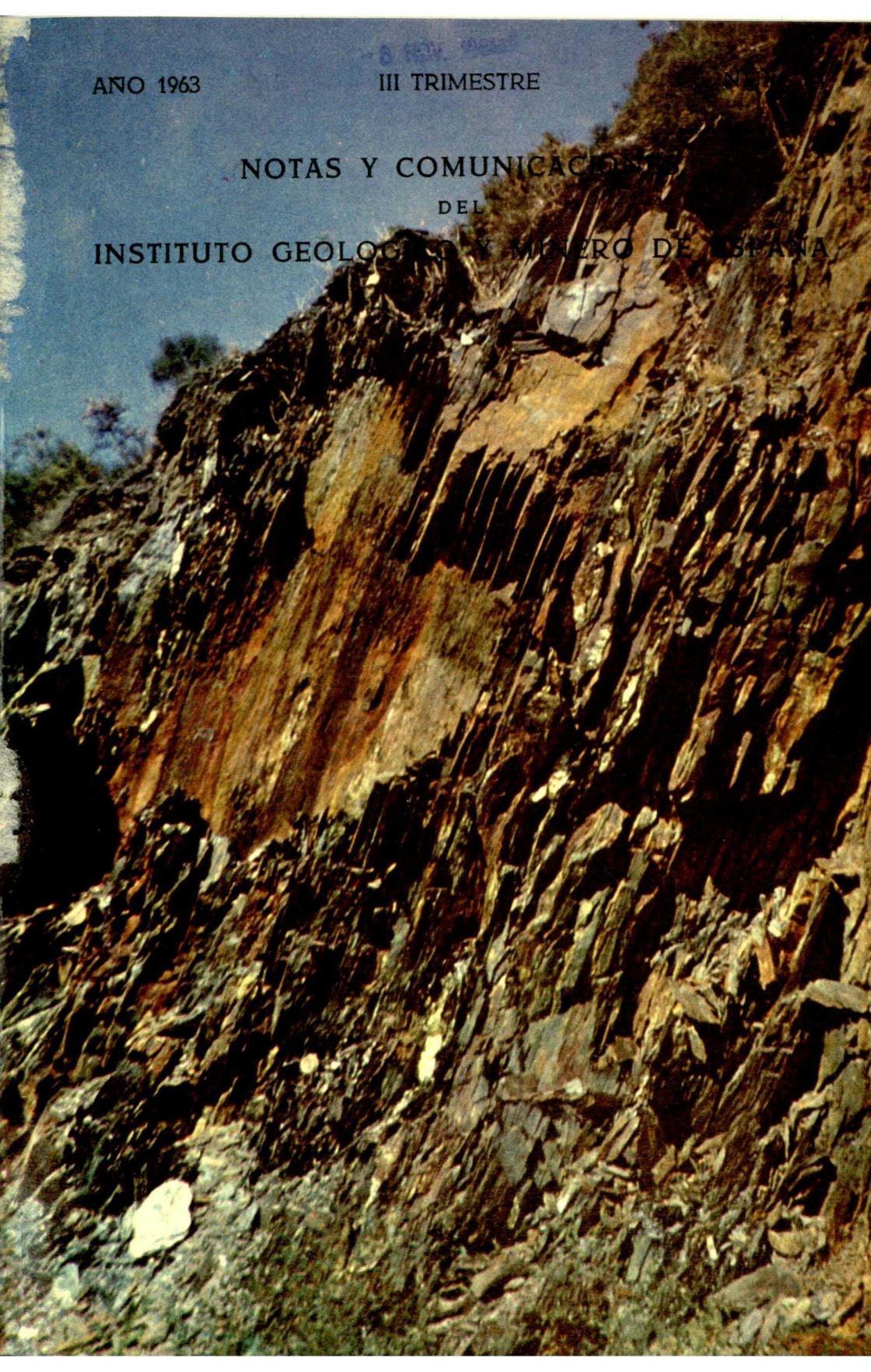


AÑO 1963

III TRIMESTRE

N.º 11

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

==
71
==

TERCER TRIMESTRE

M A D R I D
1 9 6 3

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

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

Queda hecho el depósito que marca la Ley

EXPLICACION DE LA PORTADA

Pizarras negras de Puentes de García Rodríguez (La Coruña)

Foto J. M. López de Azcona

Inmediaciones del estribo E. de la presa de la Ribera, en el Eume, de Puentes de García Rodríguez. Pizarras negras, algo replegadas, con metidas de cuarzo en rosario, cerca del contacto con el "Olló de Sapo", buzamiento 65° al W.

La fotografía, con dirección N-25°, fue tomada el día 28 de agosto de 1962. Hoja 23-A.-1.2

Depósito Legal M. 1.882.-1958

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCÍA MORATO, 122. TEL. 2330619—MADRID

GEORGES LECOINTRE

NOTE SUR LE NÉOGÈNE ET LE QUATERNAIRE MARINS DU SAHARA ESPAGNOL

(SEGUIET EL HAMRA ET RIO DE ORO)

501.742 + 51.7.1569

La Curiosité est un ferment si actif qu'elle détermine chez ceux qui la chance d'en être possédés, une animation telle qu'elle devient une sorte d'attente heureuse de l'heure et de l'évènement, un éclaircissement général de la personnalité un appétit vif et remuant.

Le curieux est toujours alerte, débrouillard et ne connaît pas l'ennui...

LA VARENDE (St Simon p 315)

RESUMEN

La lumaquela pliocena de Pectinidos que se encuentra al N. de Marruecos no pasan 10 km. al S. de Villacisneros. En el Río de Oro, la falla señalada por Quiroga ha bajado la península y permite dos transgresiones cuaternarias de depositar después sus sedimentos en superposición sobre el Plioceno.

El autor estudia sus faunas y sus correlaciones con el norte de Marruecos y el sur de Mauritania

RÉSUMÉ

La lumachelle pliocène à Pectinidés que l'on suit depuis le Nord du Maroc, ne dépasse pas 10 km. au Sud de Villacisneros. Au rio de Oro, la faille signalée par Quiroga a abaissé la presqu'île et permis à deux transgressions quaternaires de déposer des sédiments en superposition sur le Pliocène.

L'Auteur étudie leurs faunes et leurs corrélations avec le Nord (Maroc) et le Sud (Mauritanie).

AVANT-PROPOS

Dans une récente note (C. R. Ac. Sc. 5 fevrier 1962), j'ai publié le résultat des réflexions que m'a inspirée la coupe d'Arciprès (= phare de Villacisneros), précédemment étudiée par Quiroga (1888-1889) et Font y Sagué (1911).

La question principale restait. Etant donné que le Pliocène marin est inconnu, tant en surface que par sondage dans le territoire de la République de Mauritanie, comment se produit sa terminaison du côté sud en Sahara espagnol?

Réciproquement, quel est le point le plus septentrional atteint par la transgression du Quaternaire à faciès mauritanien?

C'est pour essayer de résoudre ce double problème que je me suis rendu sur place en décembre 1961 et janvier 1962.

Cette mission, comprise dans le cadre préparatoire du V^e Congrès Panafricain de Préhistoire et d'Étude du Quaternaire, m'a été grandement facilitée par l'entremise de M. A. Almela, Directeur du Servicio Geológico y Minero de España, qui a obtenu pour moi les autorisations nécessaires et m'a fait recommander aux autorités militaires locales, lesquelles se sont empressées de me procurer les moyens de transport et d'hébergement nécessaires. Que l'on me permette de remercier nominalement :

Monsieur le Général en chef Pedro Latorre Alcubierre, Monsieur le Colonel Rufino Pérez Barrueco, Secrétaire-général, le Commandant José-Maria Troncoso, les Capitaines Jacinto et de la Pascua, les Lieutenants de Córdoba et Roncero, sans oublier deux secrétaires civils, Messieurs Francisco Castillo et Gonzalo Montardit, qui m'ont accompagné dans mes excursions et guidé à travers tous les traquenards que la Nature met sous les pas de ceux qui circulent dans un pays inconnu dont ils ignorent au surplus le langage.

Cette mission m'a été grandement facilitée par le Bureau des Recherches Géologiques et Minières et que je remercie ici en la personne de son Directeur, M. Pierre Laffite, et par le Conseil National de la Recherche Scientifique.

Du point de vue géologique, je dois beaucoup à Monsieur le Professeur Francisco Hernández-Pacheco, auteur avec M. Alia Medina des premières recherches suivies dans la région, et qui a bien voulu mettre à ma disposition et sa science et ses collections.

Du côté mauritanien, j'ai été guidé en 1960 par André Blanchot et Pierre Elouard. Du côté nord, j'avais approché la région en faisant partie de la Mission de Tarfaya (janvier 1961) organisée par G. Choubert

HISTORIQUE

Il semble que les premières explorations sérieuses du Rio de Oro soient dues au géologue espagnol Quiroga qui y fit une tournée d'exploration en 1885, à la suite de laquelle, ayant consulté plusieurs géologues en renom, dont Mallada, il concluait ainsi: «D'accord avec l'opinion autorisée de ces

géologues, je considère les calcaires fossilifères marins que l'on trouve depuis la côte jusqu'au puits Teguestem, et entre Rio de Oro et Cabo Rojador comme pliocènes» (14).

Nous verrons par la suite qu'il avait raison, au moins pour la plus grande part.

Plus tard, en 1910, à la suite d'un séjour que fit au Rio de Oro l'abbé Font y Sagué (6), celui-ci publia une note dans le Bulletin de la Société géologique de France, puis envoya une partie de sa récolte de fossiles à déterminer à G. F. Dollfus. Les conclusions de Font y Sagué portaient à croire que les formations fossilifères de cette région appartenaient au Miocène, celles de G. F. Dollfus, publiées dans même numéro, mais après le décès de Font y Sagué, amenaient au contraire à penser qu'une partie tout au moins devait appartenir au Quaternaire (4).

Au fur et à mesure que la connaissance de la côte occidentale de l'Afrique venait à progresser, les conclusions de ces notes paraissaient de plus en plus contradictoires; aussi, à la suite des explorations que M. F. Hernández-Pacheco et moi avions faites chacun de notre côté, a-t-il paru nécessaire de reprendre l'étude par la base. La chose était d'autant plus nécessaire que la collection Font y Sagué avait été détruite pendant la guerre civile, et qu'en conséquence toute redétermination d'espèce, ou examen du degré de fossilisation devenait impossible.

A propos de la liste des poissons déterminés par Joleaud, Monod (13) demandait: «s'il est vraiment toujours possible de distinguer de façon certaine les espèces fossiles des actuelles, et si la tendance inconsciente du déterminateur ne risquera pas parfois d'être influencée dans les choix des noms d'espèces fossiles par la présomption d'antiquité du matériel qu'il étudie. En d'autres termes, eut-il donné des noms semblables aux espèces si on lui avait affirmé d'avance qu'elles étaient actuelles ou tout au plus subfossiles?»

C'est, hélas, trop souvent vrai.

Après discussion de cette liste, il ajoutait: «La faune de Villacisneros est en fait un mélange d'espèces vivantes, largement prédominantes et de quelques types archaïques, ou qui du moins passeraient pour tels dans des dépôts européens.

Ici, j'interviens: Il n'y a pas *une* faune de Villacisneros, mais *plusieurs* faunes successives que, malgré un certain brouillage des récoltes dû à des ramassages en surface, on arrive parfaitement à distinguer, d'autant plus que sur le terrain la stratigraphie se détache clairement.

Pour la région plus septentrionale, l'exploration a été faite par M. le professeur Francisco Hernández-Pacheco et M. Alia Medina [7] dont les résultats, comportant des coupes très précises, ont été publiés en 1949 dans un volume des «Estudios africanos» consacré au Sahara espagnol.

EXPOSÉ DE MES RECHERCHES

Seguiet el Hamra

La capitale du Sahara espagnol, El Aïoun, est bâtie sur le flanc gauche (Sud) de la Seguiet el Hamra, sur un ressaut de grès pliocène très résistant.

Cet étage présente ici une épaisseur d'environ 50 m. et, la végétation étant absente, offre à l'observation des coupes remarquables.

Je n'ai pu observer sur la rive gauche la coupe figurée par les auteurs d'El Sahara Español (7 fig. 50, p. 370), mais en ai retrouvé l'équivalent sur la rive droite où elle ne diffère que par un point de détail :

— Sous les grès et sables du Pliocène et surmontant les marnes gypsifères se trouve un calcaire très dur littéralement pétri de moules de *Perna* qu'on observe très bien dans le talus de la route du Nord. Faute d'autres fossiles, je ne sais trop s'il s'agit d'un faciès du Pliocène ou d'une formation antérieure.

J'ai pu observer le banc à Mélobésies que j'ai retrouvé dans la région de Tarfaya (Puerto Cansado). Il ne semble pas qu'il continue au-delà de ce point vers le Nord (pl. I, fig. 1).

Rien à changer non plus au dessin des couches à *Ostrea* dont la photo figure à la planche LXIII, face à la page 362.

Je n'ai été favorisé par aucune trouvaille d'Echinoderme ce qui est regrettable.

RÍO DE ORO

M. F. Hernández-Pacheco et moi [12] avons publié la coupe des terrains dans la falaise d'Arciprés, Je la répète ici. De haut en bas :

Nous disposons pour l'interprétation de cette coupe de données plus solides que nos prédécesseurs qui n'avaient pu, comme nous, procéder du connu à l'inconnu en opérant de proche en proche, depuis le Maroc au nord et la Mauritanie au sud.

Le repère fondamental nous est fourni par la lumachelle à Huitres et Pectinidés, bien connue au Maroc où elle est maintenant attribuée au Pliocène (*).

Mêmes Huitres, mêmes Pectinidés se rencontrent jusqu'à Agadir, puis reprennent au sud du Sous. Très belle dans la province de Tarfaya (Cap

(*) Sauf par M. CHOUBERT qui en a fait le «Moghrebien» d'âge quaternaire (Calabrien).

Juby), suivie par Hernández-Pacheco et Alia Medina le long de la côte depuis el Aïoun jusqu'à Villacisneros, je l'ai reconnue jusqu'à 10 km. au sud de la latitude de cette ville en un point où elle contient *Rotuloidea fimbriata* Etheridge. Elle a le même faciès et présente les mêmes fossiles dans les falaises de la Presqu'île. C'est donc un très bon repère. Elle correspond à ce que, dans la coupe d'Arciprés, j'ai désigné par 4 m.

Un autre repère nous a facilité la tâche. C'est la couche supérieure à faune subactuelle n.° 3 de Font y Sagué. J'ai eu la chance, guidé par

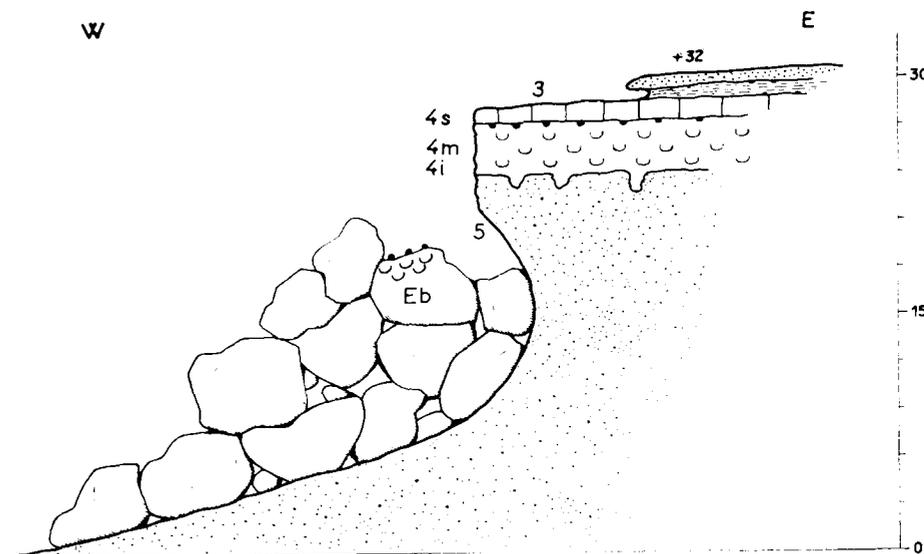


Fig. 1.

- 1) Sables éoliens peu épais en perpétuel mouvement.
- 2) Limons rouges à *Helix duoii* HIDALGO recouvrant de grandes surfaces et remplissant les vides d'origine karstique.
- 3) Sable grossier et grès tendre très fossilifère selon FONT y SAGUÉ grandes *Anomia aspera* PHILIPPI, *Comus testudinarius* HWASS, etc...
- 4s) Grès fin, dur, à moules de grands *Mytilus* et de *Trochatella trochiformis* GMELIN, et *Radiorotula orbiculus* LINNÉ.
- 4m) Lumachelle à grosses huitres et Pectinidés.
- 4i) Grès fin, dur, à moules de Lamellibranches (sans *Trochatella*).
- 5) Niveau à Rhizoconcrétions: grès et sables fins à bois silicifiés.
- 6) Marnes gypsifères, en profondeur seulement, car elles n'affleurent sous le niveau 5 qu'à l'est de la Baie du Rio de Oro.

MM. Blanchot et Élouard, de parcourir les affleurements du grand golfe quaternaire de Mauritanie, de sorte que j'ai pu comparer. Comme l'avait présenté G. F. Dollfus, il s'agit bien de la même époque, un Quaternaire relativement récent. Il ne nous restait plus qu'à dater les grès à moules et empreintes. Ce fut relativement facile, car j'étais familiarisé avec la faune des

couches à *Trochatella trochiformis* qui marque la transition du Pliocène au Quaternaire ancien du Maroc (pl. I, fig. 3).

De plus, une chance extraordinaire m'a fait rencontrer à la base de cette dernière formation l'échinide *Radiorotula orbiculus orbiculus* Linné (= *Heliothora rumphii* Klein) qui est la forme vivant actuellement sur les côtes de l'Afrique équatoriale, s'opposant à la forme pliocène *Rotuloidea fimbriata* Etheridge, y compris sa variété à grandes digitations dont Lambert a fait une espèce: *Hemiheliopsis fontii* (cf. Lecoindre 1952 II, p. 22, Pl. XVIII, fig. 6-7). [11].

Je publie ci-après en appendice l'examen critique des listes de fossiles. Du fait de la destruction des collections, ce chapitre sera quelque peu con-

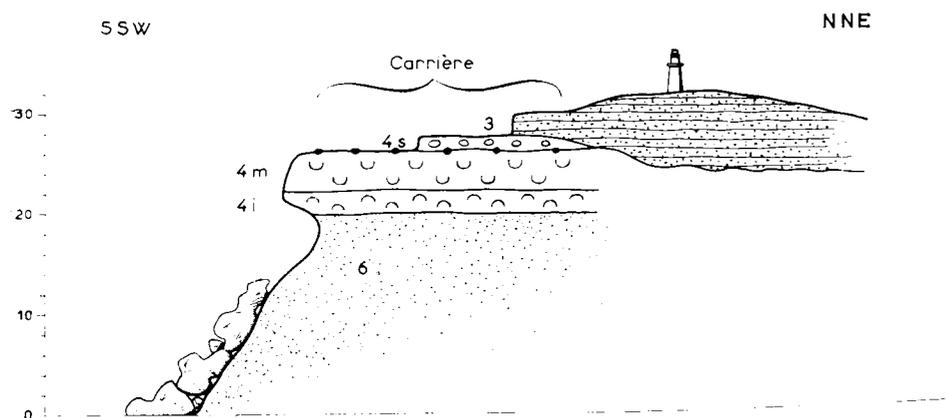


Fig. 2.

jectural, moins cependant que l'exégèse qu'en a donnée Th. Monod en 1945.

La note de Font y Sagué contient deux listes: l'une, page 214, contient les noms des fossiles recueillis dans la couche supérieure d'Arciprés, c'est-à-dire la couche 3. La seconde, page 215, est relative aux fossiles de la couche 4 qu'il n'a pas subdivisée. On doit y inclure la liste des restes de poissons déterminés par L. Joleaud. Dans la note de G. F. Dollfus figurent surtout des fossiles de la couche 3, mais elle en contient de la couche 4. J'ajouterai par la suite les espèces reconnues dans ma récolte.

LIMITE SUD DU PLIOCÈNE MARIN

Le Pliocène est représenté essentiellement par la lumachelle à Pectinidés, très résistante à l'érosion et qui constitue le couronnement des falaises et des petits plateaux (gara, pluriel: greier).

Elle est accompagnée de mollases et surmonte un grès à moules et empreintes de lamellibranches qui, parfois, la supplée dans son rôle de couronnement de falaise ou de plateau.

Cet ensemble paraît, dans les falaises au nord d'Argoub, reposer en concordance sur les sables continentaux subordonnés.

Quand, d'Argoub (parallèle 23° 38'), on va vers le sud, la piste se déroule d'abord comme au nord sur la lumachelle à Pectinidés; on peut observer celle-ci avec sa teinte jaune caractéristique, des huîtres et les *Rotuloidea fimbriata* jusqu'à environ 10 Km. au sud. A 15 Km., près de l'amer de Puerto-Rico (parallèle 23° 30'), elle a disparu. L'entablement du sommet de la falaise est constitué par un grès quarzeux sans fossiles qui pourrait aussi bien faire partie du Pliocène que des couches sous-jacentes.

Il disparaît à son tour pour laisser la place successivement aux diverses couches de grès et marnes du «Continental» subordonné, tels qu'elles ont été décrites par Quiroga à Argoub.

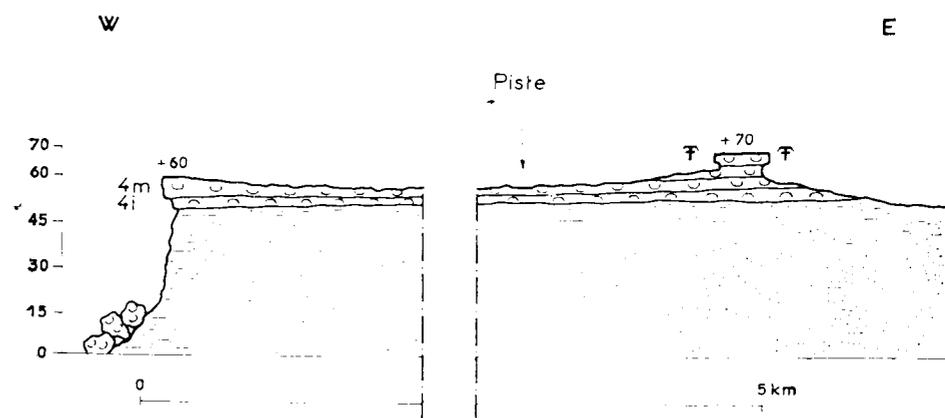


Fig. 3.

Il y a donc discordance entre le Pliocène, resté très horizontal selon une ligne NNE.-SSW, et son substratum. Il semble buter contre un anticlinal de grande amplitude affectant les couches du «Continental».

Je n'ai pu, faute de temps, rechercher la présence de buttes témoins analogues à celles qui, à 100 Km. environ au nord d'Argoub, jalonnent l'ancienne «Cuesta» que formait le Pliocène face à l'Est (Grier et Mammeli, parallèle 24° 22').

LIMITE NORD DU GOLFE QUATERNAIRE DE MAURITANIE

En exposant plus haut la coupe d'Arciprés, je me suis appesenti sur le fait, démontré par Dollfus (1909), que les couches du sommet (3 de Font

y Sagué) présentent une faune fort analogue à celle du golfe quaternaire de Mauritanie (Dollfus 1909).

Ce gisement est à altitude de 33 m. (selon mes mesures à l'altimètre). Son sommet recouvre de 3 m. la lumachelle pliocène à Pectinidés dont le sommet est donc à 30 m. environ. En regard, le continent à El Argoub montre cette lumachelle à 60 m. (*) sans qu'aucun dépôt marin du Quaternaire y ait été reconnu.

Nous en avons déduit [12] que la transgression de celui-ci n'avait pu reconvrir le Pliocène que grâce à la faille, invoquée par Quiroga, qui a abaissé le compartiment comprenant la presqu'île de Villacisneros.

Il restait donc à savoir si des dépôts quaternaires de mêmes faciès et âge se trouvaient aussi sur le continent. Evidemment, pour cela il fallait descendre plus au sud.

En effet, la couche résistante de la lumachelle à Pectinidés venant à manquer, comme nous venons de le voir, les marnes du Continental ont été exposées à une érosion de grand style qui a créé la Baie de Cintra (lat 23° 07') environ 70 Km. au sud d'Argoub. Vers l'extrémité nord de la Baie, près du puits Hassi Amtal, j'ai pu retrouver le Quaternaire sous le même faciès qu'à Arciprès: grès grossier à ciment calcaire très tendre frisant le «falun», où elle forme une terrasse découpée en plateaux témoins. Ce falun est ici à l'altitude de 35 m., c'est-à-dire pratiquement la même que celle du gisement d'Arciprès, et la faune en présente plus d'un point commun (pl. I, fig. 2).

La démonstration est donc faite qu'une transgression marine vers 35 m s'est établie le long de la côte. Sa faune est analogue à celle du golfe mauritanien et je pense qu'on a le droit de la considérer comme équivalent de la lumachelle d'El Aiouj (v. Blanchot) [1].

LE GISEMENT DE HASSI AMTAL

(Baie de Cintra)

La coupe s'observe bien sur les flancs d'une petite gara isolée qu'on aperçoit tout d'abord en débouchant de la piste en venant du nord.

La coupe en est : fig. 4 de haut en bas

- 1. Croute calcaire ... 0 m 10
- 2. Grès (dunaire?) ... 1 m

(*) QUIROGA donne pour Arciprès 20m et pour Argoub 51 m. Le raisonnement que je tiens est aussi valable avec ses chiffres qu'avec les miens.

- 3. Grès fin avec moules de petits lamellibranches (*Lucina?*). 4 m
- 4. Lumachelle à *Anomia aspera* et *Radiorotula orbiculus* var *semisol* reposant à l'altitude de 35 m sur les ... 0 m 80
- 5. Marnes et sables bariolés du «Continental» qui sont visibles sur environ ... 2 m
- 6. Plus bas, elles sont masquées par des éboulis composés de blocs de toutes dimensions des couches 2 et 3 et de sable coquillier de la couche 4
- 7. Vers le bas, ces éboulis servent de substratum à un «conchero» composé à peu près uniquement d'*Arca senilis*.
- 8. Le plaine est constituée par le sable de plage de la baie où on peut observer la formation de barkhanes miniatures dont les dimensions se comptent en décimètres.

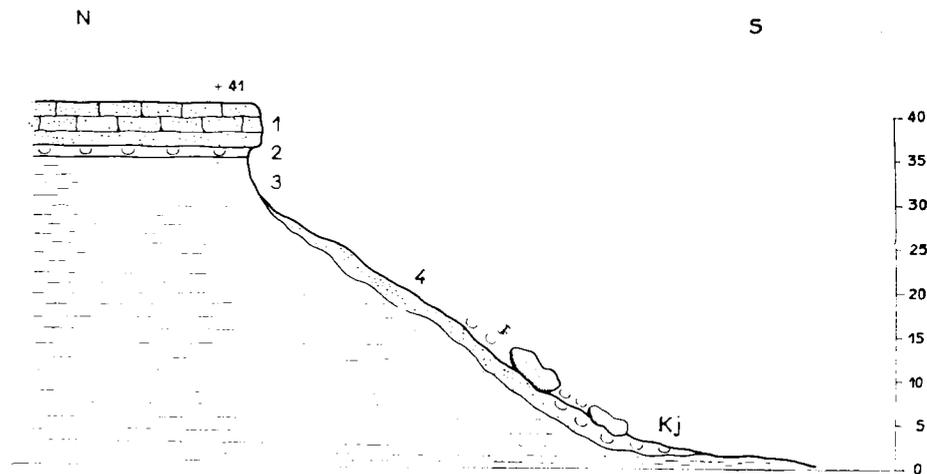


Fig. 4

NIVEAU INFÉRIEUR.

Nous savons, grâce aux travaux de MM. Blanchot et Élouard, qu'il existe en Mauritanie deux formations quaternaires de même faune ou à peu près: la lumachelle d'El Aiouj et le Falun de Nouakchott, ce dernier plus récent, séparé du premier par un dépôt continental, dit la dune rouge.

Y a-t-il au Sahara espagnol quelque chose qui puisse rappeler le falun de Nouakchott?

Il semble qu'on puisse répondre par l'affirmative. En effet, en 1912, M. F. Hernández-Pacheco a trouvé au champ d'aviation temporaire de «Gara Guicied (lat. 22° 16') un sable contenant:

Arca senilis L.

Cardium edule L.

Dosinia isocardia Gmelin,

c'est-à-dire les trois fossiles les plus abondants du falun de Nouakchott, étudié par Dollfus [4] puis Elouard [5].

Nous devons donc en conclure que le golfe quaternaire se présente de la même manière dans sa partie-extrême nord au Sahara espagnol que dans la région mauritanienne d'El Aiouj-Nouakchott.

Une étude plus poussée de ce raccordement serait intéressante mais, dans un pays aussi inhospitalier, demanderait une véritable expédition.

TECTONIQUE

Dans la presqu'île de Villacisneros, Quiroga, puis Font y Sagué ont fait état d'une faille N.-S., parallèle au rivage, refendant la baie du Rio de Oro. A l'est de cette faille, sur la hammada, la lumachelle à Pectinidés, pratiquement horizontale, affleure partout, au point que le reg est couvert d'un sable de Pectens et d'Huitres effrités, sans aucune trace de Quaternaire. Son altitude se tient vers 60 m.

A l'ouest, dans le compartiment affaissé, la lumachelle n'est pas à plus de 5 ou 6 m. au-dessus du zéro et peut-être se retrouve-t-elle plus bas sous la baie mais remonte jusqu'à 30 m. au-dessous du Phare d'Arciprés.

Cette altitude relativement faible explique la possibilité des transgressions quaternaires, tandis qu'à 60 m., la hammada orientale restait émergée.

Dans ce cas, la date de la faille se trouverait au moins partiellement entre le Quaternaire ancien à *Trochatella* (couche 4s) et le Quaternaire récent couche 3, c'est-à-dire l'Anfatien (= Tyrrhénien I).

CONCLUSIÓN

Si nous résumons l'histoire géologique du Rio de Oro, nous voyons depuis la base :

Des marnes gypsifères, puis des sables à bois fossiles se terminant par un niveau à Rhizoconcrétions, témoin d'une période continentale.

Dessus, transgression du Pliocène déposant d'abord les grès à empreintes, puis la lumachelle à huitres et Pectinidés.

Dessus, un lambeau-témoin de grès à moules internes de grands *Mytilus* et *Trochatella trochiformis* Lk. que je rapporte au Quaternaire ancien, sans pouvoir préciser davantage.

(*) Renseignement verbal.

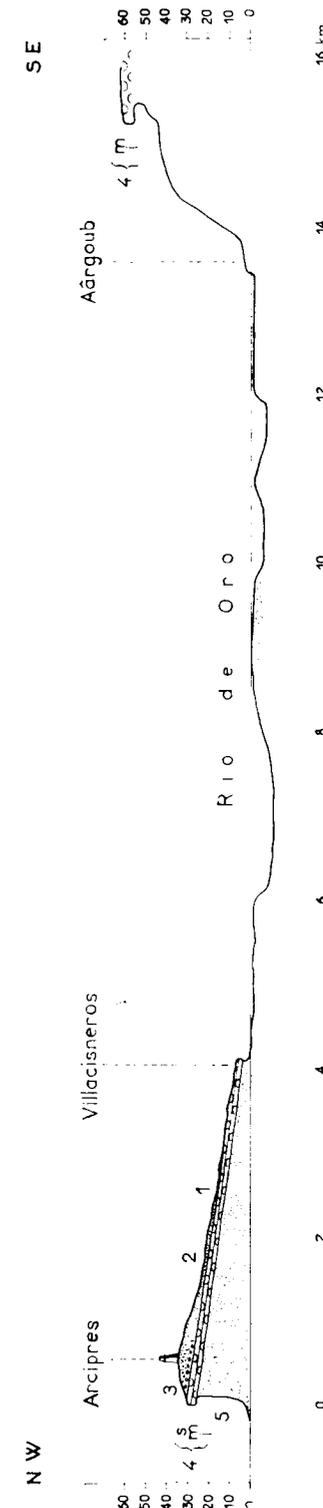


Fig. 5.

Encore au-dessus, un lambeau-témoin contenant des espèces de la faune du Quaternaire marin de Mauritanie et de la mer actuelle (*Arca senilis* L., etc...).

Puis le témoin continental d'un climat beaucoup plus humide qu'aujourd'hui (Néolithique??), limons rouges à *Helix duroi* Hidalgo.

Enfin, le climat sec actuel s'est installé, avec les sables éoliens qui divergent dans un sens ou dans l'autre sur la plaine.

PALEONTOLOGIE

A. Liste des fossiles récoltés dans les couches du Pliocène de la «Seguiet el Hamra» par MM. le Professeur Hernández-Pacheco et Alia Medina

(«El Sahara Español», pp. 369 et 370)

Pecten benedictus Lmk.

Pecten dunkeri Mayer.

Pecten planomediis Sacco.

Pecten duwelsi Nyst (*).

Ostrea gingensis Schlotheim (= *O. gryphoides* Schl.).

Ostrea lamellosa Brocchi.

Ostrea chicaensis Munier-Chalmas.

Ostrea velaini Munier-Chalmas (pour ces deux dernières, il s'agit très probablement de valves gérontiques d'*Ostrea lamellosa* (cf. Lecoindre, 1952, II, pp. 36-37).

Moules internes de: *Spondylus*, *Mytilus*, *Lithodomus*, *Leda*, *Cardium*, *Lucina*, *Venus*, *Dosinia*, *Mactra*, *Circe*, *Cerithium*.

Cidaris sp.

Hemiheliopsis fontii Lambert (voir ci après la note de M. Roman).

Echinolampas sp.

Balanus concavus Bronn.

B. Fossiles de la couche 3

Liste de Font y Sagué, page 214 et fossiles qui en proviennent selon G. F. Dollfus, pp. 218 à 238.

(*) Je n'ai pas été à même de vérifier cette détermination.

Arca senilis L. Un seul exemplaire.

Selon G. F. Dollfus, P. 233, côtes altérées, ce qui prouverait l'état fossile. Les coquilles de cette espèce, qui est comestible, se rencontrent un peu partout et il convient de s'en méfier. J'ai pu constater qu'à Arcipres elle était bien en place dans le sédiment.

Ostrea lamellosa Brocchi.

Citée par Font y Sagué et vue par Dollfus qui en fait une variété de l'*Ostrea edulis*: les caractères donnés par lui s'accordent avec ceux adoptés par Ranson in Lecoindre (1952) dans leur revision de l'espèce.

Elle doit avoir été ramassée en surface et provenir de la couche 4 m.

Anomia ephippium L. var.

Sur la liste de Font y Sagué et étudiée par G. F. Dollfus, p. 235, qui la nomme *A. ephippium* L. var. La taille serait de 75 mm. J'en ai vu en place de plus grands, environ 12 cm. Elle doit s'appeler *A. aspera* Philippi.

Pecten beudanti Basterot.

Font y Sagué. Evidemment mal déterminé. Je suis d'accord en cela avec M. Monod. Il doit d'agir d'un échantillon ramassé en surface et provenant de la couche 4 m. Peut-être *P. gentili* var. *sulcicostata* Lec. dont la costulation rappelle l'échantillon de *P. beudanti* à côtes sillonnées figuré par Deperet et Roman, Pl. II, fig. 2.

Cardium papillosum Poli.

Selon G. F. Dollfus, moulage de la couche supérieure. C'est une des espèces les plus communes du falun de Nouakchott.

Font y Sagué, p. 215, le cite comme provenant de la couche 4, où il ne saurait d'ailleurs exister qu'à l'état de moulage. L'espèce va du Miocène à l'époque actuelle.

Cardium costatum L.

Selon G. F. Dollfus: «N'avons du Rio de Oro que des moules incomplets». Sa présence n'aurait rien de choquant et j'en ai recueilli deux fragments de côtes très caractéristiques.

Noter que le *Cardium hians*, très voisin, est abondant dans la lamachelle à Pectinidés tout le long de la côte. Il s'agit donc peut-être de ce dernier, donc couche 4 m?

Lucina columbella Lamarck.

Indiquée par G. F. Dollfus comme du niveau supérieur. Cette espèce débute dans le Miocène d'Europe et a migré comme bien d'autres vers le Sénégal où elle vit actuellement.

Chama gryphoides L.

Par Font y Sagué, probablement exact.

Dispersion très grande, Miocène d'Europe. Actuellement, Méditerranée et Atlantique depuis le Portugal jusqu'au Cap Vert. N'a cependant pas été signalée du golfe quaternaire de Mauritanie.

Chama gryphina Lamarck.

Font y Sagué et G. F. Dollfus, p. 232. Même répartition au Miocène et migration vers les mers plus chaudes (Portugal à Cap Vert). Pas signalée non plus au Quaternaire mauritanien.

Meretrix tumens Gmelin.

Citée seulement par G. F. Dollfus: Nous avons des échantillons du Rio de Oro dans lesquels les moules de cette espèce forment de véritables amas.

Il s'agit probablement de la couche 4 s, ou ne s'agissait-il pas de l'espèce suivante?

Meretrix brocchii Desh (Venus).

Cette espèce est abondante dans le Pliocène, notamment au Maroc. Il s'agit donc très probablement d'exemplaires des couches 4 m et 4 i.

Tapes basteroti Mayer.

Par Font y Sagué. Il a dû confondre avec *T. durus* Gmelin qui est du même groupe et a la même ornementation.

Tapes geographicus Chemnitz sp. (Venus).

Par Font y Sagué, confirmé par G. F. Dollfus, p. 230. Espèce actuelle de grande extension.

Tellina planata L.

Font y Sagué et G. F. Dollfus.

Débute au Miocène en Europe, fréquent dans le Pliocène du Maroc et actuellement du Portugal aux Iles du Cap Vert.

Capsa lacunosa Chemnitz.

Font y Sagué. Il la cite dans la couche 3. C'est probable, car cette espèce du Miocène européen vit encore au Sénégal. Elle est d'ailleurs très fréquente à l'état de moules dans le Pliocène marocain, correspondant à la couche 4.

Capsa (Gastrana) fragilis L. sp. (*Tellina*).

G. F. Dollfus, décrit une «coquille» non un moulage, donc elle vient de la couche 3. Débute au Miocène. Actuellement, va des Iles britanniques à la Méditerranée.

L'exemplaire du Rio de Oro est grand, 54 × 36 mm. Il se rapproche de *C. matadoa* (Ad.) Gmelin.

Conus mediterraneus Hwass.

Font y Sagué et G. F. Dollfus. Correct.

Conus papilionaceus Hwass.

G. F. Dollfus. C'est bien l'espèce qui, au Quaternaire, a accompagné les Strombes dans leur invasion de la Méditerranée. Son habitat s'étend, à l'époque actuelle, du Maroc au Golfe de Guinée.

Il est probable qu'il faudrait répartir les trois autres espèces citées: *C. mercati*, *C. varistriatus* et *C. ventricosus* entre les deux premières confirmées. Mais, en l'absence des échantillons, il est plus prudent de s'abstenir.

Yetus cymbium L.

G. F. Dollfus le considère comme identique à celui qu'il a figuré en 1909, que Monod appelle *Y. rubiginosus* Swainson *sensu* Pallary. Je l'avais appelé *Y. papillatus* Schm., mais il doit porter le nom de *Yetus porcinus* Lk.

A noter que Dollfus ne connaissait pas l'existence de ce genre au cours du Pliocène africain, notamment de celui du Maroc (cf. Lecoindre, 1952, t. II, p. 133 et suivantes).

Marginella sp.

On ne dit même pas de quel groupe...

Eutritonium costatum Born sp. (*Murex*).

Actuellement, le nom de genre serait *Cymatium*.

G. F. Dollfus, selon un moulage. Il peut à la rigueur provenir de la cou-

che 4 s, mais plus probablement de la couche 3, car on ne connaît nulle part de spécimen authentique de cette espèce avant le Quaternaire récent (Tyrrhénien).

Murex hoplites P. Fischer.

Font y Sagué. Très probablement exact.

L'espèce vit actuellement dans la région et est connue du golfe quaternaire mauritanien.

Murex turbinatus Lamarck.

G. F. Dollfus, p. 226, fig. 2.

Il s'agit évidemment d'un beau spécimen de la couche 3. L'espèce habite actuellement les côtes de l'Afrique occidentale.

Semifusus morio L.

G. F. Dollfus.

Espèce de l'Atlantique tropical sur les deux rives. Très abondante dans les faluns de Nouakchott.

Cerithium oroense G. F. Dollfus.

Il s'agit évidemment d'une espèce voisine du *C. vulgatum* Bruguière. La figure 3, p. 227 est détestable; les échantillons ne sont pas même détournés et l'ornementation à peine discernable.

Il s'agit à mon sens d'individus peu ornés et de forme trapue du *C. vulgatum* Brug.

Turritella cf. *turris* Basterot.

Font y Sagué.

En l'absence d'échantillons, nous ne pouvons savoir ce que Font y Sagué avait récolté.

Mesalia breccialis Lk. sp. (*Turritella*).

Font y Sagué et G. F. Dollfus. Fréquente dans le Quaternaire de Mauritanie et du Maroc. Actuelle du Maroc au Sénégal.

Turbo rugosus L.

G. F. Dollfus: un jeune du niveau supérieur (3). L'espèce ne semble pas répandue au sud de Mogador.

Trochus (Gibbula) dalat (Adanson) Gmelin.

G. F. Dollfus: «Un échantillon engagé dans la roche du niveau "supérieur"», donc couche 3. «Nous ne savons rien encore de l'histoire géologique de cette espèce».

Selon E. Fischer-Piette, rien ne différencie les échantillons sénégalais du *Gibbula magus* L. répandu à l'heure actuelle sur les côtes de l'Atlantique jusqu'au Golfe de Guinée et en Méditerranée.

C. Fossiles de la couche 4

Font y Sagué, page 215.

Pyrula sp.

Font y Sagué: Est fréquente dans la Lumachelle à Pectinidés du Maroc.

Le genre a disparu des côtes d'Afrique après le Pliocène, sauf une exception dans le Quaternaire ancien de Salé (Maroc).

Cassis sp.

Font y Sagué.

Conus ventricosus Bronn.

Font y Sagué. Impossible, en l'absence de l'échantillon, de faire une suggestion quelconque.

Natica sp.

Mesalia breccialis Lk.

Font y Sagué. Cette détermination nous paraît douteuse. L'espèce figure déjà, avec vraisemblance, dans la liste de la couche 3.

Turritella terebralis Lamarck.

Font y Sagué. Détermination probablement fautive. Peut-être s'agit-il de *Mesalia fallaciosa* B. Z. C., antérieurement confondue avec elle (cf. Lecoindre, 1952. II, p. 102).

Turritella turris Basterot.

Font y Sagué, a dû voir des empreintes de *T. vermicularis* Brocchi, fréquente dans la lumachelle à Pectinidés et dont l'ornementation est analogue.

Calypttraca ornata Basterot.

Font y Sagué. Il s'agit probablement de *Calypttraca (Trochatella) trochiformis* Lamarck, fréquent dans le Quaternaire ancien du Maroc, couche 4 s.

Nous l'avons retrouvée à Arciprès (couche 4 s).

Ostrea lamellosa Brocchi.

Font y Sagué-G. F. Dollfus, page 235, s. n. *O. edulis* var. *lamellosa*. (Voir Ranson in Lecoindre, 1952, II, p. 36.) Lumachelle 4 m.

Ostrea fimbriata Grateloup.

Font y Sagué. Il s'agit probablement de jeunes individus de la même espèce, dont la plicature en raison des faibles dimensions du sujet apparaît plus serrée.

Ostrea (Crassostrea) gryphoides Schlotheim.

Font y Sagué, la signale sous ses deux formes extrêmes : large, *gingensis* Schlotheim et étroite, *crassissima* Lamarck.

Nous l'avons trouvée en place à Arciprès. Rappelons que cette espèce, considérée jadis comme exclusivement miocène, se rencontre souvent dans le Pliocène de l'Afrique du Nord.

Ostrea plicatula L. Gmelin.

Font y Sagué. Détermination exacte pour l'époque. Il s'agit de *O. (Pycnodonta) squarrosa* M. de Serres, fréquente dans le Néogène méditerranéen et atlantique. Au Quaternaire, elle sera remplacée par *O. hyotis* L.

Anomia striata Brocchi.

Font y Sagué. Déjà signalée dans la couche 3. Les Anomies sont fréquentes dans la Lumachelle à Pectinidés du Maroc et du Sahara espagnol, mais c'est plus généralement la var. *costata* Brocchi qui domine.

Pecten bessi Andrzejowski.

Font y Sagué. A peut-être confondu cette espèce miocène avec le *Fl almerai* D. et R. dont la costulation accentuée et serrée est assez analogue ? Couche 4 m.

Pecten bessi Andrzejowski.

Font y Sagué. Même remarque, encore plus douteuse. Couche 4 m.

Pecten varius L.

Font y Sagué. (On dit maintenant : *Chlamys varia* L.) Espèce très répandue depuis le Miocène jusqu'à l'époque actuelle, y compris la lumachelle à Pectinidés.

Pecten dunkeri Mayer.

G. F. Dollfus. Nous l'avons déterminée dans la lumachelle d'El Aaioun. Rien d'étonnant à ce qu'elle ait été trouvée dans la couche 4 m d'Arciprès.

Pecten benedictus Lamarck.

G. F. Dollfus. Même observation.

Spondylus concentricus Bronn.

Font y Sagué. Probablement exact, à moins qu'il ne s'agisse de *Sp. crassica* Lamarck, très fréquent dans le Néogène marocain

Pectunculus sp.

Font y Sagué. Les couches à moules de *Pectunculus* se trouvent en plusieurs endroits, soit dans le Pliocène, soit dans le Quaternaire marocains. Rien d'étonnant d'en rencontrer en 4 m. et 4 s.

Il semble que lorsque les *Pectunculus* abondent dans une station, ils y rendent la vie impossible à tout autre mollusque. (Une assise de ce faciès est en cours de formation dans le cordon littoral à la Mar Chica près de Melilla, où les autres mollusques ne figurent qu'à l'état de rareté.)

