernández Pérez, García Salinas, Ortuño, Crespo, Aldaya y Sancho Jimeno

(Fot. J. M.ª Ríos.)

Fig. 2.—Las calizas del Maestrichtense de La Chipeta, vistas desde la ladera norte de La Forca.

(De una fot. en color de J. M.ª Ríos.)

## APENDICE I

### RELACIÓN DE PARTICIPANTES

ORGANIZADOR Y DIRECTOR.—*José María Ríos*, Profesor de Geología en la Escuela de Minas. Jefe de la Sección de Estudios Geológicos en el Instituto Geológico y Minero de España.

INGENIERO ENCARGADO DE LA ORGANIZACION.—*Juan José García Rodríguez*, del Instituto Geológico.

INSTRUCTORES.—*Michel Mouline*, Profesor adjunto en la Cátedra de Geología de la Universidad de Burdeos.

*José Juan Iraola*, del Instituto Peñaflores de San Sebastián.

*Tirso Febrel*, Ingeniero Vocal del Instituto Geológico.

*Joaquín del Valle de Lersundi*, Ingeniero del Instituto Geológico.

*Juan José García Rodríguez*, Ingeniero del Instituto Geológico.

SECRETARIO. *Raimundo Herráiz*, Alumno del primer curso de la Escuela de Minas

EXTRANJEROS.—*Sharafddin Ahmed*, de la Universidad de Madrid.

*Jean Pierre Bezancon*, de la Universidad de Burdeos.

*Pierre Giresse*, de la Universidad de Burdeos.

*Michael Ward MacLanahan*, del Michigan College of Mining and Technology.

DE OTROS CENTROS.—*María Teresa Jiménez Riesgo*, de la Universidad de Madrid.

*Elisa Pascual Triviño*, de la Universidad de Madrid.

*Encarnación Puga Rodríguez*, de la Universidad de Granada.

*Florencio Aldaya Valverde*, de la Universidad de Granada.

*Modesto Escobar Espinar*, de la Universidad de Madrid.

*José M.ª González Donoso*, de la Universidad de Granada.

*Adolfo Leria Ruiz*, de la Universidad de Madrid.

*José Sancho Gimeno*, de la Universidad de Zaragoza.

*Juan Antonio Vera Torres*, de la Universidad de Granada.

ALUMNOS DE LA ESCUELA DE MINAS.—*Fernando Pastor Ridruejo*, de 5.º Curso.

*Luis María Ríos Aragüés*, de 5.º Curso.

*José Nicolás Sierra López*, de 5.º Curso.

*José María Angoloti*.

*Agustín Cortina Ruiz*.

Francisco Crespo del Castillo.  
 Manuel Díez y Ponce de León.  
 Mariano Echevarría Caballero.  
 Fernando Fernández Pérez.  
 Fernando García Salinas.  
 José María González Lago.  
 Gonzalo Leal Echevarría.  
 Antonio Ortiz Ramos.  
 Guillermo Ortuño Aznar.  
 Francisco Querol Müller.  
 José María Suárez Alonso.  
 Jaime Tornos Cubillo.  
 Alumnos todos ellos del 4.º Curso.

## APENDICE II

### RELACION DE INSTITUCIONES Y EMPRESAS QUE HAN APORTADO CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA AL SÉPTIMO CAMPAMENTO

Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.  
 American Overseas Petroleum (Spain) Limited.  
 Comisión de Investigaciones Petrolíferas VALDEBRO.  
 Compañía Andaluza de Minas, S. A.  
 Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S. A. (CAMPSA).  
 Compañía Española de Minas del Rif, S. A.  
 Compañía Española de Petróleos, S. A.  
 Compañía de Prospección Geofísica, S. A. (GEOPROSCO).  
 De Golyer and Mac Naughton Incorporated.  
 Empresa Nacional ADARO, S. A.  
 Esso Standard Española.  
 Hulleras de Sabero y Anexas, S. A.  
 Junta de Energía Nuclear.  
 Minas de Potasa de Suria, S. A.  
 Patricio Echeverría, S. A.  
 Potasas de Navarra, S. A.  
 Real Compañía Asturiana de Minas.  
 Sociedad Metalúrgica Duro Felguera.  
 Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, S. A.  
 Sociedad Petrolífera Shell, S. A.  
 Tidewater Oil Company of Spain, S. A.  
 Unión Española de Explosivos.

## APENDICE III

### RENDICIÓN DE CUENTAS

#### SÉPTIMO CAMPAMENTO PARA PRÁCTICAS DE GEOLOGÍA «HECHO-ANSÓ, 1961»

### INGRESOS

	PESETAS
1) Saldo de cuenta anterior .....	53.576,--
2) Donativos de Empresas.	
Donativo del Consejo Superior del Colegio de Ingenieros de Minas.	5.000,—
» Minas de Potasa de Suria, S. A. ....	3.000,—
» Compañía Andaluza de Minas, S. A. ....	1.000,—
» Unión Española de Explosivos .....	5.000,—
» Real Compañía Asturiana de Minas .....	5.000,—
» Sociedad Metalúrgica Duro-Felguera .....	5.000,—
» Patricio Echeverría .....	500,—
» Hulleras de Sabero y Anexas, S. A. ....	6.000,—
» Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, S. A. ....	5.000,—
» Potasas de Navarra, S. A. ....	2.000,—
» Compañía Española de Minas del Rif, S. A. ....	5.000,—
» Empresa Nacional Adaro, S. A. ....	5.000,—
» Junta de Energía Nuclear .....	5.000,—
» Compañía de Prospección Geofísica (GeoproSCO, S. A.) ...	3.000,—
» Sociedad Petrolífera Shell, S. A. ....	5.000,—
» Compañía Española de Petróleos, S. A. ....	10.000,—
» Tidewater Oil Company of Spain, S. A. ....	5.000,—
» Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S. A. ...	3.000,—
» Comisión de Investigaciones Petrolíferas VALDEBRO ...	5.000,—
» De Golyer and Mac Naughton Incorporated .....	6.000,—
» American Overseas Petroleum (Spain) Limited .....	5.000,—
» Esso Standard Española .....	10.000,—
Suma .....	104.500,— 104.500,—
3) Donativos de particulares y becas.	
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas a través de I. A. E. S. T. E. (una beca para participantes extranjeros) ...	3.000,—
Suma .....	3.000,— 3.000,—

4) Cuotas de Inscripción.

		PESETAS
1 cuota a 1.250 ptas. ....	1.250,—	
30 cuotas a 2.500 ptas. ....	75.000,—	
<i>Suma</i> .....	76.250,—	76.250,—

5) Material.

Cesión de 140 martillos .....	14.000,—	
Cesión de 2 estereoscopios .....	1.000,—	
<i>Suma</i> .....	15.000,—	15.000,—

6) Viajes.

ingresado viaje de ida .....	2.800,—	
Ingresado viaje de regreso .....	1.225,—	
Ingresado viaje a Pamplona .....	2.000,—	
<i>Suma</i> .....	6.025,—	6.025,—

7) Reintegros por estancias familias instructores.

Gastos estancia familia Sr. Rios .....	8.000,—	8.000,—
<b>TOTAL DE INGRESOS</b> .....		<b>266.351,—</b>

GASTOS

1) Becas.

7 becas a 2.500 ptas. (donadas por «Campamentos») .....	17.500,—	
2 medias becas a 1.250 ptas. (donadas por «Campamentos») .....	2.500,—	
3 ayudas de viaje a 800 ptas. (donadas por «Campamentos») .....	2.400,—	
Entrega de 500 ptas. (a un becario de I. A. E. S. T. E.) .....	500,—	
<i>Suma</i> .....	22.900,—	22.900,—

2) Alimentación y alojamiento.

Factura Hotel Hecho .....	35.860,—	
Factura Hotel Ansó .....	35.997,—	
Factura Economato (comidas en lata) .....	5.165,—	
Factura comestibles (Zaragoza) .....	1.440,—	
Comida y extras despedida .....	1.558,—	
<i>Suma</i> .....	80.020,—	80.020,—

3) Transportes y viajes.

		PESETAS
Factura del P. M. M. ....	22.800,—	
Dietas viajes instructores (3 x 3.000 ptas.) .....	9.000,—	
Arreglos averías .....	120,—	
Gastos diversos .....	96,—	
<i>Suma</i> .....	32.016,—	32.016,—

4) Material.

Factura banderines (Irupe) .....	2.400,—	
Carretes películas color .....	541,—	
Reparación de 4 lupas .....	100,—	
Diverso (reposición de material de campo) .....	486,—	
Papelería .....	305,—	
Aparato flexo de luz .....	75,—	
Cosedor de grapas .....	125,—	
Par de botas .....	517,—	
Facturas de hojas topográficas y fotografías aéreas .....	1.974,—	
Material de oficina .....	394,—	
Factura entelado de mapas .....	3.710,—	
<i>Suma</i> .....	10.627,—	10.627,—

5) Gratificaciones.

A don J. M. López de Azcona Fraile (por su ayuda como secretario en el VI Campamento) .....	1.250,—	
A los conductores del P. M. M. ....	1.000,—	
Servicio de los Hoteles .....	1.000,—	
Personal auxiliar de la E. T. S. de I. de M. ....	475,—	
<i>Suma</i> .....	3.725,—	3.725,—

6) Varios.

Envío de martillos .....	40,—	
Timbres móviles .....	35,—	
Copias y revelado fotografías del VI Campamento .....	1.160,—	
Franqueo de correspondencia .....	677,—	
Preparación de láminas delgadas del VI Campamento .....	220,—	
Por una misa vespertina .....	150,—	
Obsequio a la banda de música de Ansó .....	77,—	
Impresos de convocatorias y su envío .....	458,—	

	PESETAS	
Farmacia y reposición de material de botiquines .....	611,—	
Telegramas y conferencias .....	88,—	
Taxis .....	147,—	
Portes de mercancías .....	25,—	
Coser letrero en la bandera .....	60,—	
Enmarcar cuadros (Factura Azul) .....	697,—	
Restauración de mapas en relieve (Factura Oñate) .....	345,—	
Donativo tomo Memorias Prof. P. Fallot .....	1.920,—	
Suscripción al «Boletín de la Am. Ass. of. Petr. Geol.» .....	732,—	
Factura libros (según detalle) .....	8.740,—	
Factura separatas del VI Campamento .....	1.125,—	
Misceláneos .....	370,—	
<i>Suma</i> .....	17.677,—	17.677,—
7) Entregado a cuenta a D. Tirso Febrel (gastos del destacamento en Panticosa. VII Campamento) .....	10.000,—	10.000,—
TOTAL DE GASTOS (s. e. u. o.) .....		176.965,—

Las facturas y justificantes así como los detalles de las cuentas están a disposición de quienes deseen examinarlas.

#### DEFALLE DE LA ADQUISICIÓN DE LIBROS

International Mechanichs and Geological Dictionary (Cooper) .....	138,—
Einführung in die angewandte Geophysik (Gassman) .....	350,—
Geology of the industrial rocks and minerals (Bates) .....	750,—
Geologic evolution of Europe (Brinkmann) .....	629,—
Neige et Rocher (Rebuffat) .....	400,—
An outline of Philosophy (Russell) .....	108,—
Manual de Geología (S. M. de la Cámara) .....	175,—
Historia de la Filosofía (J. Marias) .....	100,—
Introducción a la Filosofía (J. Marias) .....	100,—
Radioactivité et Physique Nucleaire (Cork) .....	595,—
Petrology for Students (Harker) .....	230,—
Structural Petrology of Deformed Rocks (Fairbairn) .....	939,—
Dos libros de Geología (Aguilar) .....	749,—
Encyclopedie de L'Univers (de Vries y Ernst) .....	462,—
Die Alpen (Lukan) .....	648,—
L'Homme Prehistorique (Haringer) .....	300,—
Le mouvement de la Prehistorie (Aulde) .....	330,—
El Mar (Bourcart y otros) .....	700,—
Bolletín Soc. Geol. de Francia .....	480,—
Vulkane und Ihre Tätigkeit (Ritman) .....	825,—
<i>Suma</i> .....	8.740,—

BALANCE	
Ingresos .....	206.351,—
Gastos .....	176.965,—
<i>Saldo a favor del Campamento</i> .....	89.386,—

EXISTENCIAS	
En c/c del Banco de Vizcaya .....	79.152,—
En c/c del Banco de Aragón .....	75,—
En Caja .....	6.830,—
En poder del Secretario (a cuenta) .....	2.850,—
Créditos .....	479,—
<i>Saldo de existencias</i> .....	89.386,—

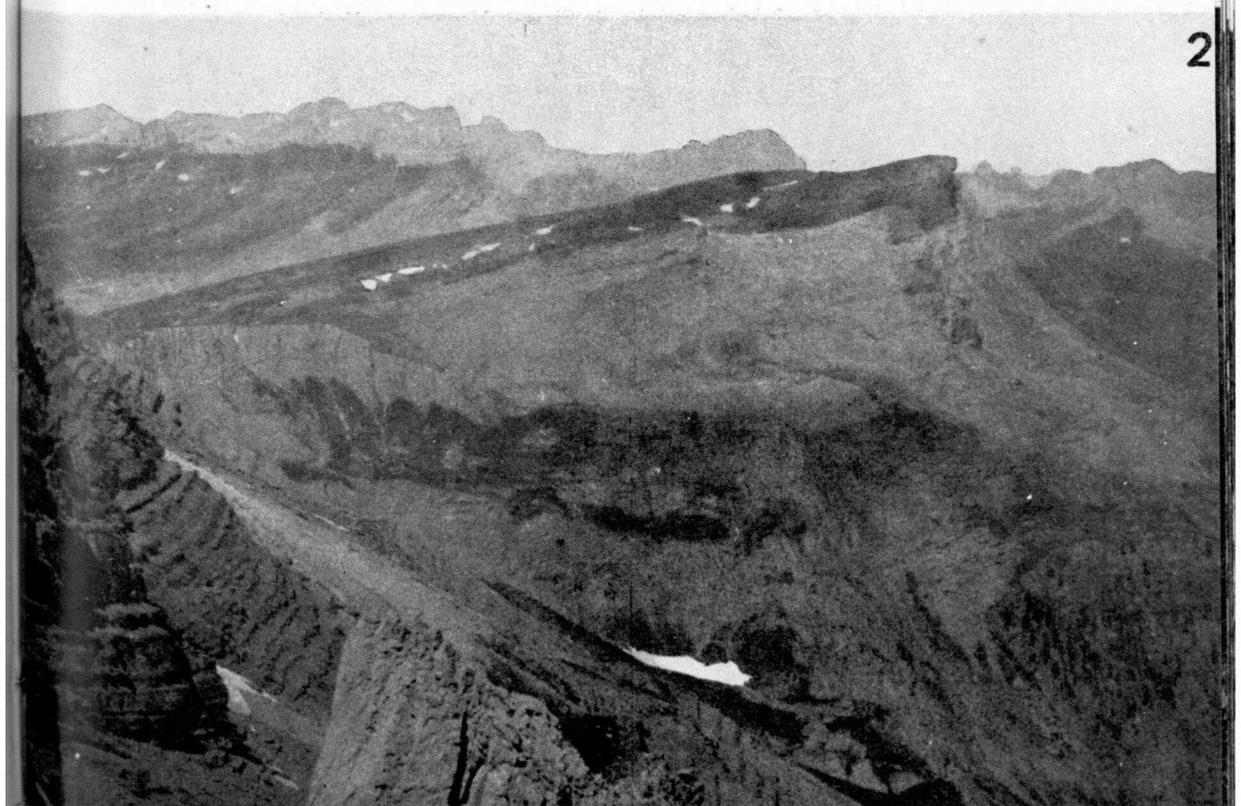


Fig. 31.—Las nieblas aureolan la cumbre del Petrechema, al cesar la lluvia.

(Fot. Ortiz.)

Fig. 32.—Estructura anticlinal, con núcleos maestrichtenses, rodeado de calizas claras del Danés, sobre el que puede verse el Eoceno (margas oscuras). Este anticlinal es el mismo de la fig. 11 (Feña Ezcaurri), desde donde está tomada la fotografía hacia el E.

(Fot. Echeverría.)

Fig. 33.—Crestón de caliza maestrichtense en el conglomerado de la cumbre del Lácora.

(Fot. Echeverría.)

Fig. 34.—Alano Arraya. Detalles del flanco S. del síncinal de la Forca con calizas del Danés descansando sobre el Maestrichtense pardo. Al fondo, a la derecha, anticlinal fallado.

(Fot. García Rodríguez.)

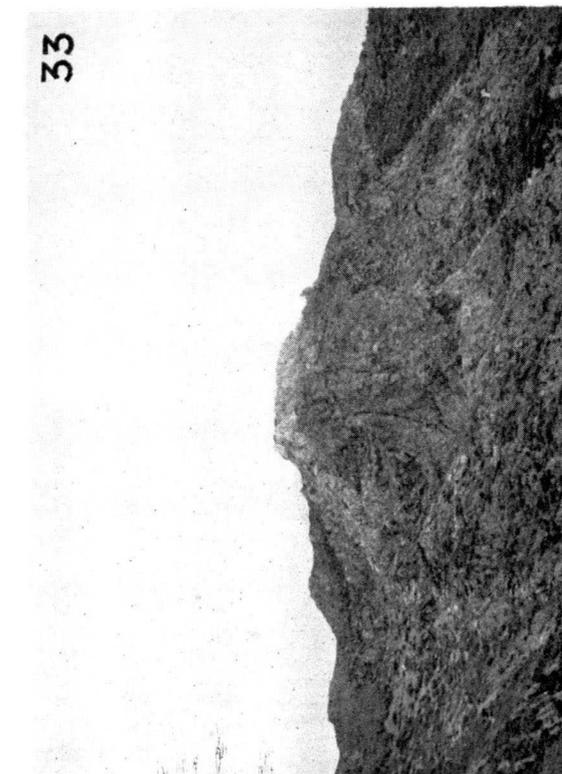
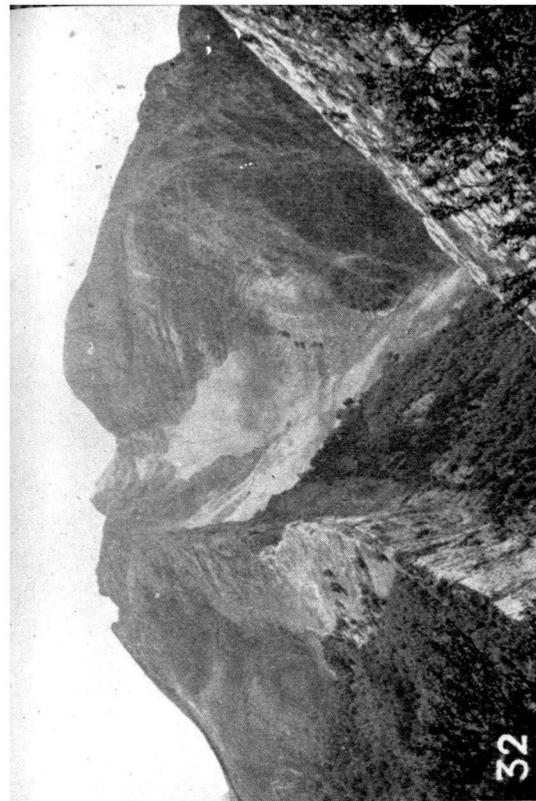


Fig. 35.—Acampada en la ladera meridional de la Forca.

(De una fot. en color de J. M.<sup>a</sup> Ríos.)

Fig. 36.—Ahmed, Angoloti y Lago, abandonan el duro lecho, para comenzar la jornada, con las nieblas matinales.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 37.—M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, González Donoso y Encarnita Puga, desayunan con buen apetito, preparándose para la dura jornada, en la que no volvieron a probar bocado hasta las seis de la tarde. Al fondo las escarpadas laderas de La Frontaza.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 38.—El Prof. Ríos se prepara a tocar diana en el campamento al pie del Paquiza Linzola. Los primeros rayos de sol acarician el Petrechema.

(Fot. Ortiz.)

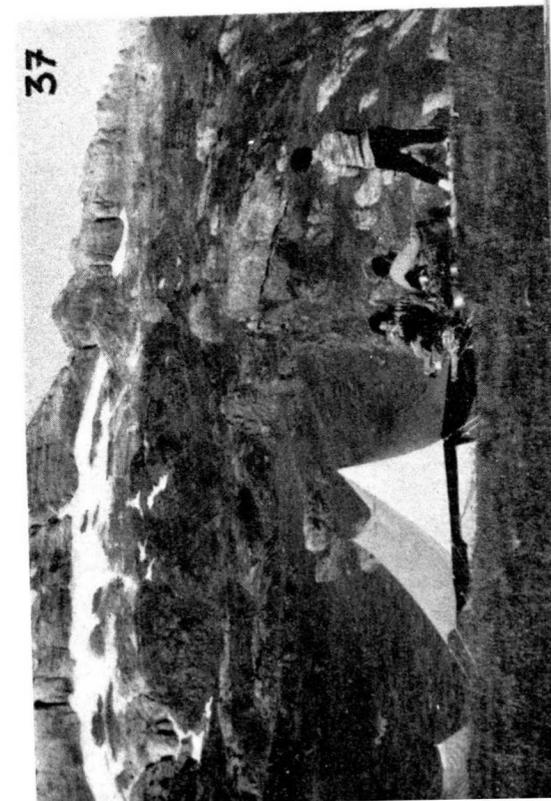
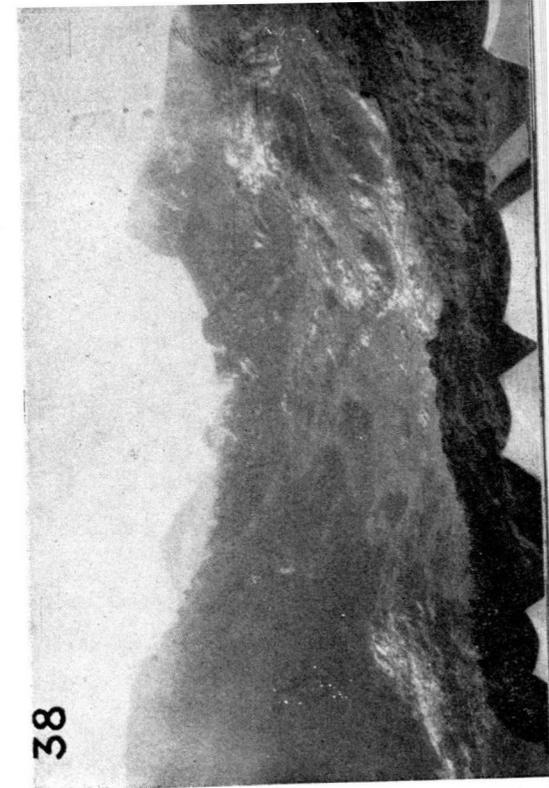
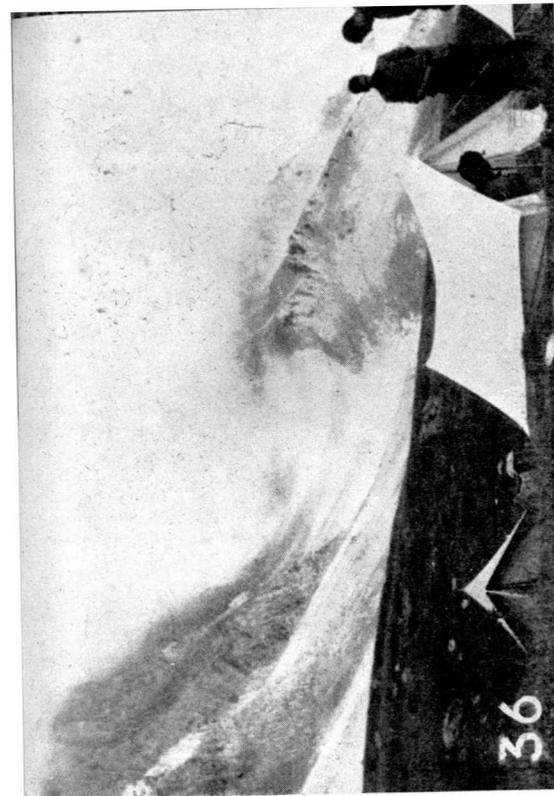


Fig. 39.—Fernández Pérez medita, tristemente, en el trecho que todavía falta para la cumbre.

(Fot. Ortiz.)

Fig. 40.—La locura del mal de alta montaña ataca a Aldaya (en peligro) L. M. Ríos (el yeti) y Bezancon (el defensor).

(Fot. Ortiz.)

Fig. 41.—Los equipos 1 y 5 contemplan expectantes la salida de un grillo.

(Fot. Ortiz.)

Fig. 42.—Resignación.

(Fot. Ortiz.)

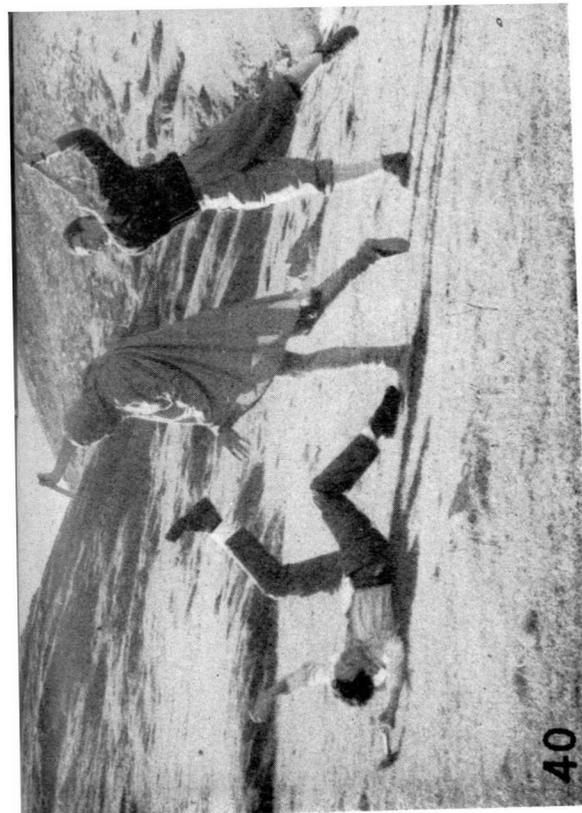


Fig. 43.—Fernández Pérez, Vera, Ortiz, Ortuño y Aldaya croquizan bajo las indicaciones de Del Valle.

(Fot. Diez.)

Fig. 44.—En el Orristé, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, Elisa Pascual, Encarnita Puga, Cortina, Donoso y Echeverría, descansan con los pastores de Ansó. Al fondo destaca airoso el Pic de! Midi d'Ossau.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 45.—Fernández Pérez, Aldaya, Diez, Ortuño, Del Valle y Vera, aprovechan los claros de la niebla para dibujar las estructuras que rodean la Mesa de los Tres Reyes.

(Fot. Ortiz.)

Fig. 46.—Del Valle explica sobre el terreno la geología del barranco del Acherito

(Fot. García Rodríguez.)