Chama sp.

Font y Sagué. Peut-être aussi bien de 4 m. que de 4 s.

Cardium hoernesianum Grateloup.

Font y Sagué. Il s'agit très probablement de *C. (Ringicardium) hians* Br., très fréquent dans le Pliocène marocain. Couches 4 m. et 4 s.

Cardium papillosum Poli.

Font y Sagué-G. F. Dollfus, page 232. Déjà citée dans la couche 3. Il n'y a rien d'impossible, l'espèce étant déjà connue au Miocène, à ce qu'on la retrouve dans les couches 4.

Lucina sp.

Font y Sagué.

Isocardia sp.

Font y Sagué. Il s'agit probablement de moules internes de grosses *Chama*, qui sont fréquents à Arciprés.

Venus islandicoides (Lk.) lire: *Meretrix (Amiantis) islandicoides* Lk.

Font y Sagué. Deux espèces voisines (*M. gigas* Lk. et *M. brocchii* Desh.) sont fréquentes dans la lumachelle pliocène du Maroc.

Venus multilamella Lamarck.

Font y Sagué. Fréquente dans le Pliocène à Pectinidés du Maroc (à l'état de moules et empreintes). Il y a donc lieu de considérer la détermination comme exacte.

Cette espèce va du Miocène à l'actuel.

Venus strigosa Gmelin.

Font y Sagué. Je n'ai trouvé nulle part de référence à cette espèce. Il existe bien une *V. strigosa* Lk. dans les mers de la Nouvelle-Hollande (fide Deshayes, 1835). Peut-être y a-t-il eu un lapsus et s'agirait-il de *Tellina strigosa* Gmelin qui, avec sa soeur *T. planata* L. est très fréquente dans le Néogène marocain.

Cytherea pedemontana Agassiz.

Font y Sagué. Plus connue sous son nom actuel, syn: *Meretrix italica* De-france

Connue dans le Néogène marocain.

Tellina lacunosa Chemnitz.

Déjà citée dans la couche 3 par Font y Sagué. On l'appelle *Capsa lacunosa*. Ses moules, de forme très caractéristique se rencontrent fréquemment dans le Pliocène du Maroc. Néanmoins, comme elle est connue du Miocène européen et dans la faune sénégalienne actuelle, on ne saurait en tirer des conclusions stratigraphiques.

Solen siliquarius Deshayes.

Font y Sagué. Espèce miocène, mais ressemble beaucoup à *S. vagina* Desh. = *S. marginatus* Pult. qui lui succède dans le temps.

Solenocurtus basteroti Des Moulins.

Font y Sagué. Probablement exact. L'espèce est connue du Pliocène marocain.

Rotuloidea fimbriata Etheridge.

Voir la note de M. J. Roman: «Les Rotules du Sahara espagnol», imprimée à la suite de la présente.

D. Fossiles récoltés par M. Lecoindre

Au cours de ses deux missions-décembre 1961-février 1962

PLIOCÈNE

Couche 4 i

Arciprés.

Pétrie de moules internes de Lamellibranches peu déterminables. D'autres gisements ont donné des empreintes moulables.

10 km. au S d'Argoub.

Pecten dunkeri Mayer, 1 valve droite, 1 valve gauche en empreinte.

Capsa lacunosa Chemnitz.

Cardita intermedia Brocchi, moules nombreux.

Chama placentina De-france, 1 moule interne de la valve fixée, sens d'enroulement bien net.

Rotuloidea fimbriata Etheridge.

9 km. au N de Villacisneros.

Venus multilamella Lamarck.

Tapes sp.

Yetus sp

3,5 km. au S de Villacisneros.

Meretrix brocchii Deshayes.

*Couche 4 m.**Arciprès.*

Capsa lacunosa Chemnitz.
Gryphaea gryphoides Schlotheim.
Ostrea lamellosa Brocchi.
Flabellipecten almerai D. et R.
F. planomediis Sacco.

2 km. au SW d'Arciprès.

Flabellipecten almerai D. et R.

Las Almenas.

Flabellipecten planomediis Sacco.

Elboute.

Flabellipecten planomediis Sacco.
F. gentili D. et R. typique et sa variété *sulcicostata*.
F. almerai D. et R.

Greier el Memmeli.

Euthria cornea Linné.
Mesalia brezialis Lamarck, empreinte.
Gryphaea virleti Deshayes, un banc avec des exemplaires ayant leurs valves en connexion.
Rotuloidea fimbriata Etheridge.

El Aâioun.

Pecten benedictus, très fréquent.
P. dunkeri Mayer.
Flabellipecten gentili D. et R.
Flabellipecten gentili var. *sulcicostata* Lecoindre.
F. almerai D. et R., très abondant.
Chlamys flexuosa Poli.
C. scabrella Lamarck, très abondant.
Anomia ephippium Linne.

Il convient de rappeler ici la liste des fossiles recueillis au même endroit par MM. Hernández-Pacheco et Alía Medina cidessus, p. 9.

QUATÉNAIRE ANCIEN

*Couche 4 s.**Arciprès.*

Tugonia anatina Gmelin.
Solen sp.
Tellina strigosa Gmelin.
Psammobia depressa Pennant.
Capsa lacunosa.
Eastonia rugosa.

Tapes sp., 9 moules très obliques rappelant plutôt *T. decussatus* que

T. durus.

Dosinia exoleta, 2 empreintes externes.

Meretrix chione, cf. 1 moule.

M. tumens, id-3 moules.

Venus verrucosa, 1 moule.

Chama cf. *gryphoides*, 2 moules internes de grande dimension D. u. v. 60 et 80-D. a.-p. 50 et 70.

Cardita ajar (Ad) Bruguière.

Cardium cf. *ringens*.

Cardium costatum, empreinte fragmentaire.

Mytilus cf. *perna*, 3 moules internes.

Anomia sp.

Ostrea edulis Linné, abondant.

Arca senilis Linné, 2 fragments d'empreinte externe, costulation caractéristique.

Conus sp.

Yetus cf. *gracilis* Broderip.

Murex turbinatus Gmelin, une très bonne empreinte.

Mesalia brezialis Linné, une bonne empreinte.

Trochatella trochiformis, nombreuses empreintes et moules.

Bryozoaires: Cellepores encroûtant des coquilles de Gastropodes (cf. Buge et Lecoindre). B. S. G. F. 1962, Cf. page :

Echinides: *Radiorotula orbiculus orbiculus* Linné (cf. note de J. Roman ci-après).

QUATERNAIRE RÉCENT

Couche 3.

Arciprès.

Mytilus sp.

Anomia aspera Philippi, très abondants et de grande taille.

Ostrea edulis Linne.

O. lamellosa, il s'agit d'une valve supérieure très lithophagée remaniée du Pliocène.

Hassi Amtal.

Ostrea edulis, très abondant.

Anomia aspera Philippi, abondant.

Tapes decussatus.

Radiorotula orbiculus Linné var. *semisol*, très abondant (Voir la note de de J. Roman publiée ci-après).

REMARQUES SUR CERTAINS FOSSILES CITÉS DANS LA PRESENTE NOTE

Ostrea edulis Linné.

Pl. II fig. 3 et 4 (valve inférieure) et Pl. III fig. 6 (valve supérieure).

Echantillons du Quaternaire de Hassi Amtal où cette huître est très fréquente.

Je rappelle qu'avec G. Ranson (Lecointre [11] p. 36 et suivantes), nous avons insisté sur la distinction que l'on doit faire entre cette espèce et son ancêtre pliocène *O. lamellosa*.

Anomia aspera Philippi.

Pl. II fig. 5.

Cette espèce a été figurée par Cerulli Irelli (1907 Fauna malacologica Mariana. Paleontographica Italica Pl. III fig. 19 Pl. IV fig. 2).

Les échantillons actuels, dragués par la Mission Gruvel (cf. Dautzenberg 1912), consistent en trois individus bivalves s'y rapportant parfaitement. Nous pensons donc avec G. Ranson (renseignement verbal) qu'il s'agit d'une bonne espèce, différente de *A. ephippium* L.

Très abondante à Arciprès coupe 3 et à Hassi Amtal, elle peut atteindre 12 cm. de diamètre. L'échantillon figuré provient de ce dernier endroit.

Pecten benedictus Lamarck.

Fig. du texte n.º 6 Pl. III fig. 1 et 2.

Je figure ici un très bel exemplaire bivalve provenant d'El Aâïoun que m'a prêté M. F. Hernández-Pacheco.

Il est parfaitement conforme aux exemplaires de la région typique (Roussillon) Bien que le faciès détritiques soit plus grossier que les sables de Millas, il a prospéré car les échantillons sont très nombreux et bien développés.

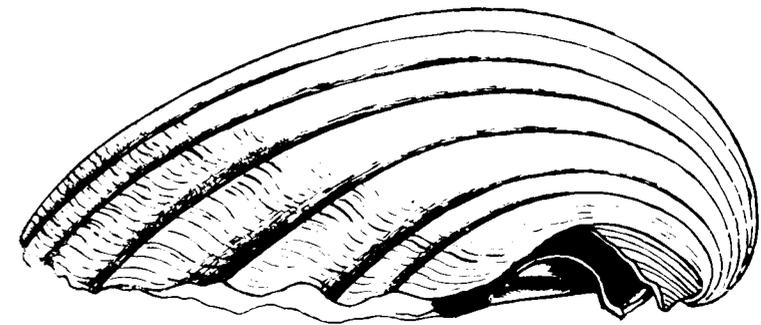


Fig. 6.

Pecten dunkeri Mayer.

Je rappelle que j'ai figuré un échantillon d'El Aâïoun également prêté par M. le Professeur F. Hernández-Pacheco (Lecointre [11], p. 42 Pl. XVII, fig. 5-6).

Chlamys excisa Bronn var. *perstriatula* Sacco.

Pl. III fig. 5.

Echantillon de la collection Hernández-Pacheco provenant de la Plateforme costera.

Il présente des striations plus accentuées que l'échantillon figuré par Sacco. J'en ai trouvé un exemplaire dans le Pliocène de la Province de Tarfaya.

Arca (Senilia) senilis Linné.

Pl. II fig. 1-2.

Cette espèce fait une invasion cryptogène dans le Quaternaire (niveau de 30 m.).

Elle est surabondante dans le Quaternaire plus récent (Faluns de Nouakchott) et à l'époque actuelle.

Calyptra (Trochatella) trochiformis Linné.

Pl. II fig. 6-Pl. III fig. 6.

Cette espèce joue un grand rôle au Maroc comme fossile climatique (cf. Lecoindre [11] vol. II p. 108 Pl. XXV fig. 1-4).

Elle est très abondante dans la couche 4 s d'Arciprès (Quaternaire supérieur), malheureusement, elle n'y existe qu'à l'état de moules et empreintes dans un sédiment assez grossier; aussi, pour pouvoir en donner une bonne idée, j'ai figuré deux exemplaires provenant du Maroc.

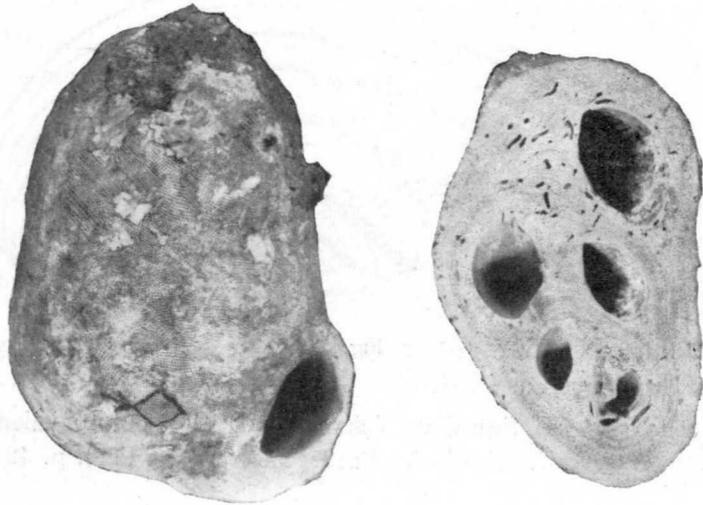


Figure 7.

Membranipora fusca Canu et Bassler 1925.

Ce Bryozoaire encroûte des coquilles de Gastropodes probablement habitées par des Pagures. On en trouve surtout à la surface supérieure de la Lumachelle Pliocène, mais aussi dans l'épaisseur de la couche superposée (couche 4 s du Quaternaire ancien). Ils devaient donc faire partie du Benthon de cette dernière époque.

Il en sera parlé plus longuement dans une note en cours d'impression au Bulletin de la Société Géologique de France sous le titre de :

Emile BUGE et Georges LECOINTRE: Une association biologique (Symbiose) entre un Bryozoaire et un Pagure dans le Quaternaire du Rio de Oro (Sahara Espagnol). A cette occasion, les Auteurs passent en revue les cas de symbiose analogues déjà connus à diverses époques et en divers lieux.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BLANCHOT, A. (1956): *Les formations récentes de Mauritanie occ.^{le}* «Bull. Dir. fédér. Mines et Géologie (Dakar)», n.º 20.
- (2) COTTREAU, JEAN (1925): *Les Rotuloidea du Pliocène marocain et leurs descendants.* «Ann. de Paléontol.», t. XII.
- (3) DOLLFUS, G. F. (1911): *Etude des fossiles recueillis par N. FONT y SAGUÉ au Rio de Oro.* «B. S. G. F.» (4) XI, pp. 218-238; 4 figures.
- (4) — — *Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal.* «Mém. S. G. F.», t. XVIII, fascicules 3-4, Mém. n.º 44.
- (5) ELOUARD, PIERRE (1959): *Etude géologique et hydrogéologique des Formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la Vallée du Sénégal (Thèse).* «Mém. du Bureau des Recherches géologiques et minières» No 7 (1962).
- (6) FONT y SAGUÉ (1911): *Les formations géologiques du Rio de Oro (Sahara occidental).* «B. S. G. F.» (4) XI, pp. 212-217, 1 figure.
- (7) HERNÁNDEZ-PACHECO, F. et ALIA MEDINA, M. (1949): *El Sahara español.* «Estudios Africanos».
- (8) JOLEAUD (1907): *Note sur quelques dents de Poissons fossiles du Rio de Oro.* «B. S. G. F.» (4), VII, p. 514.
- (9) LAMBERT, JULES (1906): *Description des Echinides fossiles de la Province de Barcelone-Appendice: genre Hemiheliopsis.* «M. S. G. F.» Pal. XIV, fig. 2-3.
- (10) LAMBERT, JULES (1928): *Revisión des Echinides fossiles de la Catalogne.* II^o partie, appendice p. 43, Pl. VIII, fig. 6. Mém. del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona. Série géologique vol. I, n.º 2.
- (11) LECOINTRE, G. (1952): *Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Côte atlantique du Maroc.* 2 vol. «Mémoires du Sery: géol. du Maroc», n.º 99.
- (12) — — (En collaboration avec F. HERNÁNDEZ-PACHECOI (1962): *Sur la géologie de la presqu'île de Villacisneros Rio de Oro.* «C. R. Ac. Sc.», t. 254, p. 1121.
- (13) MONOD, TH. (1945): *La structure du Sahara atlantique.* Travaux de l'Institut des Recherches sahariennes III.
- (14) QUIROGA (1886): *Apuntes de un viaje por el Sahara occidental.* «Anales Soc. esp. Hist. nat. XV 1886 et XVIII 1889.
- (15) ROMAN, J.: *Les Rotules du Sahara espagnol.* Note annexée à la présente.

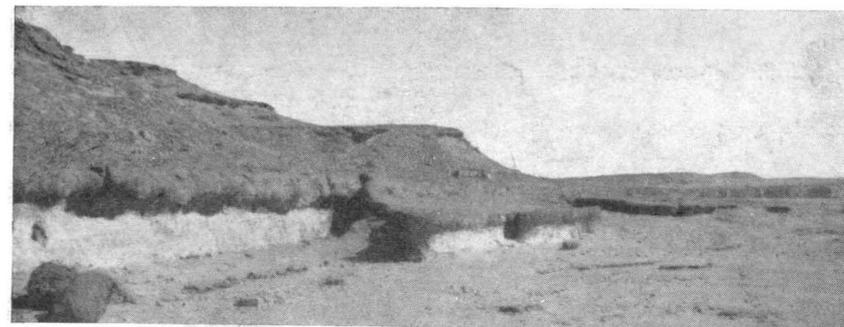


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

PLANCHE I

Fig. 1.—El Aajoun-Flanc Nord de la Seguiet el Hamra La couche à Melobesies.

Fig. 2.—Gara au Sud de Hassi Amtal.

Fig. 3.—La carrière d'Arcipres-couche 4 s. Au premier plan, bloc de grès à Mytilus, le trou rond vers les 2/3 du manche du marteau est une empreinte de *Trochatella trochiformis*.

Pl. II

PLANCHE II

Fig. 1 et 2.—*Arca (Senilia) senilis* Linné. Quaternaire récent, Hassi Amtal.

Fig. 3 et 4.—*Ostrea edulis* Linné (valve inférieure). Quaternaire récent, Hassi Amtal.

Fig. 5.—*Anomia aspera* Philippi. Quaternaire récent, Hassi Amtal.

Fig. 6.—*Trochatella trochiformis* Lamarck. Quaternaire ancien de Sidi bou Maleh (province de Tarfaya)-type aplati, collection Lecointre.

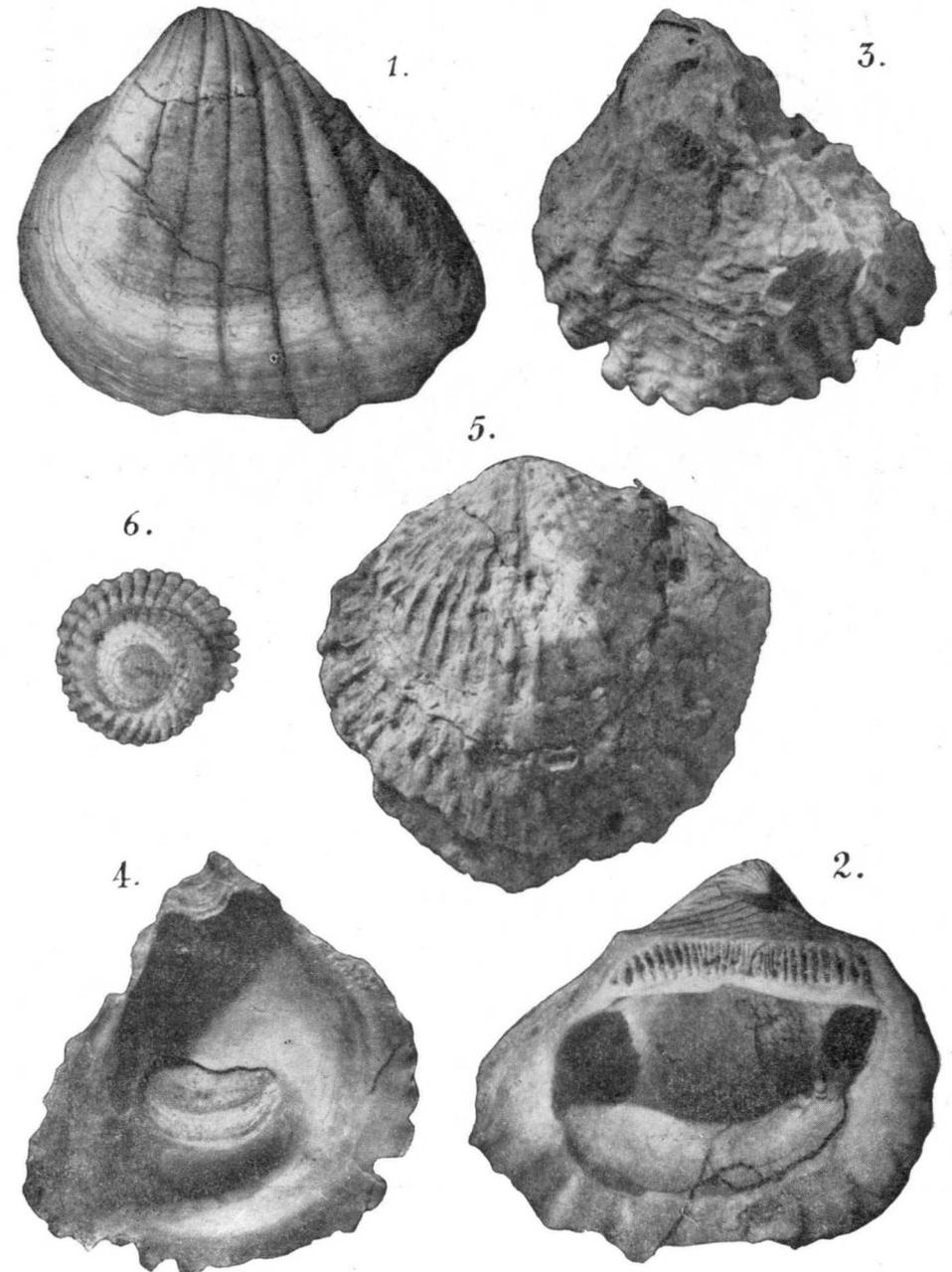


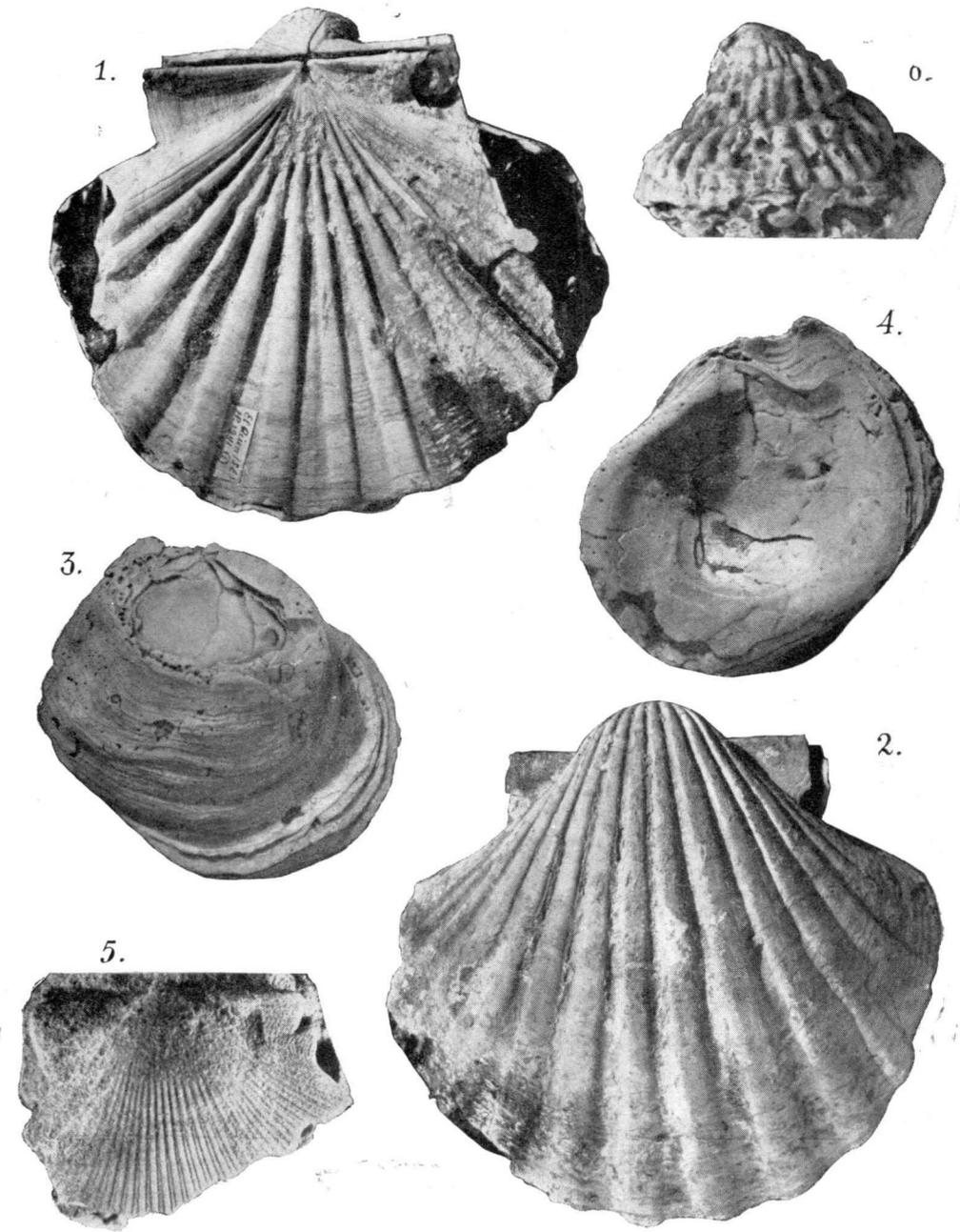
PLANCHE III

Fig. 1 et 2.—*Pecten benedictus* Lamarck. Exemple bivalve d'El Aâïoun. Pliocène collection F. Hernández-Pacheco.

Fig. 3 et 4.—*Ostrea edulis* Linné. Valve supérieure-Quaternaire récent de Hassi Amtal collection Lecoindre

Fig. 5.—*Chlamys excisa* Bronn var. *perstriatula* Sacco Pliocène «Plateforme costera» du Sahara espagnol collection F. Hernández-Pacheco.

Fig. 6.—*Trochatella trochiformis* Lamarck. Quaternaire récent (Anfatien) de Casablanca type élevé vu de profil.



371 + 500

JOAQUIN MULAS SANCHEZ
Catedrático del Instituto Jovellanos de Gijón

CONSIDERACIONES SOBRE CATORCE GRANITOS QUIMICAMENTE NO ERUPTIVOS

RESUMEN

A partir del análisis químico y otros datos de campo y microscopio relativo a catorce muestras de granitos, obtenidas en la zona media del Sistema Central, se hacen algunas consideraciones respecto al inútil cálculo de la Norma en ciertos casos y sobre la ampliación del campo eruptivo en el tetraedro de Nigli.

SUMMARY

Starting from the chemical analyses and other data of field and microscope, related to 14 samples of granite obtained in the intermedial zone of the Central System, some considerations are made about the worthlessness of calculating the Norme in certain cases, and about widening the eruptive field in Nigli's tetrahedron.

PREÁMBULO

Los granitos que se consideran en este trabajo están situados en la zona intermedia de las Sierras de Guadarrama y Gredos y pertenecen en su mayoría a las sierras menores comprendidas entre las dos principales del Sistema Central.

En cuanto a su situación principal, todas las muestras recogidas quedan dentro de la provincia de Avila, lindando un par de ellas con la de Madrid.

En el momento de su recogida fueron situadas con la mayor precisión posible sobre el mapa topográfico, admitiéndose un error de más o menos 50 metros en las coordenadas Lambert, que las afectan.

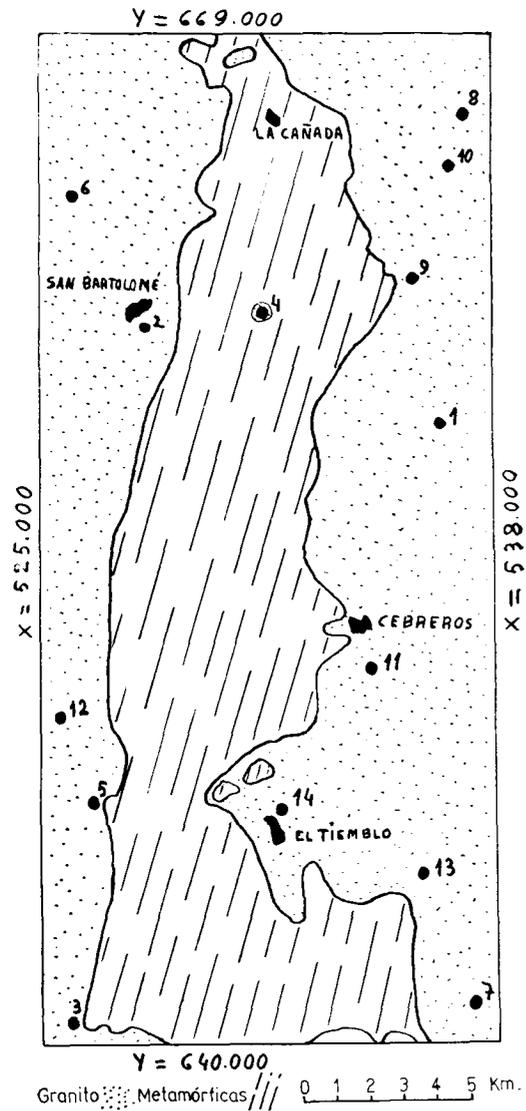
Todos estos granitos están bordeando una «escama metamórfica» de constitución néisico-micacítica. En relación con el «residuo metamórfico» las muestras recogidas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- a) Las obtenidas en pleno dominio granítico, aunque nunca a distancia superior de 4 kilómetros.
- b) Las obtenidas en contacto con néis.

- c) En contacto con micacitas.
- d) Aflorando dentro de las micacitas.
- e) Procedentes de diques graníticos dentro del granito.

A continuación expongo los datos y gráficos que he creído necesarios para el mejor entendimiento de las consideraciones que los siguen.

La disposición de los 14 granitos en el cuadro de datos sigue el orden creciente del valor $\frac{c}{fm}$.



Situación de las rocas analizadas.

1. Número de roca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2. Sitio	Valdespino. Rio Baceas	Las Cinco Fuentes San Bartolomé de Pinares	Valdehiruelas	Arroyo de la Zarzuela	Las Cruceas Embalse del rio Alberche	El Herradón	El Garnacho San Martin de Valdeiglesias	Fuente de Navaltejar Navalperal de Pinares	Arroyo Majalobos Navalperal de Pin.	Lanchalosera Navalperal de Pin.	Cebreros	Desembocadura del Gaznata en Alberche	Rio Alberche Pueblo Nuevo	El Tiemblo
3. X Lambert	536.000	527.750	525.800	530.500	525.900	526.300	538.500	537.250	535.475	536.325	533.850	526.150	535.300	531.400
4. Y Lambert	657.250	659.900	640.750	660.850	646.900	663.500	640.850	666.500	661.550	664.875	650.500	649.150	646.100	646.250
5. Datos especiales de campo	Dique de granito aplítico, en granito	Dique dentro del granito porfiróide dominante	Contacto gradual con neis miloaitico	Isla granítica entre micacitas	Contacto con micacitas	Cortado por pórfidos sieníticos	Pleno dominio granítico	Pleno dominio granítico	Contacto con el neis	Dominio granítico Diques de cuarzo	Granito con muchas venas ácidas desplazadas	Dominio granítico	Contacto con micacitas	Tránsito a Neis
6. Grano	Fino	Fino	medio	Medio a fino y porfidico	grueso	medio	grueso	medio a grueso	medio	medio a grueso	medio. Porfiróide	grueso	medio a grueso	medio algo neisico
7. Datos especiales de microscopio	Milonitización. Sericita. Clorita	Pegmatitas y mirmequitas. No hay Biotita	Caolinización y sericitización intensa	Débiles restos de Biotita	Signos de zizaya Algún granate	Pertitas, Mirmequitas, Alguna microclina	Microclina en lugar de Ortosa. Hornblenda	Débil alteración de Biotita en Clor. y Ep.	Fuerte caolinización y sericitiz.	Mirmequitas de Ortosa y Biotita	Clorita. Epidota. Sericitización	—	Microclina y Ortosa Algo de Hornblenda	Microclina en lugar de Ortosa Mirmequitas
8. Clasificación mineralógica	Clorítico-moscovítico	Clorítico-moscovítico	Biotítico-sericítico	Moscovítico Clorítico	Biotítico-sericítico	Biotítico	Biotítico-microclínico	Cuarzo-feldespático	Biotítico (sericítico)	Biotítico (sericítico-clorítico)	Biotítico-clorítico	Dos micas	Biotítico-Hornblenda	Biotítico
9. Agua de composición	0,98	0,64	0,9	0,7	0,64	0,48	0,61	0,61	0,75	0,5	1,3	0,46	0,4	0,7
10. Magnetita	—	2,0	1,4	1,8	3,6	1,5	1,7	0,8 ; Hm = 1,5	—	—	—	0,5	0,7	0,2
11. Anfíbol	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	0,5	—	—	3,4 (Wo ₂ En H _y)	—
12. Moscovita	25,8	8,7	24,8	6,2	13,6	14	14,7	6,6	—	—	3,4 Ep = 1,1	21,3	—	23
13. Clorita	3,6	1,3	—	1,9	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—
14. Biotita	—	—	2,8	—	3,4	4,6	7	0,6	5,2	—	7,5	4,7	4,3	6,1
15. Plagioclasa	21,9	31,35	17	32,2	27,6	25,4	41	41,2	27,8	31,5	43,5	32,2	40	42,5
16. % de Anortita	4	14	4	17	44	25	28	16	24	39	24	32	30	47
17. Ortosa	12	25	12,5	30,8	12,2	23	13,2	22,6	6,8	16,5	22,8	11	28,3	2,7
18. Cuarzo	36	31,5	40,3	26,8	39,2	30,4	22,2	26,4	32	32,4	21,5	31,4	23	25,4
19. Observaciones	Caolín no calculado	Notable en Ortosa	Ap = 1,4. Caolín no calculado	Abundancia de Or	Notable en Ca y Fe	Caolín no calculado	Caolín no calculado	—	Poca Ortosa. Caolín no calculado	Biotita visible no calculada	Clorita y moscovita visibles no calculadas	Bi visible pero no calculada. Caolín	Notable Ortosa	Poco feldespeto potásico Caolín no calculado
20. Clasificación C. I. P. W.	I. 4. 1. 2.	I. 4. 1. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 2.1. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 2-1. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 5. 2. 2.	I. 4. 2. 2.	I. 4. 5. 2. 2.	I. 4. 2. 2.
22. $\frac{c}{fm}$	0,8	1,4	0,9	1,4	1,4	1,1	0,8	1,3	0,7	0,7	1,3	0,7	1,3	0,4
21. $\frac{al-alk}{aik}$	0,15	0,26	0,35	0,35	0,37	0,4	0,43	0,44	0,45	0,6	0,74	0,75	0,81	1,2

CONSIDERACIONES

Al aplicar sobre los triángulos cortes del tetraedro de Nigli, los valores de al, alk y c/fm, calculados a partir de los por cientos en óxidos de los catorce granitos, me sorprendió que todos los puntos se salieran del campo eruptivo

Revisadas las láminas transparentes y hecho el cálculo de base y norma según el método de Nigli, en algunos granitos se observaron y calcularon minerales aluminosos, como sericita y clorita, lo que hacía explicables para ellos la extralimitación del campo eruptivo. A esos granitos con exceso de

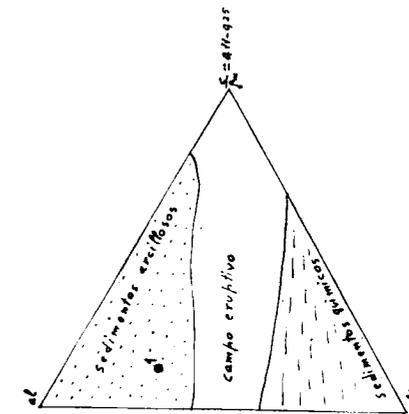


Fig. 1.

alúmina se los podía suponer dentro de un proceso de epigenia, de metamorfismo retrógrado o de simple alteración que les había conducido a zonas químicamente sedimentarias. Esa aparente anomalía podía ser explicada perfectamente de esa forma, pero ese mismo razonamiento no podía mantenerse en aquellos otros granitos donde no se observaban muestras de alteración, ni en la formación de la base aparecía «corindón». Esto me ha llevado a pensar que los campos eruptivos, delimitados en los triángulos de Nigli, fueron dibujados con criterios muy estrictos y que no sólo en los granitos que presento, sino también en otros de otras zonas, se los encontraría en el campo de los sedimentos arcillosos. O decidirse por colocarlas entre las metamórficas, por no cumplir las supuestas leyes que rigen la diferenciación y consolidación de los magmas.

También he de hacer resaltar que la visión microscópica de la roca no coincide y a veces se aparta mucho de la composición obtenida del cálculo de la norma. Si nos fijamos especialmente en los feldespatos visibles y los calculados químicamente, son muy diferentes los que se patentizan al mi-

croscopio que los que resultan del cálculo normativo. Esta disconformidad es explicable para aquellos granitos que han sufrido epigenia, pues lo que en descripción y cálculo microscópico decimos feldespato alterado, es muchas veces sericita y caolín pseudomórfico.

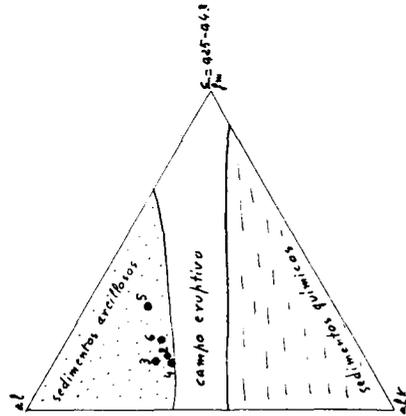


Fig. 2.

Por otra parte, en el cálculo de la norma nos encontramos muchas limitaciones. Aunque al decir esto no afirmo en lo esencial nada nuevo, es necesario recalcar ciertos aspectos que si se tienen en cuenta, en muchos casos se la debe desechar por inservible o causa de confusión.

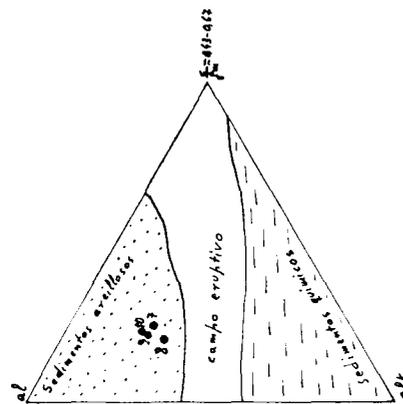


Fig. 3.

Caso A

Entre otros casos vamos a citar los siguientes:

En visión microscópica de una roca granítica se reconocen sobre feldspatos alterados, productos sericíticos y caolínicos tan sólo cualitativamente,

ya que desechamos la difícil posibilidad de hacer de estos minerales un cálculo cuantitativo y modal. Y, además, a partir de los análisis químicos y cálculo subsiguiente de la base de Nigli, encontramos que se puede formar «corindón».

Ambos datos están de acuerdo. Pero si ahora intentamos el cálculo de la norma por el método de Nigli, no sabemos de ningún criterio certero que nos guíe para distribuir el Al_2O_3 libre entre las moléculas de la mica potásica hidratada y el silicato aluminico hidratado.

Si decidimos por calcularlo todo como «moscovita», es evidente que utilizaremos determinada cantidad de kaliofilita que debe pertenecer a la Ortosa.

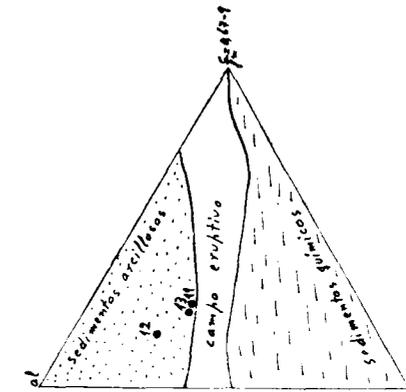


Fig. 4.

Si decidimos calcularlo todo como «caolín» también es evidente que la ortosa real aparecerá en exceso por emplear su su formación toda la kaliofilita.

Resulta pues, que tanto escojamos uno u otro criterio los resultados normativos serán falsos. Los porcentos de los minerales normativos ortosa, moscovita y caolín vendrán por exceso o por defecto.

Caso B

Si al caso A le añadimos la presencia de material clorítico en coexistencia con biotita, de los que tampoco puede hacerse el cálculo modal por la fina alteración de la primera sobre la segunda. Al seguir el método de Nigli que aconseja formar la clorita antes que los otros minerales «aluminosos»; resulta, que el «corindón» que lógicamente ha de repartirse entre todos ellos, lo utilizamos dando preferencia a su combinación con la fayalita y la forsterita, quedando en la mayor parte de los casos «absorbido» todo el si-

licato de hierro y magnesio, no pudiéndose, en consecuencia, formar biotita.

Aquí también son evidentes los siguientes errores:

1. La imposible formación de biotita normativa cuando ha sido claramente determinada al microscopio.
2. Consiguiente exceso de la clorita normativa sobre la real.
3. Cálculo normativo por defecto de caolín-sericita y exceso de ortosa.

Los dos casos se presentan con mucha frecuencia y respecto a ellos u otros parecidos opinamos que mientras no se tengan mayores conocimientos sobre las leyes que rigen las transformaciones o sea posible un fino cálculo modal previo sumamente detallado de los minerales integrantes de una roca, es preferible soslayar el cálculo normativo. En estos casos, los re-

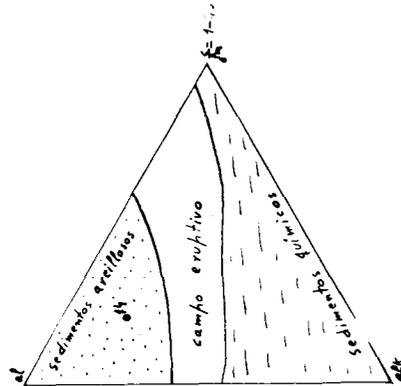


Fig. 5.

sultados que aparecen en la norma no nos añaden ningún conocimiento nuevo a los que poseíamos a partir de la visión microscópica, la tabla de porcentajes de óxidos, parámetros y gráficos derivados. Es más, como se ve de manera palpable en los casos citados, la pretensión de calcular la norma a «fortiori» conduce a resultados movedizos.

Suponemos que la composición actual de los presentes granitos viene derivada de dos o tres procesos superpuestos.

El primer proceso lo entendemos como el que produce la consolidación del granito primitivo. El segundo, las diferenciaciones en estado sólido a partir del primer granito. Y el tercero, las acciones por metamorfismo retrógrado o simplemente alteración sobre los granitos anteriores.

Al primer granito lo llamamos inicial; al segundo, diferenciado, y al tercero, retrógrado o alterado. El paso del inicial al diferenciado suele realizarse en líneas de rotura, siendo más fino y más ácido que el primitivo. El paso de los dos primeros al actual, es decir, al retrógrado o alterado, se realiza por aparición de minerales de menor gradiente térmico.

BIBLIOGRAFÍA

- BURRI, C.: *El cálculo del feldespato normalizado en el análisis petroquímico.*
 BURRI, C. UND NIGLI, P.: *Die jungen Eruptiv gistiene des mediterranen Orogen.*
 DENAEYER, M.: *Tableaux de Petrographie.*
 FÜSTER, J. M.: *Aplicación de los métodos de P. Nigli al cálculo de la composición mineralógica de las rocas graníticas.*
 GARCÍA DE FIGUEROLA, L. G.: *En torno a las teorías de los Granitos.*
 MULAS, J.: *Petrología de la zona de enlace Guadarrama-Gredos.*
 MULAS, J.: *Metamorfismo retrógrado.*
 NIGLI, P.: *Über Molekularnormen zur Gesteinberechnung.*
 NICHOLS, G. D.: *A Scheme for recalculating the Chemical analyses of argillaceous rock for comparative purposes.*
 ROMERO, J.: *Los criaderos del caolín.*
 SAN MIGUEL ARRIBAS, A.: *Representaciones gráficas petroquímicas.*
 SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: *Diccionario petrográfico. Rocas eruptivas.*
 SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: *Las clasificaciones modernas de las rocas eruptivas.*
 WINCHELL, A. N.: *Elements of Optical Mineralogy an introduction to Microscopic Petrography.*

Recibido el 11-2-63.

GAIZKA UGARTE URTIAGA (1)

BREVES NOTAS INTRODUCTORIAS AL CONOCIMIENTO DE LOS SUMIDEROS DEL HOYO DE GAZTERAN I Y II

RESUMEN

Los Hoyos de Gazterán I y II se hallan situados en el término municipal de San Pedro de Galdames, a unos 28 kilómetros de la industriosa ciudad de Bilbao, a una altura sobre el nivel del mar de unos 650 metros.

Las bocas de acceso a estas cavidades se abren en un polje de 500 metros por 200 metros de extensión, siendo estas cuevas las verdaderas zonas de conducción del agua que aún existe en poca escala en el exterior. A unos 400 metros del último punto explorado de la topografía hipógea, existe una resurgencia denominada de los *Molinos*, cuyas aguas son las mismas que las de la cueva, gracias a la coloración efectuada que nos confirma en nuestra tesis. Las cuevas se abren en el Complejo Urgoniano del Cretácico Inferior, con transiciones del Albiense Inferior al Wealdense marino. Altimétricamente la diferencia de nivel entre la boca de acceso y el punto final es de menos 269 metros. La morfología es la elástica y reconstructiva.

INTRODUCCIÓN

A continuación se expone brevemente un pequeño trabajo realizado con las observaciones entresacadas durante nuestras visitas a estas cavidades. La primera de las visitas fue efectuada el 13 de septiembre de 1960, en compañía de los hermanos Recacoeche, a la sazón propietarios de varias minas de hierro en las cercanías del Pico La Cruz, a quienes debemos el conocimiento de este fenómeno espeleológico. Posteriormente, y en los días 20 de septiembre, 6 y 20 de noviembre de 1960; 19 de marzo, 25 y 26 de noviembre y 17 de diciembre de 1961, fueron posibles reunir datos y conclusiones, que de un modo sucinto exponemos a continuación (1), (2), (8).

(1) Del *Grupo Espeleológico Vizcaíno «G. E. V.»*, de la Excma. Diputación de Vizcaya (Bilbao). Spain. P. O. Box 53.

Han colaborado en la confección de estas notas, así como tomado parte en las diferentes visitas, los señores miembros del Club de Montaña «Alegría», de Amorebieta (Vizcaya); el señor Ulibarri, perteneciente al excursionista «Manuel Iradier», de Vitoria, y los componentes del «G. E. V.» de la Excelentísima Diputación de Vizcaya, señores E. Nolte y Aramburu, E. Sojo, J. J. Arrate, Rafael Fernández, Francisco Guezuraga, J. A. Calleja y José Luis Serrano. A todos ellos nuestro más sincero agradecimiento.

SITUACIÓN

Los *Hoyos de Gazterán I y II*, se hallan emplazados en el término municipal de San Pedro de Galdames, a una distancia de la industriosa Bilbao de 28 kilómetros. Se desarrolla en la vertiente N. E. del Pico La Cruz (802 m.), a 650 metros de altitud sobre el nivel del mar, en el fondo de una dolina.

Sus coordenadas tomadas sobre la Hoja correspondiente del Mapa del Instituto Geog. y Cat. 1:50.000, son las siguientes: N. 43°, 15'. E. 0°, 36', 49".

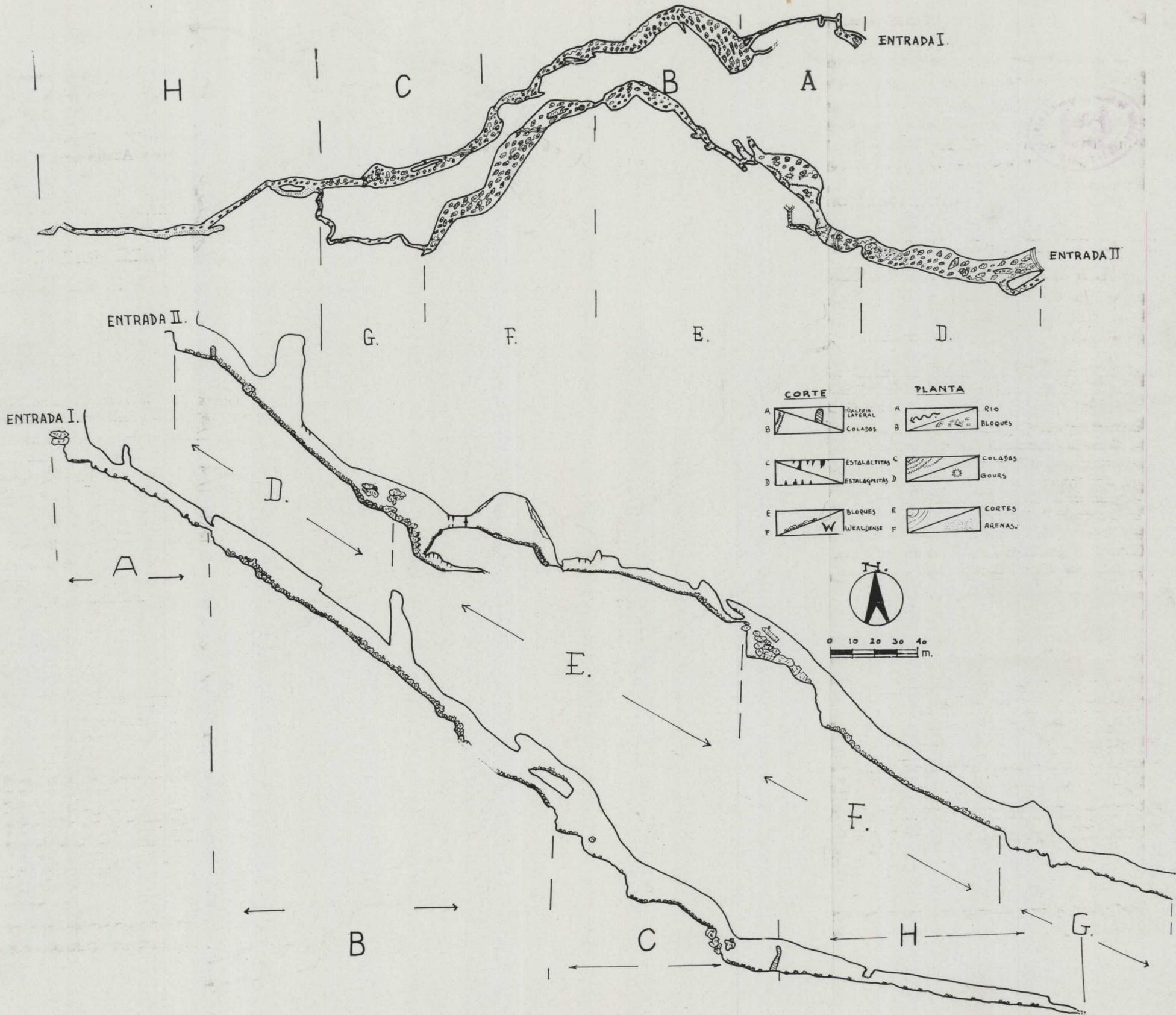
Pueden emplearse dos itinerarios diferentes para poder alcanzar su boca. El más corto es, disponiendo de un vehículo tipo «jeep», llegar hasta el pueblo de San Salvador del Valle. De allí, bien por funicular (utilizable igualmente para vehículos) o carretera, se asciende hasta el siguiente pueblo denominado La Reineta, centro minero de primera categoría, en cuanto a hierro se refiere, no sólo en la provincia de Vizcaya, sino en el ámbito nacional. Desde aquí se toma la carretera forestal que tras pasar el lugar denominado Peñas Negras, se asciende paulatinamente hasta el collado que forma el monte Gazterán (827 m.). De aquí, ya a pie, se pasa la Mina Elvira y rodeando la cumbre del monte Gazterán se llega a otro collado, formado por este último monte y la cumbre del Pico La Cruz.

A nuestra vista se abre una gran depresión en forma de cuenca cerrada, que tras descender, nos aproxima a las bocas de estos sumideros, distanciados por una centena de metros, pero que constituyen un solo fenómeno espeleológico como más tarde se verá.

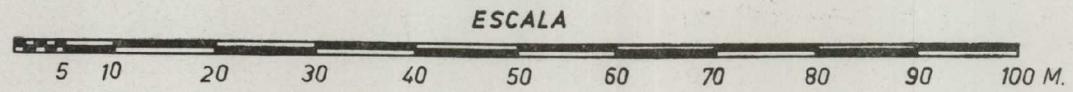
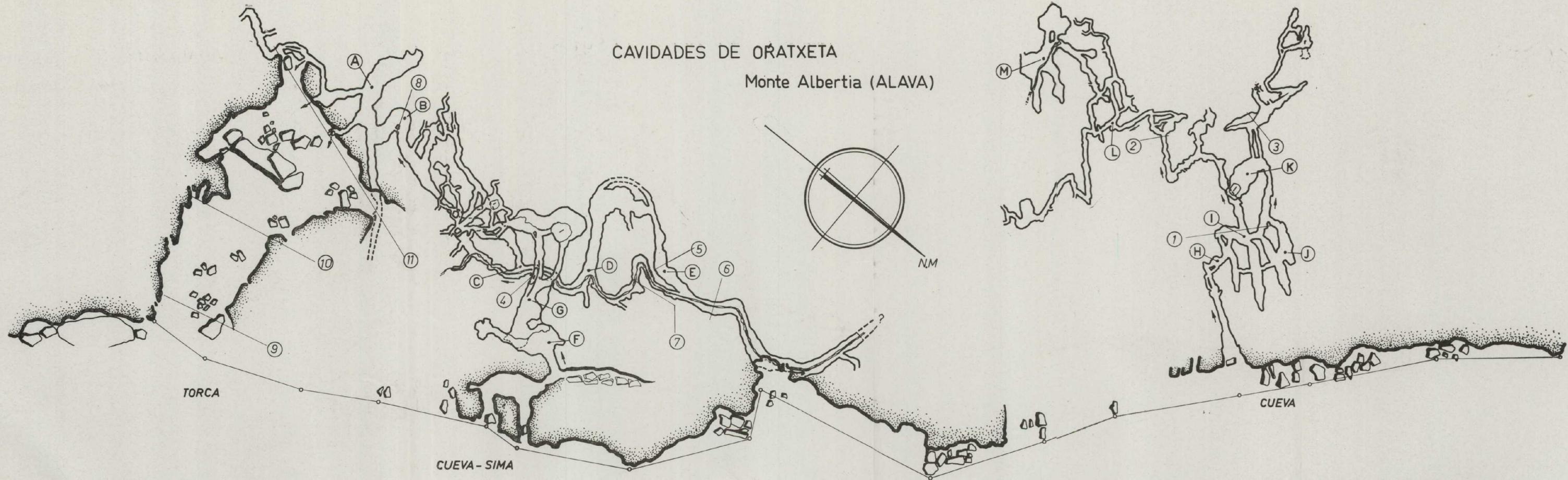
El segundo itinerario, seguido casi siempre por los no motorizados, es partir desde el pueblo de San Pedro de Galdames, remontando a pie la vertiente SW. del Pico La Cruz, de laderas muy empinadas, hasta llegar a la Mina Europa, para continuar en franco ascenso bordeando el Pico La Cruz por su cara opuesta al itinerario número uno, y finalmente llegar a las bocas ya mencionadas. En este último recorrido se tarda aproximadamente una hora y veinte minutos.

CUEVAS

La constitución geológica de esta zona y alrededores es tan óptima para el desarrollo de cavidades, que una labor de prospección realizada por aque-

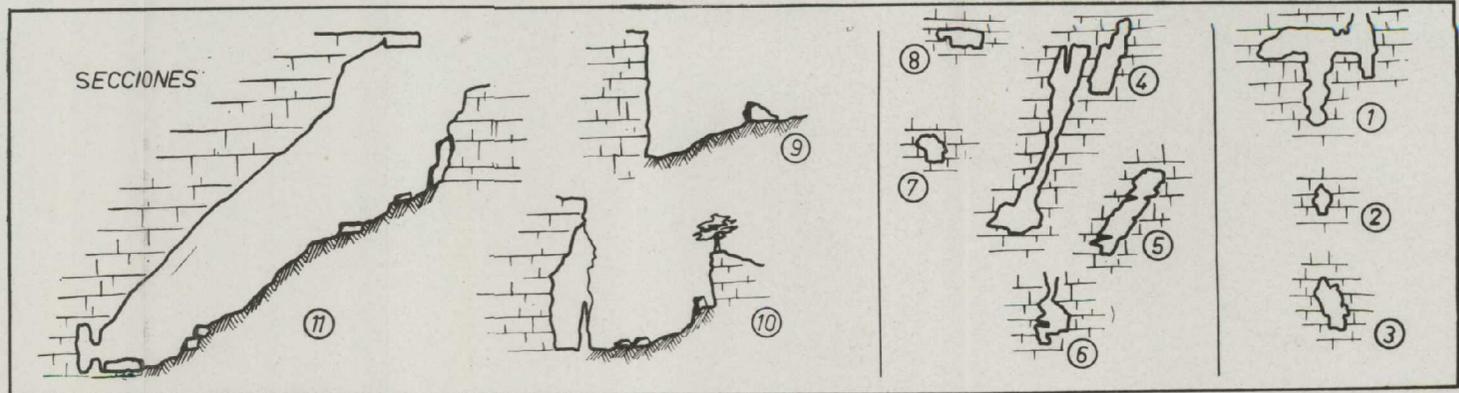


CAVIDADES DE ORATXETA
Monte Albertia (ALAVA)



TOPOGRAFIA

A.Llanos - J.A.Agorreta - M.N.Urrutia - A.Eraso - J.Fariña - J.Arboza - L.Perez



Los días en que visitábamos los *Hoyos de Gazterán I y II*, nos dio como resultado el hallazgo de varias decenas de ellas, algunas de las cuales vamos a continuación a reseñarlas de una manera sucinta a fin de que no se pierdan para la bibliografía espeleológica. La situación de ellas, puede seguirse fácilmente por el gráfico adjunto al texto (fig. 1). Los allí marcados con los números 501 y 502 son las cuevas objeto de estas líneas.

Sima de Artekona (VI-84). Se halla no lejos del Barrio de Ledo a unos 420 metros sobre el nivel del mar. Los naturales le llaman también *Cueva del Humo*, porque de su boca sale de vez en cuando una columna de aire condensado. Tiene una primera vertical de 18 metros y luego otra que alcanza una profundidad de 85 metros. En su fondo se abren galerías, algunas de ellas artificiales, de las minas de hierro cercanas (9).

Coordenadas: N-43°, 15', 45"; E-0°, 35', 30" del 1:50.000.

Sima de la Glaja (VI-250). Situada a unos 100 metros al W. de la *Sima de Artekona*, a su misma altura. Su boca se halla completamente enmascarada por la frondosa vegetación que por allí crece. Se abre cerca del Barrio de Ledo y en el monte denominado Elvira (9).

Cueva de los Telares (VI-251). Situada en la cara S. del Pico La Cruz y no lejos de la cima y del Barrio de Ledo. En su interior han debido efectuar un registro en busca de mineral de hierro (9).

Cueva de los Carabos (VI-252). Situada por debajo de la anterior y a corta distancia. No debe ser de gran importancia (9).

Cueva la Comandanta (VI-253). Situada igualmente en la falda del Pico La Cruz y cerca del Barrio de Ledo. Es denominada igualmente *Cueva de los zorros* (9).

Sima de las Torquillas (VI-254). Se halla situada en el barranco que separa el Pico La Cruz con el monte Elvira, dando vista a San Pedro de Galdames. Profundidad 5 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 22"; E-0°, 36', 00" del 1:50.000 (9).

Cueva de los Cuervos (VI-255). Situada en la barranca que se abre entre el Pico La Cruz y el Barrio de Ledo. Se aprecia perfectamente desde lejos, la gran altura de su boca, de unos 50 metros, compuesta por una enorme diaclasa. Su anchura es de unos 5 metros. En su boca y en la pared derecha se abre una sima de unos 23 metros. La cueva tiene una longitud de unos 100 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 19"; E-0°, 35', 53" del 1:50.000 (9).

Cueva de Arañaga (VI-275). Se halla al comienzo del barranco que divide el Pico de La Cruz del Barrio de Ledo y no lejos, por tanto, del propio San Pedro de Galdames. La cueva está formada por cuatro bocas que en conjunto hacen un amplio arco. Por ninguna de las cuatro se puede penetrar muchos metros, pues se hallan fosilizadas totalmente. En la última de las bocas se abre una sima de unos 20 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 20"; E-0°, 35', 40" del 1:50.000 (9).

Cueva de las Torquillas (VI-276). Se halla a poca distancia por debajo de la *Sima de las Torquillas* (VI-254). Tiene una longitud de unos 28 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 21" E-0°, 34', 54" del 1:50.000 (9).

Cueva del Telar II (VI-495). Se halla en la cara S. del Pico La Cruz, a pocos metros de la Mina Europa. En la actualidad dicha cueva se halla con puerta y sirve de almacén de los útiles de la mina. Tiene una longitud de unos 15 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 16" E-0°, 36', 30" del 1:25.000.

Cueva del Telar III (VI-496). Se halla no lejos de la anterior y por debajo

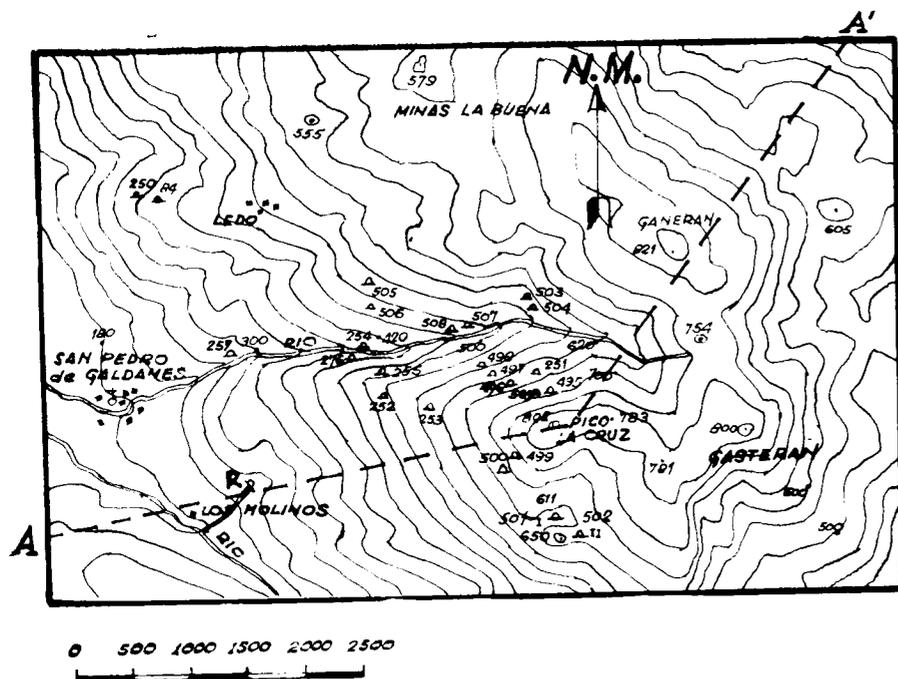


Fig. 1.

del último puesto de la línea de baldes que lleva el mineral de la Mina a San Pedro de Galdames. Es de reducidas dimensiones. Coordenadas: N-43°, 15', 15" E-0°, 36', 29" del 1:25.000.

Cueva del Telar IV (VI-497). A pocos metros de la anterior, carece de interés. Coordenadas: N-43°, 15', 13" E-0°, 36', 31" del 1:25.000.

Cueva del Telar V (VI-498). Al lado de las anteriores. Tiene boca de muy reducidas dimensiones. Cara S. del Pico La Cruz. Coordenadas: N-43°, 15', 12" E-0°, 36', 24" del 1:25.000.

Sima del Pico La Cruz I (VI-499). Se halla en el camino que conduce de la Mina Europa a los *Hoyos de Gazterán I y II*, bordeando el Pico La Cruz por su cara SE. Tiene una boca de 0,30 por 0,40 metros y una profundidad de 8 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 8" E-0°, 36', 45" del 1:25.000.

Sima del Pico La Cruz II (VI-500). Se halla a poca distancia al E. de la anterior. Desde aquí el Monte Eretza se halla a 130'. Tiene una profundidad de 30 metros. Coordenadas: N-43°, 15', 8" E-0°, 36', 46" del 1:25.000.

Cueva de la Golondrina I (VI-503). El encargado de la Mina Europa, don Hilario, como le llaman todos, nos indicó, al igual que las anteriores, el emplazamiento de esta nueva cueva. Se halla en la falda S. del Pico La Huela, situado al W. y al otro lado del barranco, que forma el Pico La Cruz (Vid. situación de esta cueva y anteriores en fig. 1). Coordenadas: N-43°, 15', 24" E-0° 36' 24" del 1:25.000.

Cuevas de la Golondrina II (VI-504). No lejos de la anterior y en la falda sur del Pico La Huela. Coordenadas: N-43°, 15', 24" E-0°, 36', 25" del 1:25.000.

Cueva del Salce (VI-505). Se halla no lejos del Barrio de Salce, en la falda SW. del Pico La Huela. Coordenadas: N-43°, 15', 28" E-0°, 36', 15" del 1:25.000.

Cueva del Prado de Manolín (VI-506). Se halla al E. de la anterior, a unos diez minutos de andadura, en la falda SW. del Pico La Huela. Coordenadas: N-43°, 15', 26" E-0°, 36', 23" del 1:25.000.

Cueva de la Barranca de Arañaga I (VI-507). Se abre en la falda S. del Pico de La Huela (589 m.) y a unos 100 metros de altura sobre la barranca de Arañaga. Dicho monte es el borde de un gran anticlinal, asentándose la cueva entre estratos buzando hacia el S. Coordenadas: N-43°, 15', 33" E-0°, 36', 36" del 1:25.000.

Cueva de la Barranca de Arañaga II (VI-508). Se halla a unos 25 metros por debajo de la anterior, igualmente abierto en un plano de estratificación. Coordenadas: N-43°, 15', 31" E-0°, 36', 36,5" del 1:25.000.

Sima Europa (VI-569). Se halla situada en la cara NW. del Pico La Cruz y a una veintena de metros de la Mina Telares. Hallándose practicando una galería artificial para dar con un veta de campanil, apareció a los 94 metros de recorrido un gran boquerón, tratándose de una caverna natural subterránea. Dicha cavidad se halla constituida por varias simas parciales, siendo en definitiva la diferencia altimétrica con relación a la boca de acceso de 73 metros. Los procesos clásticos y reconstructivos, son la morfología dominante de esta sima. En su interior, procedente de las filtraciones, existe un pozo de regulares dimensiones. Se recogieron en su interior restos de huesos, pertenecientes a una marta, sin duda caído allí por alguna de las fisuras abiertas al exterior. Coordenadas: N-43°, 15', 16" E-0°, 36', 30" del 1:25.000.

GEOLOGIA

Los *Hoyos de Gazterán I y II* se abren en los estratos del Complejo Urganiano que se extiende por la provincia de Vizcaya, llegando hasta el pue-

blo de Ochandiano, por el E. y hasta el límite con la provincia de Santander, por el W.

Para su mejor comprensión vamos a remitirnos al corte geológico de la figura 2 (A-A').

- 1) Flysch de pizarras micáceas negras del Albiense Inferior.
- 2) Calizas arrecifales del Aptiense Superior-Inferior, con fósiles observados tanto en el exterior como interior de la cavidad, que forman el lentejón urgoniano ferruginoso de esta zona.
- 3) Margas de arenisca roja del Wealdense marino, de la serie terrígena Infra urgoniana.

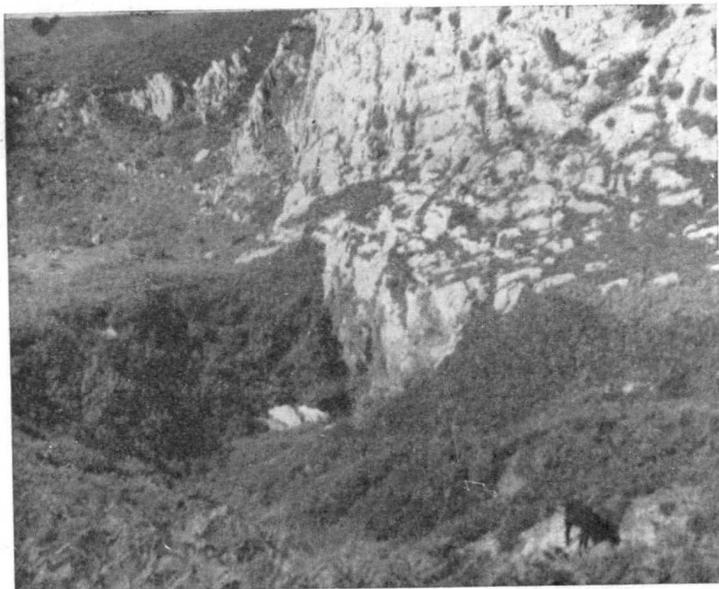


Foto 1.

El buzamiento de los estratos es de unos 30°, siendo su dirección NE-SW. Las diaclasas llevan una dirección E-W, que forman el desarrollo de la cavidad (12) y (11).

ESPELEOGRAFÍA Y ESPELEOMORFOLOGÍA (Hoyo Gazterán I)

Se abre la cavidad en un hundimiento, midiendo unos 30 metros de diámetro por 13 metros de profundidad (fot. núm. 1). Su boca se halla situada sobre la pared W con una caída de unos 12 metros de desnivel entre bloques graviclásticos (6) (fot. núm. 2).

Tramo A

Se desciende sobre un conducto hídrico cuya anchura es de un metro, formado por erosión gravitacional con vestigios de marmitas conjugadas en las paredes, apreciándose sobre el suelo cantos areniscos y calizos, de tipo alóctono y autóctono, respectivamente.

Las paredes presentan una capa finísima de *terra rossa*. A mitad de recorrido de este tramo existe una chimenea que se halla colmatada, uniéndose a una dolina, que en los días de pluviosidad, destila agua. Llegando al final de este segmento la galería se bifurca; por la derecha discurre el río precipitándose posteriormente por medio de una cascada de 6 metros en el Tramo B.

A fin de evitar el agua, se sigue por la galería de la izquierda constituida por un suelo seco de 5 metros de longitud, terminando en un corte de 5 metros de desnivel, de fácil descenso por medio de escalas.

Las dimensiones totales de este tramo A son: longitud, 70 metros por 1, 2 metros de ancho y de 1 a 7 metros de alto.

Tramo B

Esta galería está constituida por una morfología típica de procesos quimioclásticos (5) con grandes y pequeños bloques descalcificados, con una carencia de fenómenos erosivos en la bóveda de forma parabólica.

El río sigue su descenso por la derecha apoyándose sobre un banco de margas rojas del Wealdense. Por su lado opuesto, entre los bloques se aprecia un conjunto de aglomerado, algunas estalagmitas de caudal y coladas sobre los bloques, así como estalactitas mixtas (7).

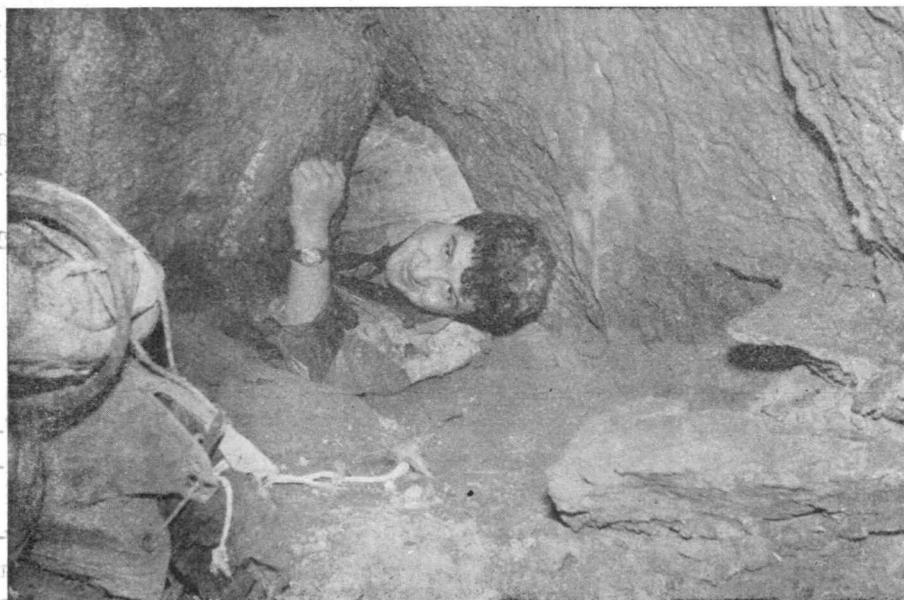
Continuando con gran precaución por entre los bloques semimovibles, nos encontramos con una chimenea, cubierta sus paredes con coladas y estalactitas de caudal. En el lado derecho, una vez pasada la chimenea, se abre una pequeña galería con bloques clásticos y abundante *terra rossa*, donde se capturó un quiróptero (Vid. apartado fauna), dando a la galería principal de nuevo.

Desde aquí hasta el final del tramo B, se estrecha la galería considerablemente, continuando los bloques clásticos, así como estando cubiertas las paredes y techos con coladas y algunas estalactitas mixtas y de caudal.

Por encima de esta galería se halla otra superior que comunica posteriormente con la del tramo C. Se halla repleta de bloques, ocultos con mantos de arcilla. Las dimensiones totales del tramo B son: longitud 155 metros, con anchuras de 12 metros, al comienzo, 6 metros al centro y 2 metros al final, siendo su altura de 10 metros a 5 metros.

Tramo C.

Comienza con una cascada de 10 metros de desnivel, que es salvada mediante escala. Continúan en la base y pared las margas areniscosas rojizas del Wealdense. Al pie de la cascada sale la galería superior, de la cual hablamos en el tramo anterior.



Siguiendo con la progresión río abajo, entre bloques y cantos rodados se llega a un corte de 5 metros que, salvados, da al mismo río. Continuando río abajo se presenta un nuevo corte de unos 9 metros de desnivel que, vencidos, se sigue por el río con los bloques consiguientes.

En la parte derecha se divisa una galería muerta casi fosilizada por la *terra rossa* y piedras, que va a parar a la galería principal. Se avanza por el río hasta que desaparece por entre unos bloques quimioclásticos, haciendo nosotros lo mismo para llegar al siguiente tramo, después de haber previamente progresado por la galería con un ligero desnivel.

A mano izquierda nos encontramos con una galería que lleva una corriente de agua procedente, como luego se pudo comprobar, de la otra boca del *Hoyo de Gasterán II*.

Tramo D (*Hoyo de Gasterán II*)

Este tramo está compuesto por la otra boca, situada a unos 120 metros de distancia del *Hoyo de Gasterán I*, cuya galería se unirá más tarde saliendo al tramo H como ya reseñaremos.

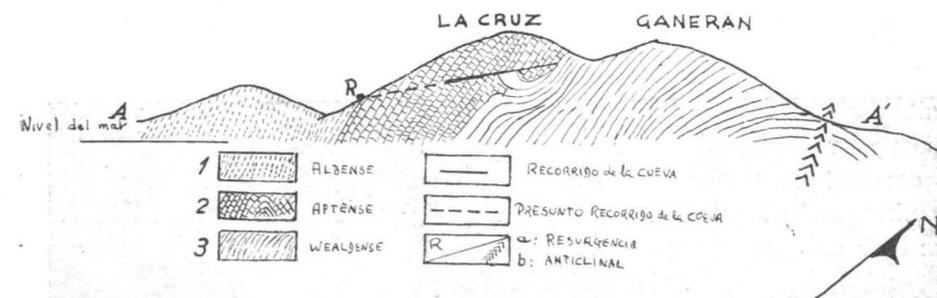


Fig. 2.

Igualmente como la anterior, su boca se abre en un hundimiento midiendo 10 metros de diámetro por 11 metros de profundidad. La boca propiamente dicha tiene 10 metros de ancho por 12 metros de alto, siendo su suelo irregular, con bloques clásticos, hallándose un paso lateral por donde discurre el río, y por donde se realiza el acceso a este antro, cuya galería está formada por cantos rodados con morfología gravitacional.

La galería desciende paulatinamente, formada siempre toda ella por bloques graviclásticos, hasta dar con una chimenea, que dejándola atrás, nos encontramos con bellas muestras de estalactitas de caudal.

Descendiendo un poco más, observamos en una de las paredes terrazas colgadas formadas por aglomerados con cantos y demás detritus, que nos habla de las diferentes épocas de senilidad y rejuvenecimiento de la corriente hipohídrica. Entre los bloques presentes, puede darse a la base del río fácilmente, apreciándose en la pared derecha margas rojas del Wealdense.

Las medidas totales de este tramo son: Longitud 83 metros. Anchura 10 metros, con alturas que fluctúan entre los 5 y 12 metros.

Tramo E

Por entre bloques cementados con coladas litogénicas se reanuda el descenso, observándose algunas estalagmitas de caudal. Se llega al río y sobre éste se camina unos 50 metros, apreciándose en los techos varios fenómenos reconstructivos de poca importancia. La galería se estrecha ostensible-

mente, hasta cegarse completamente, debido a los bloques y sedimentos arcillosos.

En vista de la impenetrabilidad de esta galería se opta por volver los pasos hasta hallarnos de nuevo con el río en la galería principal.

Desde este punto se asciende una fuerte colada litogénica que cubre probables bloques, apreciándose en su cúspide, estalactitas climáticas y una columna estalactítica fracturada (vid. plano), debido a movimientos de subsidencia, estando en vías de una pronta cementación (4).

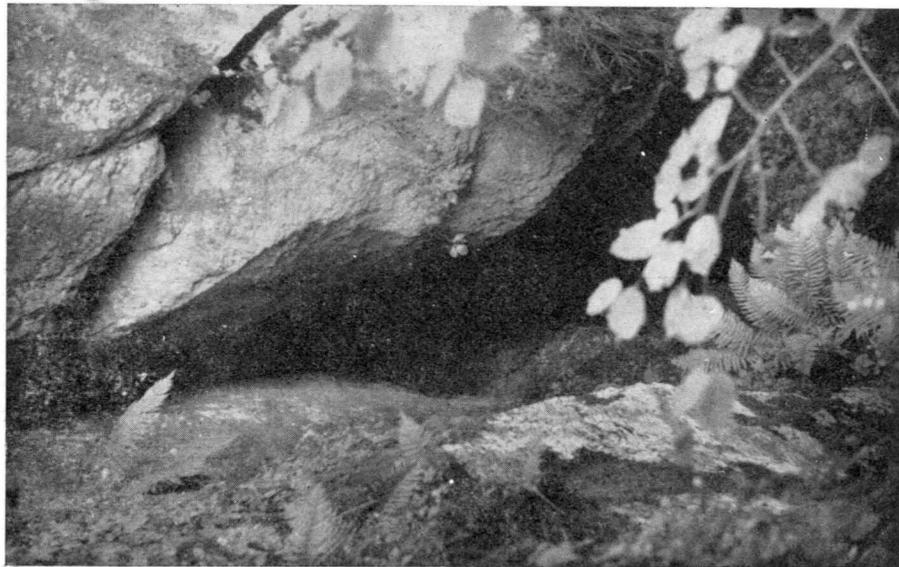


Fig. 3.

Dejando a un lado esta zona nos hallamos con una sala, que contiene varios gouris secos, dando paso a otra sala con grandes procesos reconstructivos y profusión de coladas parietales, observándose en esta sala la colmatación hídrica de los gouris presentes.

Una vez más, en este lugar podemos seguir a las margas rojizas del Wealdense.

Descendiendo entre bloques cementados por coladas se llega a una estrechísima gatera de 0,25 metros de alto por 1 metro de largo y 0,50 metros de ancho (fot. núm. 3), que sólo es utilizada por la corriente hipohídrica en la época invernal. Tras franquearla se llega a una galería cuyo suelo se encuentra cubierto por cantos rodados. Durante el recorrido pueden ser dado a observar estalactitas de caudal y coladas siempre situadas en la pared derecha, condicionadas al buzamiento de los estratos.

La galería continúa, condicionada a un estrato clarísimo, presentando siempre el suelo bloques y cantos rodados. En sus cercanías se capturó un quiróptero (vid. apartado fauna).

Un poco más allá, nos encontramos de nuevo con una gatera de 4 metros de larga por 0,30 metros de ancha y 0,40 metros de alta.

Las dimensiones totales de este tramo E son las siguientes: Longitud, 142 metros. Anchura oscila entre 3, 9 y 18 metros, y altura de unos 5 metros.

Tramo F

La morfología típica de este tramo es la clástica; por doquier pueden hallarse bloques desprendidos de los techos y paredes, formando grandes acúmulos de piedras de tipo quimioclástico.

Continuando el descenso sobre bloques de gran tamaño, cubiertos por estalagmitas de caudal, se llega a un corte del terreno de unos 20 metros de desnivel que salvados con escalas, se da de nuevo al thalweg vivo del río.

Siguiendo por entre los bloques, se llega al final del tramo, constituido por grandes coladas parietales. Por la pared izquierda y apoyada en ella desciende un riachuelo, que se une al que traemos.

Las dimensiones totales de este tramo son: Longitud 145 metros. Anchura 10 metros. Altura 15 metros.

Tramo G

En todo su recorrido la galería adopta una morfología de erosión gravitacional (3), discurriendo por ella el río, formándose dos pozos a ciertos intervalos.

El suelo se halla colmatado por cantos rodados, y las paredes hacia la mitad del recorrido contienen mantos y coladas. La galería casi se vuelve a cerrar a causa de una colada, que apenas si deja paso a una persona.

Logrado el progreso, a través de ella la galería se ensancha ligeramente, adoptando una forma meandriforme hasta dar con la galería principal del Hoyo de Gazterán I (vid. plano).

Longitud total 85 metros. Altura 10 metros. Anchura de 1 a 5 metros

Tramo H

Unidas ya las dos galerías del Hoyo de Gazterán I y II, reseñaremos ahora la única galería existente hasta dar con el final de la cavidad.

Descendiendo por ella, veremos a mano izquierda una pequeña galería colmatada enteramente de arena de procedencia alóctona. Continuando el descenso sobre el río apreciamos sobre la pared izquierda grandes cantidades de arcillas sedimentarias, de aspecto terroso, arena y otras materias vegetales procedentes del exterior. El aspecto de esta galería es mucho más juvenil, de formas erosivas suaves, que nos indican que en grandes crecidas del agua, esta zona queda anegada completamente.

Las dimensiones totales son 151 metros de longitud; 1 a 3 metros de ancho y una altura de 1 a 12 metros.

Altimétricamente la diferencia de nivel entre la boca de acceso a los Hoyos de Gazterán y el punto final explorado es de 269 metros.

HIDROLOGÍA

A) Zona de absorción

Debemos de mencionar que las bocas de acceso a los fenómenos denominados *Hoyo de Gazterán I y II* se abren en una cuenca cerrada de unos 500 por 200 metros de extensión. En épocas pretéritas, dicha cuenca se hallaba anegada de agua. Actualmente sólo quedan restos exigüos por lo que a corrientes de agua se refiere, por cuanto sólo existe un pequeño riachuelo, que a través de la espesa vegetación desaparece.

B) Zona de conducción

A través de dichas bocas, el agua de la cuenca escapa en profundidad, siendo las galerías actuales la zona de conducción. A lo largo del recorrido, se unen otros pequeños aportes hidricos, que todos ellos unidos desaparecen más tarde en el último punto explorado de la cavidad.

C) Zona de emisión

Existe a unos 400 metros de distancia del último punto explorado de la topografía hipógea una resurgencia denominada de los *Molinos* (vid. fig. 1), cuyas aguas son las mismas que se introducen por las bocas actuales de la cavidad, habida cuenta que en nuestras coloraciones a base de fluoresceína, la resurgencia tomó la clásica tonalidad verduzca.

ESPELEOGÉNESIS

Dado que esta cavidad se halla actualmente viva, es fácil observar que la captación de las aguas por la cueva se vio favorecida en primer lugar por la diaclasación y por el contacto de las margas rojas del Wealdense con el lentejón arrecifal del Aptense inferior.

La erosión de la cavidad comienza a través de conductos de morfología juvenil de tipo gravitacional (*Gravitationsgang s Kyrle*), apreciándose claramente en las paredes las clásicas marmitas conjugadas, especialmente en el tramo A.

Comienza posteriormente el proceso clástico, con grandes desprendimientos en las paredes y techos, aprovechando la intersección de la diaclasa principal con los planos de estratificación, especialmente en los niveles geológicos arriba mencionados, siendo el proceso principal el quimioclástico, sin olvidar, bien es verdad, el glyptoclástico observable especialmente en la terminación del tramo B.

Aparece posteriormente el proceso reconstructivo, tendiendo a una fosilización de la cavidad en las partes altas como es lógico, representadas especialmente en el tramo B-E, donde existen coladas estalagmíticas muy acusadas especialmente entre los bloques, apreciándose igualmente muestras de gours secos y activos (10).

ESPELEOMETEOROLOGÍA

El resultado de las pocas observaciones termodinámicas llevadas a cabo en esta exploración son las siguientes:

Hoyo de Gazterán I, Fecha: 20-XI-1960

Tramo	Temperatura		Hora	
	Aire	Agua		
A	Entrada	4,5°	9,5°	20 h.
	tirada 2	6°	9°	20,25 h.
	tirada 10	7,5°	9,1°	
	tirada 13	9,8°	9,2°	
B	tirada 18	10,4°	10°	21,05 h.
	tirada 22	10,6°	10,2°	21,15 h.
	tirada 28	11°	10,2°	
C	tirada 36	11°	10,5°	21,50 h.
	tirada 41	11°	10,5°	
II	tirada 48	11,2°	10,8°	22,45 h.
	Fin galería	11,8°	11,3°	23,40 h.

Hoyo de Gasterán II. Fecha: 17-XII-1961

Tramo	Temperatura		Hora	OBSERVACIONES
	Aire	Agua		
D	9,5°	} No hay rfo visible	19 h.	Lugar con depósito de aglomerados.
E	11,5°		19,35 h.	Existen gours.
	10°		20,05 h.	Galería con corriente intermitente.
F	10°		20,30 h.	Caos de bloques.
G	10,5°	11°	21,10 h.	Existen coladas.

Algunos de los tramos han quedado subdivididos en tiradas, que lamentamos no estén inscritos en el plano por motivos de claridad.

FAUNA

En la mitad del recorrido del tramo B, del *Hoyo de Gasterán I*, se capturó un quiróptero: *Rhinolophus ferrum-equinum* ♀, conteniendo dos hembras de *Nycteribia biarticulata*.

En el *Hoyo de Gasterán II* y casi finalizado el tramo E, se capturó otro *Rhinolophus ferrum-eq.* ♀, conteniendo dos machos y dos hembras de *Nyct. biart.*

Debemos agradecer por medio de estas líneas a nuestro querido amigo el profesor Enrique Balcells por haber llevado a cabo la clasificación.

Grupo Espeleológico Vizcaíno
Excma. Diputación de Vizcaya

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ACHA, CLEMENTE: Diario de la noche, «*El Hierro*». Día 8 de enero de 1963. Bilbao.
- (2) CALLE, J. M.: Diario de la mañana, «*Marcas*». Día 26 de enero de 1962. Madrid.
- (3) Grupo Espeleológico Vizcaíno: *Memoria de la Asamblea Regional de Espeleología*. Carranza, 1958. Editada por la Excma. Diputación de Vizcaya. Año 1959. Bilbao.
- (4) LLOPIS LIADÓ, N.: *Sobre fenómenos de subsidencia y solifluxión en las cavernas*. «*Speleon*». (T. II, núm. 4, pp. 217-224. Año 1951. Oviedo.
- (5) MONTORIOL POUS, J.: *Los procesos clásticos hipógeos*. «*Rass. Sp. Italiana*», anno III, fasc. 4, pp. 119-129, 6 figs. 10 fotos. Año 1961. Como.
- (6) MONTORIOL POUS, J.: *Resultado de nuevas observaciones sobre los procesos clásticos hipógeos*. «*Rass. Sp. Sp. Italiana*», fasc. VI, año 1964. Como.
- (7) MONTORIOL POUS, J. y THOMAS CASAJUANA, J. M.: *Sobre la abundancia relativa en las formaciones hipógeas de estalactitas y estalagmitas, con algunas considera-*

ciones sobre la morfología de los mismos. «*Urania*», núm. 235, pp. 1-8, 3 figs. año 1953. Tarragona.

(8) MUÑOYERRO, J. L.: Diario de la mañana, «*La Gaceta del Norte*». Día 1-12-60; 5-3-61 y 23-12-61. Bilbao.

(9) NOLTE y ARAMBURU, E.: *Catálogo de fenómenos espeleológicos de la provincia de Vizcaya*. «*Speleon*», t. XI, enero-diciembre, núms. 1, 2, 3, 4. Año 1960. Oviedo.

(10) NOLTE y ARAMBURU, E.: *Breve aportación al conocimiento del apcrato kárstico de Itxina (Macizo de Gorbea), por medio de sus fenómenos espeleológicos*. NOTAS Y COMUNICACIONES. Inst. Geológ. y Minero de España, número 65, año 1962. pp. 87-106. Madrid.

(11) RAT. P.: *Les Pays crétées basco-cantabriques (Espagne)*. «*Thèse Fac. Sc. Dijon et Publ. Univ. Dijon*». T. XVIII, 525 pp., 68 figs., 9 Pl. dont une carte géol. au 200.000^e. Année 1959. Dijon.

(12) RÍOS, JOSÉ MARÍA: *Estudio geológico de la zona de Criaderos de hierro de Vizcaya y Santander* (Temas Profesionales). «*Dirección Gral. de Minas y Combustibles*», número 9, año 1948. Madrid.

5771-1-1-1-1-1

ADOLFO ERASO

SOBRE LA INFLUENCIA DE LOS «IONES» DE VALENCIA. MÚLTIPLE EN EL CAVERNAMIENTO

RESUMEN

Cuando el agua meteórica incide sobre algunos carbonatos de cationes polivalentes (Fe CO_3 , Mn CO_3 , Co CO_3), además de la consabida corrosión, ocurre la oxidación del metal a un estado de valencia superior.

Como consecuencia de esta oxidación ocurre un exacerbamiento de la corrosión particularmente intenso.

La explicación de este fenómeno, principalmente, constituye el objeto de estas líneas.

RÉSUMÉ

Quand l'eau météorique survient sur quelques carbonates de cations polyvalents (Fe CO_3 , Mn CO_3 , Co CO_3), outre de la corrosion précitée, le métal s'oxyde dans un état de valence supérieur.

En conséquence de cette oxydation, la corrosion souffre une exacerbation particulièrement intensive.

Ces lignes sont dues principalement à l'explication de ce phénomène.

SUMMARY

When meteoric water falls in with some carbonates of polyvalent cations (Fe CO_3 , Mn CO_3 , Co CO_3), besides the already known corrosion, the metal is oxidated in a higher valency.

Consequently from this oxidation, the corrosion exacerbates intensely.

This lines are due to the explanation of this development.

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn das Regenwasser auf einige Karbonaten mit polyvalenzierte Kationen fällt (FeCO_3 , MnCO_3 , CoCO_3), wird die Metalloxydierung zu einem höherem Valenzstand hervorgerufen.

Diesen Oxydierung ruft eine sehr starkes Korrosion hervor.

Diese Phenomän wird in diese Zeilen besprochen.

1. INTRODUCCIÓN

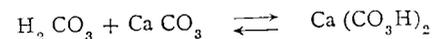
Al hablar aquí de *cavernamiento*, nos referimos exclusivamente a las reacciones químicas responsables de la *corrosión* en las rocas carbonatadas, haciendo abstracción de la *erosión mecánica*, a pesar de que ella normalmente sea la principal causante de las pérdidas de volumen inherentes a la instalación de un Karst (CHEVALIER).

No es ningún secreto que cuando disminuye el caudal de un aporte hídrico responsable de determinada morfología kárstica, se evidencian las formas de *corrosión* con detrimento de las de *erosión* pura (MAUCCI) (MONTORIOL) por pérdida de energía cinética; aunque en el caso contrario, parece que no debiéramos nunca despreciar la *corrosión*, ya que formas que eran consideradas de erosión como la *cavitación* (vagues d'erosion) (RENAULT), parecen necesitar para formarse un cierto poder de *disolución* en el régimen de agua generador (CORBEL).

Se admite que el poder corrosivo del agua sobre las rocas carbonatadas, se debe a poseer ésta cierto contenido en anhídrido carbónico de manera que adquiera carácter ácido por combinación:



y esta solución débilmente ácida ataca la roca carbonatada (normalmente caliza disolviéndola, formando una solución de Bicarbonato cálcico ($\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$):



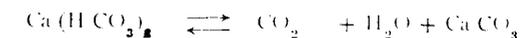
arrastrando consigo los residuos insolubles.