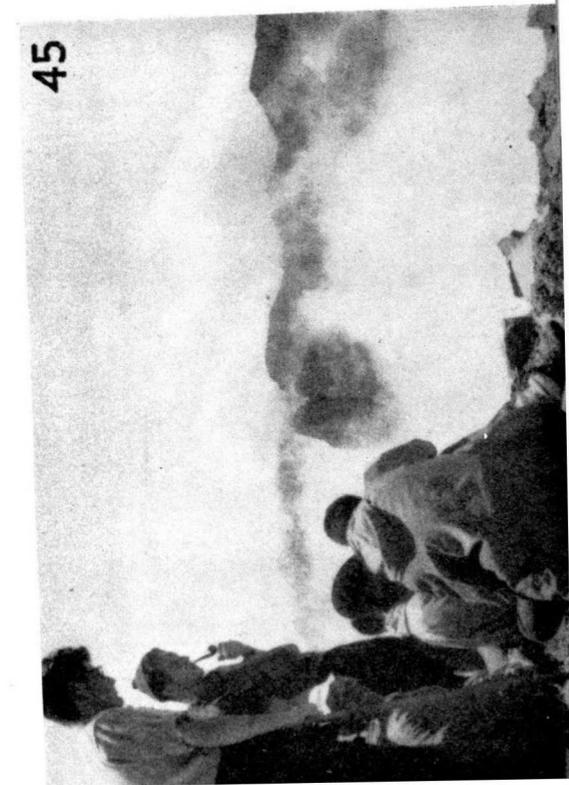
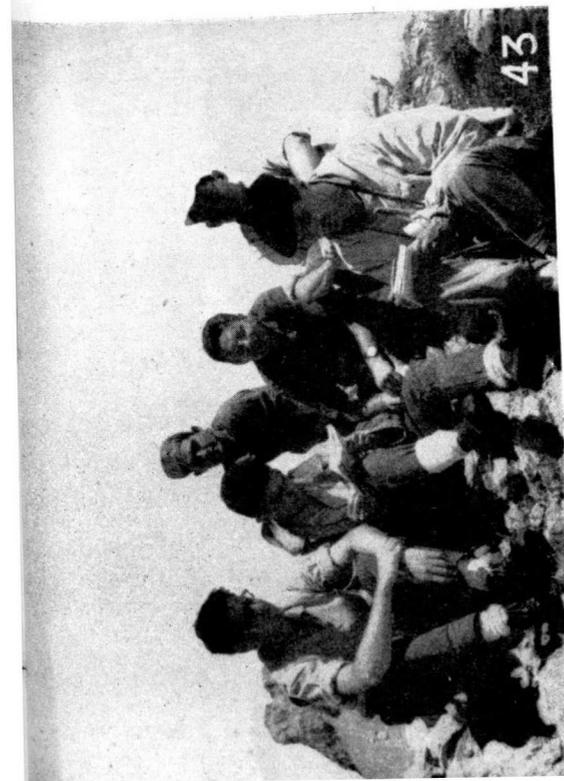
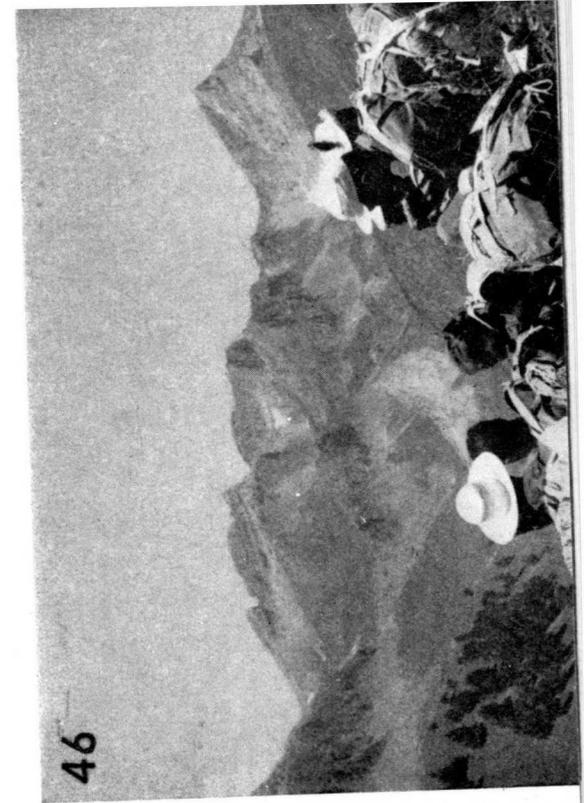
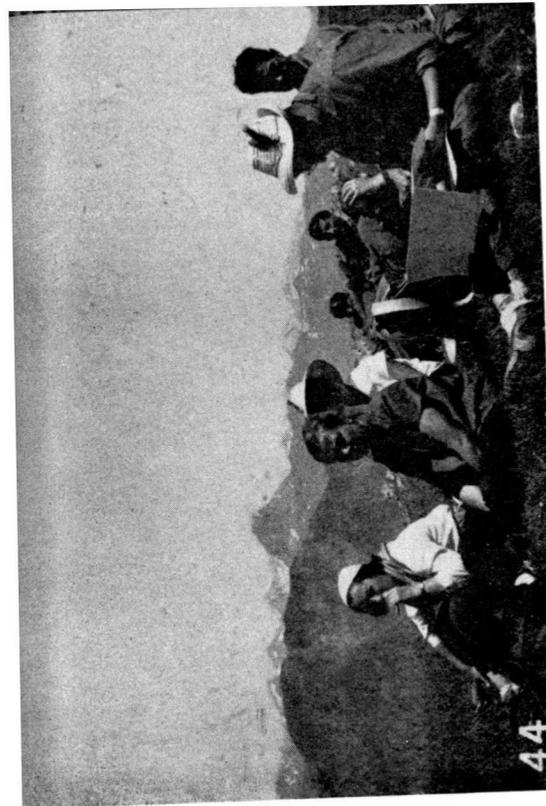


Fig. 47.—Cortina, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, Elisa Pascual, Donoso, Encarnita Puga y Echeverría, en la cumbre del Orristé. Al fondo a la izquierda, la Mesa de los Tres Reyes, y en el centro el Pic d'Anie.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 48.—Tirso Febrel hace los últimos preparativos en Sallent de Gállego para la marcha a la zona del Respumoso.

(Fot. Sierra.)

Fig. 49.—Vertiente N. de los macizos de Aixa y Bernera. En el centro el barranco de Axpe. En primer término, Paleozoico. En segundo y a la izquierda del barranco, las calizas blancas de la base del Senonense muy levantadas e incluso volcadas, mientras que a la derecha pueden verse las calizas devonianas, sobre las que descansa el Permotriás, y al fondo la serie cretácea.

(Fot. García Rodríguez.)

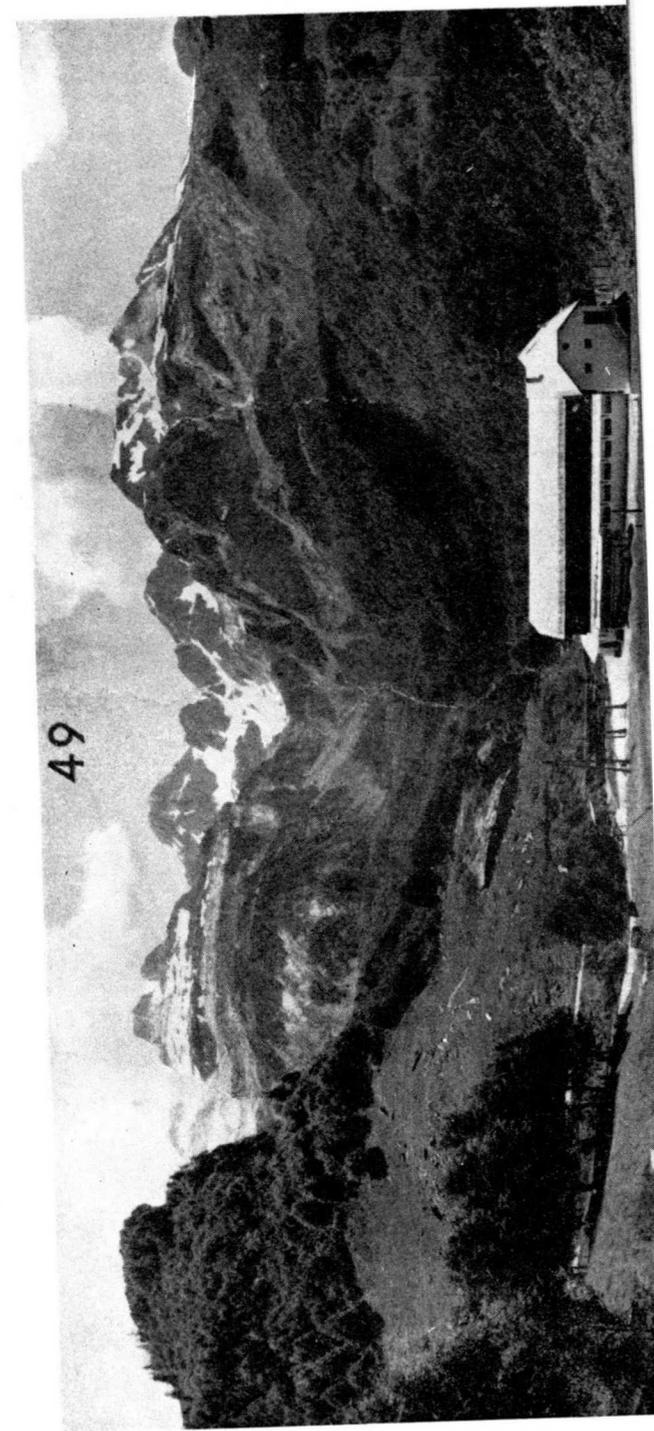


Fig. 50.—En el Puerto del Palo, fraternizan los campamentistas con los pastores de la zona. Cortina, Encarnita Puga, pastor de Ansó, pastor de Lescún (Francia), Eüsa Pascual, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, y otros dos pastores de Ansó.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 51.—Breve descanso durante la ascensión, en la falda N. del Alano. Crespo, Angoloti, Querol, Suárez Alonso, Ahmed y Lago.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 52.—Reposo, Valle alto del Aragón Subordán.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 53.—Suárez Alonso, Querol, Tormos y Sancho Jimeno meditan sobre la dirección a tomar, en las praderías de la Hoya del Portillo de Larra.

(De una foř. en color de J. M.<sup>a</sup> Ríos.)

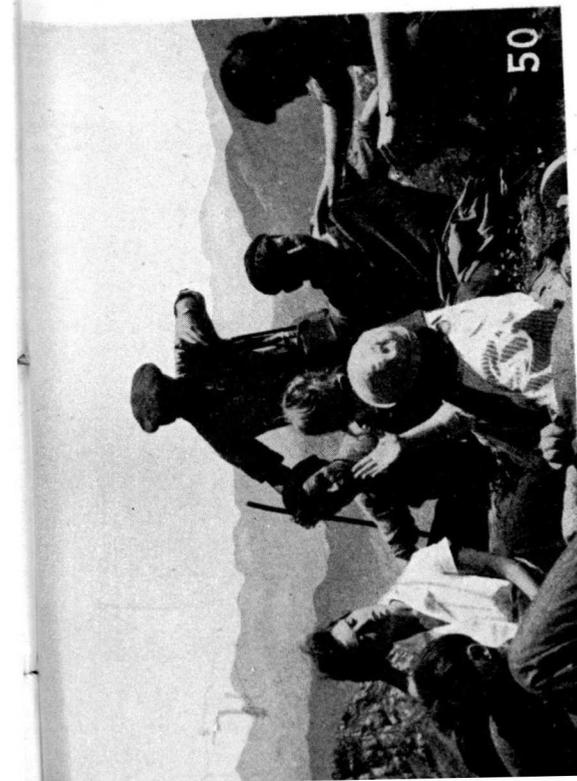
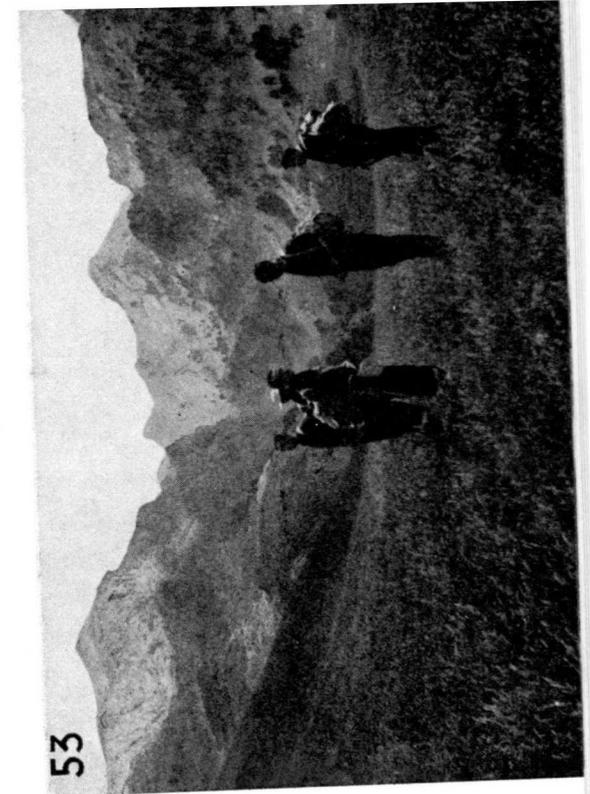


Fig. 54.—Comida de despedida en la Fonda Aisa, de Ansó.

(Fot. Ortiz.)

Fig. 55.—Valle del Aragüés con el Visaurín al fondo.

(Fot. Díez.)

Fig. 56.—García Rodríguez, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, Cortina, Encarnita Puga y Donoso en las amplias praderías de Aguas Tuertas.

(Foto Echeverría.)

Fig. 57.—Alicia y Lupe Ríos, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, Ana M.<sup>a</sup> y Pepa Ríos, Elisa Pascual y Encarnita Puga con nuestra bandera en la despedida del VII Campamento.

(Foto Ortiz.)

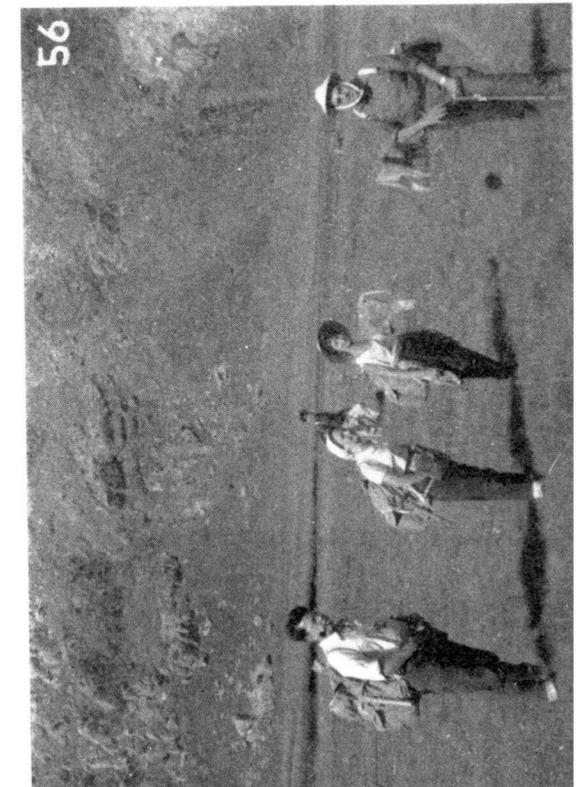
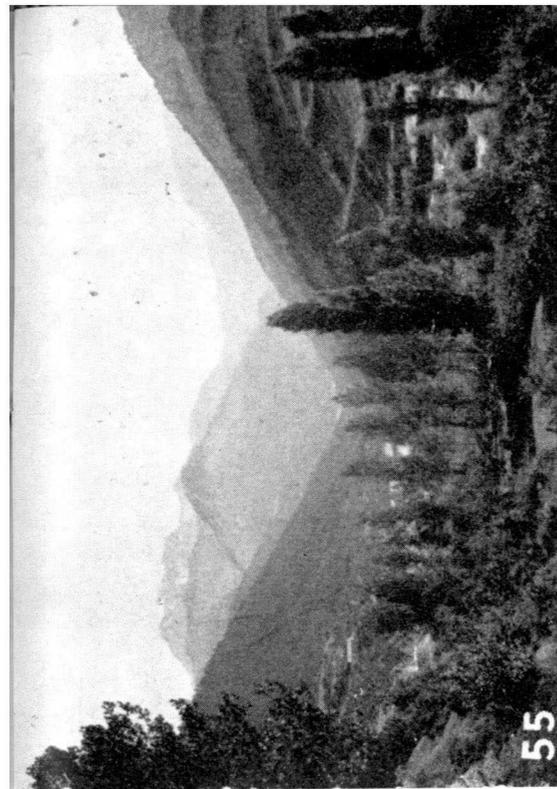


Fig. 3.—Jornada de entrenamiento. De izqda.-derecha y arriba-abajo: Lago, Ahmed y Escobar, McLanahan, Leria, Fernández Pérez, Sancho-Jimeno, Aldaya, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez y Encarnita Puga, Prof. Ríos, Elisa de Pascual, Leal, García Sañinas, Angoloti, Díez, Ortiz y Crespo.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 4.—El pueblo de Hecho. Al fondo Peña Forca.

(Fot. Díez.)

Fig. 5.—Iglesia románica de Siresa: Monumento Nacional.

(Fot. Díez.)

Fig. 6.—Los campamentistas practicando el montaje de tiendas.

(Fot. García Rodríguez.)

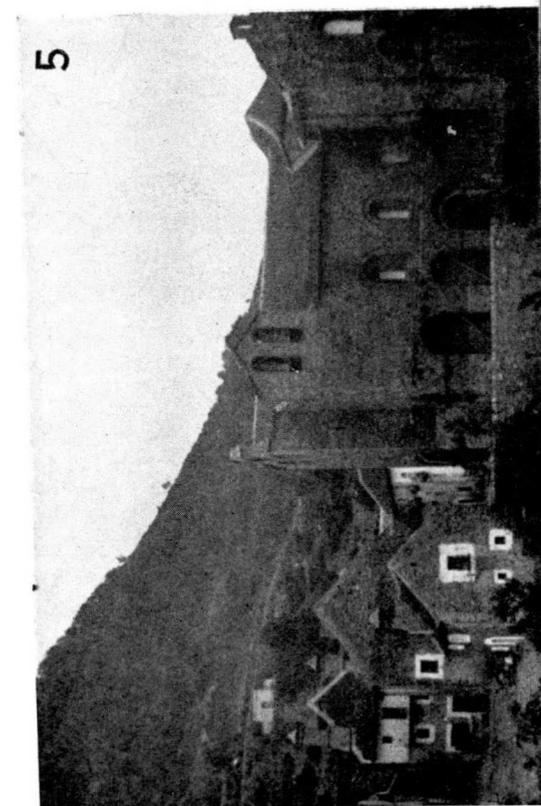
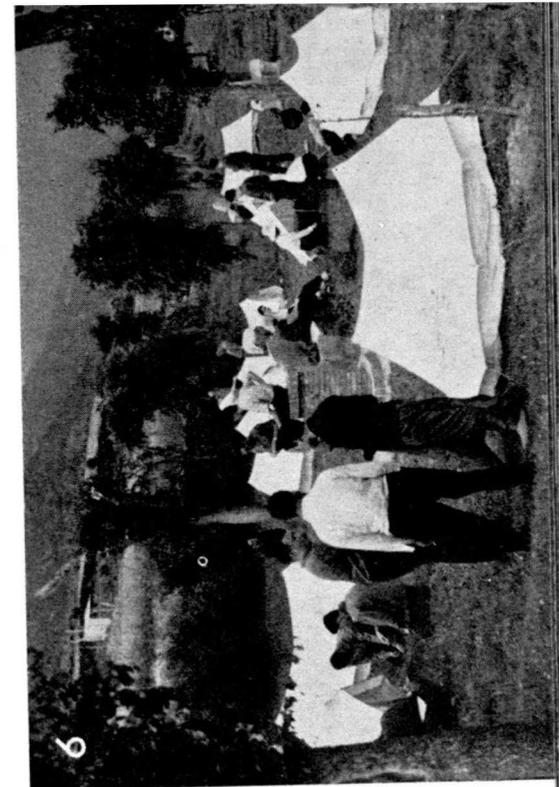
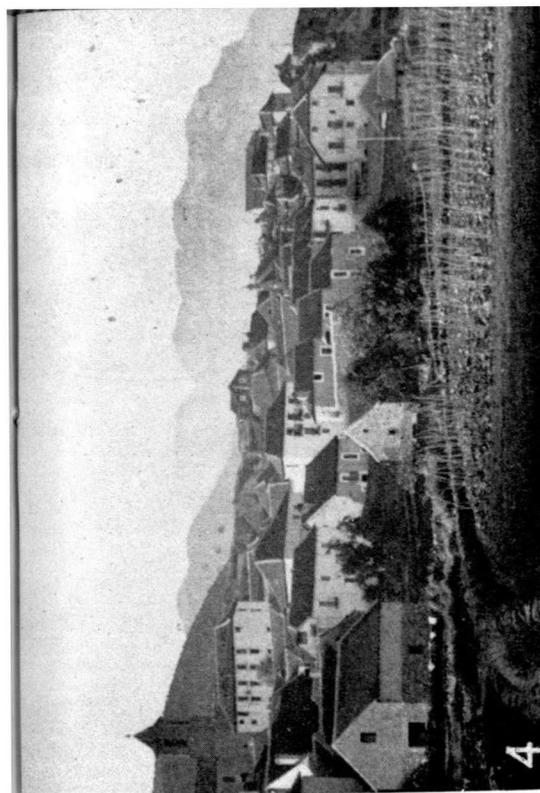


Fig. 7.—Panorama desde la cima de la Mesa de los Tres Reyes.

(Fot. Ortiz.)

Fig. 8.—Acampada en la Pedriza de Alano, sobre las calizas campanenses. Al fondo el Maestrichtense coronado por las calizas del Danés. Crespo, Ahmed (de espaldas), Angoloti, Querol y Lago.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 9.—El equipo femenino del VII Campamento. De izqda. a dcha.: Srtas. Puga, Giménez y De Pascual. Fot. tomada en las Peñetas. A la derecha Las Foyas de Sta. María y al fondo el Chinebral.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 10.—Efecto de luz al atardecer.

(Fot. Ortiz.)

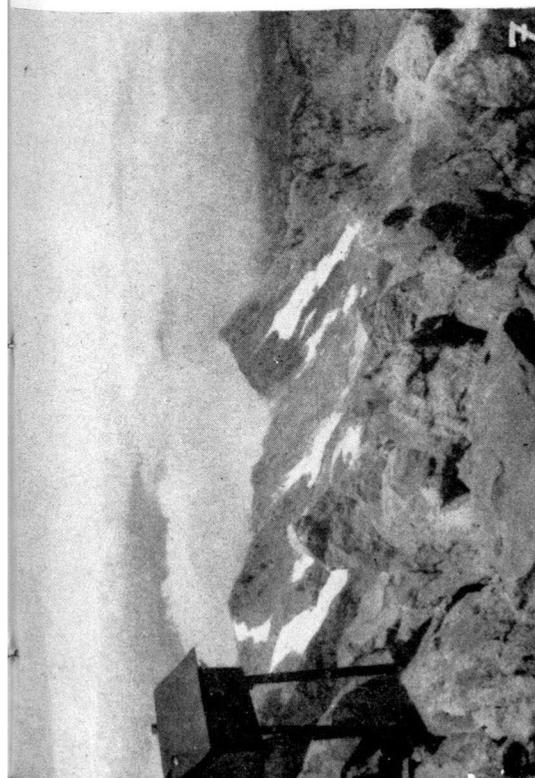
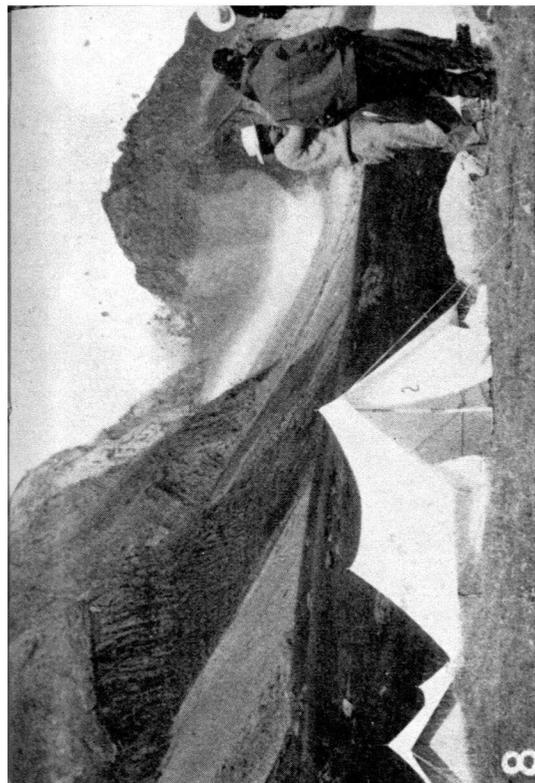


Fig. 11.—Estructura de Peña Ezcaurri. Las calizas del Danés forman un anticlinal con núcleo maestrichtense, y al N. un sinclinal asimétrico que rellena el Eoceno.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig 12.—Sinclinal de Peña Forca en calizas del Danés desde el Alano Espeiunga.

(Fot. García Rodríguez.)

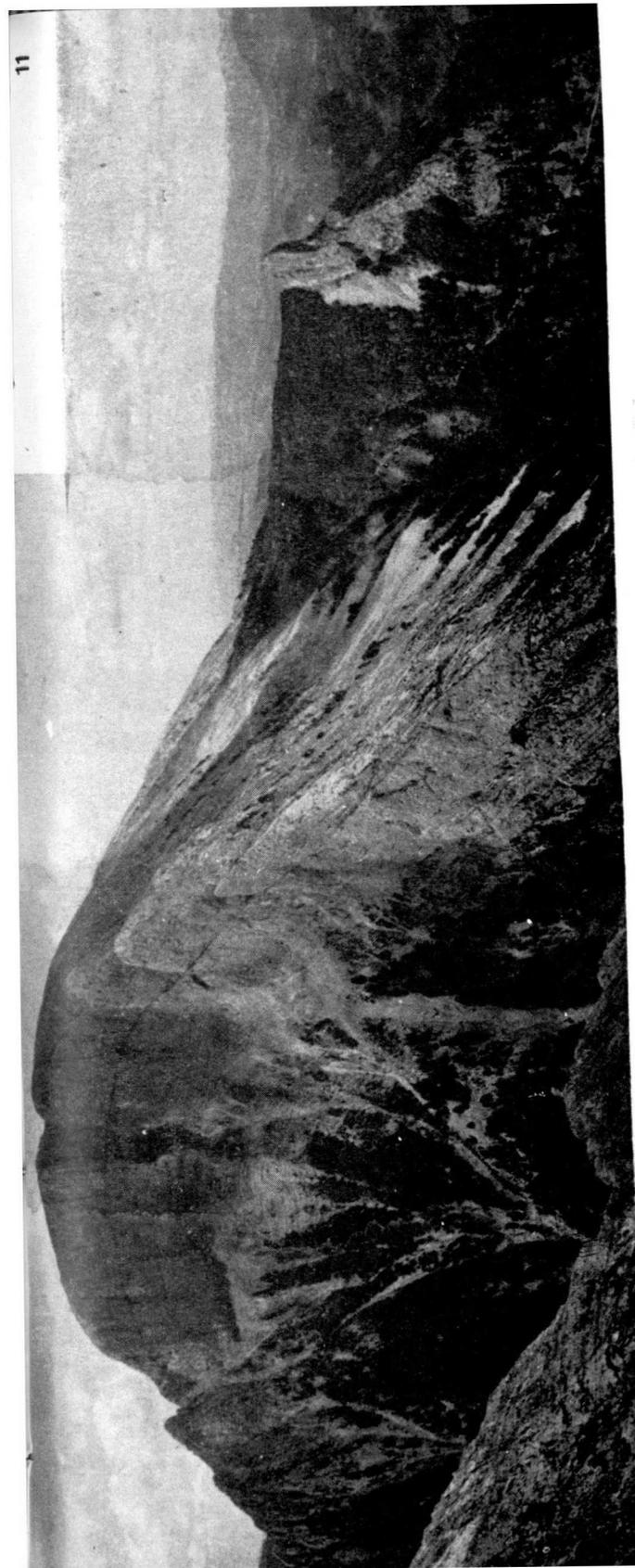


Fig. 13.—Jornadas de entrenamiento. Bloque de caliza griota rodeado de restos del mismo material al pie de los Colladetas.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 14.—Jornadas de entrenamiento. En el circo de la cabecera del río Osia, Bezancon, Aldaya, González Doroso, Vera, Elisa Pascual, M.<sup>a</sup> Teresa Jiménez, Lupe Ríos, Prof. Ríos, Sancho Jimeno, Ortiz, Crespo, Lago, Del Valle y Leal, preparándose para comer.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 15.—Comida y reposo en el mismo lugar de la fot. 14.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 16.—Jornadas de entrenamiento. El Prof. Ríos y un grupo de alumnos recogen fósiles en un afloramiento.