El origen del CO_2 disuelto en el agua de lluvia se debe a captar ésta en su trayecto por la atmósfera, una cierta porción del ya existente en el aire (su valor es de 0,03 por 100 (TROMBE)).

La potencialidad corrosiva del agua crece en función del contenido de H_2CO_3 en ausencia de otras sales disueltas, y su mecanismo específico se halla bien estudiado (TILLMANS), por lo que pasaremos por alto. (BAUER) ha estudiado la corrosión del agua de lluvia sobre los lapiaces de Dachstein, encontrando valores del orden de algunos miligramos por metro cuadrado y por año de caliza disuelta.

El fenómeno inverso de *Litogénesis*, es una consecuencia del mismo equilibrio, y ocurre cuando a partir de la solución de Bicarbonato, se se-

para una cierta porción de CO_2 , depositándose su equivalente en CaCO_3 .



la forma de las estalactitas y estalagmitas es función del caudal de degoteo y de la presión parcial del CO_2 en la atmósfera subterránea (ERASO).

Resumiendo, *para que haya corrosión, hace falta la presencia de agua y de anhídrido carbónico y al ocurrir ésta, se disuelve una molécula de caliza por cada molécula de anhídrido carbónico que interviene*. Hacemos aquí abstracción de la corrosión derivada del cambio de fase (condensación del vapor de agua y fusión del hielo) (TROMBE) por salirse del objeto perseguido.

Veamos ahora cómo se exagera la corrosión al intervenir en el cavernamiento otros carbonatos, especialmente de cationes polivalentes

2. OBSERVACIONES

a) Las cavidades de Oratzeta, sobre el monte Albertia, en Alava, se enclavan en un estrato calizo de carácter lagunar de vergencia SW, equiparable por su forma a las lentillas urgonianas en el sentido que entiende RAT. La potencia máxima de este estrato, intercalado entre bancos de arenisca de mayor espesor, viene a ser de unos 30 metros, con la particularidad de existir cerca de su techo una hilada de siderita (FeCO_3) de 0,30 a 0,50 metros de potencia.

El karst aquí instalado, se compone de dos cavidades independientes, cueva y cueva-sima, generadas por un mismo río subterráneo, siendo el conjunto penetrable en casi dos kilómetros de laberíntico recorrido.

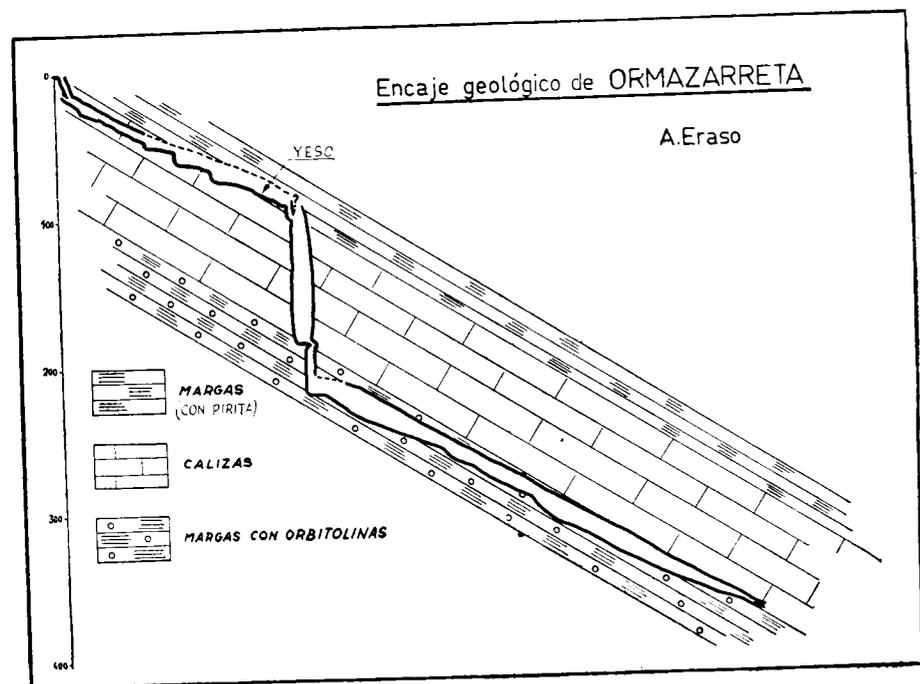
El cavernamiento ha interesado también al estrato de siderita, y en el río aparecen sedimentos rojizos particularmente intensos en algunos puntos, sobre los que se han realizado análisis, encontrándose que se trata de limonita ($(\text{OH})_3\text{Fe}$), que como veremos se halla genéticamente ligada al cavernamiento de la siderita.

Destaca como detalle altamente significativo en la morfología de estas cavidades, el extraordinario desarrollo del fenómeno de la corrosión, que resulta exagerado al compararlas con otras de la región.

Por su elevado desarrollo, ambas cavidades presentan varias comunicaciones con el exterior, por lo que están sujetas a circulaciones de aire que tienden a desbaratar la normal acumulación del CO_2 en profundidad; no obstante, los análisis de agua efectuados indican poseer ésta un elevado poder corrosivo conforme con la morfología observada, y las consideraciones sobre la presión parcial de anhídrido carbónico en el aire, dedu-

cidas de la escasa morfología litogénica existente (ERASO), demuestran ser anormalmente elevadas.

En resumen, pese a la gran aireación reinante en ambas cavidades, nos hallamos ante una cierta causa que condiciona un acúmulo exagerado del CO_2 en ellas, lo que está de acuerdo con la profusa morfología corrosiva encontrada.



Lamina II

b) Durante la expedición del año 1959 a la sima Ormazarreta, en la Sierra de Aralar, encontramos que la cavidad se instala en un paquete de calizas de neta vergencia monoclinai hacia el S., intercaladas entre dos estratos margosos, esquistoso el que sirve de techo, y cuajado de orbitaciones pequeñas el de la base, de tal manera que su encaje geológico es el siguiente:

I de 0 a -- 85 m.	Calizas (con rudistos)
II de 85 a -- 103 m.	Margas esquistosas oscuras
III de 103 a -- 187 m.	Calizas (con rudistos)
IV de 187 a -- 365 m.	Margas con orbitolinas
V de 365 a -- 372.5 m.	Calizas (con rudistos)

el tramo II de -- 85 a -- 103 m., se trata de la única porción de la cavidad por la que no circula actualmente la corriente de agua existente, y su mor-

fología es la del típico meandro encajonado, caracterizándose este tramo por la suma inestabilidad de las paredes (Ormazarreta = lugar de paredes viejas). Las margas oscuras de la roca de caja, presentan un acusado cuarteamiento, estando todos los intersticios rellenos de yeso.

En principio se pensó que se trataba de un estrato de margas yesíferas, pero al tratar de efectuar la correlación estratigráfica con el texto de LAMARE, comprobamos con sorpresa que el susodicho autor no citaba la presencia de yeso en los estratos donde se instalaba la cavidad.

Tras posteriores conversaciones con RUIZ DE GAONA, comprobamos la ausencia de yeso en Aralar, fuera del *Keuper* de las proximidades de Le-cumberri.

Más adelante el hallazgo de nódulos de pirita en las muestras recogidas de las margas esquistosas, nos indujo a pensar en la posibilidad de que el citado yeso se formase como resultado de la oxidación de la pirita, gracias al concurso del agua kárstica, según un mecanismo bastante admitido.

3. INTERPRETACIÓN

A) Bases.

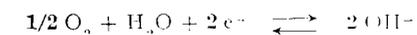
Si suponemos que el agua de lluvia en su recorrido por la atmósfera se carga de una cierta porción del CO_2 existente en el aire, comprenderemos enseguida la razón de su carácter ácido:



de manera que al incidir sobre un macizo calcáreo (Ca CO_3) su poder de disolución es mucho más alto que si se tratase de agua pura, ocasionando de esta manera morfologías más acusadas; ya que la solubilidad de los carbonatos aumenta exponencialmente con la disminución del pH!

Esto, que no es nada nuevo, ya que se trata del conocido fenómeno de la corrosión, es responsable de gran número de formas típicas kársticas, según sean las condiciones específicas de cada caso.

Si además suponemos que parte del O_2 del aire atmosférico es también arrastrado por el agua de lluvia, entonces, el agua es capaz de oxidar en una cierta porción cuyo valor cuantitativo vendrá dado por las condiciones del medio y su potencial normal del semiproceso que podemos representar así:



y aplicando la ley de los potenciales de NERST, tenemos:

$$E = E_0 - \frac{0,05}{2} \log \frac{[OH^-]^2}{[H_2O] [O_2]^{1/2}}$$

ecuación que por definición de pH y para el caso de soluciones de oxígeno

RELACION POTENCIAL-pH DE LA FUNCION
 $E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$
CORRESPONDIENTE AL SEMIPROCESO
 $\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons 2 OH^-$

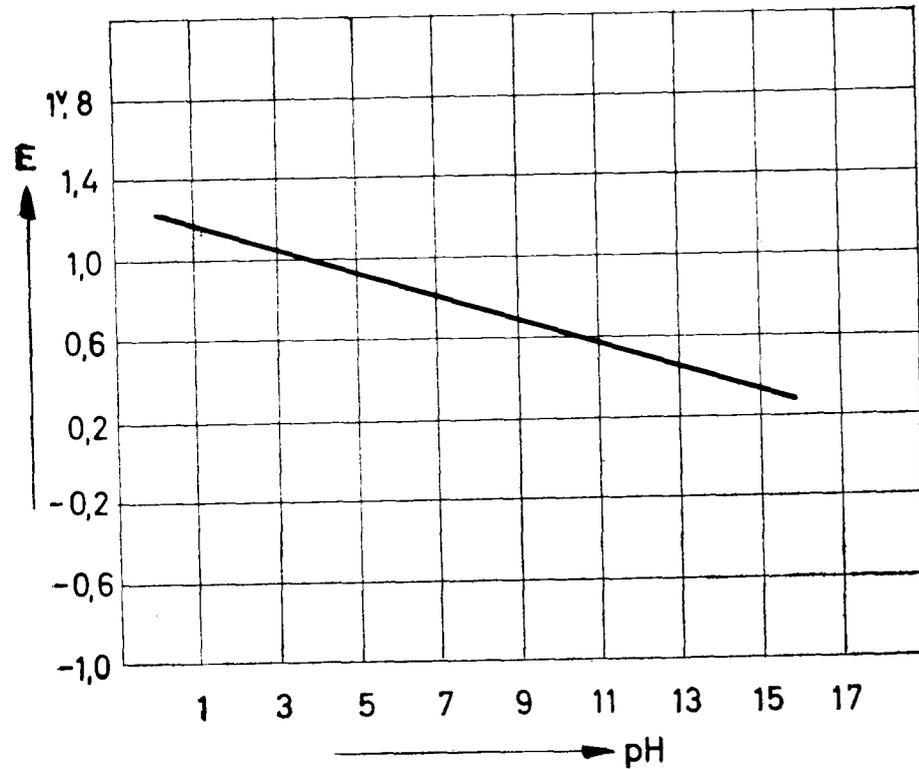


Fig. 1

a presión atmosférica, se convierte en:

$$E = E_0 - 0,06 \text{ pH}$$

y como su potencial normal E_0 es igual a 1,23 voltios, queda:

$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH (voltios)}$$

que define cuantitativamente el poder de oxidación del oxígeno disuelto en el agua y nos sirve de base para nuevos cálculos.

B) *La siderita y limonita de Oratxeta.*

Como quiera que el estrato de siderita existente en las calizas de Oratxe-

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL HIERRO

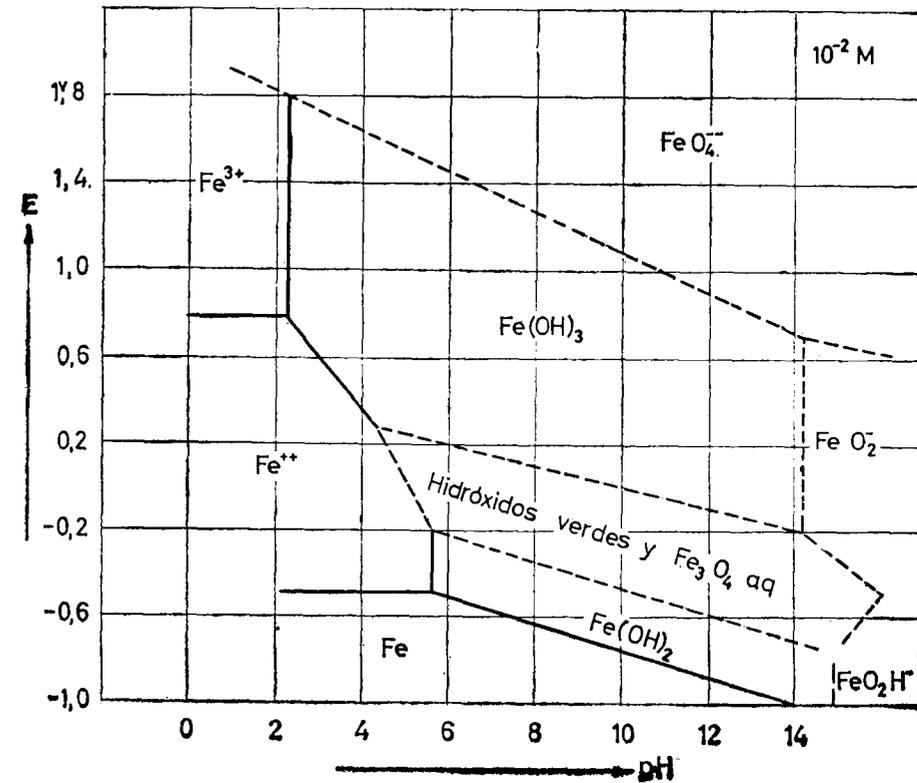
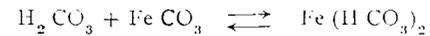


Fig. 2

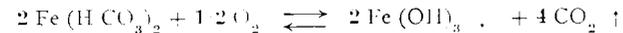
ta, es una roca carbonatada, y la solubilidad de los carbonatos aumentó fuertemente con la acidez del medio, es evidente que al actuar el agua sobre ella, el $FeCO_3$ se someterá al mismo proceso que la caliza en una cuantía tal que vendrá definida por las diferentes solubilidades de los $CaCO_3$ para el pH en el que el fenómeno se desarrolle.

Así pues, se formará bicarbonato ferroso, a expensas del ácido carbónico existente en el agua, según el equilibrio:

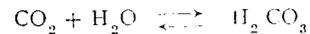


Hasta aquí, el comportamiento del hierro ferroso (Fe^{++}) de la siderita es paralelo al calcio (Ca^{++}) de la caliza: ahora bien, como el hierro tiene varios estados de valencia y el agua lleva en su seno oxígeno disuelto, ocurre que éste oxida al ión ferroso hasta un estado de valencia superior (ión férrico Fe^{+++}), porque el potencial del semiproceso corresponde al oxígeno disuelto en el agua, para el rango de pH corriente en las cavernas (de 4,5 a 8,5), corresponde a la región de estabilidad del estado hierro férrico (Fe^{+++}) fig. 2).

De esta suerte, el bicarbonato ferroso no es estable en presencia del oxígeno (en medio acuoso), ocurriendo el proceso siguiente:



que se halla fuertemente desplazado a la derecha, favorecido por la precipitación de Limonita ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) a la fase sólida, de un color marrón rojizo, y subsiguiente liberación de anhídrido carbónico, el cual pasará en parte a la atmósfera de la caverna o bien quedará en el agua, aumentando la acidez de la misma:



según sea la presión parcial del CO_2 (P_{CO_2}) en el aire donde ocurran los fenómenos citados.

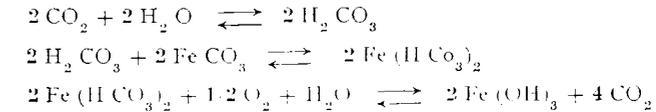
Así pues, los sedimentos limoníticos de Orátxeta existentes en el río subterráneo, son una consecuencia de haber sufrido la siderita de la roca madre un cavernamiento por corrosión, y ulterior oxidación del hierro ferroso a férrico por la acción del oxígeno disuelto.

Favorece extraordinariamente el fenómeno, el hecho de ser más insoluble el hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) que el ferroso ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), circunstancia que hace desaparecer de la fase acuosa según se va formando el hierro férrico, lo que favorece la oxidación de la forma reducida (Fe^{++}) de acuerdo con el principio de LE CHATELIER.

Pero todas estas interdependencias de los potenciales de cada semiproceso en función del pH, vgr: exaltación o disminución del potencial por hidrólisis, según mayor o menor solubilidad de uno u otro estado de valencia, están ya incluidas cuantitativamente en las gráficas adjuntas, por lo que no insistiremos demasiado en los detalles.

No obstante, y a los efectos perseguidos, conviene prestar especial aten-

ción en la corrosión y oxidación de la siderita al balance de moléculas de anhídrido carbónico (CO_2) consumidas o liberadas a lo largo de dicho proceso:



y encontramos que la oxidación libera el doble número de moléculas de CO_2 , que las que fueron consumidas durante la corrosión.

Y si el CO_2 , claro está, en medio acuoso, es el responsable de la corrosión, nos hallamos ante un caso de exacerbación de la misma, como consecuencia del fenómeno de oxidación descrito, que hace pasar al catión del carbonato a un estado superior de valencia.

Esto explica en Orátxeta, la acusadísima morfología de corrosión existente, la ausencia de litogénesis y el elevado valor de P_{CO_2} en el aire de la caverna, a pesar de la aireación existente que normalmente tiende a nivelar con el exterior la composición del aire subterráneo.

Un pequeño inciso para señalar que el depósito de limonita es más rápido que el de la calcita, ya que hemos visto en Katerloch Höhle (Austria) que todas las estalactitas y las columnas presentan una tonalidad rojiza intensa (limonita), en contraste con la inmaculada blancura de las estalagmitas.

La importancia de la exacerbación de la corrosión observada mediante la reacción en cadena de liberación de CO_2 , nos hace pensar si otros carbonatos de iones polivalentes existentes en la naturaleza son capaces o no de provocarla.

La oxidación supone una transmisión de electrones (e^-), cedidos por el reductor y captados por el oxidante, de manera que el primero adopta un superior estado de valencia, mientras que el otro desciende a uno inferior. En el caso de los carbonatos de cationes polivalentes, la oxidación de éstos después del paso a la fase acuosa por la corrosión, se hace semejante a una combustión, por la subsecuente liberación de CO_2 .

Vamos ahora a considerar si otros carbonatos de cationes polivalentes existentes en la naturaleza son susceptibles de sufrir el proceso descrito para la siderita, exacerbando la corrosión tan importante para el cavernamiento.

Los principales carbonatos existentes en la naturaleza, son los de la serie calcita-dolomita-aragonito, todos ellos anhidros:

*Serie de la calcita
(trigonal)*

Calcita	Ca CO ₂
Magnesita	Mg CO ₃
Smithsonita	Zn CO ₃
Siderita	Fe CO ₃
Diálognita	Mn CO ₃
Esferocobaltita	Co CO ₃
Dolomita	Ca Mg (CO ₃) ₂

*Serie del aragonito
(rómico)*

Aragonito	Ca CO ₃
Witherita	Ba CO ₃
Estroncianita	Sr CO ₃
Cerusita	Pb CO ₃
Alstonita	Ca Ba (CO ₃) ₂
Tarnowizita	Ca Pb (CO ₃) ₂

pero eliminando los de cationes con un solo estado de valencia, es decir, no susceptibles de oxidarse, presentan interés para nosotros solamente:

Siderita	Fe CO ₃
Diálognita	Mn CO ₃
Esferocobaltita	Co CO ₃
Cerusita	Pb CO ₃

prescindimos de considerar los carbonatos mixtos, aunque algún catión tenga valencia múltiple, por entender que las propiedades cualitativas en cuestión se conservan aunque difieran las cuantitativas.

De los otros grupos de carbonatos naturales, nos podrían interesar los de cobre, azurita y malaquita, pero dado que en ello el cobre (Cu) no es oxidable, por estar en su valencia máxima (Cu⁺⁺), carecen de interés; y otros carbonatos exóticos (zaratita, stichtita, etc.), por su poca abundancia prescindimos de considerar.

Puesto que la siderita ya ha sido estudiada, vamos a ocuparnos ahora de los otros carbonatos, haciéndolos sufrir teóricamente la corrosión normal en el cavernamiento y la oxidación ulterior por el oxígeno disuelto en el agua meteórica.

Los productos de solubilidad de cada uno de los carbonatos en cuestión son:

Fe CO ₃	Ps = 10 ^{-10.3} mol/l
Mn CO ₃	Ps = 10 ^{-10.1} »
Co CO ₃	Ps = 10 ^{-12.0} »
Pb CO ₃	Ps = 10 ^{-12.8} »

mientras que para el carbonato de calcio Ca CO₃ su valor es Ps = 10^{-8.3}

mol/l, y podemos establecer, por consiguiente, un gradiente de solubilidades de más a menos expresado así:

- Ca CO₃
- Mn CO₃
- Fe CO₃
- Co CO₃
- Pb CO₃

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL MANGANESO

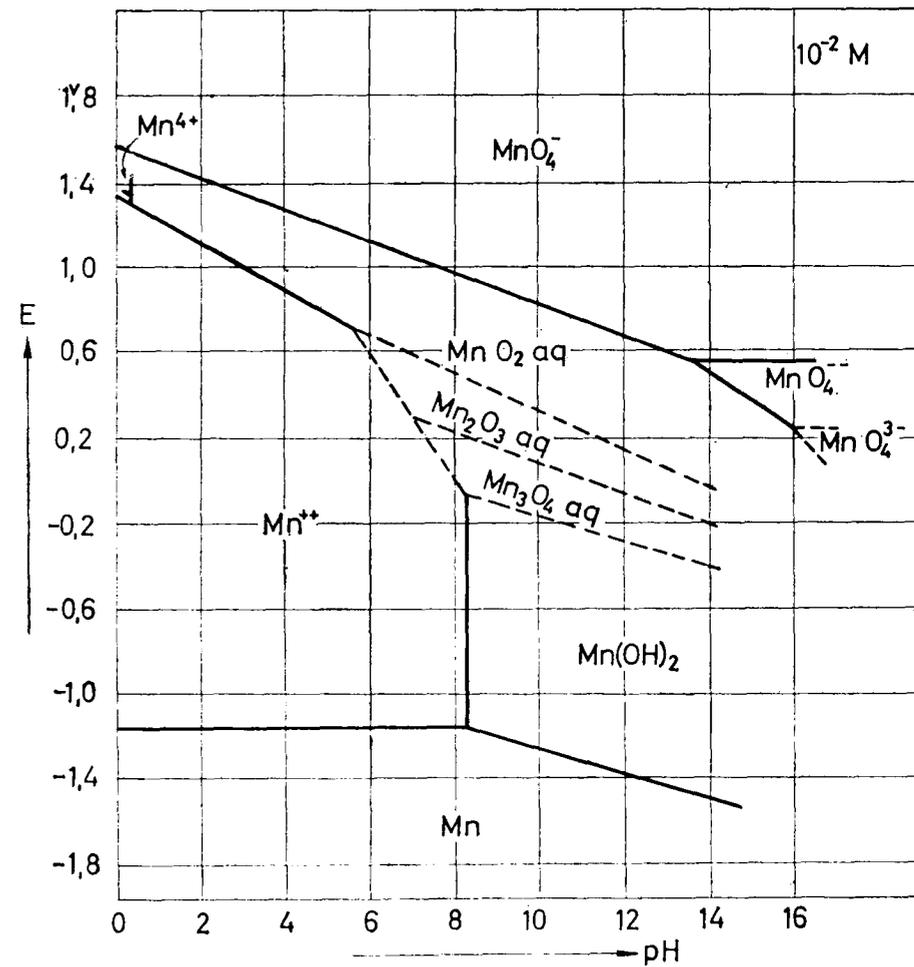
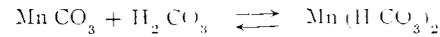


Fig. 3

Teniendo en cuenta que estos valores de Ps son para el agua pura, es decir, pH = 7, y recordando que la solubilidad de los carbonatos aumenta exponencialmente con el aumento de acidez del medio, es decir, con el descenso de pH, el agua meteórica conteniendo CO₂ disuelto es capaz de disolverlos, siendo presumible que el antedicho gradiente se conserve.

Diálogoita Mn CO₃: La acción del agua carbónica produce, como en la calcita y siderita, el correspondiente bicarbonato según la reacción:



y la oxidación por el oxígeno disuelto sería:



formándose un residuo negro de bióxido de manganeso hidratado (O₂ Mn nH₂O) y desprendiendo doble número de moléculas de anhídrido carbónico (CO₂) que las gastadas en la corrosión.

Por comparación de las gráficas E, pH, del semiproceso del oxígeno y de los diversos iones del manganeso (Mg) (fig. 3), veamos cuáles de los segundos pueden existir, para los diferentes valores del primero:

$$E = 1.23 - 0.06 \text{ pH}$$

E volt.	pH	Combinación de manganeso estable
1.23	0	Mn ⁺⁺
1.17	1	Mn ⁺⁺
1.11	2	Mn ⁺⁺
1.05	3	O ₂ Mn aq
0.99	4	O ₂ Mn aq
0.93	5	O ₂ Mn aq
0.87	6	O ₂ Mn aq
0.81	7	O ₂ Mn aq
0.75	8	O ₂ Mn aq
0.69	9	O ₂ Mn aq
0.63	10	O ₂ Mn aq
0.57	11	O ₂ Mn aq
0.51	12	O ₂ Mn aq
0.45	13	O ₂ Mn aq
0.39	14	O ₂ Mn aq
0.33	15	O ₂ Mn aq
0.27	16	Mn O ₄

Condiciones existentes en las cavernas

es decir, que entre pH 3 y 15, la oxidación ocurre de Mn⁺⁺ a Mn⁺⁺⁺ y como en las cavernas el pH no es menor que 4 ó mayor que 9, de no mediar una causa anormal, podemos decir definitivamente que el fenómeno de exacerbación de la corrosión descrito para la siderita, existe también en el caso de la diálogoita.

Esferocobaltita (Co CO₃): Susceptible como los demás carbonatos ante la corrosión, ésta transcurre mediante el siguiente equilibrio



RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL COBALTO

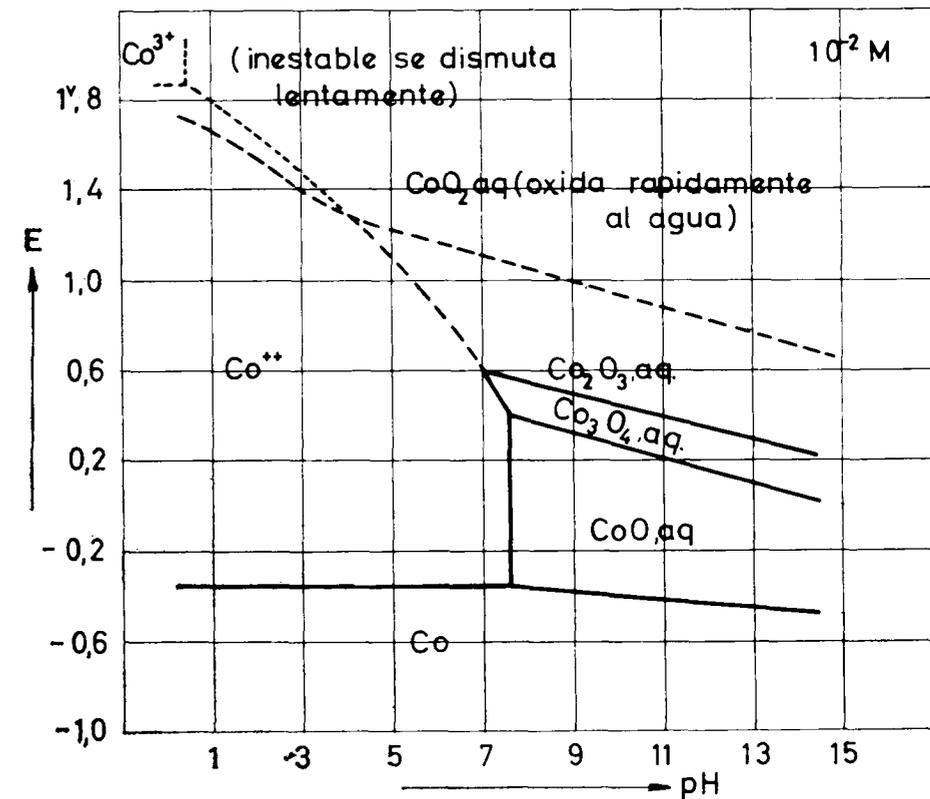
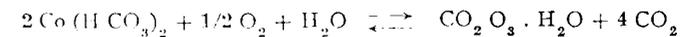


Fig. 4

y la oxidación de un modo paralelo a la siderita nos dará:



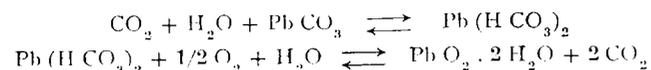
y para ver en qué condiciones se cumple la oxidación, basta comparar como en el ejemplo anterior las gráficas potencial pH del semiproducto del oxígeno disuelto en agua y de los diferentes iones del cobalto (Co) (fig. 4).

$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$

pH	E volt.	Combinación de cobalto estable
0	1,23	Co ⁺⁺
1	1,17	Co ⁺⁺
2	1,11	Co ⁺⁺
3	1,05	Co ⁺⁺
4	0,99	Co ⁺⁺
5	0,93	Co ⁺⁺
6	0,87	Co ⁺⁺ /Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
7	0,81	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
8	0,75	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
9	0,69	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
10	0,63	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
11	0,57	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
12	0,51	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
13	0,45	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
14	0,39	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O
15	0,33	Co ₂ O ₃ · nH ₂ O

resultando, por consiguiente, que en el rango ácido, hasta pH = 6, es estable en solución el ión cobaltoso (Co⁺⁺), no habiendo lugar a oxidación; pero a partir de pH = 6, y hacia la región básica, la oxidación del cobalto es posible, separándose óxido cobáltico (de valencia 3), y liberándose también el doble número de moléculas de Co² que las que intervienen en la corrosión, por cada molécula de *esferocobaltita*.

Cerusita — (Pb CO₃): Por ser el plomo (Pb) preferentemente divalente (Pb⁺⁺) o tetravalente (Pb⁴⁺) su comportamiento ante la corrosión del CO₂ y oxidación del O₂, será paralelo al del manganeso (Mn):



pero así como la corrosión ocurre, veamos las posibilidades que existen para la oxidación (fig. 5):

$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$$

pH	E. volt.	Combinación de plomo estable
0	1,23	Pb ⁺⁺
1	1,17	Pb ⁺⁺
2	1,11	Pb ⁺⁺
3	1,05	Pb ⁺⁺
4	0,99	Pb ⁺⁺
5	0,93	Pb ⁺⁺
6	0,87	Pb ⁺⁺
7	0,81	Pb ⁺⁺
8	0,75	Pb (OH) ₂ y óxidos intermedios
9	0,69	»
10	0,63	»
11	0,57	»
12	0,51	»
13	0,45	Pb (OH) ₂ , PbO ₂ ⁼ y Pb O ₂ H ⁻
14	0,39	PbO ₂ ⁼ y Pb O ₂ H ⁻

es decir, que hasta pH = 7, el ión plumboso (Pb⁺⁺) permanece estable en solución, apareciendo a partir de aquí por hidrólisis el hidróxido de plomo (Pb(OH)₂) y tal vez algún óxido intermedio dismutable, circunstancia que se conserva hasta pH = 13. A partir de aquí, y en condiciones de gran basicidad, hacen su aparición los iones (aniones) plumbito Pb O₂⁼ y Pb O₂H⁻, que demuestran poseer el plomo, cierto carácter anfótero.

En resumen, no hay oxidación a Pb⁴⁺ a partir de Pb⁺⁺, por el oxígeno disuelto en el agua, por no ser suficiente el potencial de este último semiproceso. No hay, pues, exacerbación de la corrosión por oxidación en el caso de la *cerusita*.

Si tenemos en cuenta que el potencial del semiproceso del oxígeno:

$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$$

disminuye al aumentar el pH, o sea la basicidad del medio, parece contradictorio que a veces (como hemos visto especialmente en el caso del cobalto (Co), la oxidación sea mayor en pH básico. Ello es debido a que la forma oxidada separada de la fase acuosa por hidrólisis es normalmente más insoluble, y el potencial Nerst, para el semiproceso de uno cualquiera de los cationes que hemos discutido es:



$$E = E_0 + 0,06 \log \frac{[\text{M}^{+3}]}{[\text{M}^{+2}]}$$

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL PLOMO

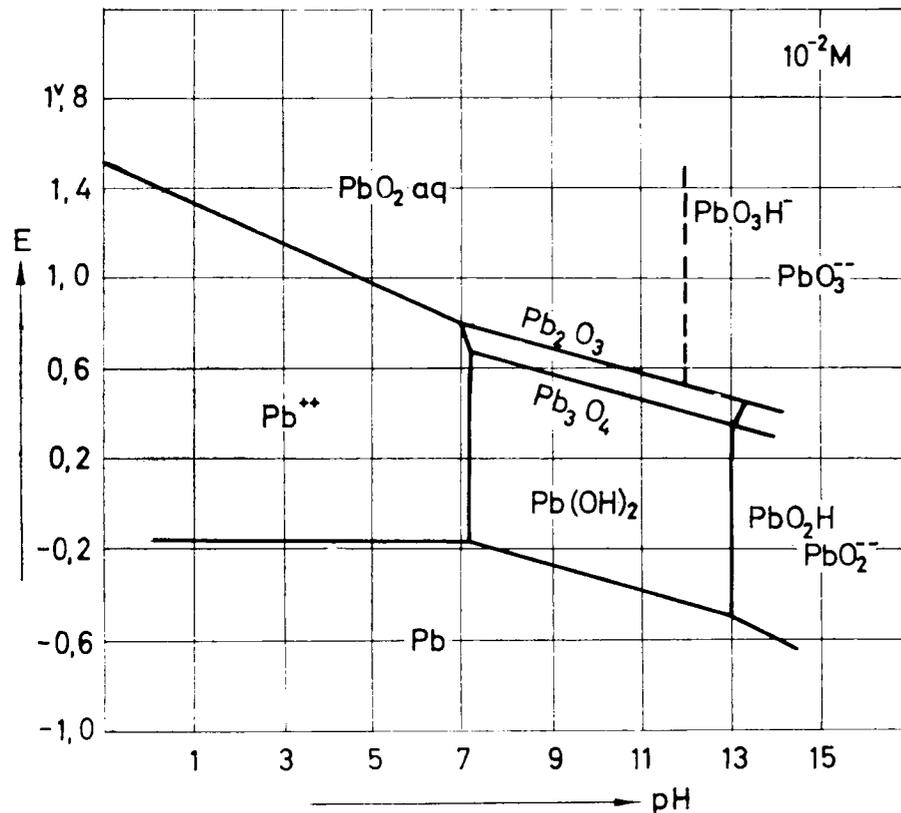
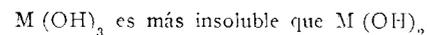


Fig. 5

de manera que si:



entonces:

$$\frac{[M^{3+}]}{[M^{2+}]} < 1$$

y

$$\log \frac{[M^{3+}]}{[M^{2+}]} < 0$$

disminuyendo por consiguiente E, haciéndose el semiproceso más reductor, o más oxidable si se prefiere.

En realidad, estas importantísimas consideraciones, se hallan incluídas en las gráficas E — pH y son la razón de que las fronteras de estabilidad de

cada ión no sean horizontales, caso este último que definiría una misma solubilidad entre la forma oxidada y la reducida de cada semiproceso ante la hidrólisis.

Interesa señalar que, bien sea debido a la casualidad, bien a alguna oculta razón, los carbonatos anhídridos multivalentes que exarcerban la corrosión, perteneciente al grupo calcita-dolomita-aragonito, todos cristalizan en el sistema trigonal, ninguno en el rómbico.

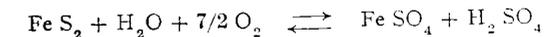
Aunque se han explicado sucesivamente los fenómenos de la corrosión y oxidación sobre los carbonatos de cationes multivalentes, no hay que perder de vista que *ambos procesos ocurren simultáneamente, no sucesivamente.*

Para que la oxidación ocurra, el catión debe reunir las siguientes condiciones:

- 1) Estar en un estado de valencia susceptible de oxidarse (nunca en estado de valencia máxima como el cobre (Cu) de la azurita y malaquita).
- 2) Que el potencial del semiproceso que defina el paso *a* del catión a una valencia más alta sea alcanzable por la función $E = 1,23 - 0,6 \text{ pH}$, para las condiciones del medio. Para que la corrosión ocurra, basta que el anión sea carbonato ($\text{CO}_3^{=}$).

C) *La pirita y el yeso de Ormazarreta.*

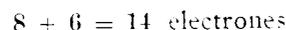
El yeso (Ca SO_4) existente en las margas superiores de la sima Ormazarreta, por su peculiar modo de yacer, rellenando los intersticios de los fragmentos de roca madre tan inestable, parece ser un ejemplo típico (TROMBE) de residuo de oxidación de la pirita ($\text{S}_2 \text{ Fe}$), y ésta, efectivamente, existe en la roca madre. RANKAMA-SAHAMA, estiman que la oxidación de la pirita transcurre de la siguiente manera:



con formación de sulfato ferroso (Fe SO_4) soluble y ácido sulfúrico. Durante la exploración de Semana Santa de 1962 en el nuevo enrejado río abajo de la sima de Saint Martín, en el Pirineo navarro, aprovechando el túnel abierto por E. D. F. (Électricité de France) en la sala de Verna, se nos señaló (QUEFFELECC) que algunas determinadas morfologías, así como ciertos depósitos de yeso (Ca SO_4) y limonita (Fe(OH)_3) provenían de la alteración de la pirita (Fe S_2) apuntando la posibilidad de un cavernamiento preferente por oxidación de la pirita. Recientemente hemos tenido noticias (CHOPPY) de que existe publicada por LORIAUX una teoría sobre el cavernamiento por oxidación de la pirita: desgraciadamente desconocemos este trabajo, pero nos parece el tema lo bastante importante como para requerir un estudio termodinámico serio.

Por el momento nos vamos a conformar con discutir la posibilidad de ocurrencia del fenómeno por el sistema de comparación de curvas potencial-pH utilizado en el apartado anterior.

El azufre (S) de la pirita, está en dos estados de valencia, de *menos dos* (S⁼) y *cero* (S⁰), mientras que los sulfatos finales (SO₄⁼) está al estado de *más seis* (S⁶⁺), hacen falta, pues, para que la oxidación tenga lugar



y como cada átomo de oxígeno aporta dos de ellos, bastan siete oxígenos (7/2 O₂) para lograr la estequiometría.

Bien, pero ¿ocurre realmente esta oxidación?

Veamos qué iones del azufre son estables frente a la función (fig. 6).

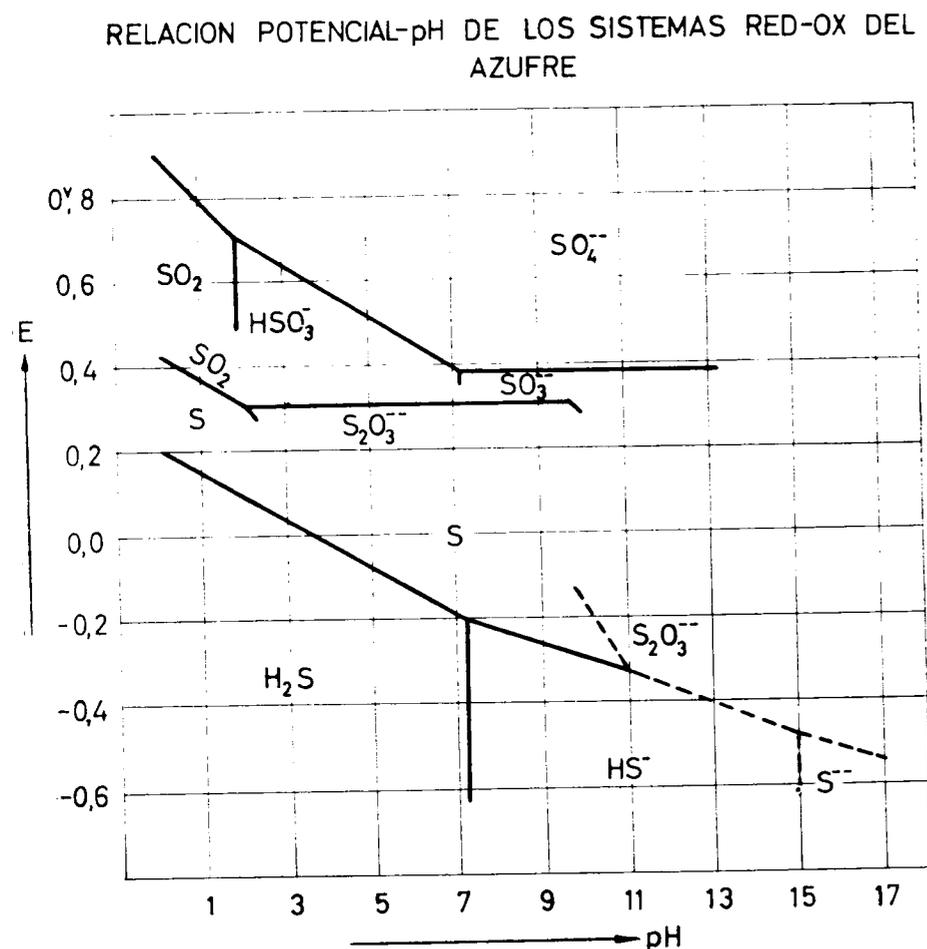


Fig. 6

$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$$

pH	E volt.	Iones estables del azufre
-1	1,29	SO ₄ ⁼
0	1,23	SO ₄ ⁼
1	1,17	SO ₄ ⁼
2	1,11	SO ₄ ⁼
3	1,05	SO ₄ ⁼
4	0,99	SO ₄ ⁼
5	0,93	SO ₄ ⁼
6	0,87	SO ₄ ⁼
7	0,81	SO ₄ ⁼
8	0,75	SO ₄ ⁼
9	0,69	SO ₄ ⁼
10	0,63	SO ₄ ⁼
11	0,57	SO ₄ ⁼
12	0,51	SO ₄ ⁼
13	0,45	SO ₄ ⁼
14	0,39	SO ₄ ⁼

es decir, que para todos los rangos de pH la oxidación ocurre. A pesar de todo, y viendo el valor del producto de solubilidad del sulfuro de hierro (Fe S)

$$P_{s^{\circ}} \text{ Fe S} = \text{de } 10^{-18,1} \text{ a } 10^{-21,6} \text{ mols/l}$$

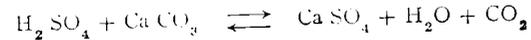
renace la duda, dada su enorme insolubilidad, sobre si el fenómeno tendrá o no lugar, aunque hay circunstancias que ayudan a la ocurrencia del citado equilibrio:

- 1) La oxidación del azufre cero (S⁰) con formación de sulfúrico desciende el pH, lo que redundaría en el aumento de solubilidad de los sulfuros, cuya cantidad crece exponencialmente a tenor de la acidez del medio.
- 2) La desaparición de los productos resultantes según se forman, si la reacción ocurre en el seno de la masa caliza, obliga, según el principio de LE CHATELIER-BRAUN, al equilibrio a desplazarse hacia la derecha, favoreciendo el desarrollo de la oxidación.

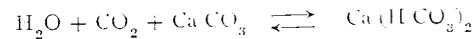
Por estas circunstancias, a pesar de desconocer totalmente la cinética del proceso, estimamos que dentro de la escala geológica de tiempos, el fenómeno será evidenciable.

Veamos ahora por qué los productos resultantes de la oxidación de la pirita, si ésta ocurre en el seno de la masa caliza, se separan según se forman:

a) H_2SO_4 : Si la pirita se halla en contacto con caliza, al ocurrir la oxidación, el sulfúrico reacciona inmediatamente con ella.



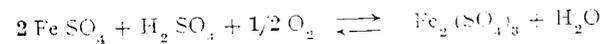
formando yeso ($CaSO_4$) con formación de anhídrido carbónico susceptible de corroer otra molécula de caliza:



siendo en este caso la corrosión, una consecuencia de la oxidación.

b) $FeSO_4$: Muy soluble, tampoco permanece estable una vez formado, ya que puede ser o bien oxidado a hierro férrico (Fe^{3+}) por el oxígeno disuelto, en presencia de sulfúrico, o bien frente a la caliza por sustitución, formar siderita y yeso.

Primer caso: Oxidación por el oxígeno disuelto:



que ya sabemos que es siempre posible y que para toda la gama del pH la función:

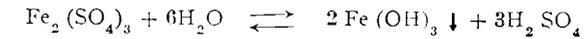
$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$$

alcanza siempre la región de estabilidad de las formas de hierro férrico (Fe^{3+}) (fig. 2):

$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$$

pH	E. volt.	Formas estables del hierro
0	1,23	Fe^{3+}
1	1,17	Fe^{3+}
2	1,11	Fe^{3+}
3	1,05	$Fe(OH)_3$
4	0,99	$Fe(OH)_3$
5	0,93	$Fe(OH)_3$
6	0,87	$Fe(OH)_3$
7	0,81	$Fe(OH)_3$
8	0,75	$Fe(OH)_3$
9	0,69	$Fe(OH)_3$
10	0,63	$Fe(OH)_3$
11	0,57	$Fe(OH)_3$
12	0,51	$Fe(OH)_3$
13	0,45	$Fe(OH)_3$
14	0,39	$Fe(OH)_3$
15	0,33	FeO_2^-

pero si nos hallamos a pH mayor que 3, ocurre la precipitación de limonita por hidrólisis:



lo que acarrea la liberación no sólo del sulfúrico que sirvió de soporte a la oxidación, sino del correspondiente a las moléculas de sulfato que formaban el sulfato ferroso. Esto supone que por este procedimiento, se separan tantas moléculas de limonita como inicialmente se formaron de ($FeSO_4$) y son disueltas doble número de moléculas de ($CaCO_3$) que iones (SO_4^{2-}) se formaron por el ataque del sulfúrico, y por el CO_2 liberado en dicha acción, como ya vimos.