(Fot. García Rodríguez.)

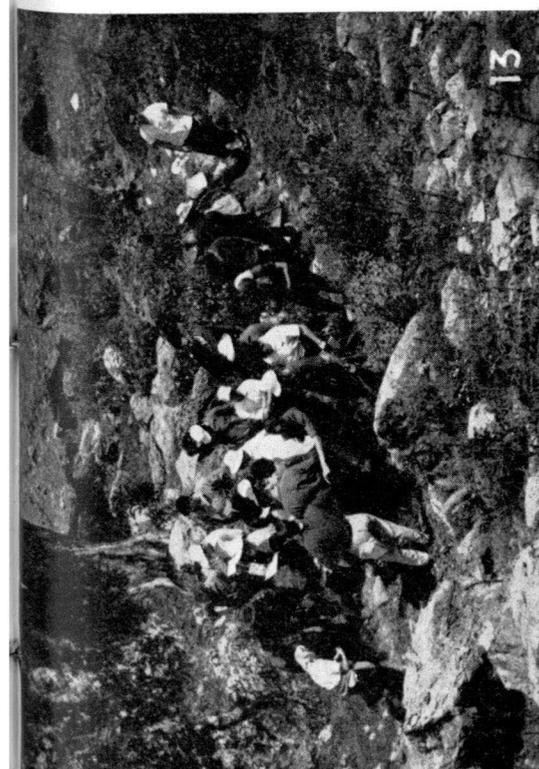
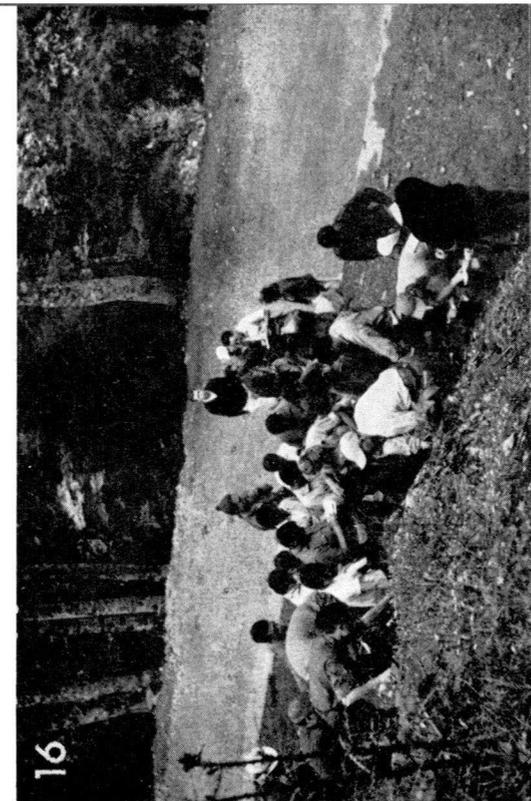
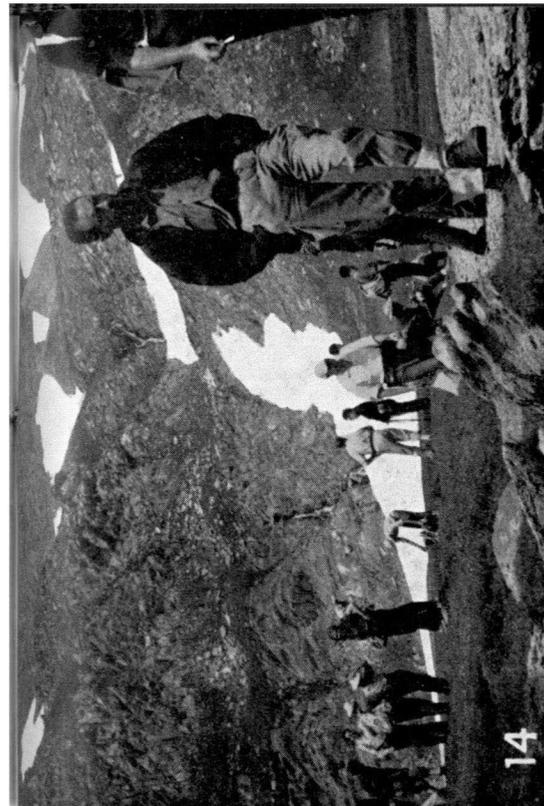


Fig. 17.—Jornadas de entrenamiento. Ascensión hacia la cabecera del río Osía.

(Fot. Echeverría.)

Fig. 18.—Querol, Crespo, Ahmed, Lago, Suárez Fernández y Angoloti, contemplan el profundo tajo que limita por el S. el Mazandú.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 19.—El Prof. Ríos abre la marcha en la subida por la cuenca del río Osía, en las proximidades de la fuente del Loco.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 20.—Por las angostas hoces de la Boca del Infierno, el Prof. Ríos con un grupo de alumnos, en una de las jornadas de entrenamiento.

(Fot. García Rodríguez.)

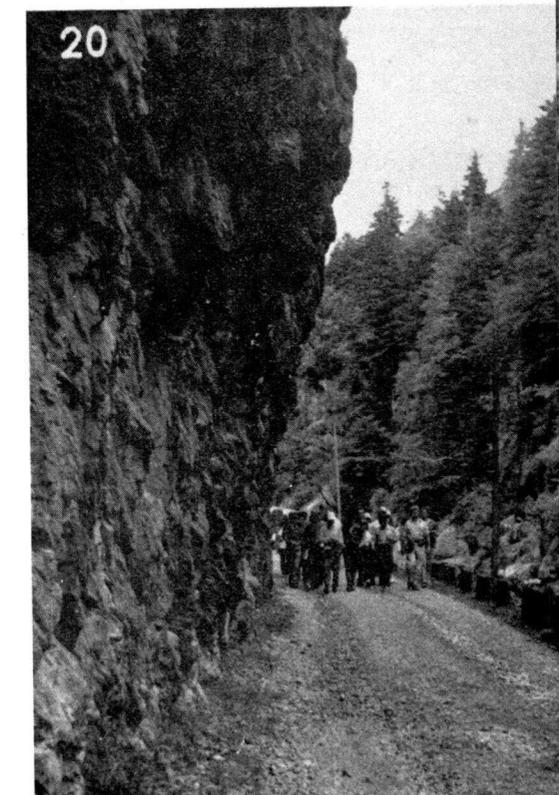
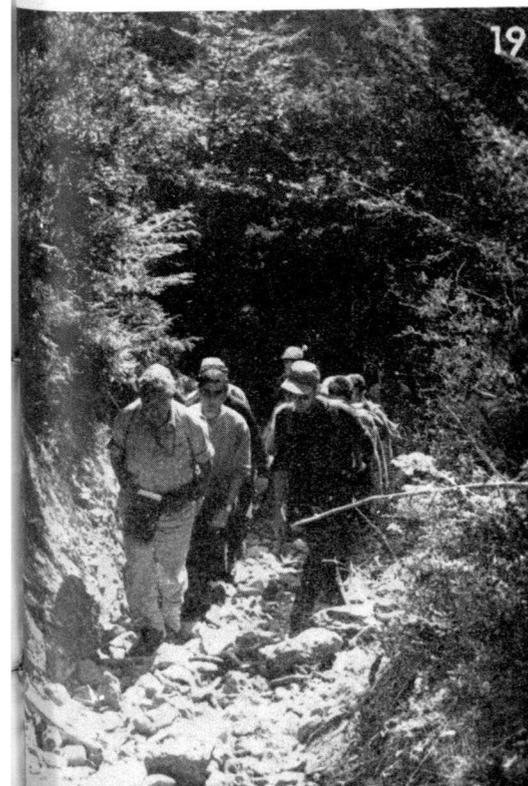
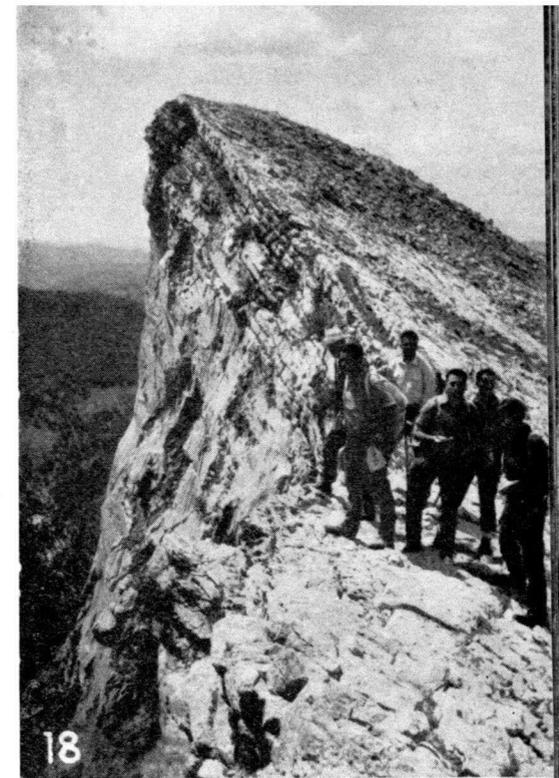
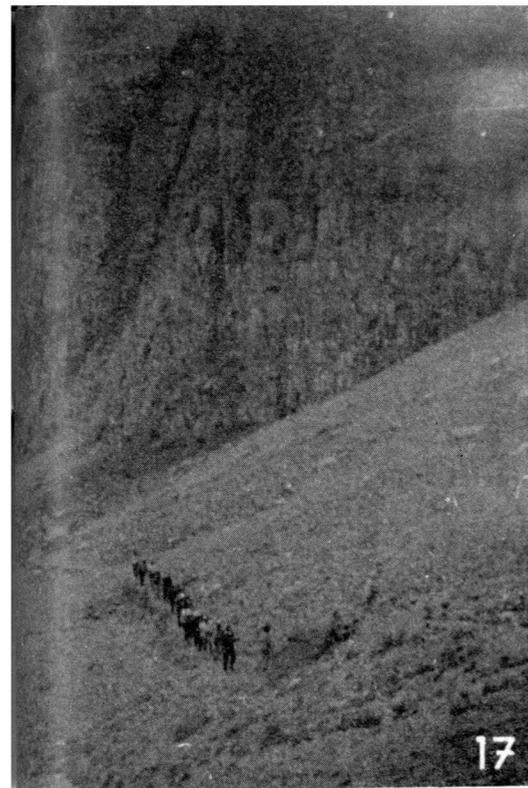


Fig. 21.—Al S. del lago Respumoso. Flanco meridional de un anticlinorio de núcleo granítico en corte natural a lo largo de su eje. Con línea de trazos se ha señalado el contacto entre el granito (zona inferior) y el Carbonífero (zona superior).

(Fot. Sierra.)

Fig. 22.—Chinebral de Gamueta, con las calizas de la base del Senonense (claras), sobre las que descansa el Maestrichtense (oscuro). En el fondo del barranco de Petrechema, rodeado de pedriza, aparece un pequeño afloramiento devoniano. En primer término, a la izquierda, la falda meridional de Petrechema formada por Maestrichtense en anticlinales en cascada

(De una fot. en color de J. M.<sup>a</sup> Ríos.)

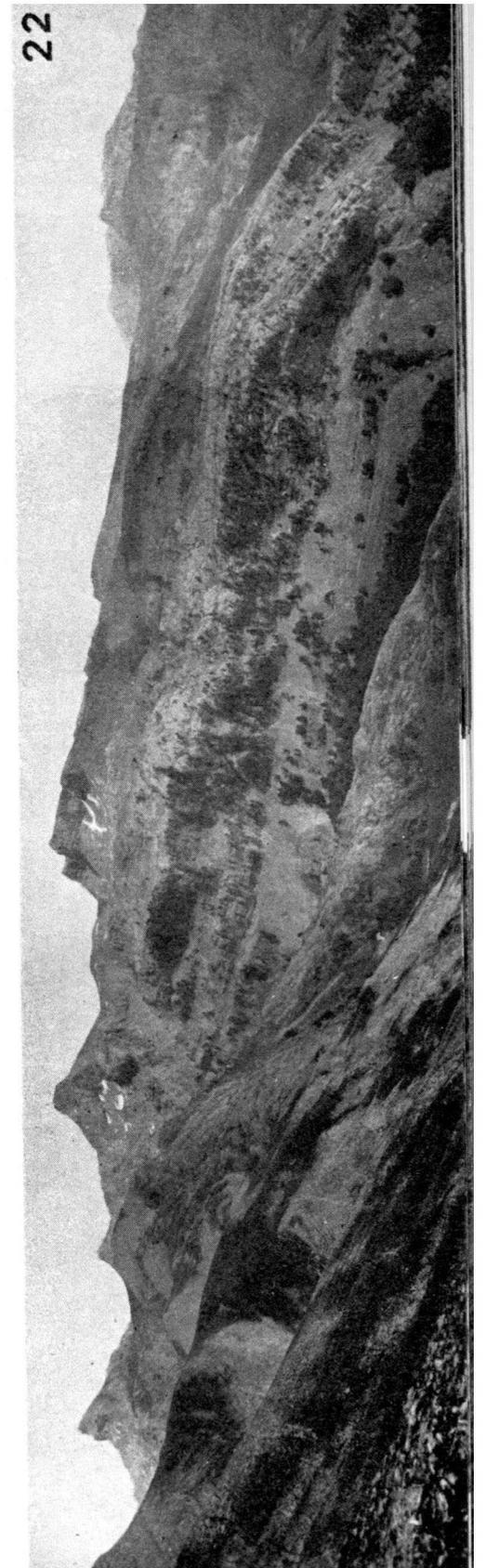
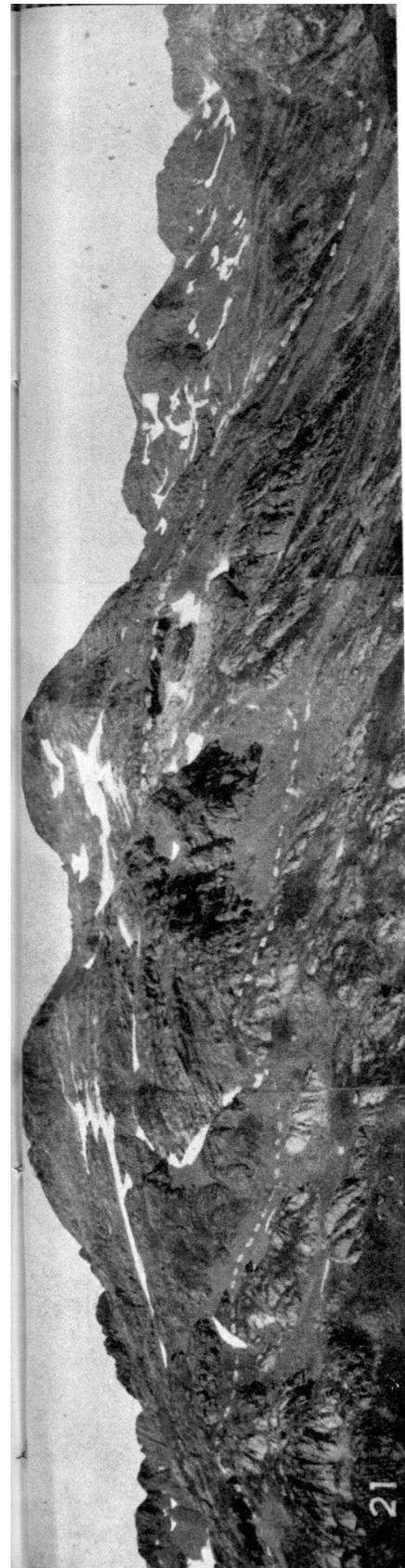


Fig. 23.—Breve descanso en la 2.<sup>a</sup> jornada de entrenamiento en el valle alto del Osia. Pérez Fernández, Ortiz, Ortuño, Díez, Lupe Ríos, Angoloti, Ahmed, Lago y Encarnita Puga. A. fondo uno de los numerosos anticlinales cretáceos de la zona, desmantelado.

(Fot. García Rodríguez.)

Fig. 24.—Ortiz explica gráficamente el pliegue en rodilla, en caliza del Danés, que se ve en segundo término, en la falda S. del macizo de Bernera.

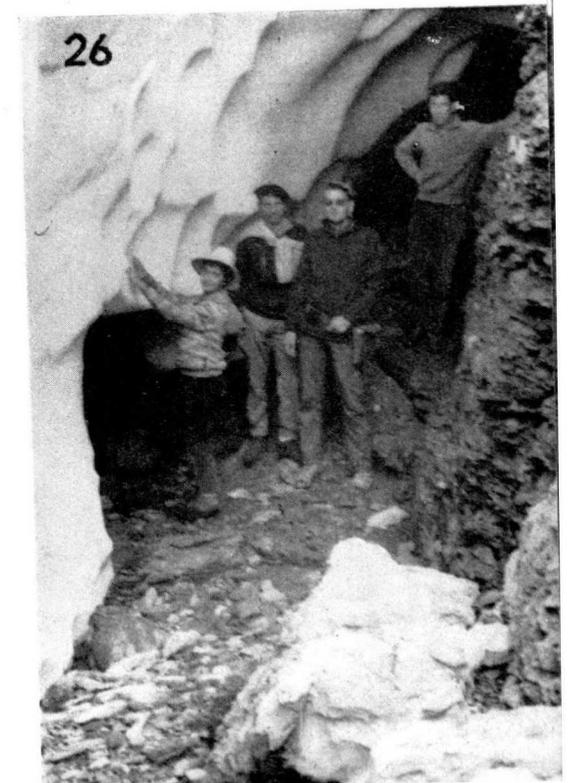
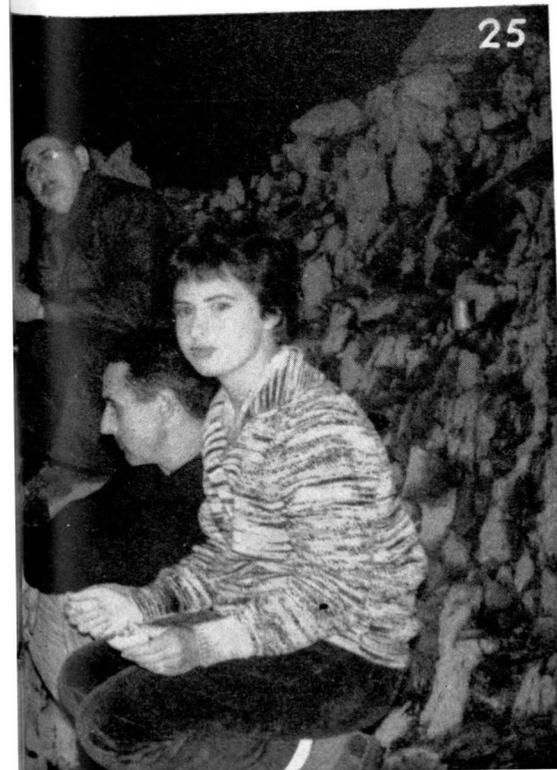
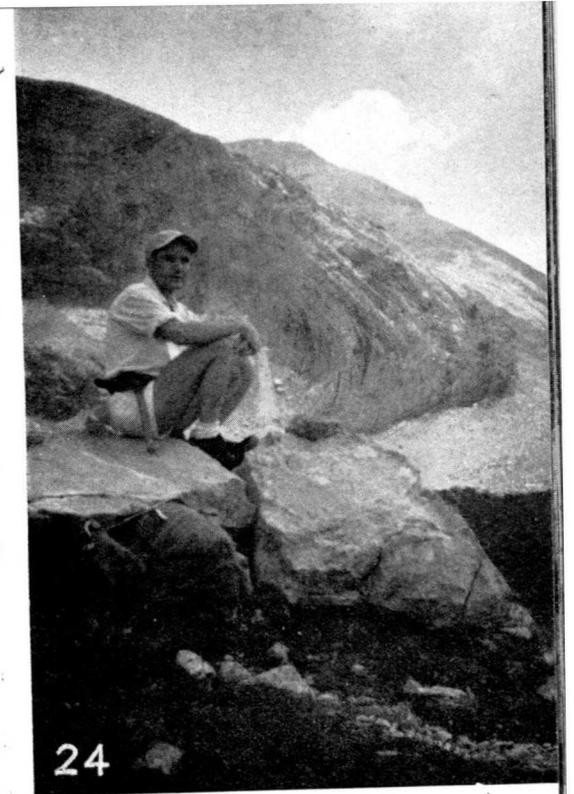
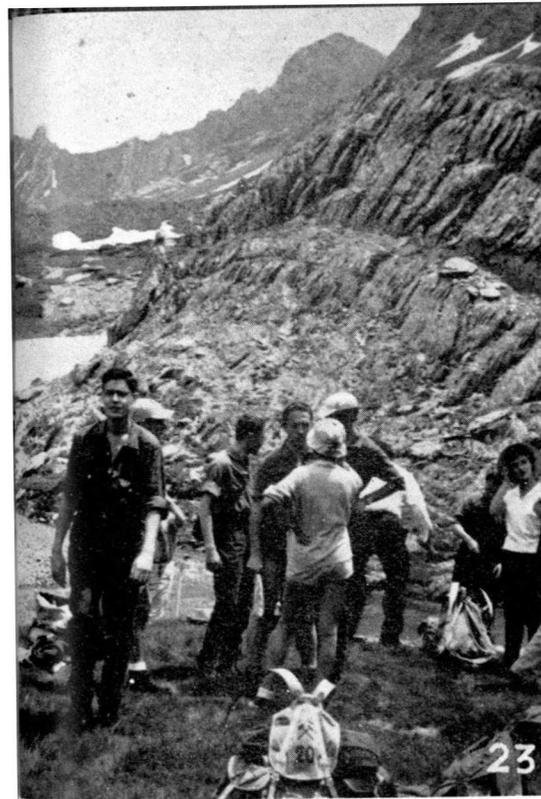
(Fot. Díez.)

Fig. 25.—Tras el remojón de la tarde, Mouline, del Valle y Encarnita Puga buscan el calor de la lumbre.

(Foto Ortiz.)

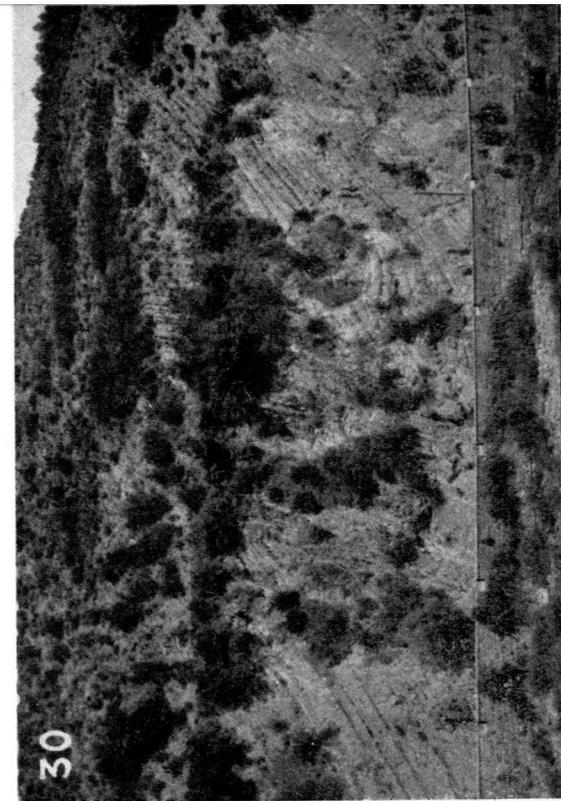
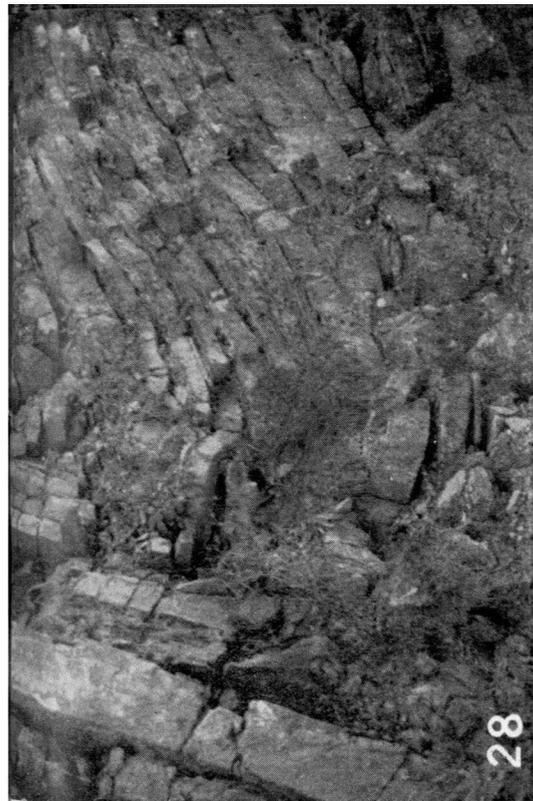
Fig. 26.—El frescor de una cueva de nieve en los heleros de la falda N. de la Mesa de los Tres Reyes, agrada para descansar en la dura ascensión.

(Foto Ortiz.)



Figs. 27, 28, 29 y 30.—Diversos aspectos de los violentos pliegues en el Flysch eoceno. En la parte superior de la primera puede verse una de las barras calizas intercaladas en esta formación, formando un sinclinal.

(Fot. Echeverría.)



**Noticias**

## INVESTIGACION DEL URANIO EN CANADA

Seis importantes sociedades mineras canadienses han elaborado un vasto programa de investigaciones de uranio y han constituido un grupo denominado «Canadian Uranium Research Foundation». Las directrices del programa se basan en el esfuerzo realizado para el níquel por la Compañía Internacional del Níquel, por ello estiman se deben hacer todas las investigaciones posibles para encontrar el uranio, así como se hicieron para el níquel, y buscarle diversas aplicaciones.