Segundo caso: Sustitución del calcio de la caliza, por el sulfato ferroso según TROMBE, ocurre la siguiente reacción:



es decir, que el sulfato ferroso en contacto con la caliza produce siderita liberándose yeso.

Esto es posible gracias a poseer el ión ferroso (Fe^{2+}) un radio iónico semejante al del calcio (Ca^{++}), de manera que la reacción transcurre sin variar la estructura del ($CaCO_3$) preexistente, de acuerdo con la definición de serie isomorfa. Es un fenómeno semejante a la formación de dolomita a partir de una caliza por metasomatosis.

Pero lo realmente interesante de nuestra sustitución es que la reacción puede transcurrir en profundidad, ya que el compuesto formado ($FeCO_3$), ocupa menos que el anterior ($CaCO_3$). Esto se comprende muy bien con el concepto de volumen equivalente de TROMBE-FOEX:

$$Ve = \frac{Pm}{d}$$

Ve = Volumen equivalente.
Pm = Peso molecular.
d = Densidad

en nuestro caso:

$$Ve FeCO_3 = 30,6$$

$$Ve CaCO_3 = 36,9$$

y como es menor que el nuevo compuesto formado, la reacción progresa en profundidad.

La consecuencia inmediata es que, puesto que en el medio en cuestión, existen O_2 y CO_2 disueltos, todas las consideraciones sobre la exacerbación de la corrosión al hablar de la siderita, son aplicables aquí, por lo que

nos evitaremos el repetirlo, indicando, no obstante, que el cavernamiento es en este caso aún mayor, por ser menor el volumen equivalente del nuevo compuesto formado

Cuantitativamente:

$$C = 100 - \frac{30,6}{36,9} \cdot 100 = 100 - 83 = 17 \%$$

4. RESUMEN

1) La solubilidad de los carbonatos, aumenta con el grado de acidez, y para el agua meteórica, éstos son solubles a los efectos de la escala geológica de tiempos, en virtud del anhídrido carbónico disuelto.

2) Para que un determinado catión sea oxidable por el agua meteórica hace falta que éste posea un estado de valencia superior, alcanzable por el potencial del oxígeno disuelto en el agua.

3) Si un determinado catión oxidable está asociado al anión carbonato, de su oxidación se deriva una exacerbación de la corrosión, ya que aquella libera *dos moléculas de CO₂* por cada una del carbonato en cuestión. Y la corrosión al ocurrir no precisa más que una, de manera que si ésta continúa, el número de moléculas disueltas obedecerá a una progresión geométrica de razón 2, independiente de si el escalón de oxidación son, uno (Fe, Co) o dos electrones (Mn).

4) Los carbonatos de catión oxidable, cristalizan en el trigonal (siderita, dialougita y esferocobaltita); para los del rómbico (cerusita) la oxidación requiere potenciales no alcanzables por el agua meteórica.

5) En todos los casos de oxidación descritos, por cada dos electrones liberados interviene un átomo de oxígeno.

6) La oxidación de la pirita, si ésta está en la masa caliza, por cada una de pirita que haya intervenido, quedan como «residuo» dos moléculas de yeso (Ca SO₄) y una de limonita (Fe (OH)₃).

7) En el caso de los carbonatos, los residuos corresponden a una molécula del hidróxido de valencia superior, separada del medio por hidrólisis, por cada molécula que intervino del carbonato inicial.

8) Estimamos que la presencia de azufre cero (S⁰) en la pirita contribuye a la meteorización de ésta, ya que de la oxidación de aquél, se deriva la formación directa de ácido sulfúrico, que hace descender fuertemente el pH del medio, lo que redundará en favor de la solubilidad de los sulfuros.

9) Desconocemos el comportamiento de otros sulfuros, aunque en principio pudiera presumirse que fuera paralelo al de la pirita, con una evidencia que sería función del producto de solubilidad del sulfuro en cuestión (de no tener azufre cero la primera).

En cualquiera de los casos si la oxidación ha lugar, en presencia de la masa caliza, es presumible que por cada átomo de azufre se puedan corroer dos moléculas de caliza, siendo una de yeso el residuo.

EL AGUA METEORICA LE PRODUCE		Y QUEDA RESIDUO	OCURRIENDO FENOMENO SEGUNDARIO
Disolución o corrosión	Oxidación OXIDACION ± CORROSION		
CaCO ₃		de decalcificación	
Ca SO ₄		impurezas no solubles	
	S ₂ Fe en presencia de caliza	Fe (OH) ₃ y 2 Ca SO ₄	Corrosión de 4 Ca CO ₃
		Fe CO ₃	Liberación de 2 CO ₂ y subsiguiente exacerbación de la corrosión
		Mn CO ₃	
		Co CO ₃	
		Fe (OH) ₃	
		Mn O ₂ nH ₂ O	
		Co ₂ O ₃ H ₂ O	

BIBLIOGRAFÍA

Obras generales

- AMORÓS, J. L.: *Introducción al estado sólido. I. El cristal*. I vol., 344 p. Madrid, 1962.
 BERL-LUNGE-D'ANS: *Métodos de análisis químico Industrial*. Tomo II, 1.ª parte.
 CHARLOT, G.: *Teoría y métodos nuevos de química analítica cualitativa*, I vol., 432 p.
 KLOCKMANN-RANDOUR: *Tratado de Mineralogía*. I vol. 702 p., 664 fig.
 LAMARE, P.: *Recherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne*. «M. S. G. F.», t. XII, 1-4, núm. 27, pp. 1 a 465. Madrid, 1936.
 RANKAMA-SAHAMA: *Geoquímica*. I. vol., 862 p.
 RAT, P.: *Les Pays crétacés basco-cantabriques*. I vol., 525 p.
 TROMBE, F.: *Traité de Spéléologie*. I vol., 376 p., París, 1952. Payot.

Pequeños trabajos

- CORBEL, J.: *Discusiones en Varenna después de la exposición de Ph Renault*.
 CHEVALIER, P.: *Erosión ou corrosion. Essai de contrôle du mode de creusement des réseaux souterrains*. Primer Cong. Int. (Sp. Sec.), I, a 1953.
 ERASO, A.: *El porqué de las formas en estalactitas y estalagmitas*. «prensa en Rass. Spel Ital», como 1962.
 ERASO, A.: *La sima Ormazarreta de Aralar, ver «Príncipe de Viana»*, Exma. Dip. Pamploña, 1961.

- ERASO, A.: *Estudio de las cavidades de Orátzeta*. prensa «Excm. Dip. de Alava. Victoria, 1962.
- MAUCCI, W.: *L'ipotesi dell'erosione inversa, come contributo allo studio della Speleogenesi*. «S. A. S. N.». Vol. XLVI. Trieste, 1951-1952.
- MONTORIOL-MUNTAN: *Resultado de nuevas investigaciones en el campo de dolinas de Pla del Campgrás (Garraf)*. «Speleon». T. X, núm. 3-4, p. 127-153.
- RENAULT, Ph.: *Problèmes physiques en relation avec les remplissages naturels des grottes*. «Symposium Int. de Varenne», 1960.
- TROMBE-FOEX: *Notiones de volume equivalent*. «C. R. Ac. Sci.», t. 216, p. 342-4, 1943.

Recibido el 4-II-1963.

551.8 + 581.1 + 1963

H. NONN y J. MEDUS

PRIMEROS RESULTADOS GEOMORFOLOGICOS Y PALINOLOGICOS REFERENTES A LA CUENCA DE PUENTES DE GARCIA RODRIGUEZ (GALICIA)

RÉSUMÉ

Une étude palynologique en cours sur les lignites du gisement de Puentes de García Rodríguez (Galicie, Espagne) révèle une riche flore tertiaire. On y observe, dans 60 m. de coupe, une disparation progressive des Podocarpaceés, palmiers, Symplocacées, tandis que, vers le milieu de la série, s'épanouissent les Sapotacées et Capparidacées. Vers le sommet, *Corylus* et *Betula* jouent un rôle croissant.

L'étude de la répartition de diverses familles de plantes amène à envisager une datation du tortonien ou tortonien-pontien.

L'intérêt du gisement est grand également sur le plan géomorphologique. Il prouve l'existence de périodes climatiques chaudes et humides; le relief fut alors façonné par des processus chimiques dont résultèrent des formes d'alvéoles et de versants, ainsi qu'une profonde altération du socle.

Le plissement des couches argilo-ligniteuses en synclitorium permet de penser que la tectonique tertiaire fonctionnait encore au miocène supérieur ou au pliocène.

Le tronquage des couches ligniteuses à l'horizontale par des dépôts grossiers ou limoneux non triés et crioturbés atteste qu'au quaternaire une phase du modelé où ont prédominé les processus mécaniques a joué un rôle morphologique important.

INTRODUCCIÓN

La penillanura de Galicia occidental ha sido fracturada durante el Terciario, y los escarpes producidos por estos accidentes, así como la erosión regresiva han evolucionado durante este mismo período de una manera que nos parece original.

Hasta hoy no disponemos sino de muy pocas indicaciones sobre la edad de la penillanura, sobre las modalidades de su deformación, sobre las condiciones morfoclimáticas que han presidido la elaboración del relieve sobre el vie-

jo macizo fuertemente rejuvenecido por la tectónica y por la proximidad al océano.

Las investigaciones sobre el terreno realizadas por uno de nosotros (H. N.) (1) nos han permitido reconocer en algunas explotaciones de arcilla para la industria cerámica (especialmente en Budiño, en las cercanías de Tuy), lignitos terciarios con restos de palmeras.

Por otra parte, el profesor I. Parga Pondal, que nos ha hecho el honor de seguir de cerca nuestros trabajos y ha tenido la amabilidad de guiarnos, nos ha indicado otros yacimientos en los cuales la arcilla se halla igualmente asociada a los lignitos: Meirama, Laracha, San Saturnino y Ortoño, en la provincia de La Coruña (2).

Esperamos, pues, mucho de estos sedimentos para que nos suministren una respuesta a las diversas cuestiones que actualmente nos planteamos. Pero la Galicia Occidental es un «Finisterre» que ha debido experimentar una evolución geomorfológica muy original, así como condiciones morfoclimáticas propias, lo que hace difícil relacionarlas con la flora reconocida en los lignitos terciarios de la Europa Continental.

Sin embargo disponemos, felizmente, de un yacimiento excepcional: Puentes de García Rodríguez. Con el apoyo del Dr. Parga Pondal, la autorización del Sr. Director de la Empresa, y la ayuda de los señores Ingenieros de la Mina, los Sres. Represa y Portela, hemos podido recoger más de 60 muestras para efectuar análisis polínicos que nos permitirán seguir la evolución de la flora y trazar varios espectros correspondientes a los 70 metros superiores del yacimiento.

Estos datos permiten una datación y servirán de base a la determinación de la edad de los otros yacimientos.

I. DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DE PUENTES DE GARCÍA RODRÍGUEZ

Los lignitos, intercalados con arcillas esencialmente caolínicas, forman aquí una acumulación con un espesor superior a los 100 metros y a veces aún superior a los 150 metros.

Se encuentran en una cubeta situada a 360 metros de altitud, con una

(1) Varias estancias en Galicia, efectuadas para la preparación de una tesis de doctorado, nos han sido posibles gracias a las subvenciones del Centre National de la Recherche Scientifique, de Francia, y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, de España. Nos es grato expresar aquí nuestro agradecimiento a estos Organismos. También expresamos nuestra profunda gratitud a los Sres. Profs. A. Guilcher, de la Sorbonne, y Pons, de Montpellier, que han orientado y seguido nuestros trabajos.

(2) En este momento quisiéramos formular también nuestros vivos agradecimientos al Sr. Prof. I. Parga Pondal, a quien tanto debemos.

longitud de 6 kilómetros y de 1 a 2 kilómetros de ancho (media 1,6) encuadrado entre relieves que pasan de 450 metros (foto 1).

Se trata de una cuenca tectónica en un zócalo de esquistos cristalinos que fueron objeto de una notable subsidencia de gran duración, si se juzga por el espesor de los lignitos y arcillas acumulados en ella.

De los numerosos sondeos efectuados por la Empresa explotadora se deducen los siguientes datos generales (3):

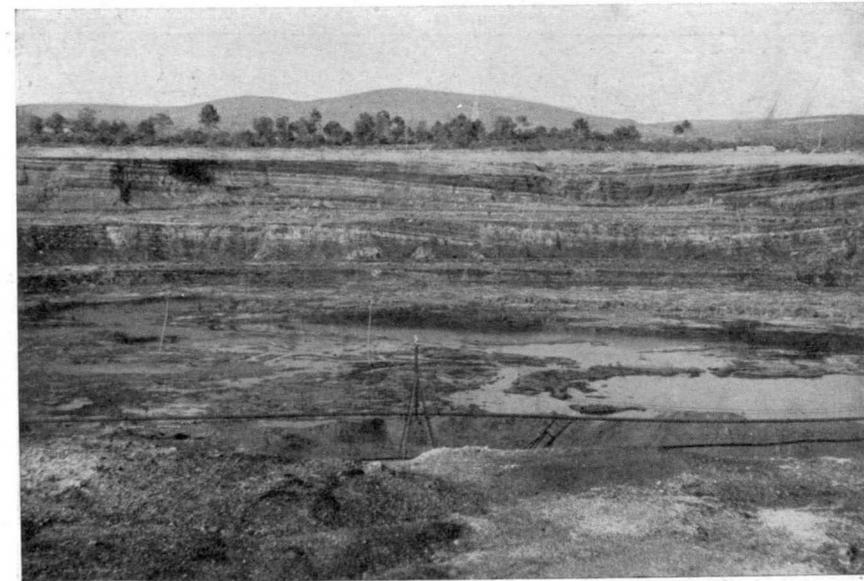


Foto 1.—Vista parcial de la cuenca de Puentes de García Rodríguez y de la explotación: relieve de la vertiente norte, depósito sinclinal de capas lignitosas y su arrasamiento según la horizontal. (Foto H. Nonn.)

1) Sobre el zócalo reposa en primer lugar, de una manera discontinua e irregular, un sedimento gris o verdoso cuya determinación se halla en curso bajo el cuidado del Sr. Portela. Indiquemos que se trata de una margá constituida por un 80 por 100 de Atapulgita, aproximadamente.

2) Los lignitos forman varias capas espesas separadas por vetas de arcillas. Según los sitios se cuentan 8 ó 10 niveles lignitosos con espesores de 2 a 27 metros, si se hace abstracción de pequeñas capas arcillosas (foto 2).

3) El conjunto de estos sedimentos se halla dispuesto en sinclorium

(3) Las observaciones detalladas, minuciosamente analizadas, que han sido logradas en estos sondeos, son objeto de trabajos del Ing. Portela. No quisiéramos en ningún caso invadir el campo de sus investigaciones, cuyo resultado será publicado próximamente.

con pequeñas fallas conformes o contrarias de débil rechazo (0,50 a 0,60 m.) (foto, 3).

Añadamos que el análisis de las arcillas, mediante rayos X, ha mostrado que la proporción de la caolinita es variable.

En los 60 metros, yendo de la serie «2» a la serie «3», se comprueban dos disminuciones de su porcentaje separados por una recurrencia. Es demasiado pronto todavía para decir si se trata de variaciones ligadas al proceso de la sedimentación o a modificaciones del proceso morfogenético.



Foto 2.—Alternancia de bancos de lignito y de vetas arcillosas. Se puede subrayar la abundancia y la regularidad de las alternancias. Puentes de García Rodríguez. (Foto H. Nonn.)

4) Las capas onduladas de estos sedimentos terciarios han sido arrasadas de manera subhorizontal por toda la extensión de la cuenca, y se encuentran recubiertas de un depósito heterogéneo responsable, sin duda, de la nivelación existente.

Se trata de un material cuarzoso y esquistoso grosero, poco gastado, y cuya disposición ha sido perturbada por procesos periglaciares cuaternarios (véase foto, 4) y de lodos terrosos. El espesor total se aproxima o sobrepasa los 2 metros.

El aspecto mismo del depósito sugiere un origen próximo, un transporte más o menos barroso o torrencial, episódico. Ello le distingue claramente de los guijarros y arenas de las terrazas del río Eume, abundantes en las

proximidades de la Empresa o más hacia lo alto, a 25 metros más arriba del río; sin embargo, se encuentran aquí también fenómenos de crioturbación.

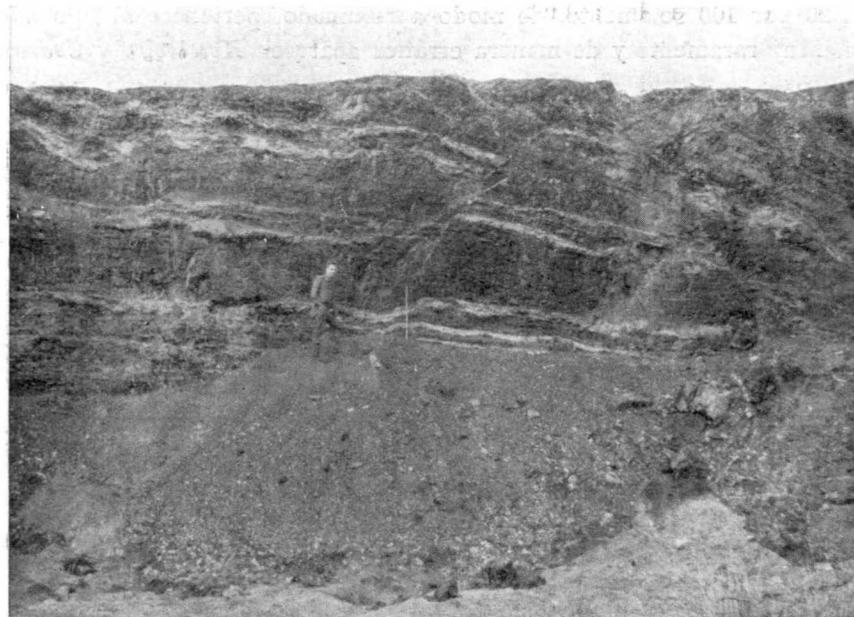


Foto 3.—Puentes de García Rodríguez; falla oblicua desnivelando 0,60 m las capas de lignito y de arcilla. (Foto H. Nonn.)

II. PRIMEROS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS POLÍNICOS EN PUENTES DE GARCÍA RODRÍGUEZ

La determinación de los pólenes abundantes tanto en los horizontes de lignito como en los lechos arcillosos, ha sido efectuado por uno de nosotros (J. M.) sobre una malla media de 2,50 metros y ofrece ya algunos resultados interesantes.

1) Las esporas de criptógamas vasculares están siempre presentes, pero débiles cantidades; *Osmunda* en un único nivel en el medio de la serie (cf. *O. Claytoniana*: de talla mediocre y esperoderma fino); *Adiantum* (tipo *A. hispidulum*, Swartz) repartido en débil cantidad aunque presente en todo el espesor de la serie. Ocurre lo mismo para los *Licopodium*, *Ligodium* y *Sphagnum*.

2) El conjunto de los pólenes bialados de *Gymnospermas* marca un aumento claro a partir del nivel «2», base de nuestro análisis presente, luego

permanece abundante, con algunas fluctuaciones. hasta un nivel elevado (30 a 50 por 100).

El género *Pinus* representa la parte principal de estos pólenes en los cuales el 20 por 100 solamente, de modo aproximado, pertenece al tipo *haploxyton*. Muy raramente y de manera errática aparecen *Keteleeria* y *Cedrus*.

Las *Podocarpaceas* se hallan siempre muy claramente en inferioridad para llegar a ser rarísimas en el tercio superior del yacimiento.



Foto 4.—Deformación por crioturbación periglacial cuaternaria de los sedimentos guijarrosos y de lodo que recubren las capas de lignito de Puentes de García Rodríguez. (Foto H. Nonn.)

3) Numerosos pólenes cerrados, frecuentemente mal conservados, corresponden a gimnospermas, cuya exacta determinación ofrece dificultades. Un primer tipo, granos de pequeño tamaño (de 20 a 25 μ), lisos y frecuentemente estallados, corresponden a *crupesáceas*; granos más grandes (30 a 40 μ), rugosos pero completos, se pueden atribuir a las *Taxodiáceas* (*Taxodium*, *Sequoia*, *Metasequoia*, *Criptomeria*, *Gliostrobus*, indistinguibles) y a ciertas *Taxáceas* (*Torreya*). En algunos casos solamente, granos bien conservados nos han permitido reconocer con toda seguridad las *Sequoia* (papilla clara, de más de 3 μ de alto, y ligeramente arqueada). Todos estos pólenes tienen su óptimo hacia la parte media de nuestra serie.

4) Entre los pólenes monocarpados, ciertas características de los niveles inferiores corresponden sin duda a *Palmeras* (tipos, *Sabal* y *Gronophy-*

llum) y otras más raras, pero constantes, deben ser atribuidas a las *Cicadáceas*.

5) Entre las dicotiledóneas arborescentes, cuatro grupos presentan un comportamiento particular:

— *Engelhardtia* (c. *E. chrysolepis* y *E. Colebrookiana*); *Quercus* (varios tipos) y algunos tipos anejos sufren un largo eclipse en el centro de la serie.

— *Sapotáceas* y *Caparidáceas*, entre otras, inician claramente una ondulación compensadora.

— *Simplocos* y *Rhus* se enrarecen progresivamente (como las *Podocarpaceas* y las *Palmeras*).

— *Corilus* primero, luego *Miricáceas* y *Betula* se multiplican poco a poco.

Estos movimientos se destacan sobre un fondo polínico abundante en el cual las variaciones de detalle deben precisarse todavía y que interesan a *Aesculus*, *Castanea*, *Liquidambar*, *Ulmáceas*, *Moráceas*, *Cyrilláceas*, etcétera.

En conclusión, los datos palinológicos sugieren dos interpretaciones posibles: *Flora tortoniense*, que se distingue, con relación a sus contemporáneas de Europa continental, por su posición geográfica. Así se explicaría la ausencia de ciertos elementos muy extendidos por otras partes, tales como *Pinus t. haploxyton*, *Fagus*, *Nysga*, y también la presencia o la mayor abundancia de las *Caparidáceas* y *Sapotáceas*.

— *Flora tortono-pontiense*, en la cual las influencias continentales amortiguadas a causa de la posición del yacimiento, han provocado una brusca pululación de elementos indígenas particulares; sin llevar consigo, por lo tanto, el empobrecimiento florístico comprobado generalmente en Europa.

III. PRIMERAS CONCLUSIONES GEOMORFOLÓGICAS

Para la interpretación del relieve de Galicia deducimos, de lo que antecede, las siguientes importantes conclusiones:

1) Galicia ha conocido, hasta bastante avanzado el Terciario, una flora y, por lo tanto, un clima tropical o subtropical, en el que predominan la humedad y las acciones químicas de alteración (Caolinita) bajo una cubierta vegetal densa.

Se explican así ciertas formas del relieve: alvéolos, grandes vertientes con «Knicks», etc.

2) Durante todo este período, el zócalo sufrió deformaciones más o me-

nos sensibles, registradas aquí por una larga subsidencia en una misma cuenca y prolongadas por movimientos tectónicos posteriores al depósito.

3) Bruscamente, puesto que las capas se hallan claramente arrasadas por una superficie subhorizontal, a la fase de la acción química ha sucedido una fase en la que ha predominado un deslizamiento lateral con transporte de material grosero, traduciéndose en un predominio de acciones mecánicas. La abundancia de fragmentos equístosos hace inclinarse por condiciones bastante frías.

Este proceso morfogenético debe situarse en el fin del Terciario o a lo sumo en la primera mitad del Cuaternario.

Los fenómenos de crioturbación podrían ser considerados, en el caso de ser contemporáneos de los depósitos del Eume. como siendo episodios fríos del Cuaternario antiguo o medio (Mindel?, Riss?), que han dado lugar a la formación de esta terraza «climática».

Las investigaciones emprendidas sobre el conjunto de la parte costera de Galicia por uno de nosotros (H. N.) permitirán, sin duda, aportar datos más precisos sobre la evolución morfológica de esta región.

58.000: 501.70: 1963: 9: 100

FRANCISCO FARRÉS MALIÁN

OBSERVACIONES PALEOICNOLOGICAS Y ESTRATIGRAFICAS EN EL FLYSCH MAESTRICHTIENSE DE LA POBLA DE SEGUR (PROV. DE LERIDA)

RESUMEN

La primera parte de este trabajo está destinada a formar una visión sintética de las particularidades sedimentarias y estratigráficas del flysch de la Poble de Segur (Lérida); se comentan diversas clases de secuencias observadas y se establece la existencia de una notable laguna estratigráfica por lo que falta parte del Cretácico superior y casi todo el Eoceno.

En la segunda parte y después de un breve comentario sobre algunos problemas paleoicnológicos básicos, se describen varias pistas usando un método fundamentalmente morfológico.

Nuestra intención es proponer para la literatura paleoicnológica española los términos creados por el profesor Adolf Seilacher (Göttingen, Alemania), quien antepone a la denominación clásica de género y especie las partículas «icno» (icnogénero, icnoespecie).

Se propone también que las pistas denominadas por Fl. Azpeitia: *Helminthopsis sinuosa* y *H. concentrica*, puedan cambiar de icnogénero y quedar definidas respectivamente, «*Cosmoraphe sinuosus* y *Spiroraphe concentricus*, Azp.».

Durante el trabajo se diagnostican cuatro nuevas icnoespecies y al final del mismo se inserta un conveniente lote fotográfico de todas las icnoespecies estudiadas y de los caracteres sedimentológicos observados.

RÉSUMÉ

La première partie de ce travail est destinée à donner un coup d'oeil synthétique des particularités sédimentaires et stratigraphiques du Flysch; on commente diverses classes de séquences observées et on établit l'existence d'un lapsus stratigraphique où font défaut partie du crétacé supérieur et à peu près tout l'éocène.

Dans la deuxième partie, et après d'un rapide commentaire sur quelques problèmes paléocinologiques primordiaux, on décrit plusieurs traces usant une méthode fondamentalement morphologique.

Nous voulons proposer pour la littérature paléocinologique espagnole, l'idée

exposée par le Prof. Adolf Seilacher de faire précéder à la désignation classique de genre et spèce, les particules «(CHNO)», (lenogenres, lenospèces).

On propose aussi que les traces nommées par Fl. Azpeitia, *Helmithopsis sinuosa* et *H. concentrica*, peuvent échanger d'icnogenre et rester définies respectivement: «*Cosmoraphe sinuosus* et *Spiroraphe concentricus*, Azp.».

Dans ce travail on décrit quatre icnospèces nouvelles et s'insère au fin, un utile annexe photographique de toutes les icnospèces étudiées et des caractères sédimentologiques reconnus.

INTRODUCCIÓN

Durante mi primera estancia en la Poble de Segur, formando parte del Equipo Móvil de Fotoseriación de Sanidad Militar en marzo de 1958, pude recoger numerosas pistas de sus alrededores, con la intención de publicar algún día un trabajo especializado sobre las mismas.

El conjunto de rastros recolectados fue bastante numeroso pese al limitado tiempo y radio de prospección. Una vez limpios y envueltos convenientemente, fueron colocados una parte (la más pequeña) en mi maleta particular, mientras que otro acopio de pistas, por ser más numeroso y pesado iba en un remolque de la expedición. Por causas inexplicables, este segundo lote desapareció misteriosamente del lugar, perdiéndose los notables ejemplares que contenía.

Nuevamente en 1961 volvía a la Poble de Segur con la esperanza de concluir las búsquedas iniciadas en 1958.

Desde estas líneas hacemos efectiva nuestra gratitud al Dr. Rafael Candel Vila por su amabilidad en mandarnos material bibliográfico; a los doctores Luis Solé Sabarís y José F. de Villalta por sus facilidades en consultar la biblioteca del Instituto Geológico de la Universidad de Barcelona. Finalmente, agradecemos al primer especialista español en cuestiones paleoicnológicas y del flysch en general Dr. Joaquín Gómez de Llarena, el interés que ha tenido en facilitar la publicación de este trabajo, además de las constantes cartas de orientación sobre el tema tan interesante de las huellas fósiles.

EL PERÍMETRO ESTUDIADO

La zona investigada es pequeña; se extiende por un campo de acción rectangular cuyos límites quedan definidos por el N con los «Cingles de Queralt» y pueblos de Eriña y Serradell; al S por las pequeñas aldeas de Puigmayons y Toralloja; al E lo limita el pantano de Tremp (o de Talarn) y al O. las estribaciones de Mas Mascarell, Solsimons y Colomina.

El terreno, sin ser muy accidentado, forma profundas hondonadas exca-

tenso argayos. En las alturas, el conglomerado postpirenaico se resuelve en una morfología característica, de mucha mayor resistencia a los ataques atmosféricos que los demás materiales (lám. 1, figs. 1 y 2).

Entre dichas hondonadas serpentean raudos cursos de agua que constantemente ponen al descubierto gran cantidad de material litológico. La observación detenida de estos depósitos proporciona buen número de pistas, o predispone, dada su ordenación secuencial de estratos duros y blandos alternantes, a un reconocimiento fácil y eficaz.

Para la recolección de pistas, son muy interesantes las torrenteras de Mas Mascarell, Puigmayons, el Gelat y Monsó, además de un trecho del río Flamisell que vierte sus aguas por el S. de la Poble de Segur, al Noguera Pallaresa.

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Una gran pléyade de investigadores ha venido estudiando, desde mediados del pasado siglo, estos sedimentos neocretácicos, que nos han permitido llegar al conocimiento geológico del país subpirinaico. La literatura existente de esta zona es numerosa; aquí, nosotros hemos escogido los trabajos que más directamente se refieren a la Poble de Segur.

Vidal (60) fue el primero en determinar la edad de estos terrenos. El gran maestro de la geología catalana halló en las margas azuladas de la Poble de Segur, *Micraster larteti*, *M. corcolumbarium*, *Rousselia Guilloi* y *Mitrocaprina Vidali*. Esta masa de margas azuladas fueron así atribuidas al Senonense.

Más tarde, los estudios iniciados por Vidal fueron seguidos por otros: Carez (6), Font y Sagué (13), Chevalier (8), etc.

Dalloni (9), insiste en las mismas investigaciones de Vidal, anotando que dichas margas afloran ampliamente, pero que luego desaparecen bajo los conglomerados terciarios (supranumalíticos). En otros puntos las margas coronan el valle y muchas veces tienen gran parecido con las cocenas localizadas algunos kilómetros al S. de la Cuenca de Tremp. Dalloni refiere, además, una observación hecha por Verneuil y de Keyserling, quienes señalan que las referidas margas presentan un poco el aspecto del flysch alpino.

Misch (37) y Selzer (55), dan sus muy interesantes puntos de vista acerca de la geología subpirenaica.

Almela y Ríos (2) hacen una revisión y puesta al día del conjunto geológico de la provincia de Lérida.

J. M. Ríos (48), expone un análisis estratigráfico y tectónico de una parte del valle del Segre (Lérida) y Coll de Nargo. No trata directamente de la Poble de Segur, pero ésta aparece representada en un mapa adjunto a escala 1/200.000, cuya zona O. se ha dibujado con datos de Misch (37).

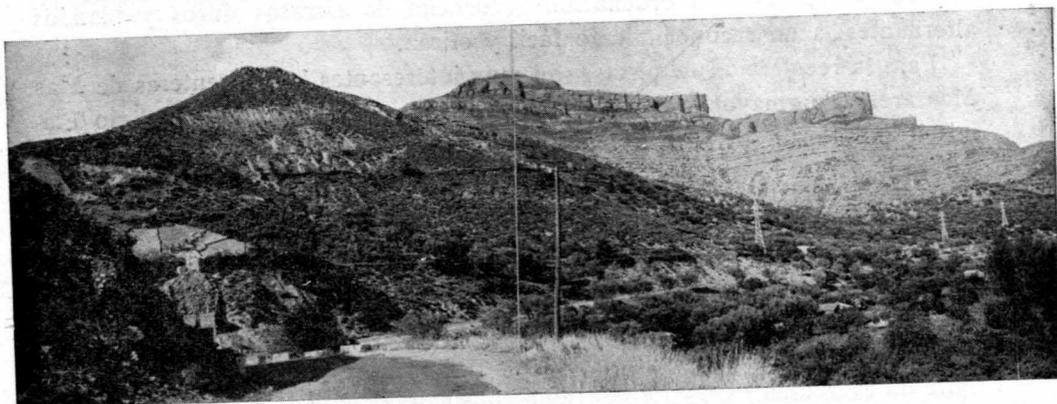


Fig. 1.—Panorama del sector septentrional de la Poble de Segur. Carretera de la Poble de Segur a Sor.

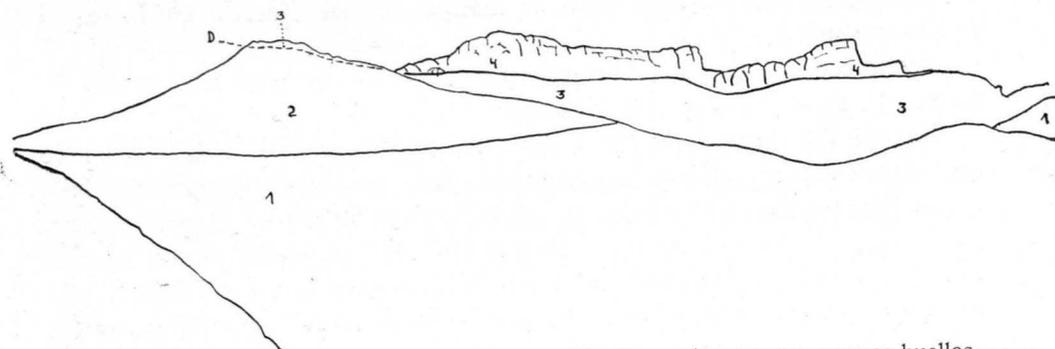


Fig. 2.—1 Flysch con abundantes pistas.—2. Flysch monótono y con escasas huellas.—3. Conglomerados inferiores.—4. Conglomerados superiores.—D. Contacto discordante, visible en la fotografía.

Según Ríos, los materiales térreos que componen la zona por él estudiada pertenecen a una facies margosa del Maestrichiense y los conglomerados superiores al Oligoceno.

Crusafont, Villalta y Truyols (7), en un interesante trabajo sobre el Eoceno de la cuenca de Tremp, establecen una edad ludiense para toda la masa de conglomerados de la Poble de Segur, o sea, que los emparentan con los relieves montserratinos. Vemos que tal atribución está cimentada sobre un razonamiento sólido, pues en las primeras hiladas de la serie transgresiva (conglomerados), existen intercalaciones de marga calcárea y lechos de lignito, que alternan con los tramos de dicha pudinga engastada en un cemento rojizo, y que llevan en la vecina localidad de Sosis, diversos testigos paleontológicos, entre ellos *Paleotherium magnum*, Cuv., cuya presencia señala una edad ludiense indudable.

De Sitter (56) trata brevemente de los terrenos mesozoicos y terciarios de la zona axial leridana. El conjunto de conglomerados que coronan las formaciones mesocretácicas los da como pertenecientes al Oligoceno. Existe un mapa a escala 1/200.000 en el que se encuentra representada la Poble de Segur.

Bataller (**) enumera y describe sistemáticamente los corales nuevos recolectados en Torallola y descritos por Alloiteau (*), considerándolos típicos y representativos del Maestrichiense; son los siguientes:

- Smilotrochus tarraconensis*, Alloit.
- Ceratommilia torallolensis*, Alloit.
- Tarracogyra Batalleri*, Alloit.
- Diploctenium Pachecoi*, Bat.
- Pachycyathus cylindratus*, Alloit.
- Plesiocaryophyllia Batalleri*, Alloit.
- Trochoseris incerta*, Alloit.
- Cricocyathus tarraconensis*, Alloit.

Bataller (**) clasifica, además, como especies nuevas, recogidas también en Torallola, un lamelibranquio: *Breviarca Almelai*, Bat., y un gastrópodo: *Chilodonta Crespelli*, Bat.

Recientemente, Mangin (***) coloca los niveles pudíngicos de la Poble de Segur entre el Oligoceno medio y el Mioceno terminal, teniendo en cuenta su relación con el conjunto plegado de Oliana, que se ha datado con toda garantía como Oligoceno, y sobre el cual reposan los conglomerados de la

(*) ALLOITEAU, J.: *Polyptiers nouveaux de crétacé de l'Espagne*. «Ann. Esc. Peritos Agrícolas Esp. Agrop. Ser. Téc. Agric.». Vol. XIV, Barcelona, 1958.

(**) BATALLER, J. R.: Primer suplemento a la *Sinopsis de las especies nuevas del Cretácico de España*. «Bol. Geol. M. Esp.». T. LXX, Madrid, 1959.

(***) MANGIN, J. Ph.: *La phase tectogénique pyrénéenne dans les Pyrénées et les conglomerats de Poble de Segur (Lérida, Espagne)*. «C. R. Som. Séans. Soc. Geol. de France». Fas. 1, Paris, 1962.

Pobla de Segur. Estos conglomerados, según el autor, son sedimentos claramente detríticos, marinos, continentales o subacuáticos, testigos representativos más bien de fenómenos climáticos que de tectónicos, y que corresponden a una fase de movimiento póstumo.

Del conjunto de datos recogidos en esta breve revisión de la bibliografía, y de las observaciones propias, se desprenden las siguientes conclusiones:

a) La serie margosa de la Pobla de Segur, por sus caracteres lito-paleoicnológicos evidencian una facies flysch.

b) Los corales recolectados en Torallola y las determinaciones estratigráficas de diversos autores patentizan una edad maestrichtense.

c) El conjunto de conglomerados que se superponen discordantes al flysch, está comprendido entre el Ludicense (7) y el Oligoceno medio-Mioceno terminal.

De momento, nuestra opinión se adhiere a la de los firmantes del trabajo (7), cuya colocación de los conglomerados en el ludicense está respaldada por el hallazgo de *Palaeotherium magnum*, Cuv.

El contacto discordante entre esta formación maestrichtense de facies flysch y los conglomerados postpirenaicos de Misch (37), hacen incuestionable la existencia de una notable laguna estratigráfica que abarca (si seguimos la pauta de Crusafont, Villalta y Truyols) el último piso del Neocretácico y casi todo el Eoceno.

SÍNTESIS ESTRATIGRÁFICA

La seriación sedimentológica de este flysch es normal, marcadamente típica por su alternancia muy regular de capas duras y blandas. Esta zona del flysch se puede seguir con normalidad y cómodamente por las carreteras que desde la Pobla de Segur se dirigen a Pont de Suert o a Sort.

En sus rasgos más esenciales, se notan bien dos zonas distintas, tanto por sus signos estratigráficos como paleoicnológicos. La primera zona o inferior, posee abundantes pistas y una sucesión estratal muy apretada y típica: en ella dominan las margas con lechos gruesos de arenisca calcárea e hiladas de caliza. En la lámina 2, figura 1 aparece una serie de capas dispuestas en secuencias, muy juntas: los lechos más gruesos son de areniscas calcáreas muy fracturadas por conjunciones diaclásicas.

Las margas grisáceas son monótonas, sin variaciones petrográficas y con caras de sedimentación sin pistas típicas: su potencia es oscilante debido a la variable duración de sus ciclos sedimentarios. Existen además unas débiles hiladas de calizas alternando entre estas margas y que quedan encajadas dentro del dominio arenoso.

Esta desigualdad en potencia está marcadamente señalada en las series cuyos niveles tienden a cambiar de carácter litológico con cierta frecuencia; en cambio, las secuencias binarias de marga y caliza repetidas varias veces conservan una ritmicidad y grosores más fijos.

En los estratos duros de arenisca se observa asimismo una cierta armonía en el grosor de los sedimentos; son sensiblemente iguales en el promedio, aunque no es raro, ni mucho menos, ver la aparición de capas más potentes, pero ya cuajadas de elementos clásticos más gruesos. Las secuencias calcáreas muestran también una igualdad bastante considerable.

Muchas veces es característico ver interestratificadas entre bancos de areniscas, capas de margas pizarreñas, fuertemente comprimidas sin restos de pistas, o bien más suaves y llenas de huellas de *Scolicia prisca* en muy buen estado de conservación, hecho que apoya la creencia de que tales estratos no han sufrido las presiones tan marcadas como otras series, efecto por el cual se han podido conservar los delicados trazados reptantes de la *Bullia*. La erosión diferencial hace observables secuencias de cara superior.

Los tipos de secuencias estudiados responden más o menos a los señalados por Gómez de Llarena (17) en el Flysch de la costa cantábrica.

En primer lugar aparece la secuencia binaria, o alternancia, muy fácil de reconocer y caracterizada por una sucesión de margas y areniscas, margas y calizas, areniscas y pizarras y margas deleznales, con otras de mayor compacidad, debida a una mayor proporción en el aporte calizo.

Al S. de la villa de Salas del Pallars, se encuentra una serie de margas muy monótonas, de tonalidad grisácea, que muestran esta sucesión binaria de margas poco duras con otras de mayor dureza. Dan en conjunto una facies más o menos del tipo flysch, pero muy poco característica.

También se distinguen secuencias ternarias, bien marcadas en todo el perimetro estudiado, sobre todo en el nivel del flysch con pistas de la Pobla de Segur. Tales secuencias reflejan la constitución litológica siguiente: Arenisca-Marga-Caliza, lámina 2, figura 2 o bien Marga-Caliza-Arenisca. Desde luego, dichas secuencias ternarias, no forman nunca un nivel característico y autónomo, sino que están subordinadas dentro del ámbito de las areniscas calcáreas. Hay lugares —empero— que son reconocibles de una manera muy clara dentro de tales sedimentos.

Usando el término creado por Gómez de Llarena (17) de «secuencia bifásica» para designar secuencias ternarias o múltiples alternantes con otras binarias, se podría muy bien aplicar a la estratigrafía de ciertos sectores del flysch interior de la Pobla de Segur, pues en algunos de sus cortes puede observarse esta particularidad secuencial, si bien domina la alternancia de areniscas y margas.



Fig. 1.—Torreteras de Mas Mascarell.

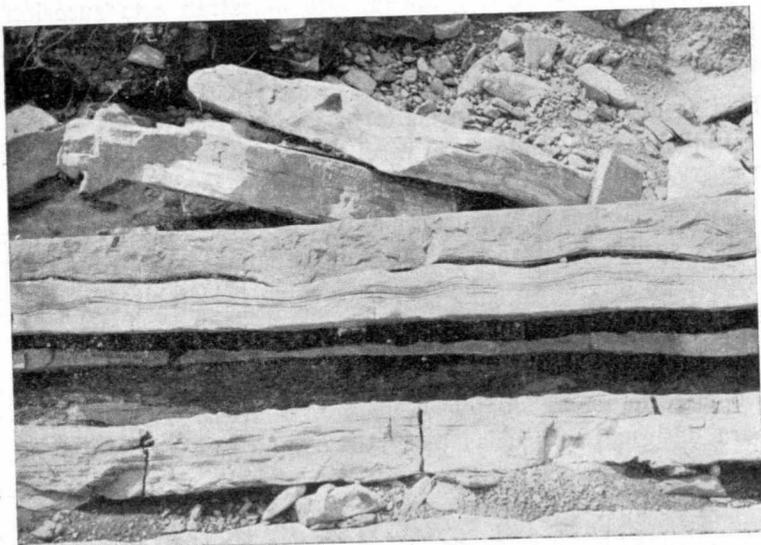


Fig. 2.—Secuencia ternaria.

Como es típico de esta facies, el flysch aparece muy afectado por numerosos cambios en el buzamiento de sus capas, tan pronto horizontales, como débilmente inclinadas o enderezadas hasta quedar verticales.

La intensidad de las compresiones a que han estado sometidos los estratos del flysch se observa bien en la lámina 3, figuras 1 y 2.

PALEOICNOLOGÍA

Breves consideraciones generales

Solamente dando una ojeada a la bibliografía especializada en cuestiones paleoicnológicas podrá apreciarse el extremo desacuerdo que existe entre los varios métodos de trabajo utilizados en esta rama de la Paleontología. En la obra (32) se resumen diversos puntos de vista respecto a las significaciones sistemáticas, ecológicas y estratinómicas o estratonómicas.

La interpretación paleoicnológica conduce a resultados a menudo erróneos o inexactos. Salvo casos excepcionales, las capas sólo conservan la impresión, el leve paso de los animales productores; al no hallarse fosilizados los restos de estos últimos, queda excluida toda atribución lógica y razonable de relacionar la pista con el agente biológico presumido; además, ciertos organismos, por ejemplo, el crustáceo anfípodo *Corophium* según observaciones actuales (59,26), puede dejar, merced a la desigual composición mecánica del sedimento, a su mayor o menor compacidad, o a las diversas fases en que se encuentre el suelo húmedo al paso del crustáceo, pistas de aspecto totalmente distinta unas de otras; si a tales inconvenientes se les añaden los múltiples procesos de diagénesis postsedimentaria (17), queda aún más oscuro y difícilmente aclarable el problema sistemático.

Los problemas diagenéticos —empero— no son de tan agravante interpretación y quedan incluso despejados con buenos lotes de pistas, ya que la observación no aislada de los rastros, sino teniendo a mano numerosos o varios ejemplares idénticos, permite conclusiones muy aceptables, reduciéndose así el peligro deformativo de las diagénesis.

En cuanto a la significación ecológica de las pistas, resulta de gran interés su estudio, ya que por su configuración pueden aportar datos precisos sobre el carácter locomotriz del animal, sobre su nutrición, orientación, etcétera, expresión a su vez, de los diversos tropismos y reflejos íntimos a que están sometidos.

Por último, el tema estratinómico puede aportar mucha luz sobre las facies sedimentarias y sobre todo para deducir de modo seguro la verdadera posición de los estratos plegados, volcados, desplazados (17), etc. Podremos citar como ejemplo la constancia de ciertas icnoespecies, como ocurre



Fig. 1.

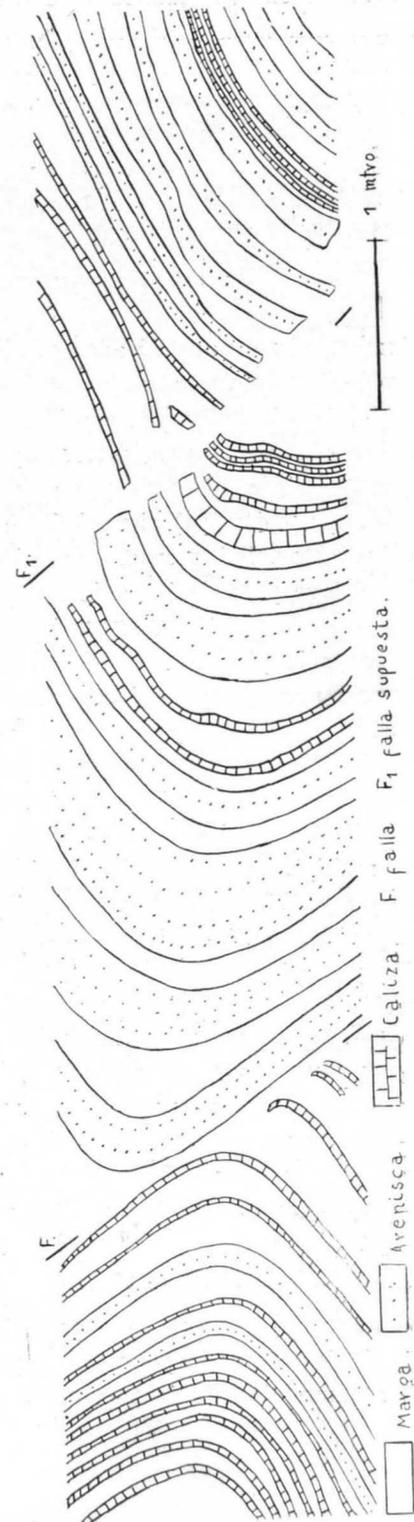


Fig. 2.

LÁM. 3

con el epirrelieve negativo «*Scolicia prisca*», o su hiporrelieve positivo «*Subphyllochora*», que facilita extraordinariamente la interpretación tectónica de las series estratigráficas intensamente plegadas.

Cuestión terminológica y de nomenclatura

En el presente trabajo se distinguirán, brevemente, de acuerdo con las tendencias actuales entre los especialistas (51, 17, 30, 11, 32), una paleoicnología biológica, característica de las manifestaciones vitales de los seres orgánicos representados por sus rastros, pistas, etc., y una paleoicnología física que agrupe huellas producidas por impactos mecánicos sobre un sedimento.

Sobre la forma de denominar esta rama de la paleontología destinada al estudio de las pistas fósiles, ha surgido tan gran cantidad de términos que, como dice Lessertisseur (32), sólo han contribuido a crear una cacofonía. Por su parte, dicho autor propone para este aspecto de la ciencia paleontológica el término «Icnología comparada», ya que según él, los rastros fósiles no se pueden interpretar sino en función de los actuales, cuyo estudio, a su vez, está englobado en la Ecología.

Por nuestra parte preferimos seguir, como hace Gómez de Llarena, la denominación de Abel (1) «Paleoicnología», término a nuestro parecer convenientemente simple, cuya claridad y precisión son bien patentes.

En cuanto a la forma denominativa de las huellas, existe gran disparidad de opiniones, indudablemente por falta de lógicas unitarias entre los criterios sistemáticos, ecológicos, morfológicos y estratigráficos.

La pauta que seguiremos en la nomenclatura de las pistas encontradas por nosotros, será una denominación latina binominal, siguiendo en sus rasgos fundamentales el método de la obra (32), según la cual, los caracteres semi-morfológicos-semiecológicos de las huellas, se prestan a un conocimiento cómodo y ordenado de sus distintos tipos. Hemos dividido el presente trabajo (en lo que se refiere a la paleoicnología biológica) en dos grandes grupos: Huellas exógenas y huellas endógenas (32). Las primeras comprenden variados tipos de pistas reunidas en un laxo grupo como «pistas de movimiento» (30); dicho término lo usamos de forma provisional por su significado más amplio y menos concreto, pues de esta manera podemos englobar tipos de formas tales como *Palaeochorda*, *Dendrothichnium*, *Cosmoraphe*, *Scolicia*, *Subphyllochora*, *Helminthoidea*, *Spiroraphe*, etc. En las «huellas endógenas» agrupamos en las galerías ramificadas al icnogénero *Chondrites*, Sternberg 1833, siguiendo las ideas generales establecidas. En este mismo apartado incluyo de momento a *Gyrochorda*.

Lorenzina, por su carácter especial y concreto, está contenida en «huellas esteliformes».

Finalmente, intentaremos proponer e introducir en la literatura paleoicnológica española, los términos creados por Seilacher (51), que consiste en anteponer a la designación zoológica clásica de género y especie, las partículas «ichno»; así resultaría, castellanizando la palabra, icnogénero, icnoespecie. Tal conclusión permitiría, pues, el uso de la nomenclatura binominal y de la conservación de los nombres antiguamente creados, una vez realizada una detenida y unánime revista sinonímica de sus «géneros y especies».

Como ya se ha aludido anteriormente, la falta de conclusiones cohesivas sobre los temas paleoicnológicos, ha forzado sobremanera a un trabajo íntimamente personal a sus especialistas, cuyos estudios, aunque cada vez más eficaces y notorios, no logran encarrilar el gran número de problemas existentes, en una sola dirección, cuya discusión y definitivos resultados, harían de la paleoicnología una potente rama de la Paleontología.

PALEOICNOLOGÍA BIOLÓGICA

Agrupamos aquí huellas que han debido ser impresas por agentes zoógenos extremos, algunos de ellos: *Scolicia*, *Palaeobullia*; por agente conocido (*Bullia laevissima*, Lamk., *B. rhodostoma*, Gray); otros, como *Palaeochorda*, *Dendrotichnium*, *Cosmoraphe*, *Gyrochorda*, *Helminthoidea*, *Spiroraphe*, *Chondrites*, por agente supuesto: *Granularia*? muy discutible y *Lorenzina*, por agente desconocido

1. Huellas exógenas (32)

Rastros y pistas impresos en la cara superior del estrato.

Pista de movimiento (30).

Usamos de momento esta denominación por presentar un campo más grande y menos concreto de agrupamiento de pistas.

a) *Unilobuladas* (32).

Rastros con un solo lóbulo, sencillos o bifurcados, con o sin escultura.

(*) Icgén. *Palaeochorda*. Mc. Coy 1848

Palaeochorda multielongata. nov. icsp. Farrés, 1961

Lám. 4, fig. 1

En su época, tal forma fue descrita por alga «de filoma muy largo, cilíndrico, sin escultura, semejante a un cordón» (32). Existen diversas formas análogas muy difíciles de distinguir. En la obra (35) hay una ligera descripción: «*Palaeochorda* consiste en un filamento largo y cilíndrico, delgado, con la superficie lisa o estriada, que aparece en relieve, lo mismo sobre la cara

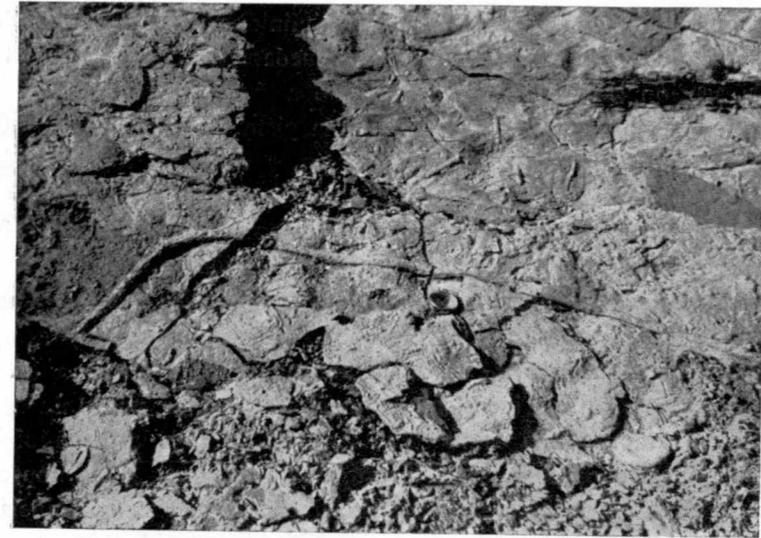


Fig. 1.—*Palaeochorda multielongata*.

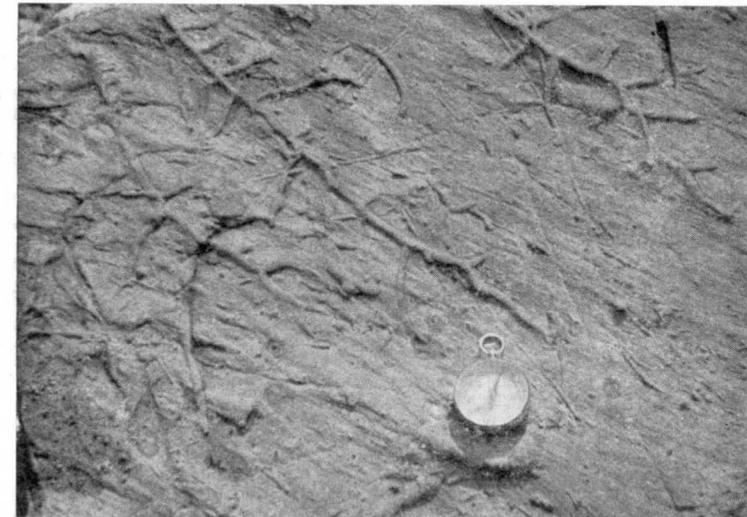


Fig. 2.—*Dendrotichnium* sp

superior que sobre la inferior de los estratos, con recorrido sinuoso, presentándose a veces sobre otras pistas».

Esta forma es muy semejante a *Palaeophycus*, que puede presentarse tanto en trazados sinuosos como curvilíneos o rectiformes.

Nuestro ejemplar posee caracteres bien definidos: una longitud de más de un metro, aunque en la fotografía sólo puedan apreciarse unos 98 centímetros; la sección transversa alcanza de 1,5 a 2 centímetros.

El estrato que lo contiene hace ver que la pista referida es parte de otra más larga, ya que no tiene ni principio ni fin, y conserva todo el diámetro circular hasta la rotura de la capa. Su superficie es lisa, o con débiles líneas en su lado izquierdo. Su contorno cilíndrico es perfectamente separable del surco primero, abierto por el ser que lo ha producido.

La cara que lleva la referida huella de *Palaeochorda*, llena de impresiones de Scolicia, es la superior del estrato en donde se ha originado.

El nombre de *Palaeochorda* se venía aplicando hasta ahora a las pistas de edad silúrica, pero otras idénticas se pueden encontrar, tanto en el flysch meso-cenozoico guipuzcoano como en el de otras localidades españolas. Por tanto, según nuestro parecer, sería incongruente designar a las impresiones que se encuentran en los terrenos secundarios o terciarios con apelaciones distintas a las del primario, ya que aparecería una cantidad innecesaria de icnogéneros morfológicamente idénticos e inseparables. Será mucho mejor conservar el icnogénero, con raíz paleozoica, y dotarle de tantas icnoespecies como fueran apareciendo, teniendo en cuenta, desde luego, un amplio margen de interpretación.

Hasta ahora, la hemos observado en unas secuencias binarias existentes en la margen izquierda de la carretera de la Poblá de Segur a Sört (a unos dos kilómetros aproximados de la Poblá de Segur) y en otras varias localidades de los alrededores del perímetro estudiado.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico. Marga calcáreo-areniscosa.

Posición estratínómica: Relieve de cara superior.

Icgn. *Dendrotichnium*. Gómez de Llarena, 1949

Dendrotichnium icsp.

Lám. 4, fig. 2

En 1944, Gómez de Llarena descubre la pista en el flysch de *Inoceramus* del Km. 38 de la carretera de San Sebastián a Deva, cerca de Zumaya. Dos años después aparece inserta en un trabajo suyo (15) una fotografía junto con una breve descripción: «Esta pista muestra un tallo rectilíneo del cual salen a distancias iguales dos ramas perpendiculares a él, formando una especie de verticilos. En las distintas obras consultadas, tampoco hemos en-

contrado algo semejante a que podamos referirnos. Sin embargo, creemos que debe de haber sido producida por un gusano, dotado de estas curiosas propiedades de la homostrofia y fobotaxia, si bien, acusadas de forma distinta a la de los helminthoides».

En la arenisca cenomanense de Espinosa de los Monteros (Burgos), nuevamente este autor (16), halla una forma igual en el trancurso de una excursión por aquella zona acompañado por M. Ruiz de Gaona y R. Ciry. He aquí su comentario:

«Pista ramificada, cuya altura es de 10 centímetros, la cual muestra una disposición idéntica a la ya señalada en mi trabajo de 1946 (15), hallada en el flysch de *Inoceramus*, de Zumaya.

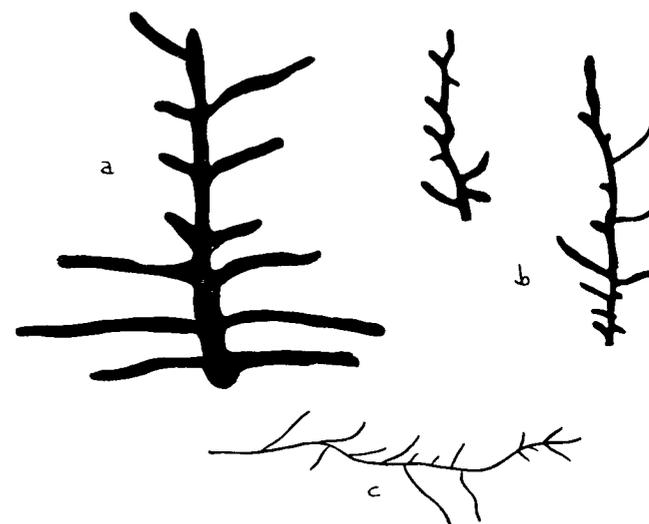


Fig. 1.

Lo mismo que aquélla, la de Espinosa de los Monteros debe de haber sido producida por un gusano dotado de las propiedades de la homostrofia y de la fobotaxia.»

Al no encontrar en la bibliografía especializada ninguna huella afín, el profesor Gómez de Llarena se decide a dar a las pistas de Zumaya y Espinosa el nombre provisional de *Dendrotichnium* (pista ramificada), para facilitar así su referencia.

El grabado adjunto compara *Dendrotichnium* de Zumaya a) con el reconocido en Mas Mascarell, b) (Poblá de Segur); se ven así dos rastros muy semejantes morfológicamente (ambos a diferente escala). La letra C representa un trazado del camino seguido por el anélido *Carinella polymorpha*, que ofrece algunas analogías con las formas fósiles aquí descritas.

La huella de Mas Maserrell que presentamos es de forma dendrítica, al parece limitada en longitud, tanto en el tronco central como en las derivaciones laterales. Sus medidas específicas son las siguientes:

Longitud del cordón central: De 20 a 26 cmts.

Diámetro medio: 6,5 mm.

Profundidad de la impresión: De 2 a 4 mm.

Equidistancia de las derivaciones laterales: 1,5, 2 y 5 cmts.

Dendrotichnium, por el momento sólo se ha encontrado en el neocretácico. La huella de Espinosa de los Monteros es cenomarense (16), la más baja estratigráficamente; las de Zumaya y Poble de Segur son maestrichtienses.

Parece estar fuera de dudas que la pista en cuestión sea producida por un anélido o gusano; así lo hace constar Gómez de Llarena (15, 16).

Vemos en el capítulo II de Lessertisseur (32) dedicado a las pistas de invertebrados marinos actuales, que en la figura 6 presenta huellas de anélidos cuya letra E, reproduce un trazado de *Carinella polymorpha* Renieri, bastante semejante a *Dendrotichnium* por sus ramificaciones y disposición arborescente.

Creemos, pues, junto con Gómez de Llarena, que el agente biológico creador de *Dendrotichnium* es un anélido dotado de homostrofia y fobotaxia y añadimos nosotros que debe ser muy próximo a *Carinella polymorpha*, a juzgar por los reflejos y tropismos observados en las huellas dejadas por tales formas.

Tanto la huella de Zumaya como la de Espinosa de los Monteros aparecen en relieve en la cara inferior de sus estratos respectivos.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca calcárea.

Posición estratinómica: Hiporrelive positivo

Legén. *Cosmoraphe*, Fuchs, 1865

Cosmoraphe sinuosus, Azpeitia, 1933

Lám. 5, fig. 1

Azpeitia (4) recogió la huella en el flysch cercano a Zumaya y por comparación con la *Helminthopsis labyrinthica* Her. y con la diagnosis del «género» crea su nueva forma *Helminthopsis sinuosa*, caracterizada por ser una huella «simple, muy larga, cilíndrica de 2,5 mm. de diámetro, toda ella flexuosa, con las inflexiones a uno y otro lado muy semejantes y siguiendo generalmente una orientación constante; sólo como excepción se observa alguna dobladura o cambio de dirección».

En un principio encaja perfectamente la icnoespecie descrita por Azpeitia

dentro de *Helminthopsis* Heer, pero en la actualidad, por haberse estudiado los diversos tropismos y reflejos entre los animales, y más concretamente dentro de tales formas (Richter, 44), han podido distinguirse de un modo muy notable las variantes morfológicas bien definidas, que poseen las pistas tipo helmintoide, de las restantes.

Por tal motivo hemos creído conveniente, siguiendo la tendencia (51-32), que la huella descrita en su tiempo por Azpeitia como *Helminthopsis sinuosa* y adoptada por unanimidad en toda la literatura paleontológica española, pudiera cambiar el icnogénero por *Cosmoraphe* Fuchs, pero conservando la calidad icnoespecifica señalada en 1933 por aquel autor.

(El término *Helminthopsis*, *Helminthoidea*, lo trataremos con el debido detenimiento en un trabajo especial).

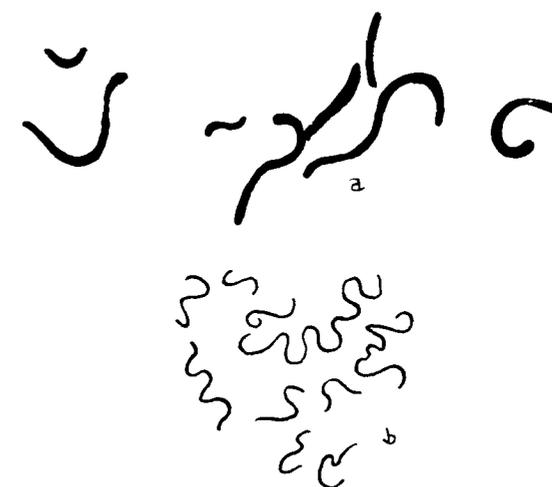


Fig. 2.

Así, pues, *Cosmoraphe sinuosus* Azp. quedará debidamente clasificado, por lo menos hasta el momento presente, como una pista en meandros libres (Freie Mäander), pero no del tipo helmintoide.

El *Cosmoraphe* presentado en nuestra lámina 5 y figura 2 del texto, pertenece a una variedad interrumpida ya señalada por Fuchs y reproducida en (32). En efecto, en su trazado sinuoso no se observa la unión ritual de la pista, sino que forma pequeños meandros separados entre sí. Incluso la medida diametral dada por Azpeitia (4) de 2,5 mm., aparece en nuestro ejemplar aumentada casi al doble, pero comprendamos que no sólo por esta diferencia hay motivos especiales para considerarla aparte como nueva. En la referida figura 2 del texto pueden verse comparadas el tipo de *Cosmoraphe* interrumpido de Fuchs «b» (seg. 32) y nuestras huellas en cuestión «a»

Fuchs (14), al tratar el origen de *Cosmoraphe* lo supone como una pista de huevos en forma de cordón. Richter (43) y Abel (1) lo consideran como una pista de probable gusano. Azpeitia (3), no admite la idea botánica de Heer (27) y lo cree hecho por el paso de un incógnito animal. Gómez de Larena decide considerar tal pista como de gusano, opinión que nosotros también compartimos; Seilacher la interpreta asimismo como pista típica, pero Lessertisseur (32), expone sus dudas al interpretar *Cosmoraphe* como huella y la incluye dentro de los «vermigliques».

Nuestro *Cosmoraphe sinuosus* (variedad interrumpida) lo encontramos en un bloque suelto en las torrenteras de Mas Mascarell.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca calcárea.

Posición estratinómica: Hiporrelieve positivo.

Helmintoides, espirales

Legén. *Helminthoidea* Heer, 1877

Helminthoidea aff. *appendiculata* Heer, 1877

El tipo de pista helmintoide, a nuestro modo de ver, es totalmente distinto al de las espirales y sinuosidades. La huella helmintoide está formada por un trazado sinuoso meandriniforme, cuyas vueltas, en general bastante apretadas, se suceden con cierta regularidad, pero siguiendo una orientación no concéntrica. De acuerdo con Seilacher (54), este tipo de pistas forma los «meandros dirigidos» («Geführte Mäander»), muy juntos y de uniones redondeadas en *Helminthoidea labyrinthica* Heer, algo más separados y con uniones apendiciformes en *H. appendiculata* Heer, o distribuidos con irregularidad tanto en el trazado como en la separación del mismo, en *H. crassa* Schafhäütl.

La pista *a* que presentamos en la figura 3 del texto, se aparta bastante de las figuras que han servido de comparación, clasificadas todas como *Helminthoidea appendiculata* Heer.

Heer (27), hace la siguiente descripción: «H. funiculis, 2 mm. latis, cylindricis, multoties recurvatim inflexis, geniculatis, geniculis appendiculatis».

Azpeitia (4), en su ejemplar de la figura 15 B, menciona su mayor diámetro, que es de 2,5 mm. y la longitud total no llega, la más larga, a los 4,5 centímetros.

La letra «c», figura 3 de nuestro texto, representa el tipo de *H. appendiculata* descrita por Heer, y la «b» el *Hercoraphe* de Fuchs. Si comparamos mutuamente tales rastros veremos que, pese a su afinidad, son bastante diferentes entre sí, pues mientras que la «c» forma caminos intimamente unidos y

terminados por un apéndice saliente, el tipo «b» toma una trayectoria de dos ramas paralelas, unidas en su base por una terminación triangular; incluso el límite superior de *Hercoraphe* está bastante dilatado en sentido diametral, además de no presentar más de dos caminos unidos y todos ellos en el mismo sentido.

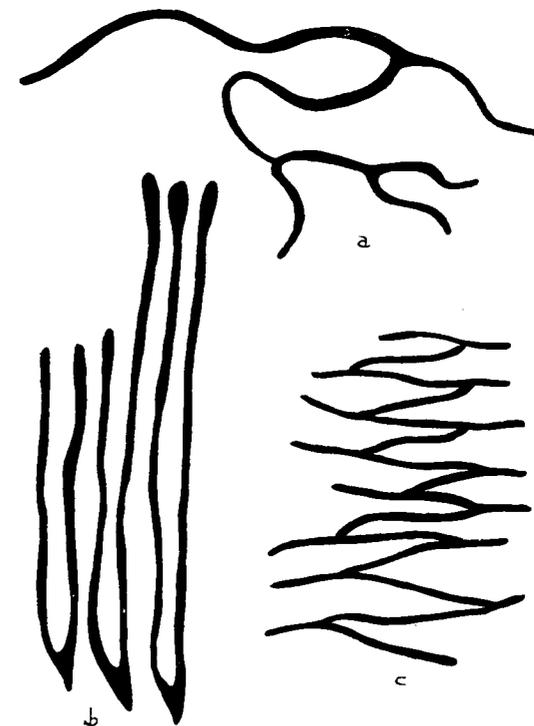


Fig. 3.

Pese a estas diferencias tan notables, veo en un sugestivo artículo de Seilacher (54), que *H. appendiculata* y *Hercoraphe* las usa este autor como sinónimas. Lessertisseur (32), une con lazos sinónimos *Palacomendron* Peruzzi y *Hercoraphe* Fuchs, idea que no comparto, dada la gran desigualdad de forma que existe entre ellos.

Nuestra huella figurada en la letra «a», en un principio habíamos creído que se trataba de una forma nueva por la patente diferencia de caracteres con *Helminthoidea appendiculata* de Heer, pero después de detenido estudio, nos pareció que debería ir juntamente con esta especie por las razones que expondremos a continuación.

La pista hallada en la Poblá de Segur «a» se manifiesta en dos formas flageliformes unidas entre sí y en sentido mutuamente opuesto. Su recorri-

do sinuoso inicial es algo irregular, ya en forma de meandros suaves, ya bruscos. En la parte superior de este primer recorrido forma dos caminos unidos, en su primera parte paralelos aunque divergentes, terminando por estrecharse súbitamente y volviendo a separarse con la misma divergencia. El comienzo y el final de la pista son más delgados que la parte media de la misma.

La unión se verifica entre el primer trazado y una de las derivaciones con intensa divergencia de la pista opuesta. El diámetro del rastro es de 3 a 4,5 mm., en tanto que la longitud mínima es de unos 150 mm. y la máxima de 280 milímetros aproximados.

Comparado con *H. appendiculata*, nuestro rastro es mucho más grueso y de más considerable longitud. Se presenta mucho menos apretado, no es tan regular y tiene formas muy definidas y desiguales; no obstante, tales argumentos no nos convencen para crear una nueva icnoespecie, si se tiene en cuenta el carácter aislado de la pista, y además de que pudiera tratarse de una forma de *H. appendiculata* inarmónica, trivial, poco caracterizada o simplemente alterada por desconocidos reflejos o posibles dificultades locomotoras de diversa índole. De momento dejaremos la citada forma como *H. appendiculata* Heer, unida a una partícula de afinidad, que, en caso de encontrarse en otros yacimientos presentando la misma morfología, no dudáramos, por las razones arriba expuestas, en considerarla como nueva.

Diversas son las hipótesis imaginadas para averiguar el animal productor de tales pistas; entre los autores más modernos, unos las consideran rastros de reptación de anélidos (41); otros, rastros de reptación de gastrópodos (22, 1) o pistas de gusanos (15).

Esta pista fue encontrada en un gran bloque suelto en las torrenteras de Mas Mascarell.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca calcárea.

Posición estratinómica: Hiporrelieve positivo.

Ícgen. *Spiroraphe*, Fuchs, 1895.

Spiroraphe aff. concentricus, Azpeitia, 1933

Lám. 6, fig. 1

Vemos en el presente grupo una cierta analogía con las pistas tipo helmintoide tanto por su trazado como por sus características esenciales, pero cuando tales caracteres, a veces idénticos, cambian su línea directriz clásica para enrollarse en espiral formando zonas concéntricas, se tiene el tipo de espiral dirigida («Geführte Spirale») típica de *Spiroraphe* Fuchs (*Helminthopsis concentrica* Azp.).

Azpeitia (4), al tratar de la especie *H. concentrica*?, declara que no sabe

a qué género referir la huella, porque se aproxima a varios y no concuerda con ninguno. Por último, se decide en colocarla de forma provisional en *Helminthopsis*. La descripción que nos da sobre tal fósil es la siguiente: «Impronta en forma de cordón, de diámetro medio entre dos y tres milímetros; simple, o sea, careciendo en absoluto de ramificaciones, desarrollándose en círculos concéntricos bastante irregulares y con frecuentes interrupciones no sujetas a regla alguna. En el ejemplar se encuentran nueve o diez círculos separados como cosa de un centímetro uno de otro, y se indican estas cifras sólo para dar una idea aproximada, pues como todos los elementos de este fósil son irregulares e incompletos, es imposible fijar los datos con toda precisión».

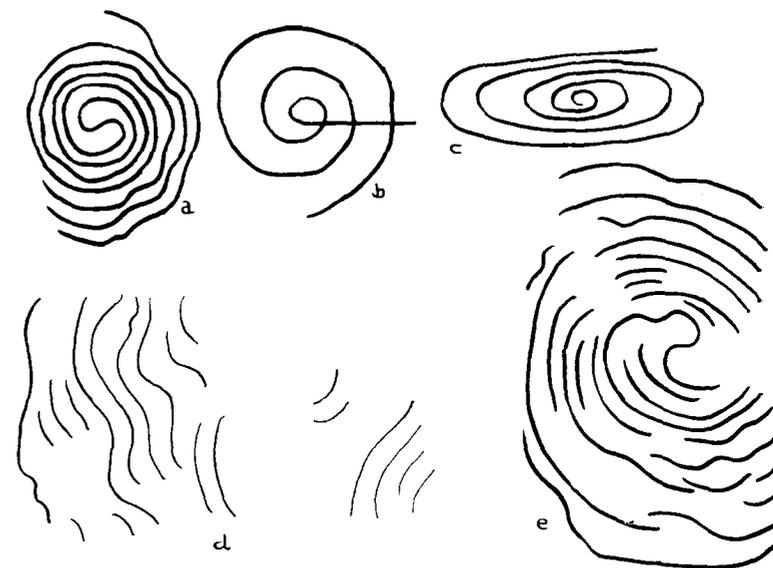


Fig. 4.

En la figura 4 del texto pueden apreciarse diversas formas de *Spiroraphe*: «a», de tipo doble o recurrente en meandros dirigidos (Seilacher); «b» y «c» de tipo en barras y simple respectivamente (Lessertisseur, 32).

Las letras «d» y «e», evidencian la distinta morfología entre la huella de Azpeitia «e» y la nuestra «d».

El rastro encontrado en la Pobra de Segur es coruoniforme, de trazado sinuoso, a veces de gran variación, dispuesto concéntricamente. El diámetro más frecuente de la pista sobrepasa un poco el medio milímetro. Los espacios entre los distintos cordones son bastante regulares, de tres a cinco milímetros.

Esta pista presenta el centro borrado, pero no deja lugar a dudas de su carácter espiral y no helmintoide.

También aquí, la tendencia moderna a distinguir las pistas espirales de las helmintoides nos ha inducido a cambiar el nombre de la pista descrita por Azpeitia (4) como *Helminthopsis? concentrica* por el del *Spiroraphe concentricus* Azp.

Desde luego, el rastro encontrado por nosotros se diferencia bastante del de Azpeitia, pero, por ahora, no lo consideramos nuevo, por el mero hecho de poseer sólo un ejemplar y, además, teniendo en cuenta los efectos del diastrófismo, las diversas circunstancias de humedad y composición de los sedimentos en vías de consolidación, etc.

Debemos decir, empero, al igual que en el caso de *Helminthoidea appendiculata*, que si se llega a encontrar otra huella igual a la descrita en estas líneas, podría considerarse con muy buen criterio como nueva, y encajaría a la perfección en el hueco intermedio existente entre *Spiroraphe concentricus* Azp. y *Spiroraphe zumayensis* Gómez de Llarena (15).

Estos rastros espirales fueron observados en una playa actual por Gripp (25), y su configuración concuerda con la de los hallados en estado fósil, los cuales, según Seilacher (51), serían debidos a un gusano afín a *Pharaonis fulgens*.

La pista aquí presentada, fue recogida en el campamento militar de Mas Mascarell.

Edad: Mestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca.

Posición estratinómica: Hiporrelieve positivo.

b) *Bilobuladas* (32).

Pistas con dos lóbulos bien diferenciados, lisas o con diversas ornamentaciones; rectas, en meandros, espirales o de tipo helmintoide.

Origen: *Gyrochorda* Heer, 1877

Gyrochorda fraeniformis, nov. iscp. Farrés, 1962

Lám. 5, fig. 2

Gyrochorda es el tipo de las pistas en trenzas, «Tresses, Zöpfplatten», conocidas especialmente del Lías al Jurásico; presentan formas bilobulares y ornatos variables.

La pista que aquí presenta la lámina 5, figura 2, tiene todo el aspecto de *Fraena*, y encaja a la perfección dentro de esta forma, muy afín a *Fraena Leyelly* del Silúrico, por su trazado recto característico y desprovista de cualquier ornato; pero resultaría difícil —y a lo mejor incongruente— hacer revivir icnogénero tan bien delimitado dentro de las eras geológicas desde el Pa-

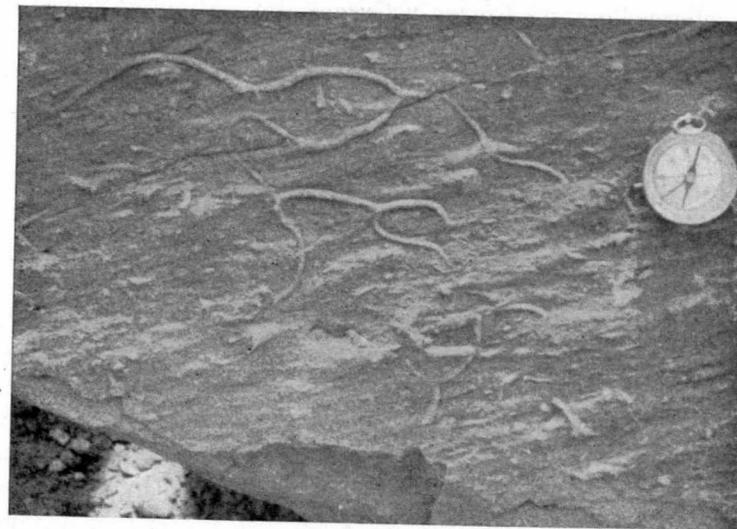


Fig. 1.—*Cosmoraphe sinuosus*.

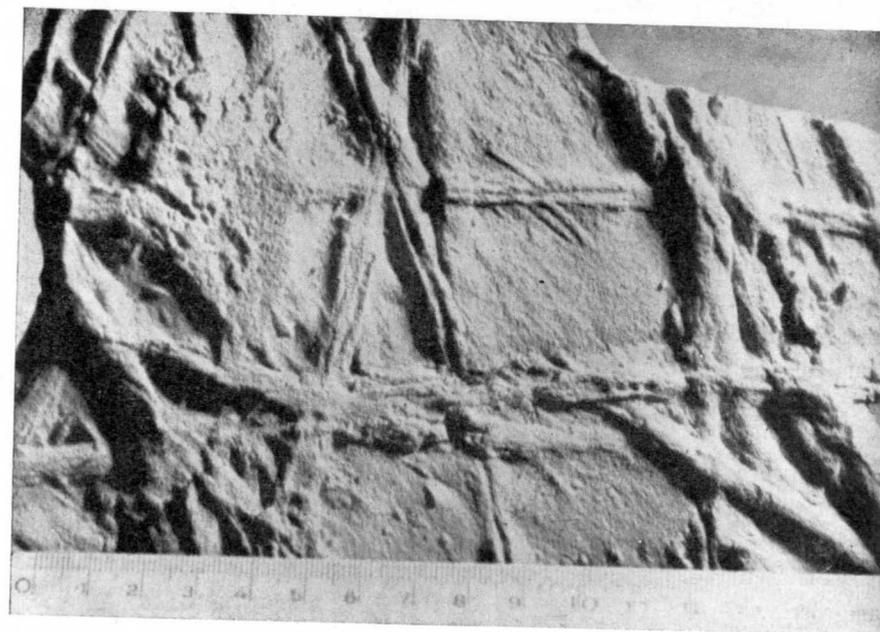


Fig. 2.—*Gyrochorda fraeniformis*.

leozoico antiguo hasta el Mesozoico medio. Por esta razón no hemos querido retener este nombre de *Fraena*, pese a las semejanzas morfológicas que tiene con *Gyrochorda*. Tampoco nos ha ofuscado la ocasión de crear un nuevo icnogénero intermedio entre *Fraena* y *Gyrochorda*, ya que no hubiéramos resuelto nada importante con ello. Creemos que la mejor solución ha sido englobar la forma que describiremos, dentro de *Gyrochorda*, por ser un rastro bilobular bastante semejante al nuestro y existente en una época relativamente vecina. Por lo tanto, *Gyrochorda fraeniformis*, designará un rastro bilobulado rectilíneo, muy semejante a la *Fraena* silúrica, a la vez que quedará establecida esta nueva pista como tipo base para *Gyrochorda* *lisa*, sin ornamentaciones. Veamos su diagnosis.

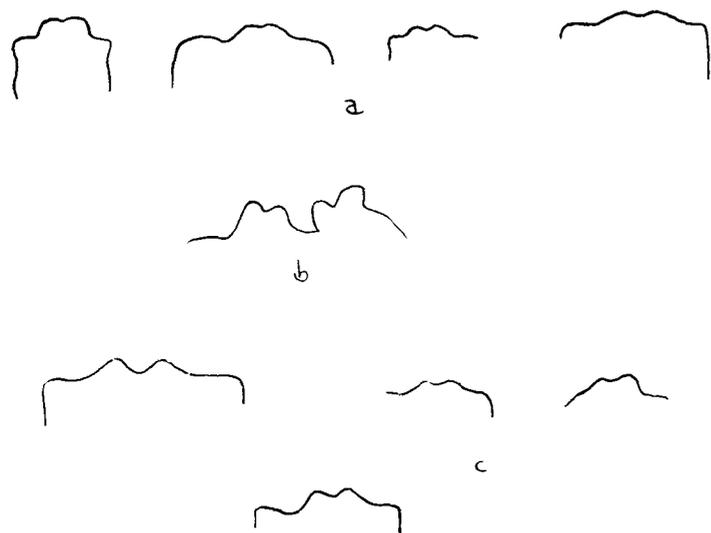


Fig. 5

Pistas bilobuladas, bastante largas, dispuestas en una serie de tiras entrecruzadas con otras. Profundidad de las huellas de 2 a 3 mm., diámetro muy regular y constante de 5 mm. Surco intermedio de 1 a 2 mm. Lobas laterales iguales y convexas. Trazado eminentemente recto, sin inflexiones ni cambios bruscos de dirección y en su totalidad liso, desprovisto de ornato alguno.

En la figura 5 del texto se pueden apreciar distintos cortes de pistas afines: «a», *Gyrochorda* (seg. Weis, 62; «b», *Fraena* Lyell, Rouault (seg. H. Pacheco) y «c», perfiles de *Gyrochorda fraeniformis*, Farrés.

Lessertisseur (32) supone que muy bien pudiera tratarse de galerías o pistas-galería.

El agente creador de estos rastros es discutible: para unos sería un molusco o un anélido (27); para otros, un anfípodo (14, 1).

El hallazgo de *G. fraeniformis* fue hecho en unas trincheras cerca del campamento militar de Mas Masca ell.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca fina calcárea.

Posición estratinómica: Hiporreliete positivo.

Ícgen *Taphrhelminthopsis*, Sacco, 1885

Taphrhelminthopsis? simplex, noc. icsp. Farrés, 1962

Lám. 6, fig. 2

Se trata de una huella algo especial que ofrece dificultades al compararla con otras dentro de un grupo determinado; por este motivo he colocado un signo interrogativo después del icnogénero, para advertir el carácter dudoso de su atribución.

De momento parece que es un rastro bilobulado, con las lobas laterales ornadas por notables incisiones que se unen en el centro; no obstante, en algunos lugares su trazado se ensancha algo más y parece como si existiera en su línea central un pequeño espacio liso intermedio entre las lobas.

Sin embargo, al observar la parte del fósil sin erosiones ni horraduras, su trazado se presenta angosto y prácticamente bilobular.

Su diámetro es muy regular, 7 mm., si bien en la parte inferior de la fotografía, en el meandro cerrado, se ensancha hasta llegar a 9. El espacio entre las lobas es de 1 a 2 mm. La profundidad de la pista fotografiada es de 2.5 mm. y su longitud de 15.5 cms.; en el borde medio derecho de la roca aparece otro fragmento de loba. Otra característica de la huella estudiada es su borde externo, muy bien diferenciado y saliente, alejado como cosa de casi 1 mm. del nivel de base.

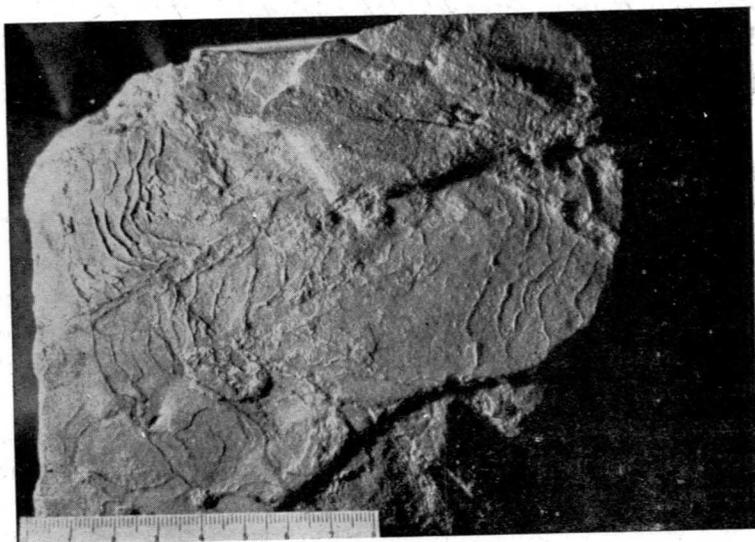
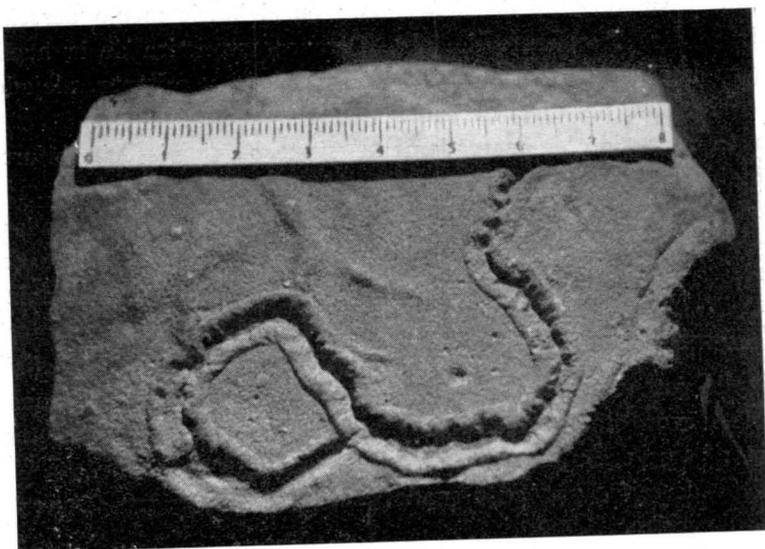
Todo su recorrido es marcadamente sinuoso, simple, sin bifurcaciones y con notables meandros, como se ve a su lado izquierdo.

Taphrhelminthopsis tipo es de vueltas muy apretadas, terminadas en espiral, muy juntas y de surco central poco hondo; esta nueva icnoespecie aquí descrita podría acaso considerarse como una variante paralela de recorrido más irregular, desenvuelto y con la depresión del centro mucho más marcada y hundida. También presenta algunas analogías con *Scolicia*, pero se separa de ésta por su menor diámetro, por los bordes externos salientes, por la ornamentación diferente y por la inexistencia de burlletes y surcos característicos en su centro.

La pista descrita, por su trazado, hace pensar en una disposición de meandros dirigidos.

En el trabajo (32) página 24, figura 10 C, aparece representado un rastro que por su afinidad con el aquí descrito sugiere la idea de creer en un

LÁM. 6

Fig. 1.—*Spiroraphe aff. concentricus*.Fig. 2.—*Taphrhelminthopsis* (?) *simplex*.

mismo origen. En efecto, en esa figura, la letra «C» presenta una pista también meandriforme con una vuelta casi cerrada y bilobulada, que el autor atribuye, aunque con reserva, al rastro dejado por el molusco *Natica*. Debido a la aparente semejanza entre estos distintos rastros, creo que podría resultar aceptable suponer el nuestro creado por un gastrópodo, referible a *Natica* o a un género afín.

T. simplex fue hallado en unas secuencias binarias cerca del campamento militar de Mas Mascarell.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca calcárea.

Posición estratinómica: Epirrelieve negativo.

c) *Trilobuladas* (32)

Pistas con tres lóbulos bien diferenciados. Centro llano, con diversas esculturas, bastante grande. Lobas laterales bien manifiestas y en general costilladas.

Icgen. *Scolicia* Quatrefages, 1849

Scolicia prisca Quatrefages, 1849

Lám. 7, fig. 1

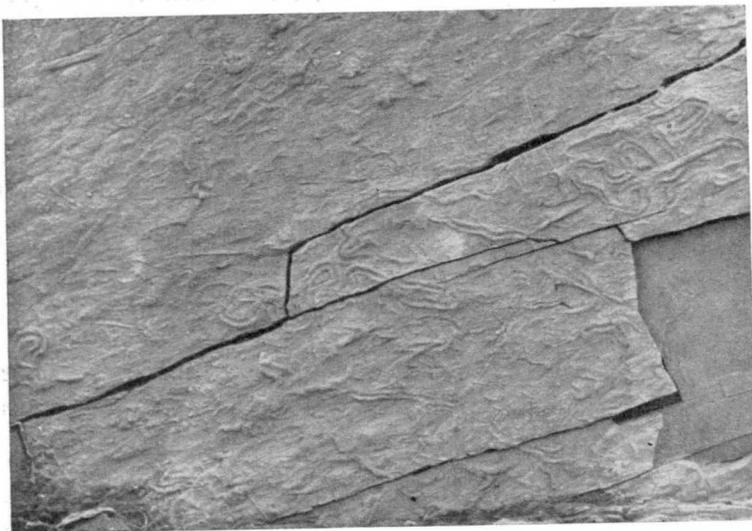
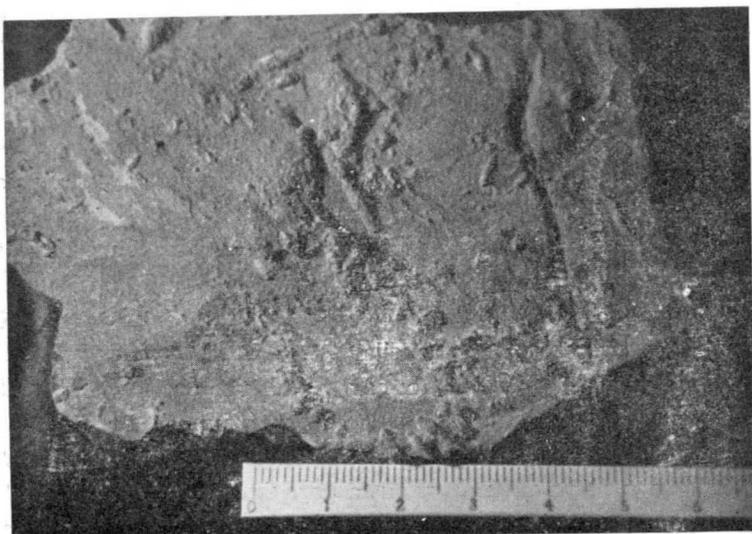
Quatrefages (41), en 1849, crea el género *Scolicia* como resultado de las observaciones realizadas en el flysch de San Sebastián sobre unos ejemplares que según él creía, eran los restos pertenecientes a un anélido de gran talla. Más tarde tales datos fueron publicados en el tratado de Paleontología de Pictet (40). En 1864, Heer (27), en el flysch alpino describe *Phyllochorda*. Zittel (64) en su obra de Paleontología anota las descripciones de Quatrefages, pero tratando a *Scolicia* como un cuerpo indeterminable en absoluto. Mallada (33), Palacios (39), Kindelán (29), Azpeitia (4) y Gómez Lluca (21) la mencionan en distintos terrenos españoles.