## EL BERILIO EN ESTADOS UNIDOS

La oficina de minas del Departamento Interior y el Bureau des Mines et de Géologie de Idaho anuncia el descubrimiento de una mineralización extensa de berilio en Idaho, a 80 millas al N. de los Montes Sawtooth, donde otro yacimiento había sido descubierto algunos meses antes.

## EXTRACCIÓN DEL AZUFRE POR MEDIO DE EXPLOSIONES NUCLEARES

Se pretende en los Estados Unidos utilizar el calor producido por explosiones atómicas subterráneas para extraer el azufre de los yacimientos.

El procedimiento clásico consiste en enviar al yacimiento por la columna descendente de un sistema doble de tubos, el vapor de agua que hará fundir el azufre, el cual en éste ascenderá a la superficie por otra rama de las tuberías.

Se estima que la utilización del calor desprendido por una explosión atómica subterránea para la fusión del azufre permitirá realizar sustanciales economías. La carga explosiva será introducida en el yacimiento por agujeros de sondeos ordinarios. El ascenso del azufre fundido se efectuará en principio de la misma manera que los procedimientos tradicionales, a bien bombeando el agua caliente en los taladros de sondeo, o bien se enviará el agua, bajo el azufre, y el vapor de agua producido hará ascender el azufre a la superficie.

## HIPOTESIS DE LA FORMACION DE YACIMIENTOS DE URANIO HUNGARO

El Dr. Janos Kiss, Ayudante del Instituto de Mineralogía y Petrografía de la Facultad de Ciencias de Eötvös Loránd, de Budapest, después del estudio de varios yacimientos de uranio, ha llegado a una serie de conclusiones sobre la formación de yacimientos en las rocas graníticas.

Dicho Dr. ha observado que en los terrenos examinados, los yacimientos van siempre acompañados sea de fluor, sea de cloro, y ha deducido la hipótesis siguiente: el uranio disperso puede en ciertas condiciones de humedad y bajo una influencia de fluor y de

cloro, ser transportado a través de las grietas y fisuras de las rocas hasta lugares donde se acumula y separa de la pechblenda que se puede explotar.

Dicho Dr. ha logrado colocar el cloruro y fluoruro de uranio en las mismas condiciones en las que se forma el mineral, y estos dos compuestos dan efectivamente la pechblenda.

#### PROSPECCION DE URANIO EN EL IRAK

La Comisión Iraquí de Energía Atómica ha puesto en práctica un programa de prospección aérea para investigación de minerales nucleares.

Hace seis años, una sociedad internacional de prospección había señalado la existencia de uranio en la región desértica del N. del país.

#### TRANSPORTE DEL MINERAL CON PROPULSION NUCLEAR

Un grupo de industriales japoneses y de sociedades de comercio han elaborado un plan para la construcción de un navío con propulsión nuclear destinado al transporte de mineral de Chile al Japón.

Será de 46.000 toneladas y deberá entrar en servicio en 1968, el cual será equipado con un reactor de agua hirviente con ciclo directo.

#### EL AGUA PESADA

La fábrica piloto de agua pesada construida en Tolouse se ha cerrado después de un año de funcionamiento, la cual ha producido 1,5 toneladas de agua pesada. La experiencia ha mostrado que es posible producir el agua pesada a escala industrial según el procedimiento estudiado.

Francia no tiene necesidad de momento de agua pesada para sus reactores, pues las 100 toneladas que necesita serán suministradas por los Estados Unidos, al precio de 62 cts. el gramo, es decir, inferior al costo de la fábrica de Tolouse.

#### PRODUCCION DE URANIO EN AUSTRALIA

El Gobierno australiano ha retirado su ofrecimiento de remunerar los descubrimientos de criaderos de uranio. Este ofrecimiento que se creó en 1957 para desarrollar la prospección, ha sido preciso denegarlo en razón de la saturación del mercado mundial del uranio. La prospección por empresas privadas no se considera sea necesario incrementarla dentro del presente decenio.

#### DETECCION DE EXPLOSIONES SUBTERRANEAS

En relación con los trabajos de la Conferencia de Ginebra sobre verificación de ensayos nucleares, el Gobierno británico prepara un programa de investigaciones sísmicas. Lleva como directriz, el detectar e identificar las explosiones nucleares subterráneas.

La ejecución de este programa implica el proceder con las explosiones nucleares análogamente a las explosiones clásicas.

La Autoridad británica investiga los sitios más apropiados para estas experiencias, esto

podrá tener lugar en minas y en canteras abandonadas, o bien, unidades de la marina podrán colocar cargas explosivas en las cavidades existentes en el fondo de la Mancha.

#### LA INDUSTRIA DEL URANIO EN LA UNION SUD-AFRICANA

En el acuerdo firmado entre la Comisión Sud-Africana de Energía Atómica y la de dos participantes de la «Combined Agency», la Autoridad británica y la Comisión Americana de Energía Atómica, han indicado que para las adquisiciones de uranio efectuadas a los productores africanos, entrará en vigor el 1.º de enero de 1961. Este acuerdo representa para la Comisión Agency una estabilización del precio del producto entregado y para los productores sud-africanos una extensión más allá de la fecha anteriormente prevista del programa de producción.

En lo que concierne al precio, se ha puesto de acuerdo sobre un valor fijo por la totalidad de tonelaje enviado a los Estados Unidos y a Gran Bretaña, lo que permitirá a cada productor sud-africano recibir el importe en relación con su producto obtenido. Estas nuevas disposiciones modificarán la estructura de la industria sud-africana del uranio. La producción será transferida sobre el Ministerio de Marina, las empresas que tienen precios elevados darán paso a las que producen al más bajo precio, lo que tendrá por consecuencia una reducción o la cesación de las actividades de ciertas fábricas.

En 1961 a 1963 habrá 17 minas para trece fábricas, de 1964 a 1965 once instalaciones quedarán en actividad y en 1966 permanecerán solamente ocho.

#### RESERVAS DE URANIO EN ALEMANIA OCCIDENTAL

El Profesor Schumacher de la Universidad de Bonn, declaró que los yacimientos de minerales uraníferos descubiertos en la Alemania federal son actualmente cinco y representan una reserva de 400 toneladas de óxido de uranio.

Estos yacimientos se encuentran Ellweiler (Rhénanie), Woelsendorf et Tirschenreuth (Palatinat bavaoís), Wittichen (Forêt-Noire), Wettsenstadt (Fichtelgebirge).

En Ellweiler, cuatro toneladas de uranio han podido ser extraídas. Para los otros yacimientos, los estudios en curso permiten dictaminar si sus explotaciones son rentables.

#### YACIMIENTOS DE URANIO EN ALEMANIA DEL ESTE

El Instituto Alemán de la Industria de Colonia, estima que la sociedad germano-soviética Wismut A. G. solamente tiene algunas instalaciones mineras en actividad, donde la producción se realiza lentamente.

Se hace destacar que durante los últimos años la Unión Soviética ha extraído de l'Erzgebirge de 4.000 a 5.000 toneladas de concentrados de uranio por año.

#### TRATAMIENTOS DE MINERALES DE URANIO EN GABON

Los establecimientos Kuhlmann han realizado por cuenta de la Compañía de Minas de Uranio de Franceville, el complejo químico de Mounana en Gabon, que comprende una fábrica de tratamiento de minerales de uranio y una fábrica de ácido sulfúrico.

Serías dificultades se han sobremontado para la construcción de este conjunto importante, a causa de la distancia de Mounana, que está a 600 kilómetros de la costa en pleno

kosque tropical, de las dificultades de acceso y de las condiciones climáticas particularmente duras.

A pesar de ésto, la inauguración ha tenido lugar el 11 de marzo de 1961, con anterioridad a la fecha prevista. Al cabo de un mes de marcha, las dos fábricas han alcanzado en ciertos casos ampliamente pasadas, las producciones garantizadas.

El conjunto químico estará bajo la dirección técnica de Kuhlmann hasta la recepción definitiva.

#### PRODUCCION DE URANIO METAL EN LA UNION SUD-AFRICANA

La fábrica piloto de uranio metal, que ha comenzado a funcionar parcialmente en el mes de noviembre de 1960, fue inaugurada oficialmente por el Ministerio Australiano de Minas. La instalación, en la que se encuentra un Laboratorio de Metalúrgico de gobierno, Johannesburg puede tratar 100 toneladas de uranio por año.

Los concentrados de mineral son transformados en lingotes de uranio.

#### I CONGRESO INTERNACIONAL DE REPROGRAFIA

La «Deutsche Gesellschaft für Fotografie» celebrará en Colonia, en 1963, el I Congreso Internacional de Reprografía y una exposición de aparatos y material.

El concepto «Reprografía» abarca todos los procedimientos empleados para la reproducción y multicopia fototécnica de documentos, estando en íntima relación con la fotografía, microscopia, micropelículas, heliografía, máquinas Offset, etc.

Tanto el Congreso como la exposición facilitarán una visión de conjunto de los modernos métodos fototécnicos que son hoy de máxima importancia para la documentación técnica, y también para la economía y la administración.

#### NUEVA REVISTA DE LA AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

La American Chemical Society iniciará en 1962, la publicación de una revista, titulada «Inorganic Chemistry», como consecuencia del enorme progreso experimentado por la Química inorgánica en los últimos años. Constará de cuatro secciones, que incluirán trabajos de investigación, notas, cartas al editor y revista de libros. En principio aparecerán cuatro números al año, si bien está prevista una publicación más frecuente.

#### SATELITES METEREOLÓGICOS

El grupo de expertos en satélites artificiales del Comité Ejecutivo de la Organización Meteorológica Mundial se ha reunido en Washington del 7 al 10 de febrero de 1961. Los miembros fueron puestos al corriente del estado actual de las investigaciones sobre datos de observación de radiación por el satélite Explorador VII. El equipo del satélite Tiros II fue igualmente descrito.

El grupo de expertos ha procedido al examen detallado de hechos nuevos en el dominio de su competencia. Después de la primera reunión que tuvo lugar en noviembre de 1959, dos satélites meteorológicos Tiros I y II habían sido lanzados y el Explorador VII continúa retransmitiendo datos muy precisos sobre la radiación solar y terrestre. Los dos

satélites meteorológicos habían suministrado más de 35.000 fotografías de nubes y su análisis dio resultados interesantes y prometedores. El grupo de expertos está vivamente interesado por el programa de Estados Unidos en lo que concierne a los satélites meteorológicos, programa que comprende el lanzamiento en 1962-63 de dos satélites llamados a describir una órbita polar del tipo Nimbus. Unas de las principales ventajas del satélite Nimbus reside en el hecho de que será establecido de tal manera que sus cámaras de televisión se mantendrán constantemente verticales en dirección de la superficie terrestre. Los proyectos son igualmente establecidos para otro tipo de satélites de órbita ecuatorial, y el grupo de expertos ha estudiado las medidas a tomar para comunicar rápidamente y eficientemente a los países interesados los datos de observaciones de Tiros III y de otros satélites meteorológicos que sean lanzados ulteriormente. Lo ideal sería transmitir las fotografías desde las nubes mismas, para ello sería necesario disponer de una red mundial de transmisión con un facsímil altamente perfeccionado.

Otro método aplicado por las fotografías de los satélites Tiros consiste en transmitir los análisis esquemáticos de circuitos por facsímiles existentes. En fin, una tercer posibilidad será cifrar los análisis en la ayuda de formas simbólicas apropiadas y darlas en las emisiones por teleimpresor.

El grupo de expertos está igualmente pensando sobre las cuestiones de investigaciones fundadas sobre los datos de satélites meteorológicos. En los análisis de fotografías de nubes los expertos han destacado la necesidad de estudiar de manera intensiva otras observaciones efectuadas gracias a los satélites, ellos nos dan un balance técnico entre la tierra y el espacio extra-atmosférico.

La mayor parte de las recomendaciones del grupo fueron examinadas por el Comité Ejecutivo de la Organización Meteorológica Mundial en la última sesión celebrada en mayo de 1961.

#### LA UTILIZACION DE RADIO-ISOTOPOS EN LAS CIENCIAS FISICAS Y LA INDUSTRIA

Del 6 al 17 de diciembre de 1960 se reunió una conferencia en Copenhague, en la que tomaban parte representantes de 40 países y de 11 Organismos Internacionales con más de 500 miembros asistentes. Esta importante manifestación internacional fue organizada por la Agencia Internacional de Energía Atómica con la colaboración de la UNESCO. Más de 150 comunicaciones científicas fueron presentadas que trataron directa o indirectamente de la utilización de radio-isótopos como medio de investigación y, en particular, en la Geofísica y en las ciencias fundamentales. Fue destacada la aplicación de los radio-isótopos en cuanto se refiere a la posibilidad del estudio de las condiciones naturales de la hidrología en las regiones áridas y semiáridas. Gracias a los radio-isótopos el ciclo de las aguas subterráneas y las condiciones óptimas de irrigación pueden ser determinadas con certeza. En este aspecto la Agencia Internacional de Energía Atómica ha decidido la puesta en aplicación de un gran problema conjunto con la Asistencia de la Organización Meteorológica Mundial para estudiar todas las formas del problema del agua. Para estas investigaciones el marcado de las aguas naturales, por radio-isótopos artificiales, requeriría un gran volumen global a manipular. El estudio sistemático de isótopos del hidrógeno tales como se fabrican en la atmósfera por las radiaciones cósmicas o en las fuentes artificiales de radiactividad podría resolver este problema que queda todavía sin solución en hidrología, en glaciología y en balance del ciclo del agua en la atmósfera.

Gracias al estudio de la radiactividad del aire, los meteorólogos han podido explicar ciertos mecanismos ayer insospechados de cambios entre las diferentes capas de la atmós-

fera. La ayuda de los radio-isótopos como indicadores, como datadores y como base y técnica de medida, permite a la meteorología sobremontar la complejidad inherente a la ciencia de la Naturaleza, cuando la experimentación o conocimiento global permanece en dominios inalcanzables.

#### COLOQUIO INTERNACIONAL SOBRE EL OZONO DE LA ATMOSFERA Y LA CIRCULACION GENERAL

Este coloquio tuvo lugar en Arosa (Suiza) del 14 al 19 de agosto de 1961, y el programa fue el siguiente:

Resultado de las observaciones de la cantidad total de Ozono suministrada por las investigaciones del Año Geofísico Internacional y discusión sobre los problemas relativos al instrumento de Dobson.

Resultados de los diferentes métodos que permiten determinar el reparto vertical del ozono y discusión de las unidades a adoptar para la representación.

Comportamiento del ozono atmosférico en las condiciones meteorológicas especiales (recalentamientos bruscos, etc.).

Teoría fotoquímica, comparación con nuestros conocimientos actuales fundados en la observación, en lo que se refiere al reparto vertical del ozono según las estaciones de diferentes latitudes.

Estudios relativos a la energía en las capas superiores de la atmósfera. Capa secundaria (superior) de ozono formado en la noche de ozono atmosférico por el método infrarrojo.

Trabajos atmosféricos sobre recaídas radiactivas, vapor de agua, etc.

Discusión sobre la circulación general en la estratosfera.

#### DATOS RECOGIDOS DURANTE EL AGI

El programa meteorológico del Año Geofísico Internacional comprendía medidas de diversas componentes de balance radiactivo efectuado en 600 estaciones. Las observaciones fueron escritas sobre formularios tipo que fueron indicados por la Organización Meteorológica Mundial, la cual procede actualmente a su publicación. Se ha decidido reproducir ciertos grados de radiación por el procedimiento de impresión offset en forma de hojas móviles a fin de no retardar la difusión de las enseñanzas atendiendo a la recepción de todos los datos. La publicación bajo esta forma permite poseer los folletos recibidos ulteriormente y presenta la ventaja de dar a los usuarios la posibilidad de agrupar los datos como lo desee, sea por regiones geográficas, por la latitud o la longitud. Otros datos se han reproducido sobre micro-cartas. La publicación llevará igualmente una lista de estaciones con sus coordenadas geográficas y la descripción de los instrumentos que se han utilizado.

#### «BOLETIN BIBLIOGRAFICO DE DOCUMENTACION Y DE TERMINOLOGIA

Conforme a una decisión de la Conferencia General de la UNESCO en su XI Sesión, el «Boletín Mensual de Documentación Científica y Terminológica y las Novedades Bibliográficas» han sido refundidos en un nuevo «Boletín de Bibliografía de Documentación y de Terminología», que se publicará en inglés, francés, español y ruso. La publicación será

bimestral. Este Boletín se esforzará para ser un medio de información rápido, permitiendo tener al corriente sobre el plan internacional de las nuevas actividades en los dominios de la Bibliografía, de la documentación, de la terminología y de las disciplinas a que se refiere, continuará siendo enviado gratuitamente a las personas e instituciones que recibían su precedente y a los que lo pidan al Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la UNESCO, Plaza de Fontenoy, París 7 (Francia).

#### DISTINCION A UN GEOLOGO

Fue designado miembro correspondiente de la «Royal-Society» británica, el Catedrático honorario de Geología de la Universidad de Oslo y miembro de la Academia de Ciencias de Noruega Olaf Holtedahl, quien ha destacado por sus estudios de la Geología de Noruega y de las regiones árticas en general.

#### NUEVAS SOCIEDADES PETROLIFERAS

Se han creado las Sociedades «Wisares» y la «Société Unipetrol», orientadas hacia las investigaciones petrolíferas en el Sahara.

#### IMPORTACION DE GAS NATURAL

Se ha efectuado un estudio, para su presentación en el Ministerio de Energía del Reino Unido, referente a la importación en escala grande de gas natural (metano) de los yacimientos del Sahara, el cual será destinado a la industria y para usos domésticos. Opinan que dentro de tres años, se podrá suministrar más del 10 % del total del consumo actual de diversos gases de Gran Bretaña.

#### LA INDUSTRIA SIDERURGICA AUSTRIACA

La producción durante 1960 de la industria siderúrgica austriaca fue de 2,2 millones de toneladas de arrabio y de 3,2 millones de acero, lo que representa aumento con relación a 1959 de 21,5 y 26 %, respectivamente, este último superior al doble de la expansión media mundial, que fue de 12,8 %.

#### SIMPOSTUM SOBRE RADIACION COSMICA

Del 14 al 19 de agosto, se ha celebrado en Viena, patrocinado por el Grupo de Medida de Radiación, de la Organización Meteorológica Mundial, un Simposium sobre Radiación Cósmica. Los temas tratados fueron: Balance de radiación y clima (Zonas áridas). Transferencias radiactivas, con dispersión y absorción. Propiedades absorbentes de los gases atmosféricos. Radiación y movimiento fluido. Efectos térmicos de la radiación en la atmósfera superior. Medidas en la atmósfera libre.

#### SIMPOSIUM SOBRE VULCANOLOGIA

De 9 a 19 de mayo de 1962, se celebrará en Tokio, un Simposium Internacional de Vulcanología.

## MERCANCIAS LIBERALIZADAS

El «Boletín Oficial del Estado» del día 24 de julio de 1961 publica una Resolución de la Dirección General de Comercio Exterior por la que se hace pública la 5.ª relación de mercancías que quedan sujetas al régimen de libre importación. Entre ellas figuran los siguientes productos mineralúrgicos:

Minerales metalúrgicos, incluso enriquecidos; piritas de hierro tostadas (cenizas de piritas): A. Minerales de hierro: 1. Cenizas de piritas. 2. Los demás.—F. Minerales de cinc. Benzoles, toluoles y xiloles.—Naftaleno crudo, incluso prensado. Oxidos de titanio. Hidrazina e hidroxilamina y sus sales inorgánicas. Hidrosulfitos, incluidos los hidrosulfitos estabilizados por materias orgánicas; sulfoxilatos. Sales y otros compuestos inorgánicos y orgánicos de torio, de uranio y de metales de las tierras raras (incluidos los de escandio), incluso mezclados entre sí.—Pigmentos a base de bióxido de titanio. Opacificantes y colores preparados, composiciones vitrificables, lustres líquidos, y preparaciones similares, para las industrias de cerámica, esmalte y vidrio; engobes, frita de vidrio y otros vidrios en forma de polvo, gránulos, laminillas o copos. Masas positivas, metálicas y metaloidicas, para la fabricación de acumuladores; compuestos absorbentes para vacío en válvulas y tubos eléctricos; mezclas no aglomeradas de carburos metálicos; escayolas, compuestos a base de escayola para uso dental; preparados enológicos.—Manufacturas de piedra o de otras materias minerales (incluidas las manufacturas de turba) no expresadas ni comprendidas en otras partidas.—Aparatos y artículos de laboratorio y de usos técnicos, de porcelana, de gres o de otras materias cerámicas.—Cascos y demás desperdicios y desechos de vidrio; vidrio en masa (excepto el vidrio óptico). Vidrio llamado «esmalte» en masa, barras, varillas o tubos. Vidrio en barras, varillas, bolas o tubos, sin labrar (excepto el vidrio óptico). Vidrio colado o laminado, sin labrar (incluidos el vidrio armado o el plaquet de vidrio obtenidos en el curso de la fabricación), en placas o en hojas de forma cuadrada o rectangular. Vidrio estirado o soplado («vidrio de ventanas»), sin labrar (incluido el plaqué de vidrio obtenido en el curso de la fabricación) en hojas de forma cuadrada o rectangular. Vidrio colado o laminado y «vidrio de ventanas» (incluso armados y el plaqué de vidrio, obtenidos en el curso de la fabricación), simplemente desbastados o pulidos por una de las dos caras, en placas o en hojas de forma cuadrada o rectangular. Vidrio colado o laminado y «vidrio de ventanas» (estén o no desbastados o pulidos), cortados en forma distinta de la cuadrada o rectangular o bien curvados o trabajados de otra forma (biselados, grabados, etc.); vidrieras aislantes de paredes múltiples; vidrieras artísticas. Lunas o vidrios de seguridad, incluso labrados, que consistan en vidrio templado o formado por dos o más hojas contrapuestas. Espejos de vidrio con marco o sin él, incluidos los espejos retrovisores. Ampollas y envolturas tubulares de vidrio, abiertas, no terminadas, sin garniciones, para lámparas, tubos, válvulas eléctricas y similares. Ampollas de vidrio para termos y otros recipientes aislantes, estén o no terminadas. Artículos de vidrio para el alumbrado y señalización y elementos ópticos de vidrio que no estén trabajados ópticamente ni sean de vidrio óptico. Cristales para relojes, para gafas corrientes (con exclusión del vidrio apto para lentes correctivas) y análogos, abombados, curvados y de formas similares, incluso las bolas huecas y los segmentos. Adoquines, ladrillos, baldosas, tejas y demás artículos de vidrio colado o moldeado, incluso armado, para la construcción; vidrio llamado multicelular o espuma de vidrio, en bloques, paneles, placas y conchas. Objetos de vidrio para laboratorio, higiene y farmacia, estén o no graduados o calibrados; ampollas para sueros y artículos similares. Vidrio óptico y elementos de vidrio óptico sin trabajar ópticamente; esbozos de lentes para anteojería médica, de vidrio no óptico y sin trabajar ópticamente. Imitaciones: 1. De perlas finas. 2. De piedras preciosas y semipreciosas (piedras si-

miles). Lana de vidrio, fibras de vidrio y manufacturas de estas materias.—Hierro y acero en desbastes cuadrados o rectangulares («blooms») y palanquilla; desbastes planos («slabs») y llantón; piezas de hierro y de acero simplemente desbastadas por forja o por batido (desbastes de forja). Desbastes en rollos para chapas («coils»), de hierro o de acero. Planos universales, de hierro o de acero. Barras de hierro o de acero obtenidas en caliente por la laminación o en la hilera, o forjadas (incluido el fermachín); barras de hierro o de acero obtenidas o acabadas en frío; barras huecas de acero para perforación de minas. A. De acero especial sin aleación. B-1. Fermachín de hierro o de acero no especial. Perfiles de hierro o de acero obtenidos en caliente por laminación o en la hilera, forjados o bien obtenidos o acabados en frío; tablestacas de hierro o de acero, incluso perforadas o hechas de elementos ensamblados. A. Perfiles de acero especial sin aleación. C. Tablestacas. Flejes de hierro o de acero, laminados en caliente o en frío. A. De acero especial sin aleación. Alambres de hierro o de acero, desnudos o revestidos, con exclusión de los alambres aislados utilizados como conductores eléctricos. Aceros aleados y acero fino al carbono, en las formas indicadas en las partidas 73.06 a 73.14, inclusive. Tubos de fundición. Tubos (incluidos sus desbastes) de hierro o de acero, con exclusión de los artículos de la partida 73.19: A. De acero especial con aleación. B. De hierro o de acero no especial: 1. Obtenidos directamente sin soldadura (por moldeo, laminado, estirado, etc.). Accesorios de tubería, de fundición; hierro o acero (empalmes, codos, juntas, manguitos, bridas, etc.).—Barras, perfiles, alambres, chapas, hojas, tiras, tubos, barras huecas, polvo, partículas y torneaduras calibradas, de magnesio.—Canalones, caballetes para tejados, claraboyas y otras manufacturas de cinc para la construcción. Otras manufacturas de cinc.

## DERECHOS TRANSITORIOS DE EXPORTACION

A partir del 21 de julio de 1961, los derechos transitorios de exportación detallados en el anexo número 2 del Decreto de 30 de mayo de 1960, en su enigrafe A, se modifican en la forma que se detalla para los productos mineralúrgicos: Partida A-1: Artículo. Blenda de Reocín; Forma de adeudo, P. b.; Unidad Kg., 1.000; Derechos ptas. M/C. 120. Partida A-11: Artículo. Potasa; Forma de adeudo, P. b.; Unidad Kg., 1.000 de  $K_2O$ ; Derechos ptas. M/C., 100.

## LA DEFINICION DEL SEGUNDO

En las medidas geológicas se llega con frecuencia a valoraciones de tiempo por técnicas geonucleares del orden de  $10^{17}$  s., en las cuales dada la precisión de los métodos, no tiene importancia la exactitud en la definición del segundo. Hay otros problemas planteados en el estudio de nuestro universo, que para su resolución se encuentran dificultades por la falta de precisión de la unidad astronómica de tiempo y en su conservación, por ello se está estudiando desde 1956, una definición basada en patrones de frecuencia, ya que las primeras alcanzan como máximo el  $10^{-9}$  de segundo, precisión limitada por las observaciones y por las propias efemérides.

Las medidas de patrones de frecuencia, se realizan considerando como valor nominal la del cesio 9.192.631.770 Hz. Con las técnicas de integraciones, se alcanzan actualmente precisiones de  $10^{-11}$ , lo que permitiría conservar la milésima de segundo para integraciones extendidas a tres años. Es de esperar que con el aumento progresivo de las técnicas de integración, se alcancen pronto las precisiones necesarias para la conservación del tiempo atómico, y que la XII Conferencia General de Pesas y Medidas pueda definir la unidad de tiempo, basada en la integración de las frecuencias atómicas.

## DESGRAVACION FISCAL A LA EXPORTACION

El Ministerio de Hacienda, por Orden de 28 de agosto pasado, y de acuerdo con los beneficios del Decreto 1.439/1960, de 21 de julio, ha determinado gocen los siguientes productos mineralúrgicos, de los beneficios de dicho Decreto:

Sal. Arcillas. Sulfato de bario. Carbonato de bario. Feldespato. Azufre sublimado. Acidos inorgánicos y compuestos oxigenados de los metaloides, Hidrocarburos y sus derivados. Superfosfatos simples. Superfosfatos concentrados. Productos derivados de las industrias químicas.

## OCTAVAS SEMANAS FOTOGRAFICAS

Del 2 al 14 de abril del año 1962, se celebrará en Munich las Octavas Semanas Fotográficas, organizadas por la Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., en colaboración con la Universidad Técnica de Munich.

El tema fundamental de este cursillo, será el de los problemas de la automatización y las aplicaciones de la fotogrametría en obras de ingeniería.

## III CONGRESO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA

Del 19 al 28 de septiembre se celebraron en Viena, Obertraun, Salzburgo, el III Congreso Internacional de Espeleología. El Delegado español en el mismo, fue nuestro colaborador D. Adolfo Eraso.

Entre los acuerdos adoptados, figura la aprobación de los Estatutos del Congreso, elección de Yugoslavia para la celebración del IV Congreso, realización del V Congreso en la República Federal Alemana, patrocinado por la Federación Alemana de Espeleología y Espeleología Alemana; fundación de una Comisión para la documentación sobre las grutas más grandes y profundas del mundo, entendiéndose por tales las que tengan desnivel superior a 200 metros o longitud mayor a dos kilómetros; constitución de la Comisión de Espeleocronología; constitución de la Comisión de Terminología, que adoptará los signos definitivos, que posean carácter general y su número no sea muy elevado, cada signo recordará el fenómeno que representa y será susceptible de parcial modificación, de acuerdo con el tipo específico de un fenómeno inicial considerado; englobamiento de los animales cavernícolas en un solo sistema de agrupación zoológica.

## TRABAJOS ESPAÑOLES PRESENTADOS AL III CONGRESO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA

La aportación española al III Congreso Internacional de Espeleología, fue la siguiente:

J. Montoriol Pous.—«Las sugerencias submarinas de las costas de Garraf» (Barcelona).

A. Eraso.—«Sobre las relaciones morfo-químicas en la litogénesis».

E. Balcells.—«La biología y las migraciones de *Miniopterus schreibersi* al NE. de España».

## CAVIDADES ESPAÑOLAS CUYOS DESNIVELES REBASAN LOS DOSCIENTOS METROS

1. Sima de la Piedra de San Martín o (Sima Lepineux). Larra (Navarra), 737.— m.
2. Cueva-Sima de Ormazarreta, Aralar (Navarra), 373.— m.
3. Torca del Carlista, Carranza (Vizcaya), 355.— m.
4. Aven de Marbore, Marbore (Huesca), 310.— m.
5. Sima de la Segua, Carranza (Vizcaya), 290.— m.
6. Sima de Aitzbeltz, Mendaro, 278.— m.
7. Lezandi, Itxina (Vizcaya), 274.— m.
8. Sima Echalecu, Larra (Navarra), 245.— m.
9. Sima de Catabera, Aitgorri (Guipúzcoa), 220.— m.
10. Cueva-Sima del Agua, Arana (Granada), 215.— m.
11. Cueva de Mairuelegorreta, Gorbea (Alava), 210.— m.
12. Aven del Esquerra, Garraf (Barcelona), 202.— m.
13. Aven des Esquirols, Garraf (Barcelona), 202.— m.
14. Lezaun ur Txulo, Altzania (Alava-Navarra), 200.— m.

## CAVIDADES ESPAÑOLAS CUYO DESARROLLO SUPERA LOS DOS KILOMETROS

1. Complejo Palomera-Dolencias (Ojo Guareña), Sotocueva (Burgos), 12.000.— m.
2. Cueva de Mairuelegorreta, Gorbea (Alava), 9.000.— m.
3. Sima de la Piedra de San Martín o (Sima Lepineux), Larra (Navarra), > 5.200.— m.
4. Cueva de Cullalvera, Ramales de la Victoria (Santander), 5.100.— m.
5. Cueva del Reguerillo, Torrelaguna (Madrid), 3.500.— m.
6. Cueva Grande de Tertanga, Tertanga (Alava), 3.100.— m.
7. Cueva de Arrikutz, Azánzazu (Guipúzcoa), > 3.000.— m.
8. Cueva del Drach, Mallorca (Baleares), 2.000.— m.

## CONFERENCIA INTER-AFRICANA SOBRE HIDROLOGIA

La primera conferencia inter-africana sobre Hidrología tuvo lugar en Nairobi (Kenya), del 16 al 26 de enero de 1961 bajo el alto patrocinio de la Comisión de Cooperación Técnica en Africa y el Sur del Sahara (CCTA). Esta conferencia reunió los especialistas para los resultados de las investigaciones efectuadas en el seno de la comunidad hidrológica de Africa. La atención de la conferencia recayó, principalmente, sobre la realización reciente de la OMM en materia hidrológica. La primera sesión técnica fue consagrada a las precipitaciones, a la evaporación, a la evapo-transpiración y a la radiación. En el curso de la sesión plenaria, se adoptaron un cierto número de recomendaciones relativas a diferentes temas adoptados. Las recomendaciones relativas a las medidas de precipitaciones, fueron orientadas hacia la normalización de pluviómetros, a los métodos de demuestre preciso de las precipitaciones en las cuencas hidrográficas de diferentes dimensiones, los elementos de precipitaciones (intensidad, duración, zonas, frecuencia), el valor del radar para el estudio de las precipitaciones, la necesidad de profundizar las investigaciones en el dominio de las previsiones meteorológicas en las regiones tropicales y ecuatoriales, en función de la lucha contra las inundaciones. La conferencia ha recomendado igualmente que la OMM será invitada a tomar las medidas que

se impongan en vista de normalizar la construcción, el emplazamiento y la instalación de instrumentos destinados a la medida de la evaporación y evapo-transpiración y de establecer con precisión las características de estos instrumentos y su empleo. Las discusiones relativas a las medidas de radiación, condujeron a recomendaciones concernientes a la cooperación permitiendo con el grupo de trabajos de radiación de la Asamblea Regional I o de la OMM, a la generalización del empleo de los pluviómetros Gunn-Bellani en los problemas de radiación climatólogica aplicada en la región de la CCTA, la normalización de especificación de piranómetros, el conjunto y la publicación de los datos registrados por los piranómetros.

Otras recomendaciones fueron adoptadas en el curso de la sesión, conducentes a la implantación de las medidas que se imponen para el desarrollo de la cooperación inter-africana en el dominio de la hidrología.

#### EXPERIENCIAS DE GEOFISICA RADIATIVA EN LAS REGIONES POLARES

Se han realizado varios cambios de impresiones entre glaciólogos y atomistas franceses y suizos, con el objeto de emplear los isótopos neutros y radiactivos en glaciología.

Las regiones polares, presentan un gran interés para las experiencias geofísico-radiactivas. Estas son, en efecto, regiones alejadas de actividades industriales y de los depósitos que puedan producirse no son ni perturbadores, ni diluidos en los depósitos que procedan, sea de los suelos, sea de industrias circundantes. Si la pureza de los depósitos polares no es total, es al menos mucho mayor que las otras regiones del globo. Por otra parte, el almacenamiento dentro de la nieve polar de diferentes depósitos constituye un recipiente ideal, tanto por la accesibilidad de las capas anteriores como por la ausencia de mezclas, percolación que interviene, por ejemplo, en las nieves de las montañas francesas. En fin, el efecto magnético, las relaciones con las auroras boreales y en general con la radiación cósmica, presentan un interés especial para la investigación de la radiactividad inducida por la radiación cósmica. Se pueden distinguir dos grupos de experiencia que serán interesantes intentar en las regiones polares. Así como las ya efectuadas en las regiones templadas, y para las cuales sólo una adaptación técnica se necesitara poner a punto, para llevar sus posibilidades hasta las regiones polares. Después las experiencias, todavía no realizadas en las regiones templadas ni en las regiones polares, y que para su función las regiones polares son particularmente interesantes.

En el primer grupo, de los métodos de datar la estación con relación isotópica quedan todavía a la orden del día. La detección de la radiactividad de los aerosoles radiactivos de la nieve, muestra un reparto correspondiente a las de las regiones templadas y puede servir probablemente de referencia de una manera sistemática de los horizontes, particularmente activos de 1958 a 1959. En fin, los métodos de datado por el tritio de antemano, y por el C14 después permitirá dataciones más antiguas que las que conciernen a los aerosoles radiactivos; los valores absolutos de caídas de aerosoles radiactivos en las regiones polares, completarán nuestro conocimiento de los balances de recaídas de productos radiactivos.

En el segundo grupo, las observaciones parecen conducir sobre la investigación de la periodicidad de los componentes magnéticos de los polos. Por su alejamiento de todo centro industrial, así como por la posibilidad de remontar un gran número de años, la nieve polar es un receptáculo ideal para investigar dicha periodicidad, así como la investigación de horizontes característicos de años particularmente ricos en caídas meteoríticas. Estos estudios pueden permitir precisar el balance y el flujo de caídas meteoríticas, sobre todas las formas y dimensiones cuyo reconocimiento es muy urgente. La revisión de los niveles particularmente cargados, podrá constituir igualmente un método de datado. Dos productos impor-

tantes de la reacción del oxígeno, del nitrógeno y del carbono del aire, son los berilios 7 y 10. El berilio 10 no ha sido todavía puesto en evidencia en la recaída de regiones templadas, la nieve polar constituye un excelente receptáculo, su determinación permitirá de una parte la evaluación de balances de intensidad radiactiva cósmica de los tiempos y como podría constituir un método de datación. El berilio 7 puede constituir un excelente indicador meteorológico, así como indicador de la intensidad total de fluido cósmico, así como de sus variaciones.

#### VARIACION DEL REGIMEN DE LOS GLACIARES

Durante los días 10 al 18 de septiembre de 1962, se celebrará en Obergürgl (Austria) un symposium sobre la variación del régimen de los glaciares.

#### EXPEDICION GLACIOLOGICA INTERNACIONAL A GROENLANDIA

En una reunión celebrada en Copenhague del 8 al 9 de mayo de 1961, para las investigaciones futuras de Groenlandia, han decidido que en 1964-1965 se realice una expedición llamada «Exploración Glaciológica Internacional de Groenlandia».

Para planear la realización de la expedición, las decisiones provisionales tomadas fueron las siguientes:

1.º La Organización actual se conservará hasta que el problema haya sido estudiado a fondo por Dinamarca, que convocará una nueva reunión en noviembre de 1961, en la cual se harán nuevas proposiciones orientadas especialmente sobre una participación danesa en la dirección y la organización de la nueva expedición.

2.º Las Expediciones Polares Francesas, serán encargadas de la realización técnica y comenzarán a frecuentar la preparación técnica.

3.º Los participantes a la reunión de Copenhague, formarán la Comisión Provisional de redacción del programa. Los países participantes han sido invitados a designar los miembros suplementarios necesarios. Los representantes de cada país deberán presentar las proposiciones del programa científico, la descripción de los medios de que podrán disponer y las sugerencias para una modificación eventual de la organización de la E. G. I. G.

#### DECIMA CONFERENCIA DE ARCILLAS

En la Universidad de Texas, Austin, se celebra del 16 al 18 de octubre la X Conferencia de Minerales Arcillosos patrocinada por la Comisión correspondiente, dependiente del National Research Council de la Academia de Ciencias.

Los temas anunciados son: Bentonitas y uranio del Golfo de Texas, Coastal Plain. Vermiculitas de Texas Central.

Además están anunciados los tres symposium siguientes: Bentonitas y criaderos de uranio de Texas. Manera de presentarse y origen de las vermiculitas. Complejos orgánicos arcillosos arcillosos. Aplicaciones industriales.

#### LA SEGUNDA REUNION DE LA COMISION DEL NEOGENO MEDITERRANEO DE SABADELL-MADRID

Durante los días 10 al 20 del pasado mes de septiembre se ha celebrado, primero en Sabadell y luego en Madrid, la reunión de la Comisión del Neógeno Mediterráneo y de la Unión Paleontológica Internacional, a la que se han inscrito miembros de catorce países.

El acto inaugural tuvo lugar en el Salón de Actos de la Caja de Ahorros de Sabadell en la mañana del día 10, realizándose por la tarde una excursión por los alrededores.

Los días 11 y 14, se celebraron sesiones de trabajo por la mañana y por la tarde, y los días 12 y 13 se realizaron excursiones, al Mioceno Continental el primer día y al Mioceno marino el segundo, en la región del Vallés-Panadés, visitando los notables yacimientos fosilíferos existentes en aquella región.

El día 15 se efectuó el traslado de todos los asistentes a Madrid, aprovechando el viaje para llegar hasta Teruel y visitar los yacimientos clásicos de Concud y los Algezares, así como el de Santa Bárbara en Calatayud, y Alhama de Aragón.

El día 18 por la tarde llegaron los congresistas a Madrid, y el día 19 se celebraron sesiones de trabajos bajo los auspicios de la Unión Paleontológica Internacional.

El día 20 por la mañana se visitó el yacimiento de Paracuellos de Jarama, y por la tarde se celebró la última sesión de trabajo y el acto de clausura que tuvo lugar en el Salón de Actos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

En el transcurso de las sesiones de trabajo, que fueron sumamente interesantes por la importancia de los temas discutidos, se presentaron 37 comunicaciones, de las cuales 10 eran de carácter predominantemente paleontológico y los restantes de problemas estratigráficos del Neógeno.

Una vez terminadas las sesiones de trabajo, se realizó una excursión por parte de los congresistas, que tenía por objeto estudiar diferentes series continuas de facies marina, desde el Oligoceno al Plioceno. Los dos primeros días de campo se dedicaron al estudio de series marinas mio-pliocenas en la provincia de Murcia, y el tercero al de una serie, también marina, oligo-miocena en la provincia de Alicante.

Los congresistas salieron de Madrid en autocar el día 21 de septiembre, llegando por la tarde a Murcia.

Al día siguiente se recorrió la carretera de Murcia a Cartagena, hasta la Venta de la Virgen, estudiando el Neógeno del flanco sur de la Sierra de Carrascoy, donde los conglomerados vindobonienses hasta el Plioceno, en donde se tomaron abundantes muestras para el estudio de la microfauna de esta interesante serie monoclinial.

A continuación se estudió la extensa área pliocuatnaria que va desde Totana hasta el Puerto de Mazarrón, recogiendo abundantes macrofósiles marinos del Plioceno (*Chlanys*, *Terebratula*, etc.), en las proximidades del Puerto, equinidos y pectinidos en la entrada de la carretera de Gañuelas y diferentes muestras para estudio de la microfauna, a lo largo de la carretera de Totana a Mazarrón.

En el segundo día de campo, se hizo un corte de las interesantes estructuras anticlinales mio-pliocenas cortadas por la carretera de Orihuela a Torre Vieja, desde Hurchillo hasta el Puerto de Rebate, en el Km. 20. En esta excursión se pudieron tomar algunos ejemplos de macrofauna, pero especialmente muchas muestras para el estudio de su microfauna muy abundante allí.

El tercer día de campo se destinó al estudio de el tránsito Oligoceno-Mioceno, en facies marina a lo largo de la carretera de Alicante a Valencia, entre Altea y Benisa.

Se hizo una primera parada antes de llegar a Benidorm para mostrar un flysch oligoceno con *Lepidocyclinas*, y a continuación se estudiaron las características estratigráficas y tectónicas de la gran cubeta sinclinal oligo-burdigaliense de Benisa, donde las calizas oligo-aquitanienses con *Lepidocyclinas* de los túneles del Mascarat, hasta el Aquitaniense con equinidos y *Lepidocyclinas* del Km. 2 de la carretera de Benisa a Casas de Pinos.

Desde el punto de vista tectónico, se mostró a los congresistas la masa caliza de la Sierra de Oltá, testigo eoceno que reposa sobre el Burdigaliense en el centro de la cubeta sinclinal, y la masa de caliza eocena del Peñón Ifach resbalada también sobre las margas burdigalienses.

Con este se dio por terminada la parte geológica de la excursión, realizando los participantes el día 25 el viaje de regreso a Barcelona en el autocar.

## REUNION DE SEDIMENTOLOGIA

En los días 16 al 21 del pasado mes de octubre, se celebraron en Sevilla las sesiones de la II Reunión del Grupo Español de Sedimentología, organizada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en colaboración con el Centro de Estudios Hidrográficos, la Asesoría Geológica de Obras Públicas, el Instituto Geológico y Minero de España y las Jefaturas de Sevilla y Córdoba de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Fueron presentadas 23 Comunicaciones en este Coloquio, que ha tenido siete sesiones de trabajo. Las reuniones se celebraron en la Escuela de Estudios Hispano Americanos de aquella ciudad, con asistencia de más de treinta participantes, habiendo tenido las discusiones un alto interés científico.

Los trabajos científicos presentados, abarcaron casi todos los campos de la sedimentología: granulometrías, morfometrías, microscopia, estudio de suelos y de sedimentos desde las fracciones más finas, arcilla, limo y arena, hasta los grandes bloques; se discutieron otros problemas relacionados con la dinámica fluvial y la significación geológica de sedimentos. Se trató de aspectos técnicos diversos: permeabilidad de capas acuíferas, colmatación de embalses y otros problemas de sedimentación actual.

## CONFERENCIAS Y SESIONES DE LA II REUNION DE SEDIMENTOLOGIA

- Alias, Pérez, L.*—«Mineralogía de los materiales transportados por los ríos que bañan la Vega de Granada.»
- Arévalo Carretero, P.*—«El sanidino en sedimentos: métodos de investigación.»
- Panque Guerrero, G.*—«Estudio micromorfológico de algunos sedimentos béticos.»
- Alonso Pascual, J., García Vicente, J. y Riba Arderiu, O.*—«Estudio de sedimentos finos de la cuenca del Tajo.»
- Ball, D.*—«The soils of Wales.»
- Benayas Casares, J.*—«Estudio de minerales pesados en doleritas y suelos derivados.»
- Aleixandre Campos, T.*—«Mineralogía de la fracción gruesa de suelos de origen volcánico de la zona basáltica de Lisboa.»
- Panque Guerrero, G.*—«Opalo en sedimentos y suelos de Ecija.»
- Muñoz Taboada, M. y Fábregas Lorenzo, R.*—«Mineralogía geles de un podsol férrico-húmico asturiano.»
- Riba Arderiu, O. y Pérez Mateos, J.*—«Sedimentología del Llano de Huelva.»
- Rodríguez Gallego, M.*—«Mineralogía de la fracción arcilla de los materiales transportados por los ríos que bañan la Vega de Granada.»
- Sos Vaynat, V.*—«Características de los aluviones de interés mineral de Extremadura.»
- Delgado, M.*—«El contraste de fase con luz polarizada y su aplicación a la mineralogía de suelos.»
- Ball, D. (Bangor, Gales).*—«X-Ray fluorescence applications in rock, soil and plant analysis.»
- Panque Guerrero, G. y Bellinfante Crocci, N.*—«Contribución al estudio de los braunlehm de Andalucía Occidental: 1. Braunlehm del Aljarafe (Sevilla).»
- Benayas Casares, J. y Riba Arderiu, O.*—«Identificación de loess en la provincia de Toledo.»
- Pérez Mateos, J. y Alonso Pascual, J.*—«Los arenales costeros del Levante Español.»

### III. Las playas de Alicante.

Alonso Pascual, J. y Pérez Mateos, J.—«Los arenales costeros del Levante Español».

### IV. Consideraciones de conjunto sobre las tres provincias levantinas.

Navarro Aivargonzález, A. y Trigueros Molina, F.—«Características granulométricas y fil-trantes de la cuenca alta del Segura».

Muñoz Taboadela, M. y Alberto Giménez, F.—«Granulometría específica de algunos tipos de suelos cantábricos».

Hernández Pacheco, F.—«Los depósitos torrenciales de la Garganta de Alardos, en relación con las rañas».

Hernández Pacheco, F. y Asensio Amor, I.—«Recientes observaciones realizadas en los depósitos sedimentarios de la rasa cantábrica».

Suárez, J.—«La técnica ante los problemas de sedimentación actual».

Solé Sabarís, L., Virgili Robon, C., Macau Vilar, F. y Llamas, R.—«Avance del estudio sedimentológico de los testigos de unos sondeos realizados en el delta del Ebro (zona de Amposta)».

Riba, O. y Pérez Mateos, J.—«Sobre una inversión de aporte sedimentario en el borde norte de la cuenca terciaria del Ebro (Navarra)».

Asensio Amor, I.—«Contribución al estudio de calores morfológicos de cantos rodados (Playa de Artedo, Asturias)».

Hernández Pacheco, F. y Asensio Amor, I.—«Primeros resultados del estudio sedimentológico de las arenas del Puntal, Santander».

## COLOQUIO SOBRE PROBLEMAS DE LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFIA

Organizado por la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, se celebrará en Zaragoza del 18 al 20 del próximo mes de diciembre un Coloquio sobre problemas de la enseñanza de la Geografía.

Los temas a tratar son:

*La Geografía en la Enseñanza Primaria.*

*La Geografía en la Enseñanza Media.*—La cual comprenderá: 1. Metodología de la Geografía en el Bachillerato. 2. Formación y selección del profesorado de Geografía de Enseñanza Media. 3. Cátedras de Geografía e Historia en los Institutos de Enseñanza Media. 4. La adaptación de los planes de estudio y de los cuestionarios de Geografía al nivel de los alumnos de Enseñanza Media.

*La Geografía en la Enseñanza Superior.*—1. La Geografía física. 2. Geografía humana. 3. La Geografía urbana. 4. La Geografía económica. 5. Un proyecto de estudios Geográficos en la Universidad de Madrid. 6. Instituto Universitario de Geografía.

*Métodos auxiliares en la Enseñanza de la Geografía.*—1. Atlas, mapas, diapositivas y diagramas. 2. Viajes y trabajos de campo.

*La división regional española.*

*La Geografía regional.*

*Problemas de toponimia.*

*El atlas geográfico nacional.*

*La necesidad del trabajo en equipo en Geografía.*

## SYMPOSIUM DE VULCANOLOGIA

Del 9 al 12 de mayo de 1962, se celebrará en Tokio (Japón) un Symposium Internacional de Vulcanología. Estará Organizado por el Consejo Científico del Japón en colaboración

con la Sociedad de Vulcanología, bajo los auspicios de la Asociación Internacional de Vulcanología de la Unión de Geodesia y Geofísica Internacional.

Temas principales del Symposium serán: «Predicción del tiempo y sitios de erupciones volcánicas». «Relación entre los magmas y la naturaleza de las erupciones volcánicas».

## ESTUDIO DE LOS RADIOELEMENTOS ARTIFICIALES MAS PESADOS QUE EL URANIO

Se ha anunciado por la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos la construcción, cerca de Chicago, de un Centro para el estudio de los radioelementos artificiales más pesados que el uranio. Las instalaciones comprenderán una serie de cámaras aisladas con muros de protección de más de un metro de espesor, y los científicos utilizarán manipuladores «robots» para efectuar sus trabajos. Dispondrán de brazos mecánicos capaces de levantar cargas superiores a 10 kg., suficientemente precisos y delicados para asir con precisión los utensilios de vidrio más finos.

## EL PETROLEO EN ALEMANIA OCCIDENTAL

En el año 1960, la producción de petróleo en Alemania Occidental, fue de 5.529.829 toneladas, equivalente al 40 % de la de Europa occidental y central (incluida Austria), lo que representa un aumento de 8,4 % sobre el año 1959. La producción de gas natural, fue de 447,7 millones de m<sup>3</sup>, con un aumento del 15,5 %. además se obtuvieron 195 millones de m<sup>3</sup> como subproducto del refino del petróleo.

## EL OLEODUCTO DESDE KARLSRUHE HASTA BAVIERA

Se ha constituido en Hamburgo, la sociedad para la construcción y explotación del oleoducto desde Karlsruhe hasta Baviera. Las obras costarán 2.100 millones de pesetas y se calculan estén terminadas para fines del año 1963. El transporte anual en principio, de este oleoducto, será del orden de ocho millones de toneladas de crudos.

## DEMANDA MUNDIAL DE CLORO

El campo de aplicaciones del cloro en la industria química, ha aumentado tanto en los últimos tiempos, que, el consumo de ácido sulfúrico ha cedido al de cloro el puesto que, durante muchos años, mantenía como índice del nivel del país.

La producción mundial de cloro, que a principios de siglo era de 50.000 toneladas, llega en 1930 a 400.000 y en 1960 se puede valorar en 7,8 millones de toneladas, lo que representa un índice de aumento en el último decenio de un 13 por 100, mientras que la producción de sosa cáustica ha tenido un ritmo más lento de 7,2 por 100. En consecuencia, la gran demanda de cloro ha obligado a recurrir en su obtención a otros procedimientos distintos al de la electrolisis de cloruro sódico, pues en un periodo de tiempo previsible, todo incremento de su producción por electrolisis de la sal común determinará grandes problemas de excedente de sosa.

Se ha iniciado últimamente la producción de cloro por oxidación catalítica del ácido clorhídrico con oxígeno, así como por electrolisis de aquél. El clorhídrico se obtiene en grandes cantidades como subproducto en los modernos procedimientos de cloración. Se ha com-

probado recientemente en escala de laboratorio, la posibilidad de obtenerlo por electrolisis del cloruro de níquel. Su creciente empleo en el campo de la química orgánica: productos de plásticos, síntesis del fenol a través del clorobenceno, síntesis de la glicerina mediante clorhidrina, producción de tetraetileno de plomo, fabricación de siliconas, aparte de su empleo como decolorante en otros numerosos productos industriales, es lo que han hecho aumentar el consumo de cloro, el cual puede considerarse como elemento básico exclusivo de la industria química.

#### EL MESON OMEGA

Se ha descubierto una nueva partícula elemental, que es el *mesón omega*, con la cual se contribuye a aclarar substancialmente la estructura y el comportamiento del núcleo atómico. Tiene esta partícula una masa correspondiente a 1.450 electrones y carece de carga eléctrica. Descubridores de este mesón son el físico yugoeslavo Dr. B. C. Maglic y los profesores Luis W. Alvarez, A. H. Rosenfeld y M. L. Stevenson.

#### LA PRODUCCION DE ACERO EN ALEMANIA OCCIDENTAL

En 35 millones de toneladas está fijada actualmente la producción de acero bruto en la industria siderúrgica alemana, y se espera que en el año 1964 se llegue a 41.8 millones de toneladas.

#### EL ACERO BRUTO FRANCÉS

En 1964 se espera que la capacidad de producción de acero bruto francés, sea del orden de 34 millones de toneladas al año.

#### PRODUCCION PETROLIFERA ARGENTINA

En el primer semestre del año en curso, se ha producido en la Argentina 6.67 millones de m<sup>3</sup> de petróleo, que representa un aumento del 55 por 100 con relación al año anterior. Se espera una producción en este año de 13 millones de m<sup>3</sup>.

#### LA REFINERIA DE PETROLEO «SAMIR»

En diciembre comenzará a funcionar la refinería de petróleo de SAMIR, de la Sociedad Marroquí Italiana de Refinería, situada en Mohammedia, cerca de Casablanca. Su coste es del orden de 108 millones de pesetas y su capacidad de producción de 1.250.000 toneladas anuales.