En 1933, Azpeitia (4), en su excelente trabajo, expone notables reflexiones sobre el origen de esta huella.

Este tipo de huella fue reseñado por Götzinger-Becker (22, 23), y por Abel (1). Götzinger (24), propone dos nuevos términos genéricos para distinguir las formas que se presentan en hueco, de la cara superior: *Palaeobullia*, de las que quedan en relieve en la cara inferior: *Subphyllochorda*.

Pese al número considerable de adeptos a tal decisión, hay algunos, entre ellos Lessertisseur (32), a quienes les convence poco esta proposición. Seilacher la adopta también. Por mi parte, creo, junto con Gómez de Llerena (15), que «dada la generalización del nombre *Scolicia* en la literatura

LÁM. 7

Fig. 1.—*Scolicia prisca*.Fig. 2.—*Lorenzina appenninica*

paleontológica española, debería conservarse dicho nombre para la pista en hueco de la *Bullia* impresa en la cara superior de los bancos, y dejar el de *Subphyllochora* para designar la pista en relieve de la cara inferior de éstos por el mismo animal».

Además debe tenerse en cuenta que el nombre más antiguo debería prevalecer, siempre que estuviera debidamente determinado y fuera de posibles confusiones con otros. En este caso, *Scolicia* marca un camino concreto desde su fundación genérica en cuanto a los caracteres morfológicos de la pista; no creo, pues, que por el mero hecho de demostrarse la falsa interpretación biológica inicial de Quatrefages y, en cambio, suponerle un origen muy razonable además de demostrado (pista de *Bullia*), haya que cambiarle su apelativo primitivo.

Reproducimos la descripción de *Scolicia prisca* revisada por Azpeitia. «El eje de la impronta está formada por un semicilindro, a veces un poco elevado, todo él surcado por fuertes estrias transversales bastante irregulares y tan marcadas, que podría decirse que estaba construido por anillos dobles puestos a continuación unos de otros. Este es el llamado intestino según la peregrina interpretación dada al fósil por su descubridor.

A uno y otro lado del mencionado eje se ven los efectos de los movimientos musculares del pie que en cada pequeño avance rechazaba la correspondiente porción del lodo plástico sobre el cual se deslizaba el animal, y esto es llamado por Quatrefages tabiques interlunares. La longitud de la pista es indefinida y en cuanto al diámetro es de dos a cuatro centímetros».

Los rastros encontrados por nosotros en el flysch maestrichtiense de la Poblá de Segur difieren de los de Azpeitia en los siguientes pormenores: (figura 6 del texto). El eje de la impresión lo forman siempre dos burletes semicilíndricos, típicos, separados por una marcada línea intermedia indiferenciada «c», estriados con regularidad y nitidez. En el punto de unión de estos burletes con las lobas laterales, suele existir a veces un surco débil «e» o unos cordoncillos delgados pero bien manifiestos «d» y constantes. Las lobas laterales muy bien desarrolladas, con pronunciadas estrias costillares bastante separadas, que llegan siempre a unirse con los bisemicilindros del eje.

El diámetro de nuestras pistas es de 2,5 a 3 centímetros y su profundidad de 4 a 15 milímetros.

En la presente figura 6 del texto pueden verse comparados distintos cortes de *Scolicia*: «a», según Azpeitia (4), lámina XI, figura 22; «b», según Gómez de Larena (17), lámina XXXIV, figura 1; «c», «d» y «e» son ejemplares de nuestras colecciones, recogidos en la Poblá de Segur.

Comparando todos estos rastros con los representados por Götzinger-Becker (22) del flysch de Viena, resulta que los de Azpeitia y Gómez de Larena encajan con normalidad en los números 1, 2 y 3 de dichos autores, mientras

que los de Poble de Segur se adaptarían mejor con los 7, 8 y 9 respectivamente.

Parece que el misterio del agente creador de las pistas está resuelto, inclinándose la casi totalidad de los autores a admitir un origen cuyo tipo de locomoción triáxico es idéntico al que se ha podido observar en la actualidad, producido por el gastrópodo *Bullia rhodostoma* o *laevissima*.

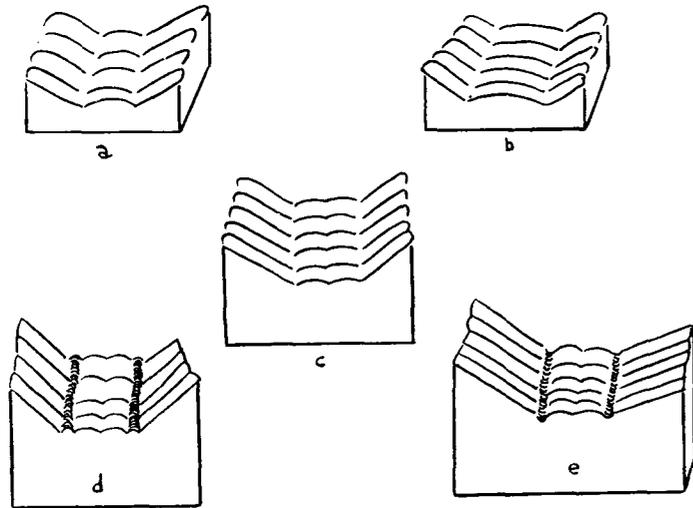


Fig. 6.

Abundante en la carretera de la Poble de Segur a Sort y en las torrenteras de Mas Mascarell.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Margas, o areniscas finas calcáreas.

Posición estratinómica: Epirrelieve negativo.

El término *Subphyllochora* lo vienen aplicando Götzinger y Becker (22, 23) para designar las formas de *Scolicia* en relieve (*Palacobullia*). La fotografía de la lámina 7, figura 1, recoge numerosos trazados sinuosos, simples, de unos dos centímetros de diámetro, en forma de cordones dobles con un espacio central de bastante longitud y nunca o muy raramente cruzados. En otros casos, estos mismos tipos de rastros aparecen aislados y en forma de meandros dirigidos o con un principio de espiral.

Todo esto lo incluimos por el momento en *Subphyllochora*. Estas pistas abundan en las torrenteras de Mas Mascarell y en la carretera de la Poble de Segur a Sort.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Arenisca fina calcárea.

Posición estratinómica: Hiporrelieve positivo.

d) *Huellas esteliformes.*

Pistas bien diferenciadas por sus formas estelares con o sin botón central. Se pueden encontrar tanto en la cara superior como en la inferior de los estratos.

Según *Lorenzina*, Gabelli (en P. Vinassa, 1902)

Lorenzina appenninica, Gabelli (en P. Vinassa, 1902)

Lám. 7, fig. 2

Parece que la primera cita española de *Lorenzina* fue dada por Jiménez de Cisneros (28), quien la encontró en el Numulítico del norte de Alicante. Más tarde Gómez Lluca (21) la cita procedente del Eoceno guipuzcoano. Azpeitia (4) encuentra rastro de la misma especie recogido, con dudas, entre Zarauz y Zumaya. Gómez de Larena (15) revisa los datos de Azpeitia, y en 1954 (17), reproduce varios rastros encontrados en una arenisca numulítica de la carretera de Zarauz a Guetaria.

Lorenzina es netamente separable de las otras pistas estelares por su configuración particular y constante. Tanto los ejemplares de *Lorenzina*, que he podido ver tanto en fotografía como los observados al natural, han sugerido la siguiente diagnosis:

Huella esteliforme, compuesta por numerosos relieves radiales dispuestos alrededor de una superficie lisa e inalterada. Zona central llana, circular, elíptica o polimorfa y bastante grande.

Radios dispuestos con regularidad o irregularidad en torno al centro, difusos, apelmazados en sus dos extremos, de grosor variable, según los ejemplares, pero algo igual entre sí los de cada uno de éstos. Longitud de los radios sin reglas fijas: alternancia entre radio y radio, sensiblemente igual. Se presenta siempre en relieve en la cara inferior de los estratos.

En la adjunta figura 7 del texto se muestran comparados los ejemplares de *Lorenzina* siguientes: «a», «b», «c», según Gómez de Larena (17), lámina XLV, fig. 2; «d», «e», según Azpeitia (4), lámina III, figura 7; «f», «g», «h», «i», «j», según Gómez Lluca (21), figuras 6, 7 y 8; «k», según Seilacher (54), Tab. II, número 24, y «l» modelo de la Poble de Segur.

Las hipótesis hoy más en boga sobre el origen de la *Lorenzina* se orientan hacia tres soluciones, a mi modo de ver, todas ellas —aunque ingeniosas—, prácticamente inadmisibles: 1.ª, impresión cefálica de un gusano arenícola sobre la arena o fango en torno del agujero vertical en que vive. 2.ª, huella de raedura de la capa superficial del fango, rico en materia alimenti-

cia, por crustáceos o gusanos. 3.ª. acumulación radial de excrementos de anélidos.

Comentaremos por separado tales conclusiones. En caso de tratarse de la impronta de un gusano arenícola realizada por su porción cefálica desde un centro de irradiación único, aparece la dificultad de la inexistencia de un botón central, circunstancia ya anotada por Azpeitia y Gómez de Llarena; este último autor (15) refiere que «esta dificultad desaparece si se recuerda

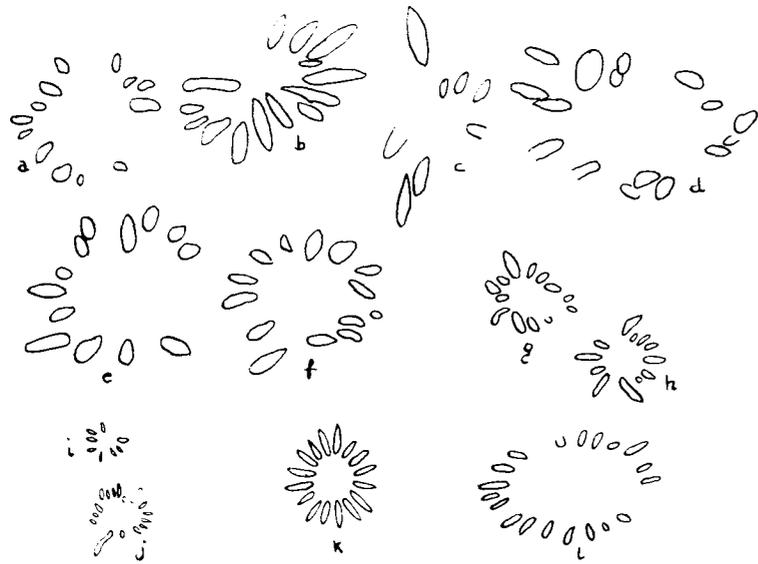


Fig. 7.

la facilidad con que se desmoronan las ténues impresiones hechas por los pequeños organismos en la arena húmeda, lo que explica también por qué sus radios están borrados desde el centro hasta una distancia igual o subigual para todos y en su lugar aparece una superficie llana circular. Es posible que esta superficie, de radio variable según las distintas *Lorenzinias* observadas, se haya producido por el desmoronamiento de la parte superior del embudo en el extremo del agujero en que vivía el gusano, lo cual se ha realizado de modo simétrico en todas direcciones. En todo caso *Lorenzinia* ha debido ser producida por un organismo que vivía en un agujero vertical y que movía la porción superior de su cuerpo en sentido radial».

A tal modo de ver expondremos algunas apostillas

No se puede atribuir a la casualidad que en todas las *Lorenzinias* encontradas no se observe ni el menor vestigio del agujero. En todas ellas precisamente son característicos, además de la ordenación especial de sus lomas radiales, el notable espacio terso y llano central, que, como decíamos más arriba, se presenta liso e inalterado.

El desmoronamiento del punto de irradiación y de la otra mitad interna de los radios tropieza con los mismos inconvenientes anteriores; no creo que siempre haya tenido que desaparecer el punto central con sus surcos cóncavos primarios; seguramente, y por la marcada abundancia de *Lorenzinia*, se habría dado con ejemplares de conservación íntegra, con el embudo o agujero central bien conservado y fosilizado, o a lo menos parte de él.

Aunque aceptamos que las ténues impresiones hechas por tales agentes zoógenos en la arena húmeda se desmoronan con cierta rapidez y facilidad, este desmoronamiento lo mismo hubiera podido ocurrir en el agujero central y parte interna de las lomas, que en el límite externo de éstas, y los hallazgos nos han demostrado y nos vienen certificando, que lo único que aparece siempre con garantías estables son las lomas radiales y la depresión llana central.

Merced a tales consideraciones vemos que tal hipótesis acude a circunstancias demasiado fortuitas para exponer un argumento conveniente.

En cuanto a la idea de suponer que *Lorenzinia* es el resultado de las huellas de raedura de una capa superficial, expuesto por Abel (1), podemos anotar las mismas objeciones sobre la existencia del tubo vertical de habitación. Por último, sobre las acumulaciones de excrementos depositados en sentido radial, tendríamos que admitir asimismo un centro único, que es incompatible con la superficie lisa de *Lorenzinia*, además de que los excrementos harían variar, por su grosor y volumen, la forma convexa de sus impresiones en hiporrelieve.

Nosotros pensamos que tal vez podría tenerse en cuenta la suposición de que *Lorenzinia* fuera producto de alguna estructura en hélice simple o atornillada, afín a *Helicolithus* Azp., si bien diferente por su menor tamaño en grosor y por disponerse en forma más o menos redondeada en vez de rectilínea. En todo caso, *Lorenzinia* es, en el momento actual, un problema bastante oscuro desde el punto de vista genético. Ya Gómez de Llarena, con muy buen criterio (15), anota que los rastros actuales estelares de *Corphium*, *Scopimera* o *Dotila*, no concuerda mucho con la pista fósil.

A juzgar por la bibliografía geológica inserta al final del presente trabajo, *Lorenzinia* ha venido siempre encontrándose en terrenos eocénicos. Nuestro ejemplo, en cambio, fue encontrado en Mas Mascarell, en terreno cretácico.

Edad: Maestrichiense.

Carácter petrográfico: Arenisca fina calcáreo-margosa.

Posición estratinómica: Hiporrelieve positivo.

2. *Huellas endógenas* (32)

Galerías y madrigueras en el interior de las capas.

a) *Galerías ramificadas.*

Agrupas huellas construídas en el interior del sedimento, principalmente de formas arborescentes.

Icgen. *Chondrites*, Sternberg, 1833.

Chondrites, icsp.

Lám. 8, fig. 1

Esta pista, tan abundante en otras localidades de facies flysch (10) aparece poco representada en la región que venimos estudiando; hasta ahora, sólo pudimos reconocer dos ejemplares, uno de tamaño pequeño reproducido en la figura 1 de la lámina 8, y otro de mayor que se perdió antes de sacarle copia fotográfica.

La huella presentada muestra los caracteres morfológicos corrientes de su tipo, sólo que aquí aparece en hueco, por haberle desaparecido su contenido interno.

Existen varias icnoespecies características (58) según las edades geológicas, pero de formas idénticas y poco separables entre sí; Por tal motivo no hemos sabido a qué icnoespecie referirla. Será mejor esperar a un esclarecimiento más amplio para poder seguir analizándola.

Muchos autores consideran el término de *Chondrites* como sinónimos del de «Fucoides»; Gómez de Llarena (17) señala la radical diferencia que existe entre ambos tipos de pistas.

El profesor C. Meléndez (36) estudia tales formas desde el punto de vista paleobiológico. Respecto a los dos ejemplares hallados por nosotros, uno fue recogido en una torrentera a un kilómetro de la carretera de la Poble de Segur a Sort, y otro al este de dicho pueblo, después de haber cruzado el pantano de Tremp.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Pizarra arcillosa y caliza margosa.

Posición estratinómica: Cara inferior (?).

b) *Galerías simples o bifurcadas.*

Huellas de longitud variable, simples o con bifurcaciones, pero no del tipo Chondritiforme.

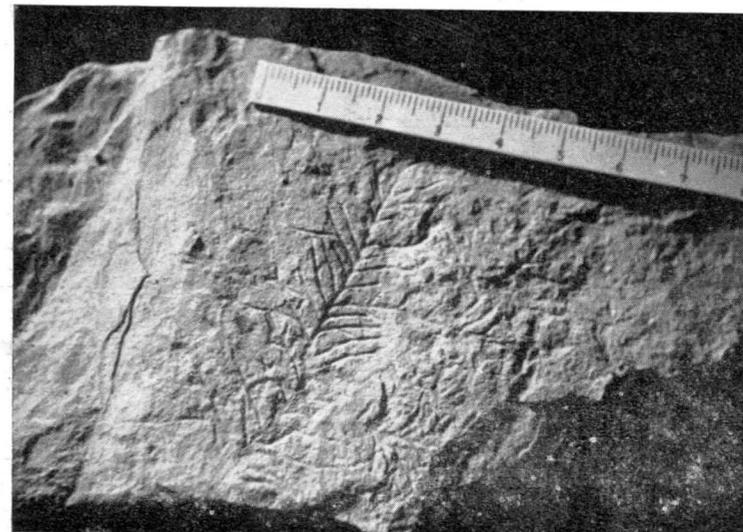


Fig. 1.—*Chondrites*



Fig. 2.—*Granularia* (?) *Altesi*.

Icgén. *Granularia*. Pomel (seg. Reis, 1909)

Granularia (?) *Altesi*, nov. iscp. Farrés, 1962

Lám. 8, fig. 2

De esta pista tenemos dos impresiones próximas la una a la otra. El grosor de esta huella es de 6-7 mm. y la longitud, la más larga es de 3-4 centímetros. Es bastante honda, de 3 a 4 milímetros. Su trazado es simple y ligeramente sinuoso. La parte inferior está tapizada por unos huecos ovales muy bien marcados de medio milímetro de profundidad y algo más de un milímetro de longitud, separados por espacios muy pequeños, dando en conjunto una sucesión apretada.

No puedo decir si estas pistas pertenecen a la cara superior o a la inferior, ya que la roca en donde se hallan fue recogida en un acopio de lascas sueltas de una torrentera.

Desde luego, a mi modo de ver, debería tratarse de una cara inferior de estrato, y tal disposición de huecos ovales podría haber resultado del moldeamiento de una galería sobre la acumulación de gránulos en relieve, en cierto modo ordenados. Por lo contrario, si se tratara de una impresión de cara superior, sería bastante enigmática y difícilmente interpretable; aunque no excluyo tal posibilidad, me veo inclinado a admitir mi primera hipótesis.

Granularia, Pomel, del flysch cretácico de los Apeninos, según Reis (42) (en Lessertisseur, pág. 60, fig. 35 A y lám. VIII, fig. 5), presenta también una forma típica de gránulos, aunque quizá no tan ovales. La pista aparece en relieve, no muy marcado y dispuesta en forma rectilínea, sin ninguna sinuosidad, de grosor algo variable, pero terminada con bordes redondeados y no alentejados. Lessertisseur la incluye dentro de los «Rhabdoglyphos» (Fuchs), si bien hay algunos autores que la emparentan con las galerías ramificadas tipo condrites o fucoides (ejemplo, *Granularia lumbricoides*, Heer, del flysch de los Apeninos según Reis).

Convendría hacer una revisión bien detallada de toda esta clase de huellas a fin de establecer un derrotero eficaz y concreto en su estudio, sufriendo algunos tipos, si fuera preciso, una degradación sinonímica para mejor comprensibilidad del grupo.

También nuestra huella ofrece muchas analogías con *Tomaculum*, Groom (= *Syncoptulus*) Richter (45, 46, 47), por tratarse de una sucesión de glomérulos sueltos dispuestos en forma alargada; el tipo: *Tomaculum problematicum*, Groom, es característico de los niveles pizarrosos ordovicienses. *Tubotomaculum*, según Gómez de Llarena, difiere bastante por encontrarse sus gránulos como envueltos en un tubo rectilíneo y ser mucho más gruesos (17).

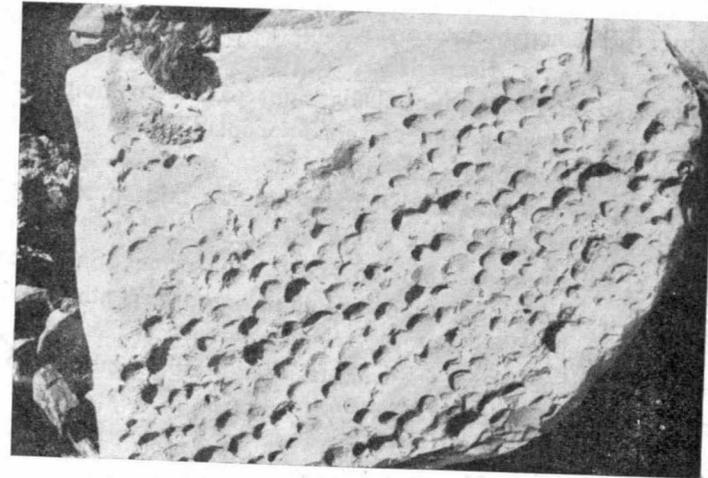


Fig. 1.—Huecos producidos por bolas de arcilla.

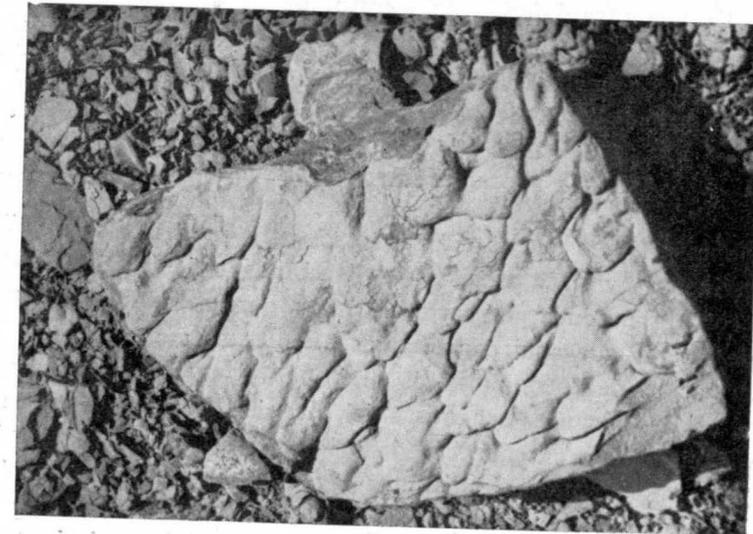


Fig. 2. Moldes de sediflujión.

Por último, Mayer (34) según G. de Llarena (17), en la caliza de crinoides de Wiesloch (Alemania) describe dos nuevas especies de *Coprulus*, que están formadas por aglomeraciones alargadas de gránulos.

Es evidente que todas estas formas aquí comentadas presentan bastantes analogías entre sí; por tal motivo debemos colocar un interrogante al atribuir la nueva icnoespecie *Altesi* dentro de Granularia: podría encapar también en *Coprulus* o en *Tomaculum*. Dejaremos para otro momento la conveniencia de buscar el lugar icnogénico más apropiado, si se demuestra que su actual posición no está debidamente atribuida.

Granularia Altesi, fue hallada en el campamento militar de Mas Mascarrell en marzo de 1958.

El agente creador es desconocido, pero, conforme con otros autores, creemos que dicha morfología es debida a un agrupamiento tubuliforme de «píldoras de excrementos».

Esta nueva icnoespecie va dedicada al distinguido ginecólogo y amigo, doctor Aniceto Altés Pineda, de Vich.

Edad: Maestrichtiense.

Carácter petrográfico: Marga calcárea.

Posición estratinómica: Cara inferior de estrato (?).

MOLDES DE SEDIFLUXIÓN

Solamente fue posible fotografiar una lasca representada en la lámina 9, figura 2. Es una cara inferior de estrato, de 21 centímetros de longitud, compuesta por arenisca fina calcárea. Algunos de los relieves parece como si tuvieran cierta semejanza con los «pezones», por su prolongación puntiforme. Muestra hallada al N. de Mas Mascarrell.

HUECOS PRODUCIDOS POR BOLAS DE ARCILLA

En la obra (17) veo que el autor los encuentra en el mazizo numilítico de Zarauz a Guetaria y en la arenisca del flysch negro de Idiazábal. Son interpretados con alguna duda por parte del autor, pero se dan algunas particularidades de interés que aquí comentamos.

La formación de estas bolas de arcilla (17), se puede observar en la actualidad en las márgenes cenagosas del Mar del Norte y su origen se rige por leyes semejantes a las que han dado lugar a las brechas y microbrechas sedimentarias monogénicas de distintos niveles del flysch. El ejemplar figurado en la lámina 1, figura 9, presenta una serie de huecos bien redondeados, insertos en un bloque suelto de arenisca fina calcárea, de bastante profundidad y pertenecientes a la cara inferior (?) del estrato. Es posible distinguir aún en el centro y en las paredes de algunos de estos agujeros, restos de material arcilloso adherido, de color verdoso y con la forma esférica.

Resulta fácil darse cuenta de que la bola arcillosa, al quedar en contacto con los agentes atmosféricos se descomponga con rapidez, dejando en su lugar el hueco o molde, fiel testigo de su existencia, conservado por ser más resistente a la erosión.

Se encuentra esta roca, con mayor o menor frecuencia, en las hondonadas del sector noroeste de la Poblá de Segur.

CONCLUSIÓN

El número de icnoespecies estudiadas es bastante considerable si se tiene en cuenta la reducida área de terreno estudiada y la poca abundancia de las mismas.

Las pistas más numerosas son, desde luego, *Scolicia prisca*, seguida de *Subphyllochorda*. Las restantes huellas se han hallado bastante dispersas y poco frecuentes. Estos hechos nos demuestran que los tramos con *Scolicia* y *Subphyllochorda* forman siempre niveles clásicos que deben interpretarse como icnocenosis típicas.

Es raro que, pese a las insistentes búsquedas con fines paleoicnológicos no se haya encontrado hasta ahora ningún resto ni vestigio de *Palaeodictyon*, enigmático aún y tan característico y abundante dentro de las facies flysch de otras localidades.

Se describen cuatro nuevas icnoespecies y se propone que *Helminthopsis concentrica* Azp. y *H. sinuosa* Azp. pasen a denominarse, respectivamente, *Spiroraphe concentricus* y *Cosmoraphe sinuosus* Azp.

Respecto a la posición estratinómica de las pistas, dominan los relieves de cara inferior (Hiporreliève positivo) sobre los de cara superior (Epirreliève negativo).

Vemos asimismo que en el carácter petrográfico de las rocas que contienen las referidas pistas dominan las areniscas calcáreas; las pizarras y margas, en cambio, son bastante pobres en manifestaciones paleoicnológicas.

A continuación damos la lista de las pistas estudiadas, siguiendo el mismo orden del texto.

PALEOICNOLOGÍA BIOLÓGICA

1. *Palaeochorda multielongata*, n. icsp.
2. *Dendrotichnium*, G. de Llarena.
3. *Cosmoraphe sinuosus*, Azp.
4. *Helminthoidea* aff. *appendiculata*, Heer.
5. *Spiroraphe* aff. *concentricus*, Azp.
6. *Gyrochorda fraeniformis*, nov. icsp.
7. *Thaprhelminthopsis? simplex*, nov. icsp.

8. *Scolicia prisca*, Quatr.
9. *Subphyllochora*, icsp., Göt., Beck.
10. *Lorenzinia appenninica*, Gab.
11. *Chondrites*, icsp., Sternb.
12. *Granularia? Altesi*, nov. icsp.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ABEL, O., 1935: *Vorzeitliche Lebensspuren*, 614 S., 550 Abb., Fischer, Jena.
- (2) ALMEIDA, A., y RÍOS, J. M.^a, 1947: *Explicación del mapa geológico de la provincia de Lérida*, «Inst. Geol. Min. España», Madrid.
- (3) AZUETA, F., 1922: *Discurso leído en su recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, pp. 38 ss., Madrid.
- (4) 1933: *Datos para el estudio paleontológico del flysch de la costa cantábrica y de algunos otros puntos de España*, «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», T. LIII (13.º de la 3.ª serie), pp. 1-65, 10 láms., Madrid.
- (5) CADICH, J., 1946: *Über Flysch der Tasma-Decke*, «Eclog. Geol. Helvet. Basel.
- (6) CAREZ, L., 1881: *Etude des terrains Crétacés et tertiaires du nord de l'Espagne*. Un vol., 327 pp., Edit. F. Savy, Paris.
- (7) CRUSAFONT, M., VIALTA, F. de, TRUYOLS, J., 1956: *Caracterización del Eoceno continental de la cuenca de Trep y edad de la orogénesis pirenaica*. Extrait des actes du II Congrès International d'études Pyrénéennes, Luchon-Pau, 1954 (Tome 2, sec. 1), pp. 1-53, 3 pl., 3 figs., Toulouse.
- (8) CHEVALIER, M., 1932: *Geología de Catalunya. II. L'Era secundaria*, pp. 240. Edit. «Barcinon», Barcelona.
- (9) DALLOSI, M., 1930: *Etude géologique des Pyrénées Catalanes*, Ann. Fac. Scienc. Marseille, T. XXVI, pp. 1-373, 8 figs., Marsella.
- (10) DERRICH, F., 1928: *Über Flysch Chondriten*, «Senck. Bd.», 10, p. 211, Frankfurt.
- (11) DESIO, A., 1940: *Vestigia problematiche paleozoiche della Libia*, «Ann. Mus. Libic. Stor. Nat.», Vol. 2, p. 47, Libia.
- (12) DOLLO, L., 1905: *Les allures des Iguanodonts d'après les empreintes des pieds et de la queue*, «Bull. Soc. Géol. France et Belgique», T. 40, 12 pp., París.
- (13) FONT I SAGUÉ, N., 1905: *Curs. de geología dinámica i estratigráfica aplicada a Catalunya*, I Vol., 481 pp., Barcelona.
- (14) FUCHS, Th., 1805: *Studien über Fokoiden und Hieroglyphen*, «Denkschr. Ak. Wiss. Wien, Math., Nat., Kl.», Bd. 62, p. 369, Viena.
- (15) GÓMEZ DE LLARENA, J., 1946: *Revisión de algunos datos paleontológicos del flysch Cretáceo y Numulítico de Guipúzcoa*, «NOT. COM. INST. GEOL. MIN. ESP.», Núm. 15, pp. 1-57, 8 láms., Madrid.
- (16) 1949: *Datos paleontológicos*, «NOT. COM. INST. GEOL. MIN. ESP.», Núm. 19, páginas 115-127, Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
- (17) 1954: *Observaciones geológicas en el flysch cretáceo-numulítico de Guipúzcoa*, «Mon. Inst. Lucas, Medalla», núm. 13, C. S. I. C., p. 1-98, LX láms., un mapa, Madrid.
- (18) 1956: *Observaciones geológicas en el flysch cretáceo-numulítico de Guipúzcoa*, «Mon. Inst. Lucas Madalla», núm. 15, C. S. I. C., pp. 1-47, XIV láminas, Mdrid.
- (19) *Observaciones fisiográficas en el litoral de Guipúzcoa*, «Bol. Inst. Esp. Oceanografía», núm. 101, pp. 1-59, 40 figs., 1 mapa, Madrid.

- (20) CARTAS (0-0-01 y 13-1-02).
- (21) GÓMEZ LLUECA, F., 1927: *Noticia sobre el hallazgo de la «Lorenzinia appenninica» de Gabelli en el Eoceno de Guipúzcoa*, «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», T. XXVII, pp. 46-56, 14 figs., Madrid.
- (22) GÖTZINGER-BECKER, 1932: *Zur geologischen Gliederung des Wienerwaldflysches*, «Jahrb. Geol. Bundesanst.», Bd., 82, Viena.
- (23) 1934: *Neue Fährtenstudien im ostalpinen Flysch*, «Senck.», Bd. 16, p. 77, Frankfurt.
- (24) GÖTZINGER, G., 1951: *Neue Funde von Fossilien und Lebensspuren und die zonal-gliederung des Wienerwaldflysches*, «Jahrg. Geol. Bundesanst.», p. 223, Viena.
- (25) GRIF, K., 1927: *Über einen «Geführte Mäander» erzeugenden Bewohner des Ostsee-Littorals*, «Senck. Bd.», 9, p. 93, Frankfurt a M.
- (26) HÄNTSCHHEL, V., 1939: *Die Lebensspuren von «Corophium volutator» Pallas und ihre paläontologische Bedeutung*, «Senck. Bd.», 21, p. 412, Frankfurt a M.
- (27) HEER, O., 1877: *Die Vorweltliche Flora der Schweiz*, Zürich.
- (28) JIMÉNEZ DE CISNEROS, D.: *Resumen de los datos paleontológicos recogidos en algunos museos de Italia, Suiza y Francia durante el mes de agosto de 1913*, «Junta Ampl. Est. Inv. Cient. Anales», T. XV, Mem. 1.ª, pp. 6-7, Madrid.
- (29) KINDELÁN, V., 1919: *El Cretáceo y el Eoceno de Guipúzcoa*, «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», T. XI (XX de la 2.ª serie), p. 30, Madrid.
- (30) KREJCI-GRAF, K., 1932: *Definition der Begriffe Marken, Spuren, Fährten, Bauten, Hieroglyphen und Fokoiden*, «Senck.», Bd., 14, p. 19, Frankfurt a M.
- (31) 1936: *Zur Natur der Fokoiden*, «Senck.», Bd., 18, p. 308, Frankfurt.
- (32) LESSERTISSEUR, J., 1955: *Traces fossiles d'activité animale et leur signification paléobiologique*, «Mém. Soc. Géol. France, Nou. Sér.», T. XXXIV, Fasc. 4, Mém. 74, pp. 1-150, XI pl., París.
- (33) MALLADA, L., 1892: *Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España*, «Bol. Com. Mapa Geol.», T. XVIII, p. 185, núm. 2 576, Madrid.
- (34) MAYER, G.: *Neue Lebensspuren aus dem Unteren Hautmuschelkalk (Trochitenkalk) von Wiesloch: «Coprinus oblongus», n. sp. und C. sphaeroideus», n. sp. N.*, «Jahrb. Pal.», Stuttgart.
- (35) MATEÑEZ, B., 1950: *Tratado de Paleontología*, T. II, Inst. «Lucas Mallada», C. S. I. C., cap. II Paleontología, pp. 47-87, 18 figs., VII láms., Madrid.
- (36) 1951: *El problema paleobiológico de los «chondrites»*, «Est. Geol.», núm. 14, páginas 469, Madrid.
- (37) MISCH, P., 1934: *Der Bau der Mittleren Subpyrenäen*, «Beit. Geol. der westlich. Medit.», núm. 13, Berlín, 1934 (trab. en Publ. Extr. Geol. Esp. Vol. IV, Madrid, 1948).
- (38) NANNY, P., 1948: *Zur Geologie der Präjura-Schiefer zwischen Rhätikon und Plessur-Fretz*, Zürich.
- (39) PALACIOS, J., 1919: *Los terrenos mesozoicos de Navarra*, «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», T. XI (XX de la 2.ª serie), p. 143, Madrid.
- (40) PICLET, 1854: *Traité de Paléontologie*, 2.ª éd., T. X, p. 572, París.
- (41) QUATREFAGES, A., 1849: *Note sur la «Scolicia prisca», annélide fossile de la craie*, «Ann. Sc. Nat.», 3 sér., T. 12, pp. 265-266, París.
- (42) REIS, O., 1909: *Zur Fokoidenfrage*, «Jahrb. K. K. Geol. Reichsanst.», Bd. 49, p. 615, Viena.
- (43) RICHTER, R., 1928: *Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer, ein Überblick über ihre biologischen Grundformen und deren geologische Bedeutung*, «Pal. Zeitschr.», Bd. 9, p. 193, Berlín.
- (44) 1928: *Psychische Reaktionen Fossiler Tiere, Helminthoiden und Nereiten als Fra-*

- gen der Fahrtenkunde an die Tierpsychologie. «Paläobiol.», Bd. 1, p. 226. Viena-Leipzig
- (45) RICHTER, RUD und E., 1939: *Eine Lebensspur* («*Syncroptulus pharmacus*»), *gemeinsam den Rhein und Böhm. Ordovizium*. «Senck», Bd. 21, p. 152. Frankfurt.
- (46) 1939: *Die Kotschnur* («*Tomaculum*») Groom (« = *Syncroptulus R. und E. Richter*») *ähnliche Scheitel-Platten und ihre stratigraphische Bedeutung*. «Senck», Bd. 21, p. 278. Frankfurt a M.
- (47) 1941: *Das stratigraphische Verhalten von* («*Tomaculum*») *als Beispiel für die Bedeutung von Lebensspuren*. «Senck», Bd., 23, p. 133. Frankfurt a M.
- (48) RÍOS, J. M.^a, 1951: *Análisis estratigráfico y tectónico de una parte del valle del Segre, en la provincia de Lérida (La zona de Coll de Nargó)*. «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», pp. 1-96, 3 mapas. Madrid.
- (49) SACCO, F., 1886: *In torno ad alcune impronte organiche dei terreni del Piemonte*. «Atti Roy Soc. Torino. Vol. 21, p. 3 Torino.
- (50) 1888: *Note de Paleozoologia Italiana*. «Atti Soc. Ital. Sc. Nat.», Vol. 31. Roma.
- (51) SEILACHER, A., 1953: *Studien zur Paläozoologie. I. Über die Methoden der Paläozoologie*. «N. Jahrb. Geol. Pal.», Bd. 96, p. 241. Stuttgart.
- (52) 1953: *Studien zur Paläozoologie. II. Die fossilen Ruhestellen (Cubichnia)*. «N. Jahrb. Geol. Pal.», Bd. 98, p. 87. Stuttgart.
- (53) 1933: *Der Brandungsand als Lebensraum in Gegenwart und Vorzeit*. «Nat. und Volk.», Bd. 83, p. 263. Frankfurt.
- (54) 1958: *Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und Molasse*. «Eclog. Geol. Helvet.», Vol. 51, N. 3, pp. 1062-1078, 1 fig., 3 Tab. Basl.
- (55) SEIZER, G., 1948: *Geologie der Südpyrrenäischen Sierren in Oberagonien*. «N. Jahrb. für Min. Paläont. und Geol.», T. 71 (Trad. en Publ. ext. Geol. Esp., volumen IV).
- (56) SITTE, L. U., 1959: *The structure of the axial zone of the Pyrenees in the province of Lérida*. «Est. Geol.», Vol. XV, núms. 41-44, pp. 349-360, 1 mapa, 1 lámina. Madrid.
- (57) STERNBERG, C. M., 1930: *Dinosaur tracks from Peace River, British Columbia*. «Ann. Report. Nat. Mus.», Canadá.
- (58) TAUBER, A. F., 1949: *Paläobiologische Analyse von* («*Chondrites furcatus*») *Ster.* «Jahrb. Geol. Bundesanst.» Bd. 93, p. 141. Viena.
- (59) TRUSHEIM, F., 1930: *Sternförmige Sährten von* («*Corophium. Senck. Bdl*»), 12, pag. 254. Frankfurt.
- (60) VIDAL, L. M., 1875: *Geologia de la provincia de Lérida*. «Bol. Com. Map. Geol. España», núm. 2, pp.
- (61) VIXNANA, P., 1902: *Tratado de Paleontología*. Milán.
- (62) WEISS, W., 1940: *Beobachtungen an Zöpfplatten*. *Zeitschr. Deutsch. «Geol. Ges.»* Bd. 92, p. 333.
- (63) 1941: *Die Entstehung der Zöpfe in Schwarzen und Braunen Jura*. «Nat. und Volk.» Bd. 71, p. 179. Frankfurt a M.
- (64) ZITTEL, 1883: *Traité de Paléontologie* (trad. Ch. Barrois). T. I. Paléozoologie.

562.1551.2 (428.116)

JOSE L. SAAVEDRA (*)

DATOS MICROPALÉONTOLOGICOS PARA LA ESTRATIGRAFIA DE LA HOJA DE LOGROÑO

RÉSUMÉ

Nous signalons dans 27 dessins les microfaciès et microfossiles de quelques échantillons de la zone de Logroño.

Ils comprennent le Lias, provenant de blocs isolés, l'Oligocène continental, sous la forme de marnes, marnes gypseuses, marnes sableuses et calcaires, celles-ci avec des restes lacustres et les alluvions avec de microfossiles remaniés. Nous mettons en doute l'âge wealdien des calcaires de Clavijo; et nous signalons l'analogie d'un échantillon pris dans une formation pliée avec du gypse, considérée triassique, avec les marnes gypseuses de l'Oligocène.

SUMMARY

We show in 27 pictures the microfacies and microfossils in several cutting samples from Logroño's zone. They include the Lias, proceeding from loose blocks the continental Oligocene, formed by gypsum, sandy and calcareous marls, the latter with lacustrine residues; and alluvions with resedimented microfossils.

It is uncertain the Wealden age of Clavijo's limestones and it is pointed out the analogy between the samples from a gypsum folded formation, considered as triassic, and the Oligocene gypsum marls.

Cuando M. Alvarado y J. Ochoa realizaron su trabajo de campo para hacer la descripción geológica de la Hoja de Logroño, me enviaron 39 muestras para su estudio micropaleontológico.

Los resultados de aquel estudio fueron incluidos en la memoria de dicha Hoja, pero nos ha parecido interesante profundizar un poco más sobre ello y dar a conocer con detalles algunos datos de valor estratigráfico.

(*) Jefe del Laboratorio de Micropaleontología del Instituto Geológico y Minero de España.

Ocupan la máxima extensión en dicha Hoja las formaciones triásicas y oligocenas, muy fáciles de distinguir sobre el terreno por la violenta tectónica que afectó a las primeras, en contraste con la horizontalidad de las segundas.

En distintos puntos encontramos además afloramientos pequeños de otras edades: Infralías, Charmutiense y Wealdense, que parecen formar bloques flotantes sobre el Triás.

En las páginas siguientes nos ocuparemos de todas estas formaciones, tomando como base los datos de las muestras citadas, cuya posición puede verse en el mapa adjunto.

INFRALÍAS

Según Alvarado, forma mogotes que parecen flotar sobre las margas con yesos y deben proceder de las sierras situadas al Sur (Sierra de Cameros).

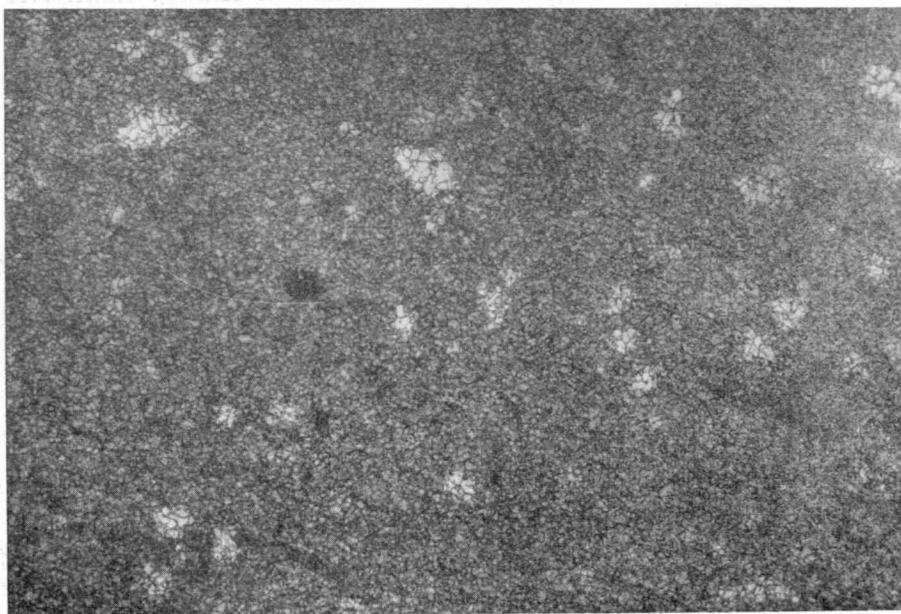
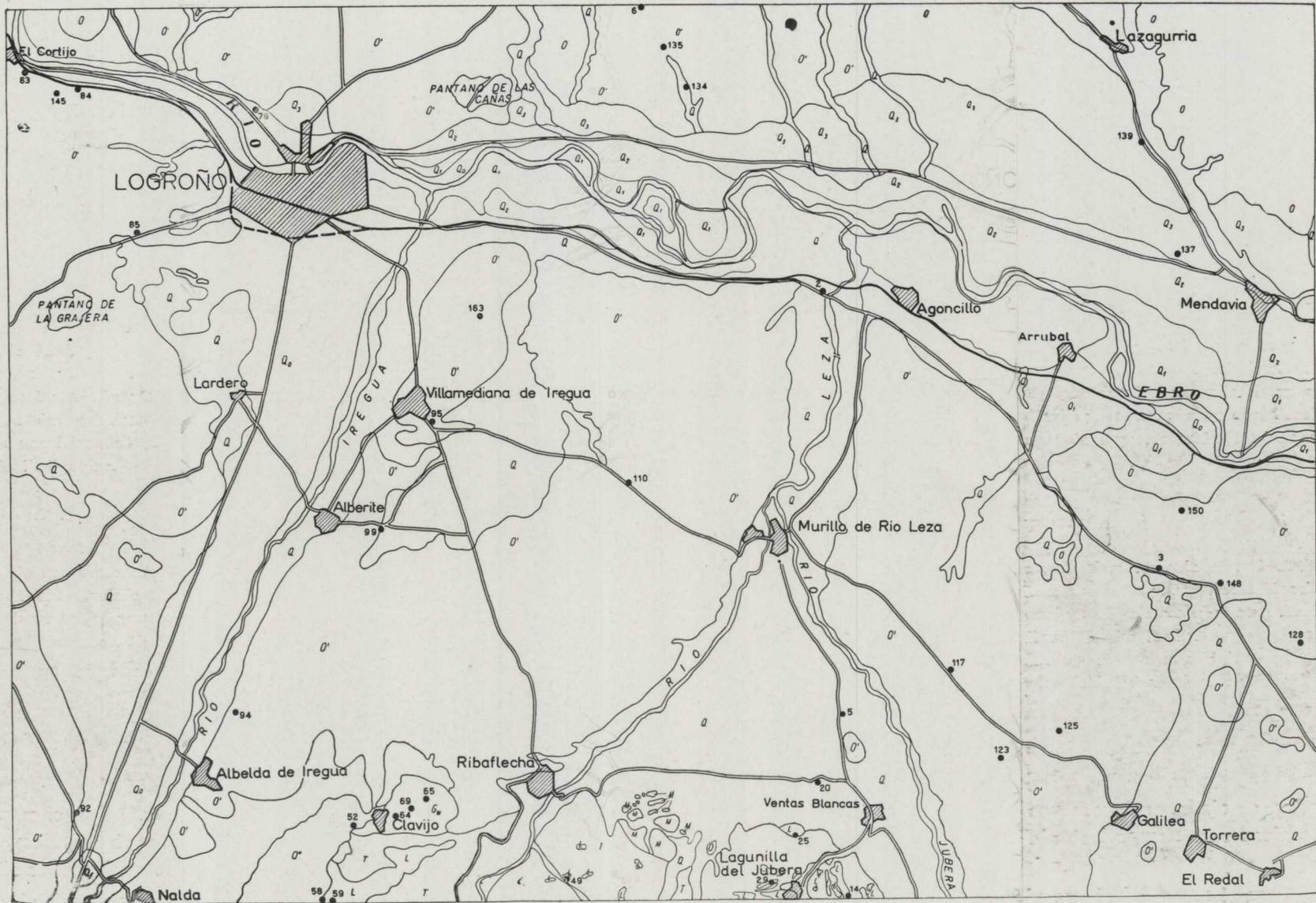


Fig. 1.