#### FABRICA DE LA U. R. S. S.

En virtud de un acuerdo entre el organismo soviético «Techmashimport», la Sociedad Estudios e Investigaciones Industriales Belga y la Sociedad Belga de Nitrógenos Químicos del Marly, se procederá a la instalación, en la U. R. S. S., de una fábrica de amoníaco.

#### COTIZACION DE METALES

	31-12-58	30-12-59	29-6-61	31-8-61	2-11-61
<b>CINC</b>					
Nueva York (centavos por libra)	11,50	12,50	11,50	11,50	11,50
Londres (£ por Tn.)	76-76 1/2	95 1/4-95 1/2	78 3/4-79	76 1/4-76 3/8	71 3/8-71 1/2
<b>ALUMINIO</b>					
Nueva York (centavos por libra)	26-80	28,10	26	26	26
Londres (£ por Tn.)	180	187	186	186	186
<b>MERCURIO</b>					
Nueva York (\$ el frasco de 34.5 kilogramo)	218-221	212-214	203-205	188-191	190-192
Londres (£ el frasco de 34.5 kg.)	74	72	66	63	60
<b>VOLFRAMIO</b>					
Londres (£ por Tn.)	95-100	147-152	128 1/2-132 1/2	126-129	117-119
<b>PETROLEO</b>					
Nueva York (£ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo..	3,25	3.05-3,25	3.05-3,25	3.05-3,25	3.05-3,25
<b>ESTAÑO</b>					
Nueva York (centavos por libra)	98,25	98,75	119,75	124,75	123,25
<b>COBRE</b>					
Nueva York (centavos por libra)					
Electrolítico	29	26	31,12	30,12-30,25	31
Londres (£ por Tn.)	221-221 1/4	256 1/2-257 1/2	234 1/2-235	232 1/2-232 1/4	228 3/4-229
<b>PLOMO</b>					
Nueva York (centavos por libra)	13	12	11	11	11
Londres (£ por Tn.)	72 1/8-72 1/4	74 1/4-72 1/2	65 3/8-65 7/8	64 7/8-65	62-62 1/4

#### COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES MINERALES

Movimiento en 1961:

	Tm.	Millares \$	%
Importación	4.182,495	85,183	17,10
Exportación	907,193	20,886	5,66

## IMPORTACIONES MINERALURGICAS

## Primeras materias.

	Tm.	Millares \$	%
Hullas ... ..	8.719	3.604	2.400
Hierro y acero sin manufacturar ... ..	15.134	12.270	16.591
Hojalata ... ..	3.712	3.149	6.410
Cobre ... ..	7.216	6.078	6.465
Fosfatos ... ..	7.894	7.293	140
Petróleo ... ..	81.731	66.439	68.565
Nitratos ... ..	11.414	11.201	6.808

## EXPORTACIONES MINERALURGICAS

	Tm.	Millares \$	%
Sulfato amónico ... ..	18.860	9.716	10.231
Minerales y pirritas de hierro ... ..	10.035	14.966	8.138
Productos petrolíferos ... ..	17.509	20.404	20.256
Mercurio ... ..	3.826	5.407	4.428
Cloruro potásico ... ..	4.390	4.985	753
Blenda ... ..	1.112	3.008	91
Plomo ... ..	2.990	3.103	2.876
Aluminio ... ..	324	4.206	2.848
Hierro y acero sin manufacturar ... ..	2.303	23.288	21.266

## MERCANCIAS MINERALURGICAS LIBERALIZADAS EN 1961

N.º del cupo	MERCANCIAS	\$
3	Cemento ... ..	200.000
4	Hulla para cok siderúrgico ... ..	1.500.000
5	Productos químicos auxiliares para las industrias textil, del papel, del cuero y del caucho ... ..	3.000.000
6	Productos químicos de base, no liberados, para las industrias farmacéutica, veterinaria, perfumería y cosmética ... ..	1.200.000
7	Productos de base, no liberados, para la fabricación de pinturas, barnices y plásticos, así como materias primas plásticas no liberadas ... ..	2.000.000
8	Productos químicos de uso industrial, no liberados y no incluidos en otros grupos ... ..	2.800.000

N.º del cupo	MERCANCIAS	\$
19	Manufacturas de piedra, amianto, vidrio, cerámica, bisutería y análogas: a) manufacturas de piedra, amianto y análogas; b) artículos de vidrio, cristal y porcelana; c) bisutería y piedras para su fabricación ... ..	675.000
20	Productos siderúrgicos: d) barras de hierro y acero; e) perfiles de hierro y acero; f) flejes de hierro y acero; g) chapas de hierro y acero; h) cables, cordajes, trenzas, eslingas y similares, de alambre, de hierro o de acero, con exclusión de los artículos aislados para usos eléctricos ... ..	1.615.000

## COMISION NACIONAL DE GEOLOGIA

El 19 de septiembre se reunió el pleno de la Comisión Nacional de Geología, en ella se acordó tomar parte activa en el Léxico Estratigráfico Internacional, y designó como coordinador de la labor española al Sr. Llopis Lladó.

Se ha recibido de Méjico un cajón de fichas de léxico geológico hispánico, que se procederá a estudiar con el fin de posible publicación.

Se designa para la Comisión Internacional Coordinadora de Geodesia y Geofísica con Geología, al Sr. López de Azcona.

Vista la exposición del Sr. Hernández Pacheco sobre las investigaciones que se han realizado en algunos sitios de España, a las que han dado carácter antropológico, aunque en realidad son geológicas, se acuerda ponerse en relación con las autoridades con el fin de que sean conocidas por esta Comisión, y que el material se deposite en Museos adecuados.

## PRECIOS DEL HIERRO Y DEL ACERO

Desde junio último, los precios del hierro y el acero en Gran Bretaña han sufrido un aumento medio de 10 chelines por tonelada, o sea 1 por 100 aproximadamente de los precios anteriores.

El aumento autorizado equivale solamente a un tercio de los incrementos de los costes debidos al carbón y a la mano de obra, pero la autorización está basada en la posibilidad de que las industrias compensen la diferencia mediante el aumento de su productividad.

## REFINERIA PETROLIFERA ITALIANA

Se va a construir la refinería Augusta por la «Esso Standard Italiana», en colaboración con «Rasiom», que será la factoría europea más importante para la producción de lubricantes de calidad alta. Se emplearán procesos nuevos puestos a punto por la «Esso Research Engineering Co.», y la producción total prevista es de 200.000 toneladas por año, o sea, el doble de la actual.

## LA SIDERURGICA BELGA

Se ha comenzado en Herstal (Bélgica) la construcción de una importante fábrica siderúrgica, que tendrá una producción de más de un millón de toneladas de acero al año, para el cual necesitará una plantilla de 1.500 productores.

## ACTIVIDADES PETROLIFERAS ITALIANAS EN ALEMANIA

El consorcio estatal italiano de hidrocarburos (Ente Nazionale Idrocarburi) (ENI), ha aumentado su participación en la empresa alemana «Südpetrol AG», de 50 a 74 por 100, estudiando la posibilidad de extender la red de distribución de su filial AGIP a la parte septentrional de Alemania. En un plazo de dos años dispondrá la empresa con sus instalaciones de Württemberg y Baviera, de una capacidad de refinado de cuatro millones de toneladas.

## BUQUE OCEANOGRAFICO

Se va a construir un nuevo buque oceanográfico por el Instituto Nacional Británico de Oceanografía en los astilleros de «Hall, Russell and Co.» en Aberdeen, para sustituir al «Discovery II» que tiene ya 32 años de antigüedad. La construcción del nuevo barco durará unos 15 meses y se calcula que tendrá una vida de 20 a 25 años. Su administración y mantenimiento correrá a cargo del Almirantazgo británico. Tendrá 900 m<sup>2</sup> de espacio cubierto para laboratorios y camarotes y capacidad suficiente para albergar 67 personas, de las cuales 14 serán científicos, cifra que se podrá elevar a 20 en caso necesario.

## VISITA DE UN GRUPO DE GEOLOGOS INGLESES AL PIRINEO ESPAÑOL

En los días 12 a 24 de septiembre último, un grupo de geólogos ingleses de la Asociación de Geólogos (Geologist's Association) domiciliada en King's College de Londres, realizó una visita al Pirineo Español, dirigida a petición del mencionado grupo, por el Profesor Ríos, de la Escuela de Minas. Dicha Asociación agrupa geólogos de muy diversos tipos y procedencias, ya que entre ellos se cuentan igualmente profesionales muy distinguidos, así como particulares aficionados a las ciencias geológicas procedentes de las más diversas actividades, ocurriendo lo mismo en el grupo de 38 excursionistas.

El Dr. Ríos preparó un programa y una guía detallada del itinerario, ilustrada por más de 30 cortes o esquemas geológicos. La expedición comenzó en Puigcerdá, recorriendo el siguiente itinerario: De Puigcerdá por Ribas, Guardiola y Solsona a Seo de Urgel. De Seo de Urgel por Oliana a Balaguer. De Balaguer a Camarasa y a Tremp. De Tremp a Senterada y de Senterada por Tremp, Benabarre y Barbastro a Huesca. De Huesca por Ayerbe y Jaca a Panticosa y Jaca. De Jaca a Hecho y Selva de Oza, y por las sierras de Leyre y Navascués a Pamplona. De Pamplona por el Irati a Roncesvalles y por Pamplona y La Barranca hasta Vitoria. De Vitoria a Sobrón, Salinas de Añana y Vitoria. De Vitoria a Orduña y Bilbao, y finalmente, de Bilbao por la costa a San Sebastián, donde se clausuró la expedición con una comida de despedida.

Se realizó de esta manera un largo recorrido longitudinal del Pirineo español, completado

por una serie de cortes transversales de todas las series y estructuras hasta el Paleozoico, lo que permitió a los participantes obtener una idea muy completa de la evolución sedimentaria y tectónica de casi todo el Pirineo español.

## SYMPOSIUM SOBRE LA INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS

En Delft (Holanda) se celebrará del 10 de agosto al 5 de septiembre un symposium internacional de interpretación de fotografías aéreas, patrocinado por la Sociedad Internacional de Fotogrametría.

Los trabajos estarán agrupados de la forma siguiente: 1.º Fotografía, aparatos, técnicas. 2.º Geología. 3.º Sueños. 4.º Vegetación. 5.º Geografía regional y planificación. 6.º Hielos. 7.º Arqueología. 8.º Oceanografía e investigaciones litorales. 9.º Ingeniería civil.

## CRITERIOS MODERNOS EN LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

El día 24 de noviembre se celebró en la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales un coloquio sobre los criterios modernos de la cartografía geológica. El mantenedor de este coloquio fue don José María Ríos, quien expuso la idea de que todo trabajo geológico es potencialmente perfectible, cualquiera que sea su calidad, y que el perfeccionamiento se logra solamente en forma gradual de tipo asintótico. Lo justifica por la intervención de una serie de factores limitantes de la calidad de la observación, unos naturales y otros subjetivos, por ejemplo la capacidad subjetiva, gradual y limitada, de asimilación de conocimientos.

Analizó y comparó el valor cartográfico de las técnicas clásicas y las modernas, simbolizando éstas, sobre todo, por la micropaleontología. Subrayó el enorme valor de estas técnicas modernas, imprescindibles en muchos casos, pero trató de mostrar que adolecen, no obstante, de defectos de fundamento que radican sobre todo en el carácter puntual del valor de lo observado y en el carácter no inmediato de la determinación. En contrapartida señaló el carácter de criterio de superficie, y de inmediata determinación, de los métodos clásicos, sobre todo del petrológico, que por esa mera razón son más objetivamente cartográficos. Destacó la aportación moderna de otras técnicas: la fotografía aérea, no obstante sus limitaciones, que no son pocas, tiene el valor inmenso de constituir un aporte de criterios fundamentalmente cartográficos.

Llegó a la consecuencia de que se bordea el peligro, y con frecuencia se cae en él, de supervalorar los aportes de las técnicas nuevas, lo que no sería un gran mal, si no fuera casi siempre acompañado de un menosprecio de las técnicas clásicas, que, según se ha señalado, son más apropiadas, y superiores como criterios cartográficos.

Finalizó subrayando que las técnicas nuevas exigen una complicación muy grande del mecanismo, que tiene como consecuencia distanciar cada vez más la observación de la interpretación. Al intercalar una serie de intermediarios, imprescindibles por el desarrollo de las complejas organizaciones modernas, se despersonaliza la tarea geológica. En casos extremos, pero reales, se llega a mecanizar la tarea de manera que la observación queda totalmente desligada de la interpretación y ésta a su vez, del terreno. Y aún se apunta, en un futuro nada remoto, una mecanización literal del trabajo geológico, que más que despersonalizarlo lo deshumaniza. El disertador expresa, que por ineludible que sea el proceso como consecuencia de la evolución de las técnicas y de la creciente complicación de la organización social, no por ello deja de ser lamentable, y se contempla cómo el geólogo

se convierte poco a poco, de interpretador personal del terreno, en un mero engranaje de una máquina de funcionamiento, más que frío, gélido.

Abierta la discusión, el Prof. Hernández-Pacheco se manifiesta solidario con los sentimientos e ideas expresados por el Sr. Ríos, y aun reconociendo como él los valiosos e imprescindibles servicios de las técnicas modernas, lamenta que se menosprecien las técnicas clásicas y que de manera gradual se avance hacia la mecanización de la geología, con pérdida del calor que presta la personalidad. El Sr. Perconig desarrolla una defensa de los procedimientos micropaleontológicos. Señala cómo una parte importante de la micropaleontología ha sido usada desde todos los tiempos junto con los demás procedimientos clásicos. Subraya la utilidad de la micropaleontología por la muy superior difusión de sus formas, lo que compensa el inconveniente, desde el punto de vista cartográfico, del carácter puntual de las observaciones micropaleontológicas; igualmente el superior valor de correlación que llevan consigo por esta mayor dispersión, así como por su rápida evolución. Pone de manifiesto que, con organización adecuada, la micropaleontología puede seguir en el terreno de la geología de campo y que no distancia, de manera forzosa, la observación de la interpretación. También niega que la organización sea complicada ni costosa.

El Sr. Ríos contesta a estos alegatos aceptando unos y rechazando otros. Separa como micropaleontología, no en sentido biológico, sino pragmático, todo aquello que no puede ser de observación inmediata por el geólogo, y no incluye en su consideración a aquellos grupos de tamaño considerable como nummulites, orbitolinas, etc., por no considerarlos como micropaleontología en sentido práctico. Opina que el establecimiento de edades no es un objetivo puro de la cartografía, aunque la completa, pero que no la necesita de manera imprescindible para casi ninguno de sus fines, por lo que los criterios de superposición y correlación que se logran por los procedimientos clásicos, incluido el litológico, le parecen igualmente válidos para los fines fundamentales de la cartografía, y señala que de hecho se hace cartografía geológica, de la misma índole, tanto en la era arcaica, estéril, como en las eras modernas, fosilíferas.

El Sr. Gavala manifiesta su respeto por las técnicas clásicas que no pueden ni deben arinconarse, pero señala con tres ejemplos vivos de la geología de la provincia de Cádiz, casos en que sólo la micropaleontología es capaz de suministrar una solución.

El Presidente, Sr. Palacios, resume la discusión y manifiesta que no ve discrepancias de fondo, sino solamente diferentes puntos de vista y diferencias de matiz, de modo que los criterios son perfectamente coordinables.

#### CONFERENCIA GEOLOGICA DEL CARIBE

Del 2 al 11 de abril de 1962 se celebrará en Jamaica la tercera conferencia geológica caribiana.

#### MERCANCIAS CUYA EXPORTACION SE AUTORIZA CON DESTINO A LAS FUERZAS ARMADAS NORTEAMERICANAS EN EUROPA CON PAGO EN PSETAS

Productos minerales: Arenas. Calizas. Piedras trituradas y otras. Carbones y coques.

Productos de las industrias químicas y de las industrias conexas: Productos químicos farmacéuticos. Materias colorantes, pinturas, barnices y tintas. Pólvora y explosivos. Cerillas y fósforos.

Manufacturas de piedra, yeso, cementos, amianto, mica y materiales análogos, productos

cerámicos, vidrio y manufacturas de vidrio: Paneles, planchas, etc. Ladrillos, tejas, tubos, baldosas, estatuillas, etc., de cerámica. Lunas y vidrios de seguridad. Objetos de vidrio de adorno. Cristales para relojes, gafas, etc. Manufacturas de porcelana, loza, etc.

Metales comunes y sus manufacturas: Estufas y artículos domésticos de fundición, hierro y acero. Manufacturas de aluminio; tubos, codos, juntas, menaje de cocina, etc. Manufacturas de plomo: tubos, empalmes, codos, envases, etc.

#### REUNION DE LA COMISION NACIONAL DE GEOLOGIA

El día 14 de noviembre se reunió el Pleno de la Comisión Nacional de Geología. En ella tomó posesión como Vocal de la misma el Sr. Muñoz Amor. La Comisión de Léxico Estratigráfico se acordó incrementar la con los Sres. Ríos y Meléndez. Se hizo relación de las Subcomisiones de Estratigrafía que interesan a los geólogos españoles y se nombraron los representantes de España en la misma.

Los Sres. Ríos y Solé Sabaris insisten una vez más en la conveniencia de que los geólogos extranjeros de determinadas Universidades que ignoren insistentemente los trabajos de los geólogos españoles sobre las zonas en que hacen sus investigaciones, no se les dé facilidades por la Comisión Nacional de Geología.

#### PETROLEO DE LA UNION SOVIETICA A ITALIA

Durante el primer semestre del año en curso las exportaciones de petróleo de la Unión Soviética a Italia fueron de 2,5 millones de toneladas, lo que representa el 15,6 por 100 de las importaciones italianas totales de crudos.

#### RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, DENOMINADA BADAJOZ NOVENA

Por Orden del Ministerio de Industria de 1 de septiembre de 1961, se ha resuelto: reservar con carácter definitivo a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Toril de Centeno», del término municipal de Albuquerque, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 60 pertencints con el nombre de «Badajoz novena», tomando como punto de partida una estacilla cogida con cemento, situada a unos 40 centímetros de la esquina más al Sur de la casa denominada de «Engorda», situada en el paraje «Toril de Centeno», propiedad de doña Carmen Centeno, natural y vecina de Albuquerque. Desde él se han tomado las siguientes visuales: Al centro del caballo de la casa del hito, O., 2 g. m. 86 m. S. Al eje de la Cruz de San Blas, O., 18 g. 39 m. S. Al centro de la puerta del corral de la Casa de Ruiz, O., 15 g. 23 m. N. Desde el punto de partida en dirección O., 49 g. 00 m. N., y a 170 m. se colocará la primera estaca, de la primera estaca, en dirección N., 49 g. 00 m., y a 700 m. se colocará la segunda estaca; de la segunda estaca, en dirección E., 49 g. 00 m. S. y a 500 m. se colocará la tercera estaca; de la tercera estaca, en dirección S., 49 g. 00 m. y a 1.200 m. se colocará la cuarta estaca; de la cuarta estaca, en dirección O., 49 g. 00 m., y a 500 m. se colocará la quinta estaca; de la quinta estaca; de la quinta estaca, en dirección N., 49 g. 00 m. E., y a 500 m. se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, DENOMINADA  
BADAJOZ DECIMA

Por Orden del Ministerio de Industria de 1 de septiembre de 1961, se ha resuelto: reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Piedra Incada», del término municipal de Alburquerque, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 21 pertenencias con el nombre de «Badajoz Décima», tomando como punto de partida un mojón hecho con cemento y ladrillos, enlucido, de forma prismática y remate piramidal, situado en la forma más alta de unas rocas de granito, a unos 30 m. al O del camino del Tarro. La finca en la que se encuentra éste enclavado, es propiedad de don Antonio González Cuellas, natural de Alburquerque y aventajado en Madrid. Desde él se han tomado las siguientes visuales: A la esquina más al S. de la Casa de Vaciatroje, E., 31 g. 33 m. S. Al eje de la torre mayor del Castillo de Azagala, S., 49 g. 23 m. E. Al centro del pararrayos de la almena mayor del Castillo de Alburquerque, S. 41 g. 96 m. O. Desde el punto de partida en dirección S., 49 g. 23 m. E., y a 100 m. se colocará la primera estaca; de la primera estaca, en dirección O. 49 g. 23 m. S., y a 300 m. se colocará la segunda estaca; de la segunda estaca, en dirección N. 49 g. 23 m. O., y a 300 m. se colocará la tercera estaca; de la tercera estaca, en dirección E., 49 g. 23 m. N., y a 700 m. se colocará la cuarta estaca; de la cuarta estaca, en dirección S., 49 g. 23 m. E., y a 300 m. se colocará la quinta estaca; de la quinta estaca, en dirección O., 49 g. 23 m. S., y a 400 m. se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, DENOMINADA  
BADAJOZ UNDECIMA

Por Orden del Ministerio de Industria de 1 de septiembre de 1961, se ha resuelto: reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designe a continuación: Paraje «El Tarro-Piedra Incada», del término municipal de Alburquerque, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 36 pertenencias con el nombre de «Badajoz Undécima», tomando como punto de partida un mojón hecho con cemento y ladrillos, enlucido, de forma prismática y remate piramidal, situado en la parte más alta de un canchal de granito, a 86 m. de la parte más próxima del camino que se aparta del de San Vicente de Alcántara a Villar del Rey, y a 384,58 g. y a 1.450 m. de la Casa de la Higuera, propiedad de don Joaquín Gamero de Uña, natural y vecino de Alburquerque. Desde él se han tomado las siguientes visuales: Al eje de la torre más alta del Castillo de Azagala, E. 43 g. 58 m. S. Al centro de la chimenea más pequeña de la Casa de la Higuera, S. 15 g. 42 m. E. Al centro del pararrayos de la almena mayor del Castillo de Alburquerque, S. 36 g. 01 m. O. Desde el punto de partida en dirección, S. 24 g. 00 m. O., y a 300 m. se colocará la primera estaca; de la primera estaca, en dirección O. 24 g. 00 m. N., y a 400 m. se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección, N. 24 g. 00 m. E., y a 900 m. se colocará la tercera estaca; de la tercera estaca, en dirección, E. 24 g. 00 m. S., y a 400 m. se colocará la cuarta estaca; de la cuarta estaca, en dirección, S. 24 g. 00 m. O., y a 600 m. se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado el perímetro.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, DENOMINADA  
BADAJOZ DUODECIMA

Por Orden del Ministerio de Industria 1 de septiembre de 1961, se ha resuelto: reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Engorda», del término municipal de Alburquerque, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 15 pertenencias con el nombre de «Badajoz Duodécima», tomando como punto de partida el centro de un mojón hecho con cemento y ladrillos, enlucido, de forma prismática y remate piramidal, situado en la parte más alta del cerro del mencionado paraje «Engorda», al O. de una hilera de calicatas allí hechas y con un rumbo de 184 g. 43 m. y 810 m. de distancia de la esquina más al S. de la «Casa de Engorda». Se encuentra en la finca propiedad de don Juan Oliveros Cuellas, natural y vecino de Alburquerque. Desde él se han tomado las siguientes visuales: A la esquina más al S. de la Casa de Engorda, N. 15 g. 57 m. O. Al centro del pararrayo de la Casa de Paco Sánchez O. 45 g. 98 m. S. Desde el punto de partida, en dirección O. 43 g. 50 m. N. y a 110 m. se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección N. 43 g. 50 m. E. y a 300 m. se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección E. 43 g. 50 m. S. y a 300 m. se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección S. 43 g. 50 m. O. y a 500 m. se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca en dirección O. 43 g. 50 m. N. y a 300 m. se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección N. 43 g. 50 m. E. y a 200 m. se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro. Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y son centesimales.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, DENOMINADA  
BADAJOZ DECIMOSEXTA

Por Orden de 13 de septiembre de 1961, se ha resuelto: reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «El Hito» (A), del término municipal de Alburquerque, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 18 pertenencias con el nombre de «Badajoz Décimosexta», tomando como punto de partida un mojón hecho de cemento y ladrillos, enlucido, de forma prismática y remate piramidal, situado en la finca del «Hito», propiedad de don Germán Gamero de Uña, vecino de Alburquerque. Este se encuentra a unos cuatro metros de la fuente próxima al Arroyo de la Reina. Estacionado el aparato en él, se tienen las siguientes visuales: Al centro del pararrayos de la alameda mayor de Castillo de Alburquerque, O. 26 g. 42 m. S. Al centro de la chimenea de la casa de la Reina, S. 0 g. 53 m. E. Al centro del pararrayos de la casa del Hito, N. 13 g. 29 m. O. A la esquina más al Sur de la casa de Ruiz, O. 34 g. 05 m. N. Desde el punto de partida, en dirección E. 17 g. 00 m. S. y a 75 m. se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección S. 17 g. 00 m. O. y a 400 m., se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección O. 17 g. 00 m. N. y a 300 m., se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección N. 17 g. 00 m. E. y a 600 m., se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección E. 17 g. 00 m. S. y 300 metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección S. 17 g. 00 m. O. y a 200 metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro.

#### RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, DENOMINADA BADAJOZ DECIMOSEPTIMA

Por Orden del Ministerio de Industria de 18 de septiembre de 1961, se ha resuelto: reservar provisionalmente a favor del Estado, los yacimientos de toda clase de sustancias escluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que pueden encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Engorda» (N), del término municipal de Alburquerque, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 64 pertenecientes con el nombre de Badajoz Decimoséptima, tomando como punto de partida un mojón de forma rectangular hecho con cemento y ladrillo, acabado en pirámide. Se encuentra situado en un lindero próximo al filón en la finca de «Las Olivas» propiedad de la señora viuda de Pedro Duarte, y al Sur del camino de las Animas. Estacionados en él se tienen las siguientes visuales: Al centro de la chimenea de la casa de la Albardera, S. 23 g. 62 m. O. Al eje de la chimenea de la casa del Palomar, N. 25 g. 99 m. E. Al eje de la chimenea de la casa de la Higuera, N. 38 g. 14 m. O. A la laveleta de la torre principal de la iglesia de Santa María de Alburquerque, O. 23 g. 99 m. S. Desde el punto de partida, en dirección S. 45 g. 10 m. E. y a 200 m., se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección O. 45 g. 10 m. S. y a 1.000 m. se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección N. 45 g. 10 m. O. y a 400 m., se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección E. 45 g. 10 m. N., y a 1.600 m. se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección S. 45 g. 10 m. E. se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección O. 45 g. 10 m. S. y a 600 m., se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro.

#### ORDEN DE PRORROGA A FAVOR DEL ESTADO DE UNA RESERVA DE MINERALES RADIATIVOS

Por Orden del Ministerio de Industria de 1 de septiembre de 1961, se ha resuelto: prorrogar a favor del Estado, reserva de minerales radiactivos dispuesta por Orden ministerial de 24 de julio de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de fecha 16 de septiembre del mismo año, limitándolas a las zonas cuyos perímetros son los siguientes: Zona primera.—Se toma como punto de partida el centro del puente de Alcolea, en el cruce de la carretera general Madrid-Cádiz con el río Guadalquivir. Desde dicho punto al vértice Castaño. Desde el vértice Castaño al vértice Lanchuelas. Del vértice Lanchuelas a la desembocadura del arroyo Mojones en el río Bembezar; de esa desembocadura a la intersección del arroyo Mojones (siguiendo éste aguas arriba) con el límite de las provincias de Córdoba y Sevilla. Desde la intersección del arroyo Mojones con la línea límite de las provincias de Córdoba y Sevilla, siguiendo esta línea límite y después a su terminación a la de Córdoba y Badajoz, hasta la desembocadura del arroyo Los Prados, en río Zújar. Desde el punto de desembocadura del arroyo Los Prados, en el río Zújar, al vértice Valle de la Serena. Desde el vértice Valle de la Serena, hasta la confluencia del río Ortigas con el río Guadiana, hasta la desembocadura en él del río Zújar. Desde dicha confluencia, siguiendo aguas arriba el río Guadiana, hasta la desembocadura en él del río Zújar. Desde dicha desembocadura, siguiendo aguas arriba el río Zújar, hasta la desembocadura en el río Guadamatilla. De la desembocadura del río Guadamatilla, en el río Zújar, hasta el vértice Horcón. Desde el vértice Horcón al vértice Judío. Desde el vértice Judío al vértice Rebollera. Desde el vértice Rebollera al vértice Moro. Del vértice Moro al vértice Cuesta del Santo. Del vértice Cuesta

del Santo a la confluencia de los ríos Guadiel y Guadalquivir. Y, finalmente, desde esta confluencia, siguiendo aguas abajo el río Guadalquivir, hasta el centro del puente de Alcolea, en el cruce de aquel río con la carretera general Madrid-Cádiz. Esta zona comprende parte de las provincias de Córdoba, Badajoz, Ciudad Real y Jaén.

Zona segunda.—Se toma como punto de partida el vértice Tentudía. Desde el vértice Tentudía, al punto en que confluyen los límites de las provincias de Huelva, Sevilla y Badajoz. Desde el punto en que confluyen los límites de las provincias de Huelva, Sevilla y Badajoz, al punto de encuentro de los ejes de las carreteras Badajoz-Granada (N. 432) y Castuera-Llerena-Venta del Culebrin (C. 413). Desde el punto de encuentro mencionado al de encuentro de los ejes de las carreteras Sevilla-Mérida (N. 630) y la de Usagre-Fuente de Cantos-Segura (C. 437). Desde este último punto al vértice Tentudía. Esta zona comprende parte de la provincia de Badajoz.

Zona tercera.—Se toma como punto de partida el vértice Romanos. Desde el vértice Romanos al punto medio de la confluencia de la carretera Cáceres-Trujillo (N. 52). Con la que saliendo de ésta va a Santa María de Magasca. Desde este último punto medio, al punto medio del puente sobre el río Almonte, de la carretera Madrid-Lisboa (N. V.). Desde este último punto, al vértice Pedro Gómez. Desde el vértice Pedro Gómez, al vértice Sierra de Rena. Desde el vértice Sierra de Rena al vértice Lombriz, y por último del vértice Lombriz al vértice Romanos. Esta zona comprende parte de la provincia de Cáceres.

Zona cuarta.—Se toma como punto de partida la desembocadura del río Tormes aguas arriba, hasta el punto medio del puente sobre el río de la línea férrea Salamanca-Fuentes de Oñoro. Desde el punto medio del puente del ferrocarril Salamanca-Fuentes de Oñoro, hasta la veleta de la torre de la iglesia de San Muñoz. Desde la veleta de la torre de la iglesia de San Muñoz al vértice Sequeros. Del vértice Sequeros al vértice Hervás. Del vértice Hervás al vértice Coria. Del vértice Coria, a la confluencia del río Torto con el río Erjas, en la frontera portuguesa. Y, por último, siguiendo la frontera portuguesa, hasta la desembocadura del río Tormes con el río Duero.

#### RESERVA DE UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA

Por Orden del Ministerio de Industria de 30 de octubre de 1961, se ha resuelto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en la zona que se designa a continuación:

Paraje denominado «Lindón Gordo», de los términos municipales de Encinasola de los Comendadores y Guadramiro, de la provincia de Salamanca, de 40 pertenencias, con el nombre de «Salamanca décimosexta». Punto de partida: un mojón de mampostería de sección cuadrada de 35 x 35 cm., que termina en un remate piramidal de 10 cm. de altura. La altura total es de 20 cm.; está situado en una loma que forma límite de fincas, en el término Encinasola de los Comendadores, en el paraje «Lindón Gordo», a unos 30 m. del camino de la Bardenera por el sitio más próximo a 415 m. en dirección S., 7° 25' E. del cruce de este camino con el del Molino Nuevo y a 243 m., en dirección N. 13° 80' O. del cruce del mismo camino con el camino viejo de Barrerás a Guadramiro, cuyas visuales rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: A la cruz de la torre de la Iglesia de Encinasola, N. 32° 89' O. A la cruz del campanario de la Iglesia de Barrerás, O. 11° 04' N. A la cruz de la torre de la Iglesia de Guadramiro, E. 4° 64' S.

El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 12 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» del día 28 del mismo mes y año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

## RESERVA DE UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE CORDOBA

Por Orden del Ministerio de Industria de 30 de octubre de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Paraje «La Charneca», del término municipal de Cardena, de la provincia de Córdoba, donde se reservarán 25 pertenencias con el nombre de «Córdoba séptima», tomando como punto de partida la esquina más al S. del cortijo llamado Villa-Muñoz, propiedad de don Francisco Muñoz Guarasa, que se encuentra a unos 1350 metros en dirección O., 35° 16' N. de la «Fuente Agría», sita en el Arroyo de la Enguijuela.

Desde el punto de vista en dirección S. y a 500 metros, se colocará la primera estaca. Desde la primera estaca, con dirección O. y a 500 metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección N. y a 500 metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección E. y a 500 metros, se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado un polígono con las 25 pertenencias solicitadas.

## ESTATUTOS DE LA UNION INTERNACIONAL DE CIENCIAS GEOLOGICAS

(Preparados por el Comité Organizador de la Unión, designado por el XXI Congreso Geológico Internacional)

I. *Objetos de la Unión.*

1. Los fines y objetos de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas son:
  - a) Promover y estimular el estudio de los problemas geológicos.
  - b) Facilitar la cooperación internacional en geología y ciencias afines.
  - c) Proporcionar continuidad a la cooperación internacional en geología y ciencias afines.
  - d) Ayudar a los Congresos Geológicos Internacionales, entendiéndose que quedan salvaguardadas las actividades de los Congresos de antiguo establecidas.

II. *Miembros.*

2. Cada país puede adherirse a la Unión, a través de su Comité Nacional de Geología, su Academia Nacional o cualquier otra organización de geólogos de signada por el Gobierno.
3. Habrá diferentes categorías financieras de miembros de la Unión, como se establece en el artículo 15. Cada país pagará anualmente una suscripción de acuerdo con su categoría de miembro. El país que desee adherirse a la Unión, especificará en qué categoría propone se le incluya.

III. *Administración.*

4. El trabajo de la Unión estará dirigido por
  - a) El Consejo de la Unión.
  - b) El Comité Ejecutivo.

La composición y funciones de estos Cuerpos se definen en los artículos siguientes:

IV. *El Consejo de la Unión.*

5. El Consejo de la Unión se compone de
  - a) Los representantes individuales de las organizaciones nacionales adheridas, uno por cada país miembro, y
  - b) El Comité Ejecutivo de la Unión.
 El Presidente de la Unión preside también el Consejo.
6. Las sesiones ordinarias del Consejo serán convocadas por éste o en su defecto por el Comité Ejecutivo, y se celebrarán cada tres o cuatro años, normalmente en el sitio y fecha del Congreso Geológico Internacional. El Secretario General comunicará el sitio y fecha de la Sesión a los miembros de la Unión y a los miembros del Comité Ejecutivo, con una antelación por lo menos de seis meses.
7. Las proposiciones de los miembros de la Unión que deban ser sometidas al Consejo deben llegar al Secretario General por lo menos cuatro meses antes de la Sesión.
8. El orden del día de la Sesión del Consejo deberá comunicarse por el Secretario General a los miembros de la Unión y a los miembros del Comité Ejecutivo, por lo menos tres meses antes del primer día de sesión. Ninguna cuestión que no haya sido incluida en el orden del día, puede ser discutida, a menos que se apruebe una proposición en este sentido, por no menos de los dos tercios de los votos presentes.
9. Cada país miembro que haya pagado su suscripción hasta el final del año precedente tiene un voto, excepto lo previsto en el artículo 15. El voto de cada país miembro puede ser emitido por su representante (o delegado) nombrado por el país. Un miembro del Consejo puede representar sólo a un país miembro. Las decisiones del Consejo se tomarán por mayoría de votos presentes, en caso de empate el Presidente decidirá con su voto de calidad.
10. Por razones especiales el Presidente puede, con la autorización del Comité Ejecutivo, convocar una sesión extraordinaria del Consejo. Está obligado a hacerlo cuando lo solicite un tercio de los países miembros de la Unión.

V. *Facultades y funciones del Consejo.*

11. El Consejo elige el Comité Ejecutivo y los cargos de la Unión.
12. El Consejo podrá nombrar cualquier Comité que considere necesario para el trabajo administrativo y científico de la Unión. La facultad de disolver un Comité en el Consejo.
13. El Consejo retirará y tomará las oportunas medidas en relación con el informe del Comité Ejecutivo sobre la administración de la Unión durante el período transcurrido desde la anterior sesión del Consejo.
14. El Consejo examinará y tomará las oportunas medidas relacionadas con las cuentas correspondientes al período transcurrido desde la última sesión del Consejo, descargando de responsabilidad al Tesorero. El año financiero es el año natural.
15. Los países miembros pagarán anualmente la cuota aplicable a su categoría financiera de miembro de acuerdo con la siguiente escala:

Categoría ... ..	1	2	3	4	5	6	7	8
Unidades de contribución ...	1	2	3	5	7	9	12	15

- El Consejo determinará a propuesta del Comité Ejecutivo el valor de la unidad de contribución. Esta decisión se tomará por el Consejo asignando a cada país miembro un número de votos igual a su categoría.
16. A propuesta del Comité Ejecutivo, el Consejo estudiará las peticiones de adhesión a la Unión y la adecuación de la categoría financiera propuesta, que podrá aceptarla o rechazarla.
  17. a) Si al final de cualquier año un país no ha pagado su suscripción, el Comité Ejecutivo tiene el derecho de dar de baja como miembro a este país, avisándole con doce meses de anticipación.
  - b) Un país miembro puede darse de baja avisando con doce meses de anticipación.
  - c) Cualquier país que renuncie o pierda su calidad de miembro de la Unión, perderá todos los derechos que pudiera haber tenido en la Unión.
  18. El Consejo estudiará y podrá ratificar los Reglamentos que se le sometan a través del Comité Ejecutivo. Los Reglamentos podrán modificarse por simple mayoría de votos en una reunión del Consejo. Los Reglamentos o cualquier posterior modificación parcial o total de ellos, entrarán en vigor a la terminación de la sesión en la que hayan sido ratificados.

#### VI. *Comité Ejecutivo.*

19. Los cargos de la Unión serán: un Presidente, cuatro Vice-Presidentes, el Presidente anterior, un Secretario General y un Tesorero, que constituirán el Comité Ejecutivo.  
En caso de producirse alguna vacante entre sus miembros, el Comité Ejecutivo podrá acordar cubrirarla. Cualquier persona así designada, desempeñará el cargo hasta la nueva sesión del Consejo, en la que se procederá a la elección definitiva.
20. Los miembros del Comité Ejecutivo desempeñarán sus cargos hasta la terminación de la sesión ordinaria del Consejo, siguiente a aquélla en que fueron elegidos.
21. El Presidente no podrá ser inmediatamente reelegido para el mismo cargo. Los Vice-Presidentes son reelegibles para el mismo cargo por una sola vez. Los demás cargos son reelegibles.
22. El Comité Ejecutivo presentará una Memoria de sus actividades a las sesiones del Consejo.
23. El Comité Ejecutivo actuará en nombre del Consejo durante el tiempo transcurrido entre las sesiones de éste.

#### VII. *Comisiones.*

24. El Consejo puede confiar a una Comisión la responsabilidad de estudiar cualquier problema articular en el campo de la Geología.
25. El Presidente y los miembros de cada Comisión se elegirán por el Consejo, a propuesta del Comité Ejecutivo, y desempeñarán sus cargos hasta la próxima sesión del Consejo, siendo reelegibles.
26. Una Comisión se compondrá del número necesario de miembros, manteniéndose éste en el mínimo más conveniente en relación con la naturaleza del trabajo encomendado a la Comisión.
27. Excepto cuando se acuerde lo contrario por el Consejo, las Comisiones presentarán informes de su trabajo, al Consejo, en cada sesión ordinaria.

28. Con la aprobación del Consejo o del Comité Ejecutivo, una Comisión podrá dar a la imprenta sus propias publicaciones y confiar cualquier parte del trabajo a instituciones nacionales o a individuos.

#### VIII. *Disposiciones generales.*

29. El Consejo podrá aceptar la afiliación con otras asociaciones internacionales autónomas.
30. Estos Estatutos entrarán en vigor tan pronto como hayan recibido la aprobación de la Asamblea de representantes de países, designados en la forma que se establece en estos Estatutos, para la composición del Consejo de la Unión. Ninguna modificación de los Estatutos podrá llevarse a efecto sin la aprobación de los dos tercios de los votos de los miembros presentes del Consejo, con derecho a voto.
31. El texto inglés será considerado como el oficial para la interpretación de estos Estatutos.

Notas bibliográficas

## ENERGIA

LE CHATELIER, JEAN: *Pétrole et uranium sources d'énergie*, «Energía Nuclear», vol. 2, páginas 101-109, marzo-abril 1961.

El aumento de la población, sobre todo el aumento muy rápido de la actividad industrial en el mundo, conduce necesariamente en el curso de los próximos decenios, a necesitar cantidades de energía muy importantes y para satisfacer estas nuevas necesidades, las fuentes clásicas serán insuficientes.

Las reservas de uranio son limitadas. Es, pues, necesario llegar a especializar los combustibles para utilizarlos con rendimiento máximo, lo que conduce naturalmente a comparar los precios de coste. El uranio puede figurar hasta el presente en el balance de las reservas energéticas destinadas principalmente: 1.ª La producción directa de calor; 2.ª La producción de electricidad para factores de carga elevada; y 3.ª Para propulsión naval.

El petróleo y el uranio estarán destinados a desarrollarse conjuntamente en una política, sino mundial, al menos europea, siendo cada vez más y más necesaria.

El petróleo y el uranio espera el autor se desarrollen conjuntamente durante varios decenios. En una misma central, como indica, el petróleo ayudará al uranio para obtener en resumidas cuentas un ciclo termodinámico satisfactorio. En una misma región el uranio tomará una parte de la carga y el petróleo será destinado para las demandas en las horas punta.

Esta cohabitación ha de ser de gran interés de los productores, de los constructores de material y en fin de cuentas de los usuarios de los mismos, y es posible que definan una política de energía, si no mundial, por lo menos europea.—L. F.

## EXPLOTACION PETROLIFERA

*Materiels d'Equipement pour la Recherche et la Production du Petrole*. Un volumen encuadernado de 740 págs. Tamaño 21 x 27. S. E. D. O. M., 10, Avenue Hoche, Paris 8.º (Francia), 1961.

El «Groupement Intersyndical des Fournisseurs de Matériels d'Equipement pour l'Industrie du Petrole», en unión con el Bureau de Recherches de Petrole, ha publicado un interesante catálogo técnico que tiene por objeto, como lo indica Monsieur Mensier, Presidente del Grupo, *informar debidamente a sus clientes* de todos los países, sobre las posibilidades que pueden encontrar en Francia para cubrir sus necesidades en relación con los equipos petrolíferos de Investigación y Sondeo.

Las indicaciones, clasificadas por orden alfabético de Empresas, se han establecido con la constante preocupación *de informar a los clientes*, y muchas de ellas contienen diferentes especificaciones técnicas.

La parte correspondiente a referencias ha sido objeto de un estudio particular y se

encuentra entre ellas un índice alfabético de productos en francés, inglés, alemán, español, ruso y árabe, direcciones de los fabricantes, clasificación de los suministradores por materiales y productos, lista de marcas, patentes y licencias, y tablas de conversión de unidades inglesas o americanas de uso corriente en la industria del petróleo.

Con su forma actual, esta obra permite conocer bien las posibilidades de los fabricantes franceses y proporcionará un real servicio a sus clientes.—A. A.

## GEOCRONOLOGIA

EDGARD E. PICCIOTTO: *Geochemistry of radioactive elements in the ocean and chronology of deep sea sediments*. «Ocean. Ame. Assoc. for the Adv. of Scienc», 1961, págs. 307-390.

El autor efectúa un estudio de vulgarización relacionado con geoquímica y geocronología, y concluye que se puede hacer una comparación del estado presente de los métodos modernos de geocronología con los empleados en Geología clásica. Desde 1945 la radiactividad y los métodos radiactivos de geocronología han tenido un favorable desarrollo, especialmente en el campo de la geología precambriana. Este suceso fue precedido por un periodo de poco desarrollo, que duró alrededor de cuarenta años. El inesperado resurgimiento fue debido a dos causas: el desarrollo de nuevas técnicas químicas y de espectroscopia de masas, y el mejor conocimiento de los fundamentos geoquímicos de los elementos en cuestión: uranio, plomo, rubidio, estroncio, etc.

En la geocronología de los sedimentos recientes, estamos en un periodo estático. Se necesitan métodos más rápidos y precisos para el análisis de ionio, protoactinio y torio. Se necesita también un número grande de análisis de sedimentos y de agua de mar. Todo ello requiere un conocimiento a fondo de la geoquímica de estos nuclidos. ¿Con qué forma están presentes en el océano? ¿Cuál es el mecanismo de su transporte en el fondo? ¿Cómo tiene lugar su precipitación en el fondo?

Concluye el autor con una observación sugerida por comparación con la geología clásica. Un gran número de resultados geocronológicos e investigaciones en este campo fueron abandonados por la imposibilidad de su interpretación, y a la luz de los actuales conocimientos se aprecia su gran interés. Este interés está ligado no a las edades deducidas, sino a la formación del mecanismo de ciertos procesos geológicos, tales como la formación de los granitos, metamorfosis, orogénesis, etc., que pueden ser deducidos por ellos. Es cierto que un importante e inesperado aspecto de futuras investigaciones en la cronología de los sedimentos oceánicos puede dar luces acerca del mecanismo fundamental de la formación y evolución de los depósitos oceánicos y permitir establecer valiosas conclusiones con datos que antes aparecían oscuros y contradictorios.—L. DE A.

## GEOLOGIA

E. DEN TEX: *Some preliminary results of petrological work in Galicia (N. W. Spain)*. «Leids. Geol. Medel.», XXVI, 75 a 91. 1961.

Como indica su título, da en esta nota previa el Prof. Den Tex, una impresión de la petrografía del occidente gallego, que le sirve de punto de partida para el planeamiento de una serie de trabajos que está realizando de acuerdo con la Comisión Nacional de Geo-

logía, a base de cinco equipos que tiene en plena investigación en las zonas que indica en el esquema petrográfico que publica a escala 1/1.600.000.

El comentario lo divide en los capítulos siguientes: I. Infraestructura no migmatítica. II. Infraestructura migmatítica. III. Supraestructura epimesozonal. IV. Grupo de las rocas básicas. V. Grupo de los gneises alcalinos, y VI. Rocas graníticas discordantes.

Se aprecia en su lectura una concordancia con los puntos de vista sostenidos en las Memorias del Mapa Geológico.

Inserta un interesante esquema petrográfico a 1/200.000 correspondiente a la zona de Cabo Ortegal-Cedeira, que es donde tiene su primer equipo; una fotografía del isoclinal de Teixidelo, en discordancia con su cobertera; tres cortes geológicos y una tabla de sucesión petrográfica.

Cuanto trabajamos en la geología de Galicia, esperamos con interés los resultados del plan trazado por el Prof. Den Tex.—L. DE A.

## GEONUCLEONICA

WRIGHT, P. H., STEINBERG, E. P. y GLENDENIN, L. E.: *Half-Life of Samarium-147*. «Phys. Rev.», CXXIII, 205 a 208. 1 julio 1961.

Con una técnica de computación de destello de líquido han determinado los autores el periodo de semidesintegración del  $\text{Sm}^{147}$  al medir la actividad natural específica alfa. El valor obtenido fue de  $(1,05 \pm 0,02) \times 10^{11}$  a.—L. DE A.

ALLIOT, L., BONNET, J. y SARCIA, J. A.: *Les levés radiométriques de détail. Essais d'amélioration des rendements*. CEA, núm. 193. Año 1961.

En la prospección de los minerales uraníferos, las técnicas radiométricas ocupan entre los varios procedimientos de investigación un puesto de primer orden y corresponden en consecuencia a una importante parte del presupuesto de reconocimiento.

Según las condiciones de yacimiento y precisión deseada, las investigaciones sistemáticas son más o menos detalladas. Las medidas de radiación gamma se efectúan generalmente en los cruces de las cuadrículas, donde las dimensiones son función de las anomalías.

Ante de elegir las dimensiones, es necesario saber cuáles son las anomalías radiométricas mínimas susceptibles de dar resultado financiero. Los autores indican en su primera parte, cómo se han definido las características de estas anomalías. Deducen la malla de las investigaciones más adaptadas para cada caso.

Un ejemplo brevemente tratado muestra que una fuerte economía debe ser alcanzada si se siguen estrictamente las normas.

En la segunda parte, se muestra que una importante mejora del rendimiento se puede obtener por la adopción de una malla hexagonal centrada.—L. F.

PAUL PELLAS: *Métamictisation des allanites. Possibilité de déterminer des âges géologiques*. «C. R. de la Academie des Sciences», tomo. 252, núm. 21, págs. 3280 a 3282. 24 mayo 1961.

Tomando ciertas precauciones (discriminación de la actividad, despreciando muestras anormalmente hidratadas), es posible valorar la edad geológica a partir de la expansión reticular observada en las allanitas. En los casos favorables se puede alcanzar una pre-

cisión del orden del 10 % en las medidas. La edad media sólo representa la edad real después de la cristalización del mineral, en los casos en que no haya sido sometida a un recalentamiento ulterior. En efecto, las allanitas metamórficas que recrystalizan a una temperatura inferior de 400° C, son mucho más sensibles que los circones a los efectos térmicos. Hechas estas aclaraciones, se puede ver la manera de aplicar este método semicuantitativo de medida de edades a los cristales de allanita contenidos en el granito y en otras rocas eruptivas.—L. DE A.

MICHEL BONHOMME, FRANCISCO MENDÉS y YVES VIALETTE: *Âges absolus par la méthode au strontium des granites de Sintra et de Castro Daire au Portugal*. «C. R. de la Academie des Sciences de Paris», núm. 21, págs. 3305 y 3306, tomo CCLII, 1961.

En Portugal se presenta el mismo problema que en España al valorar la edad absoluta de las formaciones antiguas y de los macizos graníticos.

Con el fin de iniciar una marcha sistemática, se han analizado dos muestras de granito que fueron datadas por la técnica del estroncio aplicado a las biotitas. Una de ellas pertenece a un macizo situado a unos veinte kilómetros al NW. de Lisboa, en el sitio denominado Sierra de Sintra; se trata de un batolito granítico-sienítico de diez kilómetros de longitud por cinco de ancho. El núcleo del macizo está constituido por sienitas y microsienitas rodeadas de gabros de granito. El granito constituye la mayor parte del macizo. Es un granito calcoalcalino, con biotita de grano medio, de textura micropegmatítica, presentando una cierta homogeneidad confirmada por el estudio microscópico y químico.

En la parte N. de Portugal, lindando con España, hay una importante masa granítica, en la cual se distingue un pequeño macizo, denominado Castro Daire. Es un granito porfiroide mozonítico, con biotita y moscovita, siendo predominante aquélla.

La valoración de la edad de cada una de las muestras se efectuó seis veces.

El granito de Sintra es intrusivo en las calizas del Jurásico superior (Lusitaniense), que metamorfiza ligeramente por contacto. Al N., el granito se ve recubierto por conglomerados atribuidos al Oligoceno. No obstante, Choffat ha comprobado que el Jurásico superior y el Cretáceo hasta el Turoniense, se suceden con una gran regularidad en los estratos que contienen los filones, y piensa que la intrusión podía datarse como del fin del Cretáceo. La Geología indica, pues, que la edad absoluta de este granito es concordante con el valor deducido de  $85 \pm 8$  m. de a., lo que sitúa el macizo de Sintra en el Cretáceo superior.

El granito de Castro Daire es intrusivo en el Estefaniense, que metamorfiza por contacto. Los sedimentos antunienses de la cuenca de Busaco contienen fragmentos del granito. La edad Estefaniense de este macizo parece ser bien establecida. La edad deducida de  $288 \pm 8$  m. de a. para datar el granito de Castro Daire corresponde al Estefaniense superior.—L. DE A.

HEINZ STAUFFER: *Primordial argon and neon in carbonaceous chondrites and ureilites*. «Geochim et Cosmochim. Acta.», vol. XXIV, págs. 70 a 82, junio 1961.

Han estudiado la composición isotópica del argón y del neón en cinco condritas y dos ureilitas. Las medidas muestran que las muestras contienen asimiladas grandes proporciones de gases primordiales. Con experimentos de caldeos se demuestra que sólo se pueden extraer parcialmente los gases a 950° K. el argón radiogénico se extrae en mayor proporción que el primordial, y análogamente ocurre con el neón. Concluye que los gases primordiales están ocultos en la matriz de la estructura cristalina.

Las edades A/K son afectadas por pérdidas de difusión, dando un valor de 4,5 m. de a.

Esta pérdida de A. y Ne primordial es comparada con la observada en el silicio. Está afectada con un factor 10 para todas las muestras y es alrededor de la centésima parte de lo observado en la tierra. Las relaciones primordiales  $Ne^{20}/A^{36}$  han variado de 0,005 a 22, indicando gran fraccionamiento entre argón y neón comparado con la relación cósmica correspondiente.—L. DE A.

MACFARLANE RONALD, D.: *Natural Occurrence of Samarium-146*. «Nature», CLXXXVIII, 1180 a 81, 31 diciembre 1960.

El samario 146 fue descubierto en 1953, por Seaborg y Dunlavey al bombardear el neodimio con partículas alfa, en el que apreciaron emitía partículas alfa de 2.55 MeV, con período de semidesintegración de  $5 \times 10^7$  a.

Ahora han logrado un producto enriquecido en samario-146, en la posición de dicha masa, de la placa de un calutron, que fue utilizado para lograr macroproporciones de isótopos de samario, de uno natural.

Los valores deducidos son: Un límite superior de  $2 \times 10^{-7}$  por ciento de abundancia isotópica de la masa 146 en el natural. La energía antes indicada de las partículas de 2.55 MeV. Un período de semidesintegración de  $6 \times 10^7$  años concuerda en la suposición, que ya habíamos establecido nosotros en varias ocasiones de que la casi totalidad del samario-146 primigenio, está hoy bajo la forma de neodimio-142.—L. DE A.

J. JEDWAB: *Montaje de las rocas en láminas reticulares. Pour la localisation des émetteurs alpha*. «Bull. de la Soc. Belge de Géol.», LXX, 1, págs. 24 a 27, 1961.

La placa fotográfica nuclear examinada al microscopio permite teóricamente una localización muy precisa de los emisores alfa y beta. Aplicados a los materiales geológicos, en láminas finas más particularmente, constituye un método de estudio de la distribución final de los elementos radiactivos.

El problema técnico que se plantea en la correlación entre la lámina fina y la placa, o simplemente en la referencia, ha recibido soluciones diversas, presentando cada una ventajas e inconvenientes, que los prácticos las conocen, y combinando simplemente varias ventajas de soluciones propuestas se monta la preparación de la roca o del mineral sobre una lámina reticular como describe el autor.

En una lámina fina, según la técnica habitual, pegando la roca con bálsamo del Canadá sobre un porta-objetos ordinario. En cuanto al espesor, se encola la cara libre de la roca, siempre fija al porta-objetos, sobre una lámina reticular con resina «akeride». Se la deja enfriar, y después se desprende del porta-objetos ordinario con una hojita de afeitar. Se aplica la lámina sobre la placa, roca contra emulsión (teniendo cuidado de no provocar desplazamientos, por ser la emulsión muy sensible a las acciones mecánicas) y se hace el sistema solidario con un papel transparente adhesivo.

Se deja en contacto durante el tiempo necesario y se revela, imprimiendo el retículo y el contorno de la roca en la placa fotográfica como sigue: El bloque lámina-placa es colocado (con la lámina encima) bajo una amplificadora provista de un objetivo, y se expone a la luz blanca el tiempo suficiente para imprimir una imagen no muy contrastada.

Después de estas dos operaciones, se puede separar la lámina de la placa, cortando las bandas adhesivas.—L. DE A.

## GEOQUIMICA

DANIEL FAUQUIER: *Etude de la répartition des éléments dans les niobotantalatos métamictes, à l'aide d'un procédé d'analyse ponctuelle basé sur l'emploi des sondes électroniques.* «C. R. de la Academie des Sciences», tomo 252, núm. 21, págs. 3283 a 3285. 24 mayo 1961.

Es imposible generalizar una hipótesis sobre el número relativamente débil de casos que han examinado los autores, ya que se reduce a diez muestras. No obstante, indican una regularidad cierta en la coincidencia del modo de repartirse las inclusiones químicamente definidas y la simetría aparente de un cristal, tanto más cuando esta relación existe en el caso de yacimiento tan diferentes y alejados como son los de Carélia y los de Madagascar.

Las observaciones concernientes al problema de la génesis y a la evolución de minerales estudiados las resume en tres:

1.ª La heterogeneidad de los niobotantalatos no es el hecho directo de la metamictización. Los desórdenes que ella provoca interesan volúmenes sin relación de escala con las dimensiones más finas cristalinas encontradas. Será importante relacionarlos con un proceso de pseudomorfosis.

2.ª No parece que sean contemporáneas las alteraciones supergenéticas con el grado de hidratación que estos minerales han podido soportar, y sugiere la acción de segregaciones contemporáneas a la formación o incluso a la misma alteración en profundidad. No obstante, no se explica la razón por la cual este fenómeno se desarrolla diferentemente según la simetría aparente.

3.ª Se puede emitir la hipótesis de que las diferencias de ley en calcio distinguen la composición global de las betafitas de los minerales del grupo del pirocloro, siendo debidas a la presencia de carbonato de origen externo, sobre todo, a una pérdida en el mineral más pobre en calcio. Esto es, de acuerdo con las condiciones conocidas del yacimiento, y puede ser verificada por disolución previa de los carbonatos.—L. DE A.

R. WOLLAST: *Aspect chimique du mode de formation des bauxites dans le Bas-Congo.* «Acad. Roy. des Scienc. D'Outre-Mer», VII, 3, págs. 468-489. 1961.

Está generalmente establecido que la alteración laterítica de una roca consiste en la eliminación de los alcalinos, alcalino-térreo y parcialmente o totalmente de la sílice. El aluminio y el hierro subsisten bajo la forma de óxidos e hidróxidos.

El mecanismo químico de esta alteración es muy discutida. Se pueden no obstante agrupar las diferentes teorías propuestas en la literatura, según dos hipótesis.

Ciertos autores consideran que la alteración se efectúa en dos etapas sucesivas. En el curso de la primera etapa la roca se transforma en arcilla caolinica, ésta es sometida enseguida a una nueva alteración para dar las lateritas aluminosas o bauxitas, productos finales de la reacción.

Según otros autores, la roca se transforma directamente en bauxita y la caolinita proveniente, todavía de una resiliación de hidróxidos de aluminio, se aporta simplemente por infiltración.

En el caso de la bauxita del Bas-Congo, el estudio geológico y mineralógico que ha efectuado M. Stas, ha conducido con los diferentes tipos de perfiles que levantó en el N. E. de Mayumbe a una conciliación de la teoría.

La bauxita se forma directamente por la alteración de rocas ígneas encima del nivel hidrostático. Bajo el nivel hidrostático los minerales arcillosos son predominantes y forman la aportación de la alteración.

El autor estudia el modo de alteración de rocas ígneas del Bajo-Congo desde un punto de vista químico, a fin de establecer en qué medida una u otra hipótesis es aplicable a los yacimientos de bauxita de esta región.

Una primera parte, analiza de una manera detallada la zona de contacto entre la roca madre y los productos de alteración con la ayuda de diferentes técnicas: Radiocristalografía,

*Radiocristalografía, Análisis químico y Análisis térmico diferencial.*

En la segunda parte examina, desde el punto de vista termodinámico, las reacciones que pueden producirse durante la alteración.

En una tercera parte, compara sus resultados experimentales con los datos teóricos y verifica la posibilidad de síntesis de la caolinita a partir de la gibbsita en presencia de la sílice.

El análisis por diferentes técnicas experimentales de la zona de contacto de las lateritas con la roca sana, permite afirmar que el producto primario de la reacción está constituido por la gibbsita.

Un análisis termodinámico de reacciones de síntesis de caolín y de gibbsita ha conducido a establecer un diagrama de equilibrio, expresando la cantidad de sílice en solución en función del pH. Este diagrama delimita en sí los dominios de existencia de diferentes reacciones posibles.

La comparación de datos termodinámicos y datos experimentales, ha conducido a admitir que la caolinita puede provenir de una resiliación de la gibbsita, el aporte de sílice procede, sea del exterior (infiltración), sea del cuarzo *in situ*. Esta hipótesis está confirmada por los ensayos de síntesis hidrotermal.—L. F.

UMBERTO COLOMBO y GIUSEPPE SIRONI: *Geochemical analysis of Italian oils and asphalts.* «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. XXV, págs. 24 a 51. Agosto 1961.

Analizan los autores setenta muestras de crudos y asfaltos de la Península italiana y de Sicilia.

La técnica utilizada envuelve el fraccionamiento de los crudos y asfaltos en sus diferentes componentes (componentes de oleicos, resinas, asfaltos), así como el análisis de componentes oleicos (análisis elemental, peso molecular y espectro infrarrojo). La determinación espectrográfica de trazas de metales se hizo en la mayor parte de las muestras. Dos técnicas se emplearon para el fraccionamiento, extracción de solventes y cromatografía.

Hacen correlaciones entre las diferentes regiones y las diferencias las asignan a factores del medio. Se aprecian importantes analogías entre los crudos de diferentes cuencas concordantes con la suposición de la simple constitución de los crudos y con la idea de la génesis del petróleo con la preservación selectiva de los hidrocarburos naturales y modificaciones mínimas de las materias orgánicas.—L. DE A.

## GLACIOLOGIA

PICCIOTTO, E.: *Quelques resultats scientifiques de l'expédition antarctique belge. 1957-1958.* «Ciel et Terre», núms. 4, 5 y 6, abril, mayo y junio 1961, 43 páginas.

El autor da una descripción sumaria de la situación de la Base Rey Balduino (70° 26' S. y 24° 19' E.) establecida sobre el macizo de hielo de Breidvika.

Los resultados obtenidos por la expedición antártica belga 1958, se mencionan en las especialidades estudiadas por el autor.

1. *Radiactividad del aire y de las precipitaciones.*

Las actividades medias para el año 1958 en el área a nivel del suelo en la Base Rey Balduino son las siguientes (en  $10^{-12}$  curie por  $m^3$ ):

Productos de escisión, 0,05. Radón  $\leq 1$ . Thoron  $\leq 0,05$ . Polonium  $\sim 10^4$ .

La concentración en productos de escisión ha variado muy poco en el curso del año. Hay una indicación de un mínimo en invierno que asciende en la primavera austral.

La edad aparente de los productos de escisión pasa de 1,7 años (en febrero de 1958) a 0,8 años (en febrero de 1959).

La concentración media de los productos de escisión en la nieve precipitada en 1958 es c.e.  $36.10^{-12}$  curie/kg.

La caída total de estroncio en 1958 está estimada en  $1,3 \pm 0,7$  mc/km<sup>2</sup> an.

Presenta también los resultados de las medidas radiactivas efectuadas durante el viaje del MS Polarhv entre 60° N. y 70° S.

2. *Composición isotópica de las precipitaciones.*

Las muestras de precipitación fueron recogidas durante todo el año 1958, en condiciones meteorológicas bien verificadas. Las relaciones isotópicas oxígeno 18/oxígeno 16 y deuterio/hidrógeno fueron medidas respectivamente por R. Gonfiantini, de la Universidad de Pisa, y I. Frenman (U. S. Geological Survey).

El valor medio de  $D^2/O^{16}$  con relación al agua del mar es de  $-25/1000$ .

Se encuentra un efecto de estación muy marcado que permite distinguir las nieves de invierno de las nieves de verano. La variación relativa es de 10 por 100 con relación al D/H. Se aprecia la existencia de una buena correlación entre la composición isotópica y la temperatura de las nubes en los momentos de la precipitación. Se dan algunos ejemplos de aplicación de estos fenómenos.

3. *Medida de acumulación.*

La acumulación total en la Base del Rey Balduino en 1958 ha sido de 19 cm. de agua. Esta acumulación disminuye rápidamente hacia el Sur.

4. *Estudio microscópico de los cristales de hielo.*

Se muestran algunos ejemplos interesantes de este género de estudio. Las precipitaciones por bajo de  $-17^\circ$  C. están compuestas, sobre todo, por cristales prismáticos; estas formas encima están compuestas por formas estelares dendríticas. El estudio microscópico aporta igualmente información sobre el origen y la composición de granos transportados por los vientos. Esto confirma las indicaciones dadas por los análisis isotópicos, a saber: que estos granos provienen generalmente de precipitaciones recientes y poco alejadas.

5. *Reconocimiento de Sör-Rondane.*

Un primer reconocimiento de la cadena de Sör-Rondane (a 200 km. al Sur de la Base), se efectuó de octubre a diciembre de 1958. Esta cadena está formada por un vasto complejo cristalino, comprendiendo varios gneis y macizos intrusivos graníticos y dioríticos más recientes. La morfología es debida a la erosión glaciaria, formatizándose en numerosos puntos por erosión aérea del clima glacial. Las pruebas de una recesión general de glaciares son visibles por todas partes. Los vértices más altos (3.000 m.) explorados, muestran trazas de glaciación intensa.—L. F.

## NUCLEONICA

SEABORG, GLENN T.: *Transuranium Elements.* McGraw. «Hill Encyclopedia of Science and Technology», 1960, págs. 65 a 67.

Describe este grupo denominado serie actínica, desde el neptunio 93 hasta el nobelio 102, ya que cuando lo escribió no se conocía todavía el laurencio 103. De ellos el único logrado en gran escala es el plutonio 94. Su estudio hizo cambiar el criterio de peso atómico, ya que la composición isotópica de cada uno depende de su procedencia.

Opina que la eventual producción de elementos del 103 al 108 se puede lograr por el bombardeo de elementos transuránicos con iones pesados (peso mayor que los iones de helio). Los elementos 104 a 108 se espera que químicamente sean homólogos a los 72 (hafnio) a 78 (osmio). Pudiendo continuar esta analogía y el 118 ser un gas.

Describe después rápidamente los elementos 93 a 102.—L. F.

## PETROGRAFIA

HOUGHTON BRUNN, JAN: *Origine et localisation de l'énergie de la granitisation.* «C. R. Acad. Paris», tomo 252, núm. 22, págs. 3470 a 3472, 29 mayo 1961.

Los granitos de sedimentos exigen una transferencia localizada de energía de las capas profundas a las capas superficiales de la corteza. Atribuida generalmente al hundimiento de la litosfera (geosinclinales), esta transferencia está principalmente determinada por levantamiento en bóveda (pliegue de fondo) de la corteza cristalina, arrastrando una descompresión de capas subyacentes y la separación de sus elementos volátiles, susceptibles de ascender hacia la superficie.—L. de A.

GUITARD, GÉRARD y RAGUIN, EUGÈNE: *Sur les roches ultrabásiques (cortlandites) du paléozoïque inférieur de la partie orientale des Pyrénées.* «C. R. Acad. Sci. Paris», tomo 252, núm. 23, págs. 3606 a 3608, 5 junio 1961.

Estas rocas ultrabásicas (Cortlanditas), localizadas en ciertos granitos, en las migmatitas y en los gneis de los Pirineos orientales y del Ariège, especialmente los del macizo granítico de Quérigut, son considerados clásicamente como productos de metamorfismo de este granito, siendo transformados los enclaves de calizas magnesianas. De los estudios recientes se deduce que derivan, en realidad, de pequeñas intrusiones vulcánicas intercaladas en los

sedimentos y más o menos modificadas por la metamorfosis herciniana o la granitización.—L. DE A.

#### PROSPECCION GEOFISICA

GODAR, S.: *Etude sur les accélérateurs de particules, du type transportable, utilisés en tant que sources de neutrons*. «Applications a la prospeccion petrolifera». Note C. E. A., número 352, 1961.

Para la investigación de una zona productora petrolífera es necesario para el geólogo un conocimiento lo más completo posible del subsuelo. Desde hace unas décadas se completa el sondeo mecánico con una testificación eléctrica, magnética, radiactiva, sónica y térmica, con el fin de reducir en cuanto sea posible la obtención del testigo mecánico para ganar tiempo y reducir gastos.

Las cinco técnicas más comunes de testificación radiactiva, descritas por el autor, son: 1.ª Basada sobre la detección de la radiactividad natural. 2.ª Basada en la difusión gamma emitida por una célula radiactiva. 3.ª Basada en el frenado de neutrones rápidos emitidos por una célula de neutrones. 4.ª Basada en la detección de capturas gammas procedentes de reacciones nucleares engendradas por una célula de neutrones (Ra-Be, Po-Be, Pu-Be, etcétera...), así como por generadores electrostáticos portátiles, especialmente adaptados a este fin. 5.ª Basada sobre la detección de la radiactividad artificial obtenida por irradiación de formaciones geológicas por medio de células de neutrones.

De cada una de estas variantes da su correspondiente comentario.—L. DE A.

#### RADIOACTIVIDAD

GOLDSZTEIN, M. y GUILLERMO, S.: *Radiactivité des Laves de la Chaîne des Puys*. Rapport CEA, núm. 1.696, 1961.

Este estudio forma parte de un trabajo de conjunto sobre la distribución de la radiactividad y del uranio en las rocas ígneas francesas. Las lavas de la cadena de Puys forman un sistema de diferenciación magmática perfectamente continuo, lo que permite definir la distribución de la radiactividad del uranio total y del uranio soluble, en la serie de rocas donde la posición petrográfica y geoquímica está definida con precisión.

Los diagramas de correlación de los autores muestran que la ley de uranio en las lavas de la cadena de Puys, evoluciona regularmente con la posición petrográfica de la roca en el curso de la diferenciación. Esto confirma una vez más la tendencia del uranio a concentrarse de preferencia en la parte alcalina de los magmas.

Es preciso apreciar aquí una consecuencia de las propiedades geoquímicas del ion  $U^{+++}$  que no puede entrar más que en un pequeño número de estructuras cristalinas.

Si en «grosso modo» se admite que el uranio insoluble es el uranio cuadrivalente que está introducido en la estructura cristalina y que el uranio soluble es el uranio hexavalente más o menos difuso en las rocas, parece que en el caso de la cadena de Puys forma parte de un magma pobre en estructuras cristalinas de los minerales accesorios tales como el circón, la sphéna, etc.—L. F.

## INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En este Instituto, fundado en el año 1849, existen laboratorios donde se estudian, analizan y ensayan, rocas, menas, minerales, aguas, combustibles, tierras coloidales y productos metalúrgicos e industriales. También se efectúan determinaciones espectroquímicas, químicas y de constantes físicas, estructuras cristalinas y mediciones de radiactividad, así como separación y concentración de menas por sus diversas técnicas, y ensayos industriales de las mismas.

Tanto para investigación como para fines docentes, se preparan colecciones de ejemplares y también se realizan clasificaciones de rocas, minerales y fósiles.

Los estudios y prospecciones geofísicas se efectúan por métodos eléctricos, sísmicos, magnéticos, gravimétricos y radiactivos.

Se ejecutan estudios e informes geológicos así como investigaciones de criaderos y asesoramientos para la explotación de los mismos.

Se redactan proyectos de alumbramientos de aguas subterráneas y se proporcionan toda clase de asesoramientos para la ejecución de los mismos.

Con destino a Entidades y particulares se ejecutan toda clase de trabajos relacionados con las especialidades del Instituto.

LISTA DE PRECIOS DE LAS PUBLICACIONES DEL INSTITUTO  
GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA PARA PENINSULA IBERI-  
CA, HISPANO-AMERICANA Y FILIPINAS

	Ptas.
<b>BOLETINES</b>	
Boletines, cada tomo ... ..	200
<b>NOTAS Y COMUNICACIONES</b>	
Notas y Comunicaciones, cada ejemplar hasta el núm. 60 ... ..	50
Desde el núm. 61 ... ..	00
<b>MEMORIAS</b>	
<b>GEOFÍSICA.</b>	
La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas. Tomos 1.º, 2.º, 3.º y 4.º, cada uno ... ..	250
Idem, id. Tomo 5.º ... ..	150
<b>CRADEROS DE HIERRO.</b>	
Hierros de Murcia ... ..	50
Idem de Asturias ... ..	50
Idem de Galicia, cada tomo ... ..	50
Idem de Sevilla, Jaén y Córdoba ... ..	100
Idem de Almería y Granada ... ..	100
Idem de Guadalajara y Teruel ... ..	100
<b>VARIOS.</b>	
Estudio petrográfico de la Serranía de Ronda ... ..	50
Monografía de las melanopsis ... ..	50
Conchas bivalvas de agua dulce ... ..	50

	Ptas.
Memoria del Uranio (agotada) ... ..	100
El petróleo ... ..	50
Cuenca del Alto Tajo. Alcalá de Henares ... ..	50
La cordillera del Rif (dos volúmenes de texto, uno de láminas) ... ..	150
Reservas municipales de piritas, cada tomo ... ..	100
Reservas mundiales de fosfatos, cada tomo ... ..	100
Libro Jubilar (tomos I y II, cada uno) ... ..	100
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955) publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España ... ..	20
El Cretáceo en España ... ..	100
Resumen de la Historia geológica de la Tierra ... ..	200
Temas Geológicos de Mallorca ... ..	250
Introducción al estudio de Petrología Estructural ... ..	125
Memoria de Cantillana ... ..	80
Estudio Metalogénico de la Sierra de Cartagena ... ..	100
Memoria explicativa de Marruecos ... ..	100
C. R. XIV Congreso Geol., cada tomo ... ..	100
Cordillera Cantabrique ... ..	200
Mapa del Hierro, con explicación ... ..	30
Mapa del Carbón, con explicación ... ..	30
Memorias Generales Anuales ... ..	25
Catálogo general de publicaciones ... ..	25
<b>GUÍAS GEOLÓGICAS.</b>	
Estrecho de Gibraltar ... ..	50
Los platinos de la serranía de Ronda ... ..	50
Minas de plomo y cobre Linares-Huelva (francés o inglés) ... ..	50
Sierra Morena-Sierra Nevada ... ..	50
Terciario continental de Burgos ... ..	50
Minas de Almadén (francés) ... ..	50
Isla de Mallorca ... ..	50
Sierra de Guadarrama ... ..	50
Aranjuez ... ..	50
Asturias (sólo en francés) ... ..	50
Sierra Morena-Llanura Bética ... ..	50
Despeñaperros ... ..	50
Guía geológica del ferrocarril Madrid-Sevilla ... ..	50
Idem, id. Madrid-Irún ... ..	50
<b>BOLETINES DE SONDEOS.</b>	
Tomo 1.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Cada fascículo... ..	50
Tomo 2.º (fasc. 1.º, 2.º y 3.º). Idem ... ..	50
Tomo 3.º (fasc. 1.º) ... ..	50

## MAPA GEOLOGICO

CARTOGRAFÍA.	Ptas.
Mapa Geológico de España, escala 1:1.500.000 (entelado) .....	100
Idem id., a 1:1.000.000 (cuatro hojas) 1955 .....	250
Idem id., hojas sueltas, cada hoja .....	100
Idem id., escala 1:1.400.000 (cada hoja) .....	20
Idem id., nueva edición (cada hoja) .....	40
Mapa provincial de Barcelona, Cádiz, Huesca y Lérida, escala 1:200.000, cada uno ..	100
Hojas del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000 .....	30
Atlas estratigráfico de la cuenca hullera asturiana .....	100
Mapa de Guinea, escala 1:400.000 .....	25
Mapa Manantiales Medicinales a 1:1.500.000 .....	50
Mapa Vulcanológico 1:1.000.000 .....	50
Mapa del Sahara 1:1.500.000 .....	100
Mapa Sismotectónico de la Península Ibérica a 1:2.500.000 .....	75
Mapa provincial de Cádiz a escala 1:1000.000 .....	200
Mapa Topográfico de Asturias de Schultz .....	100
Mapa de Marruecos a 1:400.000 .....	100
Mapa Geológico 1:4.500.000 .....	25
Hojas de Marruecos a escala 1:50.000 (cada hoja) .....	30
MEMORIAS	
Explicación Mapa 1:1.000.000, tomos I y II (cada tomo) .....	100
Explicación del Mapa Geológico de España a escala 1:400.000, cada tomo .....	50
Memorias provinciales de Huesca y Lérida, cada una .....	100
Memorias del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 .....	50
Datos para el estudio de las Hojas del Mapa Geológico 1:50.000, Gijón-Oviedo ..	50
Memorias del Mapa Geológico de Marruecos a escala 1:50.000 .....	50

Estas publicaciones se mandan a provincias, contra reembolso de su importe.

*Para las Librerías.*—Los pedidos hechos por librerías tendrán un 25 por 100 de descuento.

*Para los demás países.*—Los precios son dobles de los marcados en esta lista.

## Relación de depósitos de publicaciones de este Instituto

*Barcelona.*—Suministros Escolares: Plaza Universidad, 11.

*Coruña.*—Librería Zincke Hermanos: Canton Grande, 21.

*Madrid.*—Librería Geográfica Sucar: Joaquín M.<sup>a</sup> López, 68.

*Oviedo.*—Agencia Editorial Santa Clara: Paseo de Santa Clara, 2.

*Palma de Mallorca.*—Libros Mallorca: Call, 1.

*Santiago de Compostela.*—Librería González: Rúa del Villar, 46-52.

*Tuy (Pontvedra).*—Bazar Alberto: Paseo Calvo Sotelo, 25.

*Valencia.*—Librería Maragat: Plaza del Caudillo, 22.

*Zaragoza.*—Librería General: Independencia, 8.

## INDICE

	PÁGS.
Notas sobre la zona de Villablino, por ENRIQUE MIGUEL FERNANDEZ .....	5
Estudio geológico de la región de Sineu-Petra en la isla de Mallorca, por B. ESCAN- DELL y G. COLOM .....	17
Acerca de las alveolinas paleocenas y eocenas, por LUCAS HOTTINGER .....	37
Nota explicativa del Mapa de los yacimientos carboníferos de España, Esca- la 1.2.500.000, por S. DE LA CONCHA y R. REY JORISSEN .....	87
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO Y ARRILLAGA .....	93
Notas geológicas en torno a Barig, por JOSÉ DONAT ZOPO .....	133
El panorama estratigráfico, por HOLLIS D. HEDBERG .....	137
Estudio geoespeleológico de la cueva de San José (Vall de Uxó-Castellón), por JOSÉ DONAT ZOPO y JUAN BARTOLOMÉ MARTÍN .....	175
Manchas carboníferas en la provincia de Ciudad Real, por A. ALMELA, M. ALVARA- DO, E. COMA, C. FELGUEROSO E I. QUINTERO .....	197
Mapa tectónico de la Tierra, por V. V. BELOUSOV .....	213
Las capas profundas de la corteza terrestre, por ANTONIO DUE ROJO, S. I. ....	215
Memoria acerca de la organización y resultados logrados en el Séptimo Campamento para prácticas de Geología «Hecho-Ansó 1961», por JOSÉ MARÍA RÍOS .....	237
Noticias .....	281
Notas bibliográficas .....	317
Energía .....	319
Explotación petrolífera .....	319
Geocronología .....	320
Geología .....	320
Geonucleónica .....	321
Geoquímica .....	324
Glaciología .....	326
Nucleónica .....	327
Petrografía .....	327
Prospección geofísica .....	328
Radiactividad .....	328
Instituto Geológico y Minero de España .....	329

## SUMARIO

	PÁGS.
Notas sobre la zona de Villablino, por ENRIQUE MIGUEL FERNÁNDEZ ... ..	5
Estudio geológico de la región de Sineu-Petra en la isla de Mallorca, por B. ESCANDELL y G. COLOM ... ..	17
Acerca de las alveolinas paleocenas y eocenas, por LUCAS HOTTINGER ... ..	37
Nota explicativa del Mapa de los yacimientos carboníferos de España, Escala 1.2.500.000, por S. DE LA CONCHA y R. REY JORISSEN ... ..	87
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO Y ARRILLAGA ... ..	93
Notas geológicas en torno a Barig, por JOSÉ DONAT ZOPO ... ..	133
El panorama estratigráfico, por HOLLIS D. HEDBERG ... ..	137
Estudio geoespeleológico de la cueva de San José (Vall de Uxó-Castellón), por JOSÉ DONAT ZOPO y JUAN BARTOLOMÉ MARTÍN ... ..	175
Manchas carboníferas en la provincia de Ciudad Real, por A. ALMELA, M. ALVARADO, E. COMA, C. FELGUEROSO E I. QUINTERO ... ..	197
Mapa tectónico de la Tierra, por V. V. BELOUSOV ... ..	213
Las capas profundas de la corteza terrestre, por ANTONIO DUE ROJO, S. I. ... ..	215
Memoria acerca de la organización y resultados logrados en el Séptimo Campamento para prácticas de Geología «Hecho-Ansó 1961», por JOSÉ MARÍA RÍOS ... ..	237
Noticias ... ..	281
Notas bibliográficas ... ..	317
Energía ... ..	319
Explotación petrolífera ... ..	319
Geocronología ... ..	320
Geología ... ..	320
Geonucleónica ... ..	321
Geoquímica ... ..	324
Glaciología ... ..	326
Nucleónica ... ..	327
Petrografía ... ..	327
Prospección geofísica ... ..	328
Radiactividad ... ..	328
Instituto Geológico y Minero de España ... ..	329

**El pueblecito de Torrestio (León)  
en el Devoniano.**

(Foto S. G. F.)