× 30

Son calizas dolomíticas, pardo-grises, muy duras (muestras 49, 25, 14 y 17). En lámina transparente (fig. 1) puede verse que su matriz está totalmente recrystalizada en granos muy finos, al modo de las dolomías. Entre la pasta aparecen, a veces en gran número, restos redondeados, formados



por carbonato en grano más grueso. No puedo identificar estos restos, ni siquiera asegurar que sean orgánicos, pero dan a la preparación microscópica un aspecto típico, que puede servir para identificarla.

CHARMUTIENSE

Al parecer es otro bloque, de igual origen que los del Infralías. En este bloque pueden estar incluidos varios pisos del Jurásico.

La muestra estudiada (59) es una caliza gris, muy margosa y con aspecto de arenisca fina.

En efecto, la lámina transparente (*fig. 2*) nos muestra una matriz margosa con abundante cuarzo en granos muy finos y angulosos, junto con menudos restos orgánicos, que contribuyen a darle el aspecto detrítico.

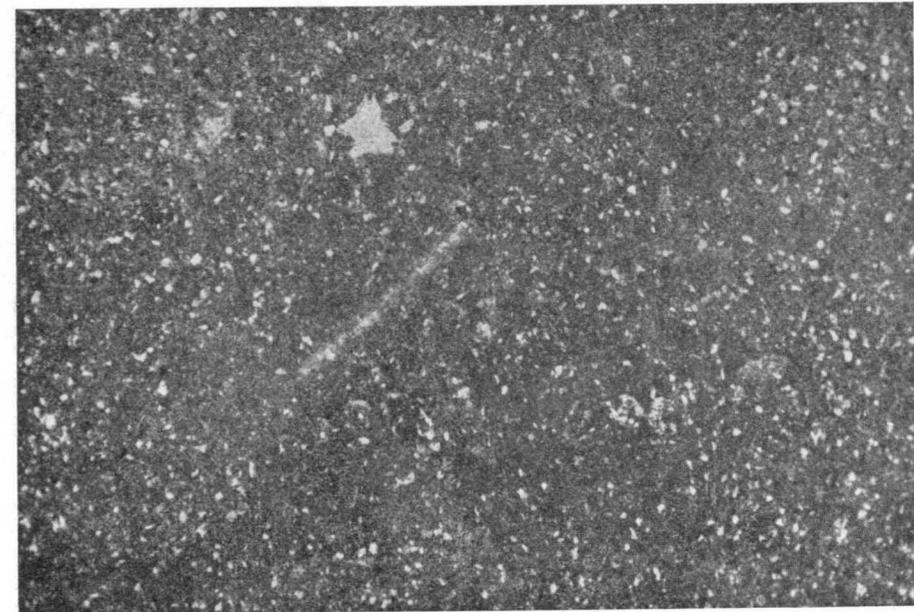


Fig. 2

× 30

Los detalles de los microfósiles contenidos en esta muestra están dibujados en la *figura 3*.

1. Fragmentos de Equinodermos (especialmente Crinoides).
2. Ostrácodos de concha lisa.
3. Lenticulina.
4. Lingulina del grupo *L. pupa*.
5. Nodosaria con costillas.

6. Espículas de Esponjas.
7. Pequeños Gasterópodos.
8. Fragmentos de Lamelibranquios o Braquiópodos.
9. ¿Ammodiscidos? (todos, $\times 30$).

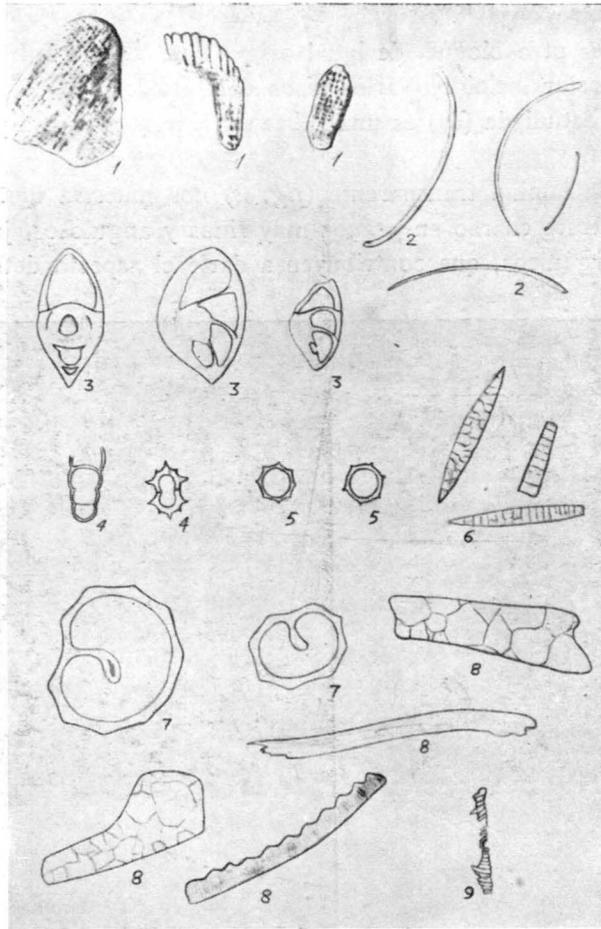


Fig. 3

¿WEALDENSE?

Sin verdadero fundamento paleontológico, dimos como wealdenses unas calizas y areniscas en facies de ambiente continental y litoral, que forman un paquete de gran potencia (1.000 m.), en las proximidades de Clavijo. Las calizas van relacionadas con restos lacustres (muestras 65 y 64) y la única muestra de arenisca estudiada (69), con restos litorales. Para M. Alvarado

estas areniscas son las más bajas y van acompañadas por niveles de conglomerados.

Los restos lacustres de las calizas sólo caracterizan este ambiente continental, pero no su edad, que puede ser incluso oligocena.

La arenisca, en cambio, es de tipo wealdense, pero el hecho de pertenecer a niveles detríticos con conglomerados dejan la duda de si la muestra estudiada será en realidad un canto rodado.

En resumen, conviene advertir la posibilidad de que todo el paquete de conglomerados, arenisca y calizas al E. del pueblo de Clavijo, sea más moderno, de la parte baja o media del Oligoceno, lo mismo que el presunto Mio-

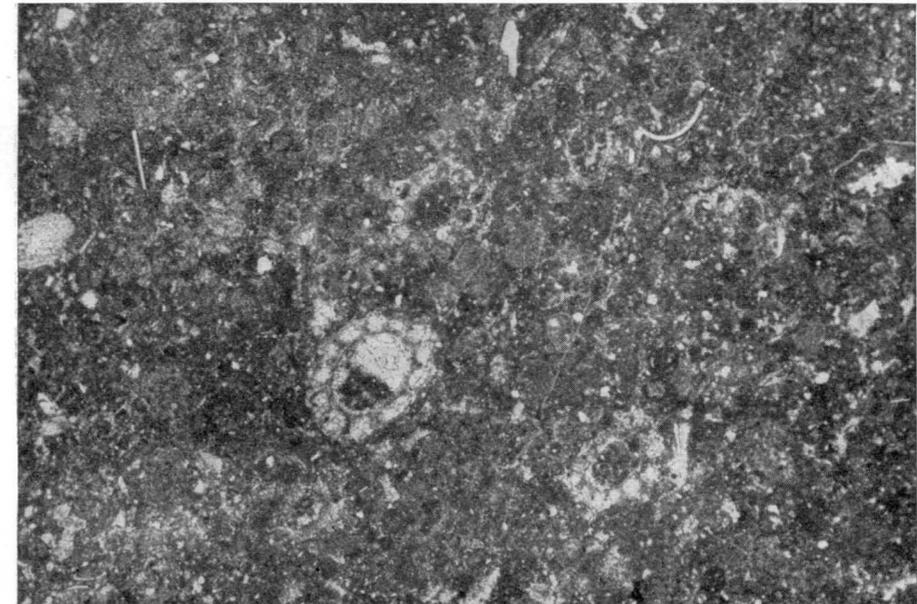


Fig. 4

 $\times 30$

ceno con grandes cantos poco rodados el SE. de Ribaflecha; y que los fragmentos de Secundario que contengan procedan de arrastres.

Las calizas son de color pardo-gris-oscuro y en la lámina transparente (fig. 4) muestran una matriz muy fina, que puede ser bastante pura y llena de restos orgánicos, análogos a los oligocenos.

Otros niveles de estas calizas son pardo-ocres, con aspecto microscópico más detrítico (fig. 5)

Su matriz es más margosa y contiene abundante cuarzo anguloso, junto con restos orgánicos del mismo tipo lacustre-salobre que la anterior, pero más escasos.

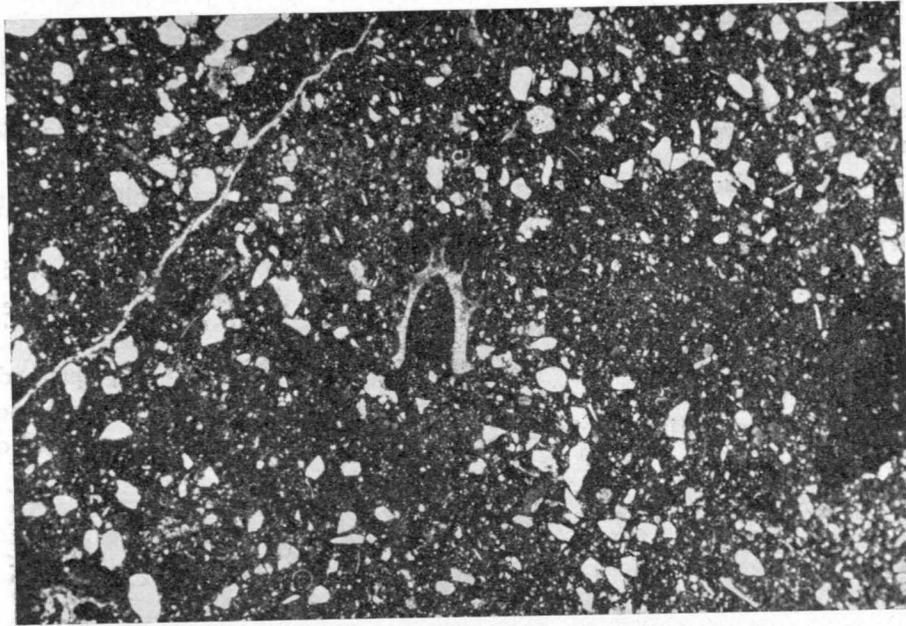


Fig. 5
x 30

Los detalles de los microfósiles contenidos en la lámina de la figura 5 están representados en la figura 6, en la que vemos:

1. Talos de Charáceas x 30.
2. Calcificaciones de origen vegetal x 30.
3. Ostrácodos x 50.
4. Oogonios de Charáceas x 50.
5. Alga sin identificar x 30.

Los detalles de la lámina de la figura 4 están dibujados en la figura 7.

1. Talos de Charáceas x 25.
2. Oogonios de Charáceas x 50.
3. Ostrácodos x 50.
4. ¿Ostrácodos deformados? x 50.
5. Calcificaciones de origen vegetal x 50.
6. Lamelibranquios x 25.

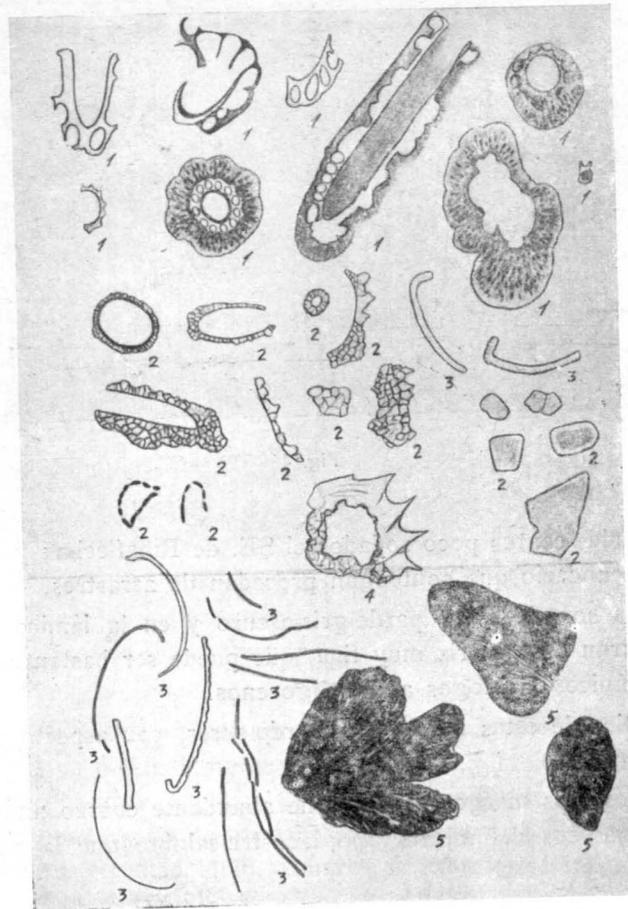


Fig. 6

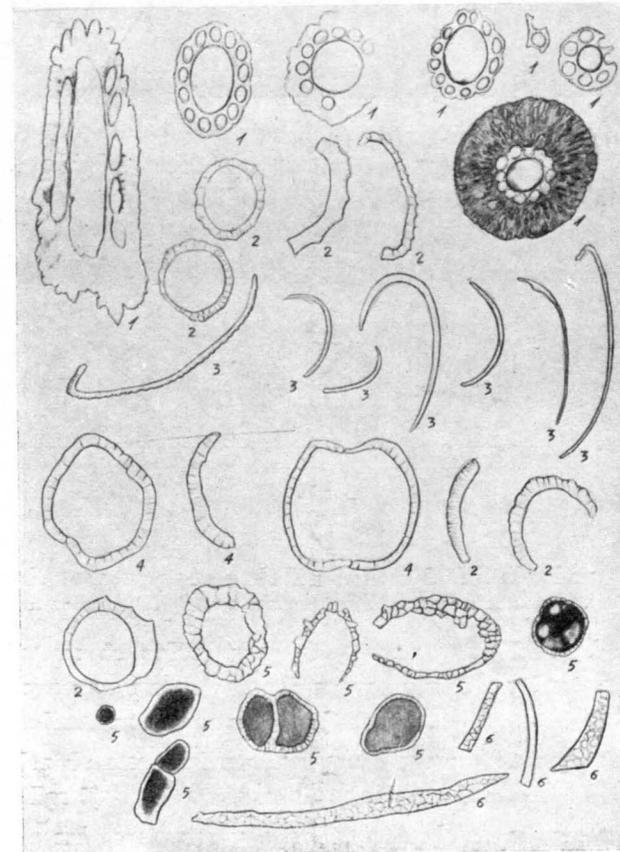


Fig. 7

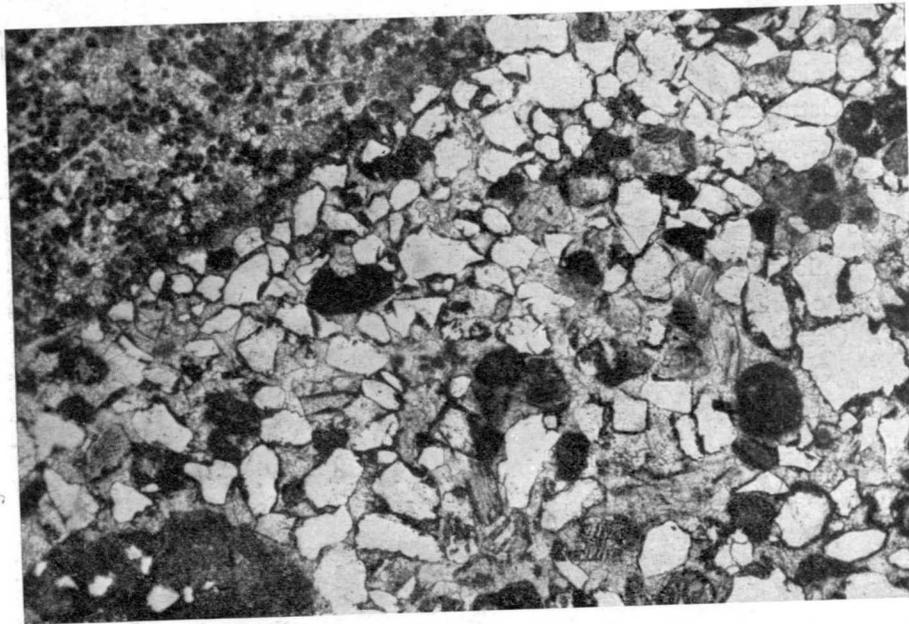


Fig. 8

× 30

La arenisca wealdense estudiada es de grano fino y colores vivos, por alteración superficial, con predominio de tonos rojizos. Su matriz (fig. 8) es caliza, llena de cuarzo en granos rodados, algo de glauconia, fragmentos de otras calizas más antiguas, oolitos ferruginosos y algunos restos orgánicos de tipo litoral, especialmente fragmentos de Equinodermos. Los detalles de esta misma lámina transparente pueden verse en la figura 9:

1. Fragmento de Equinodermos.
2. Ostrácodos.
3. Fragmentos de calizas del Jurásico.
4. Trozos de oolitos de una caliza jurásica.
5. Oolitos ferruginosos (todos × 50).

OLIGOCENO

Las muestras recogidas en las extensas formaciones horizontales de esta Hoja pueden reunirse en tres grupos: margas y calizas margosas fosilíferas, a veces con lignito; areniscas margosas rojas y margas rojas con yeso, cuya posición relativa no está clara, porque el color rojo dominante en la superficie dificulta la observación, pero también porque es posible que el Oligoceno esté formado por alternancias de estas tres formaciones que se repiten de modo cíclico.

Lejos de aquí, en el sondeo Beta estudiado por el autor, se cortaron cuatro ciclos lacustres completos y parte de un quinto. En los ciclos más profundos, el nivel de yeso tenía considerable potencia.

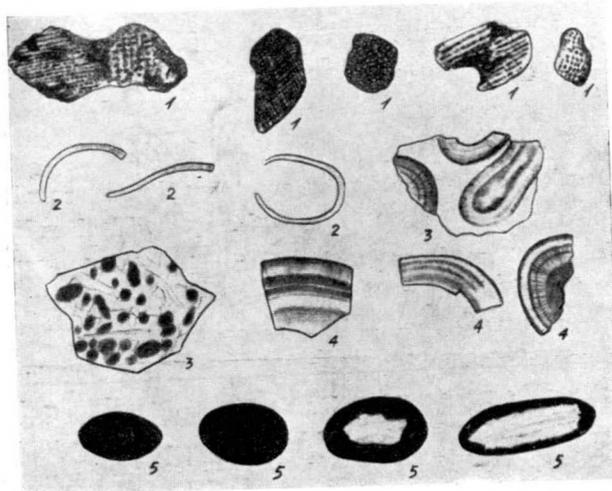


Fig. 9

A) *Calizas margosas grises o blanquecinas* (muestras 125, 145, 128, 3, 6 y 135)

A veces con partículas carbonosas y restos de Gasterópodos, junto con restos finos de Ostrácodos y calcificaciones de Algas Charáceas, Clorofíceas y Cianofíceas.

Muy relacionadas con estas calizas están las del «Wealdense» de Clavijo.

El carácter detrítico y la presencia de oogonios de Charáceas señalan un ambiente lacustre poco profundo, en el que se desarrollaron las praderas de estas algas, que exigen mucha luz solar, condiciones que sólo se cumplen en fondos someros y de aguas limpias. Incluso las máximas profundidades han debido ser pequeñas, porque de los restos reconocidos sólo vienen interpretándose como algo más profundos los de *Melosiras* (Cianofíceas),

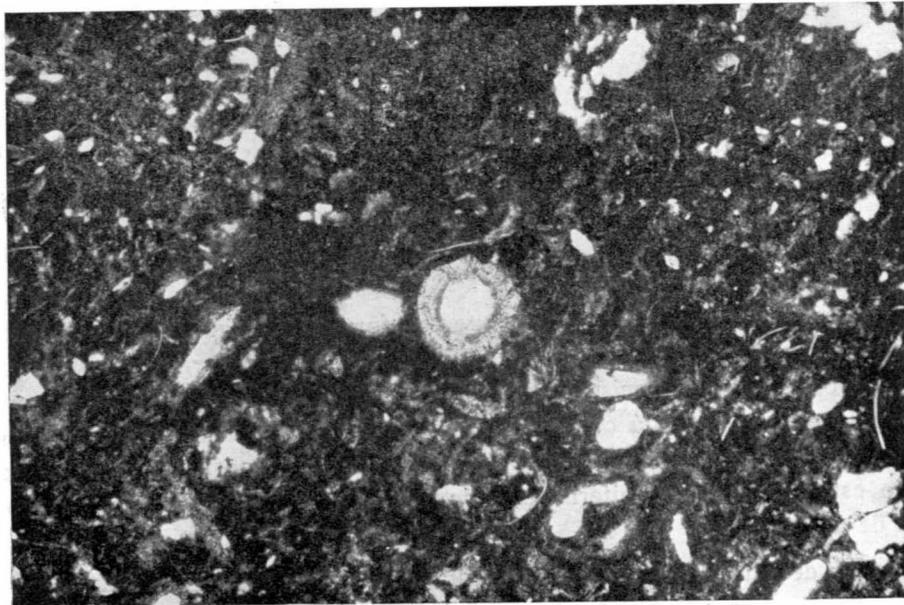


Fig. 10

× 35

cuyas asociaciones en cadenas curvas encontramos (ver fig. 14) coexistiendo con los oogonios de Charáceas.

No he podido clasificar los restos de estas algas, tanto talos como oogonios, porque el estado en que son obtenidos por levigación exigen el estudio de un especialista; tampoco en láminas transparentes, porque la dificultad aumenta al tratarse de secciones, pero hay por lo menos seis especies distintas, de las cuales unas con oogonios muy grandes pueden ser del género *Tectochara* y otras, también grandes, pero menores, del género *Harrisichara*, comunes ambos en el Estampiense inferior-Ludense de Mallorca.

En la *figura 10* puede verse un aspecto de esta caliza.

Su matriz, margosa, está llena de finos huecos y grumos arcillosos, juntos con frecuentes restos, los cuales están dibujados en la *figura 11*:

1. Oogonios de Charáceas (entre ellos *Tectochara*) × 50.
2. Secciones de tubos de origen vegetal × 50.
3. Esquirlas de Ostrácodos (y acaso Moluscos) × 50.
- 5-7. Calcificaciones de ¿Algas? × 50.
8. Fragmento margoso con cuarzo, cuya estructura recuerda la de los tubos de revestimiento de vegetales × 50.

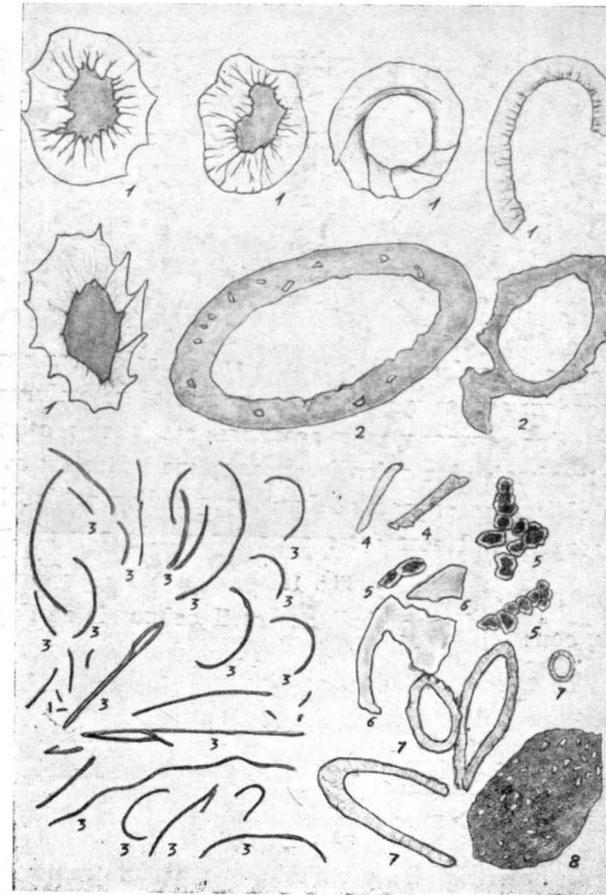


Fig. 11

En la *figura 12* tenemos otra caliza de este grupo con aspecto algo diferente de la anterior. Su matriz es margosa, llena de calcificaciones de origen vegetal y frecuentes Ostrácodos.

Los detalles de esta preparación microscópica están dibujados en las dos figuras siguientes:

La *figura 13*, con:

1. Oogonios (Harrisichara).
2. Talos de Charáceas.
3. Calcificaciones de Algas (todos $\times 50$).

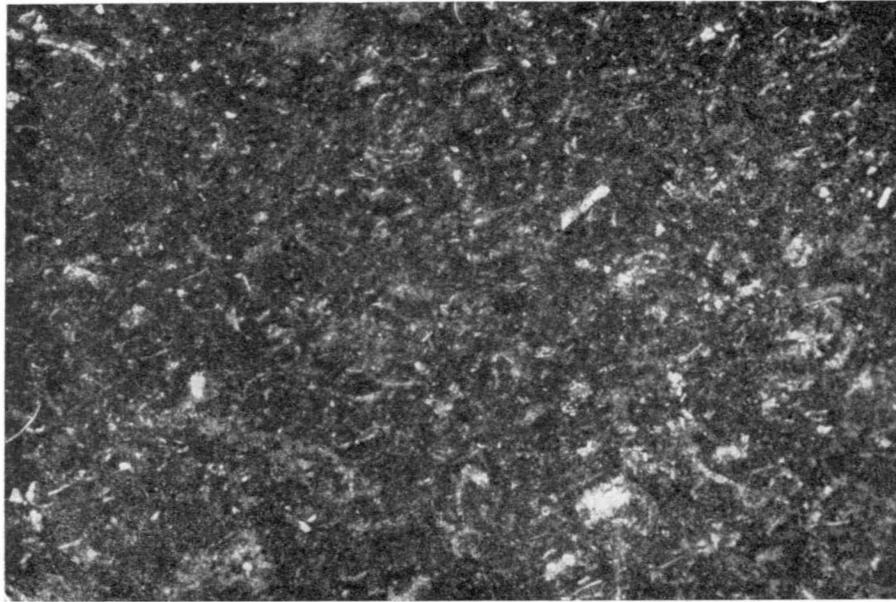


Fig. 12

 $\times 30$

La *figura 14*, con:

4. Secciones de talos aquillados.
- 5-7. Calcificaciones de Algas?
8. Cadenas de Melosiras.
9. Calcificaciones de Algas.
10. Esquirlas de Ostrácodos (todos $\times 50$).

La alteración superficial ha permitido que algún tramo de esta caliza margosa se convierta en marga roja, que puede ser levigada (muestra 145). De ella hemos obtenido un residuo de levigación muy escaso, pero muy rico en restos orgánicos, que están dibujados en la figura 15, y que parecen corresponder a los que hemos visto en sección en las dos figuras precedentes:

1. Oogonios de Charáceas de varias especies.
2. Calcificaciones de origen vegetal en forma de placas.
3. Calcificaciones de origen vegetal en forma de tubos.
4. Iliocypris (4 a, detalle de los nódulos de la parte interna).

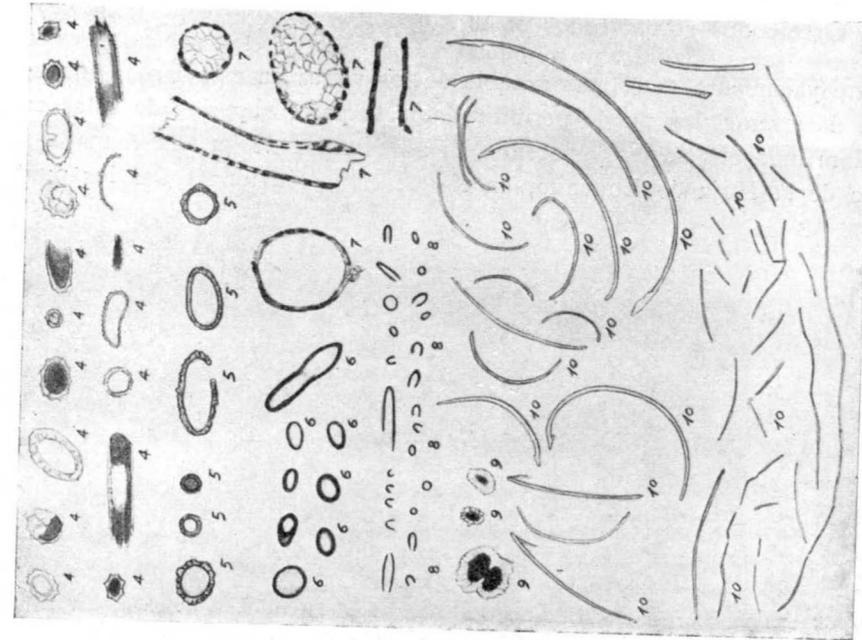


Fig. 14

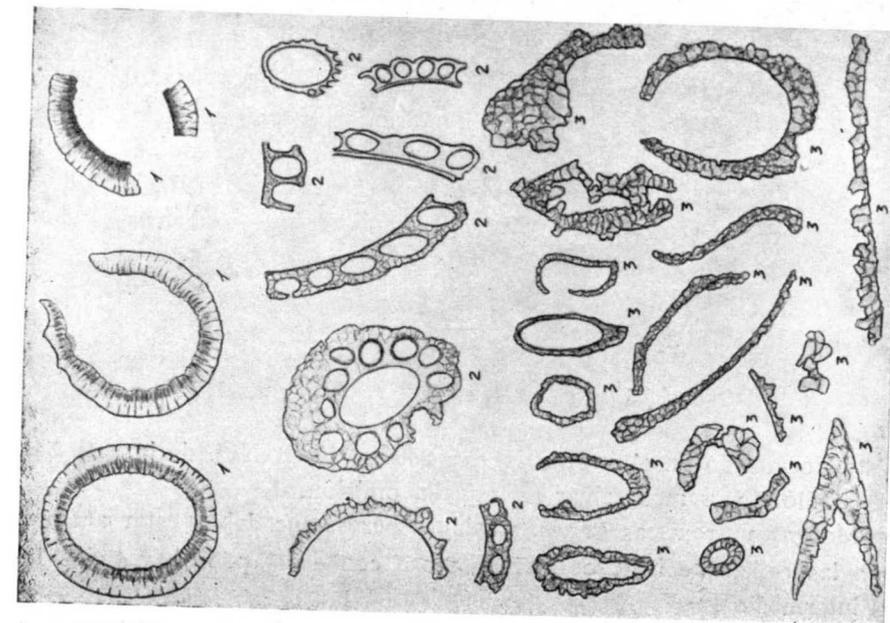


Fig. 13

5. Cyprois (5 a, detalle de las impresiones musculares).
6. Eucandona sp.
7. Ostrácodos rotos (todos $\times 50$).

Este yacimiento es el más notable de los vistos en esta Hoja, porque su fauna de Ostrácodos puede permitir datar la parte superior de estas capas que llamamos oligocenas y hacemos la advertencia de que en el mapa geológico de la Hoja de Logroño, en el que están situados todos los puntos,

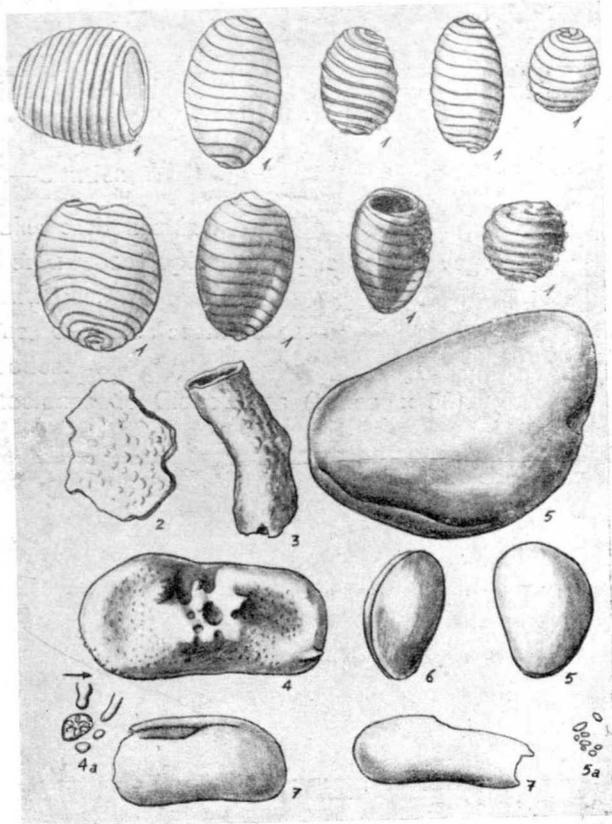


Fig. 15

falta éste, localizado en el ángulo NO. a 200 m. al O. NO. de la cota 541, con el castillo. Queremos salvar así aquella omisión.

B) Margas y areniscas grises, pardas u ocre, que deben estar acompañando a las calizas, e incluso intercalándose con ellas, pues hay todos los grados intermedios.

Hay tramos de marga caliza rica en restos lacustres, que contienen también buena cantidad de cuarzo en granos finos y reúnen así caracteres de

ambas formaciones. Por ejemplo, veamos dos muestras de calizas (58 y 123) cuya matriz está recristalizada en grano fino (fig. 16).

Esta recristalización y la presencia de mucho cuarzo, hace que parezcan estériles a primera vista. Los restos contenidos en dos láminas semejantes están dibujados en las figuras 17 y 18.

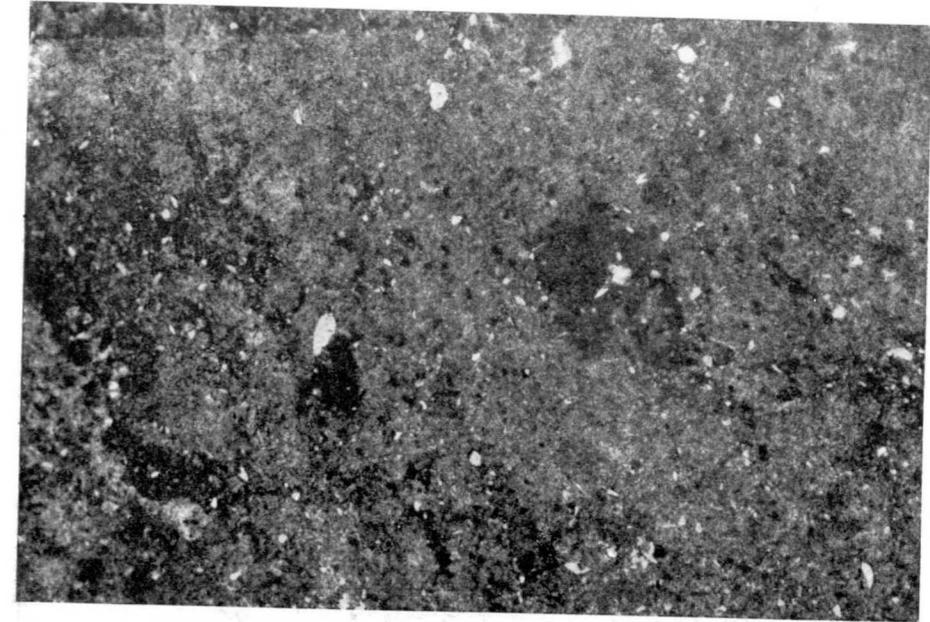


Fig. 16

$\times 30$

Figura 17.—Contiene:

1. Tubos margosos de revestimiento de Algas.
2. Radiolas, acaso rodadas.
3. Calcificaciones de origen vegetal.
4. Ostrácodos (todos $\times 50$).

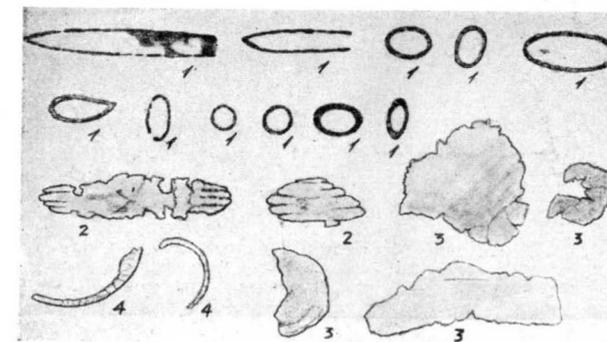


Fig. 17

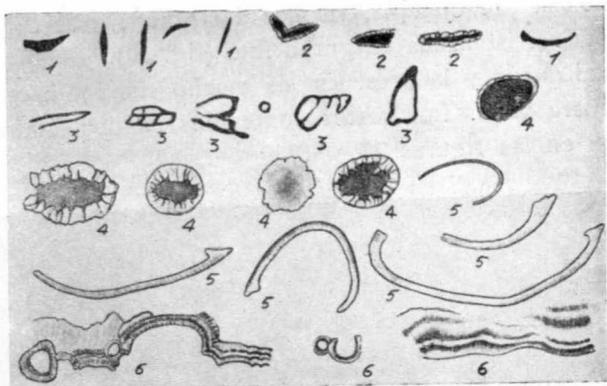


Fig. 18

Figura 18.—Contiene:

1. Partículas carbonizadas.
2. Tubos areniscosos aplastados ¿de origen vegetal?
3. Sin identificar.
4. Secciones de tubos areniscosos.
5. Ostrácodos.
6. Incrustaciones de Cianofíceas (todos $\times 50$).

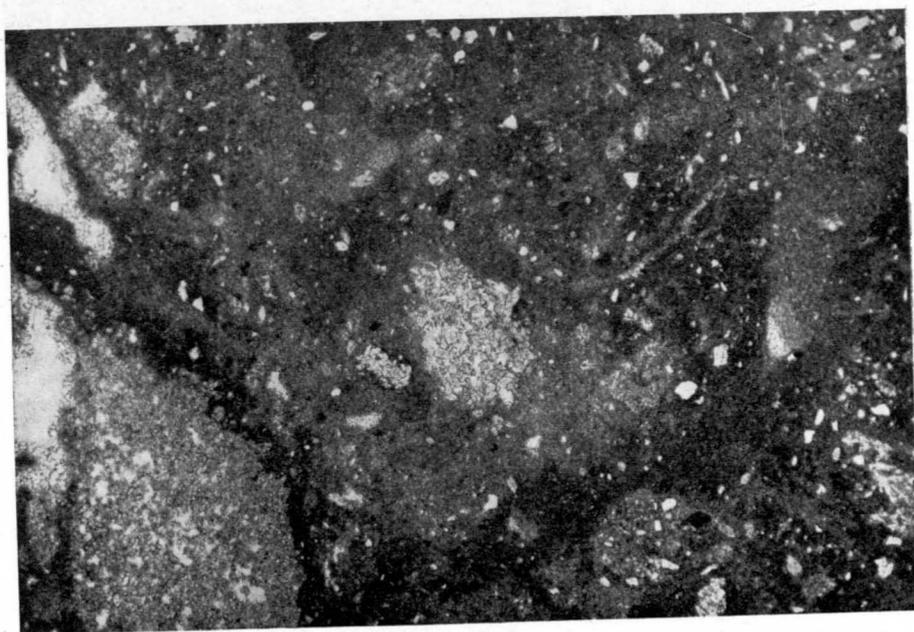


Fig. 19

 $\times 30$

Otros tramos (a los que pertenecen las muestras 83, 85, 148 y 150) son de marga gris, también areniscosa, y contienen escasos restos orgánicos: trozos de Gasterópodos, Ostrácodos y Oogonios.

Y otros niveles son estériles, formados por margas areniscosas (muestras 92, 95, 110 y 131), y por calizas margosas areniscosas (muestras 52, 117 y 163).

C) Margas gris-pardas, o rojo-chocolates, con yeso en cristales menudos de forma lenticular, que deben considerarse como final de un ciclo lacustre y suelen ser estériles.

La muestra 139, tiene caracteres intermedios entre areniscas y margas con yeso (fig. 19).

Es una marga dura pardo-ocre, con fisuras huecas, abundante cuarzo en granos muy finos, grumos arcillosos y algo que parecen cristales de yeso epigenizados por calcita.

En la figura 20 pueden verse las secciones que muestra su lámina transparente.

- 1-5. Calcificaciones de origen vegetal lacustre.
6. Incrustaciones de Cianofíceas.
7. Cristales de calcita, que parecen epigenizar a yeso (todos $\times 50$).

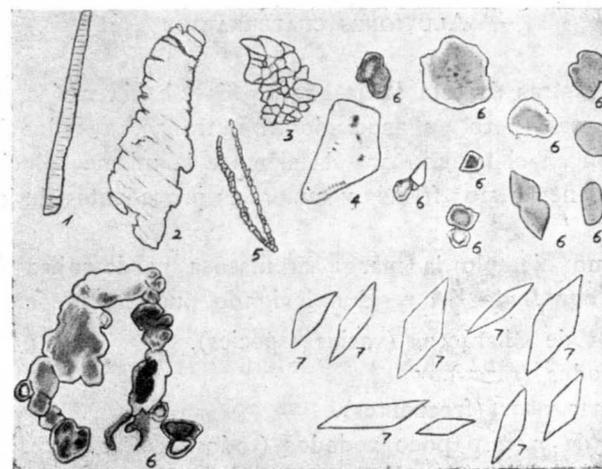


Fig. 20

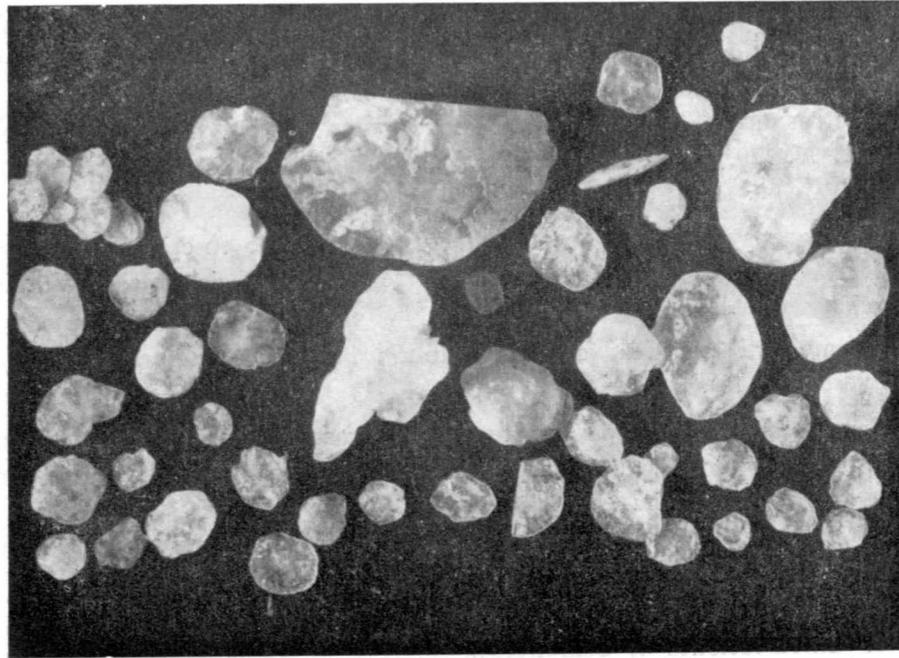


Fig. 21

× 30

Las muestras 94 y 99 son margas rojizas típicas de los niveles yesíferos. Contienen cuarzo en granos finos angulosos y yeso en cristales lenticulares (fig. 21)

ALUVIONES CUATERNARIOS

Entre las muestras de esta Hoja examinadas, había varias con restos orgánicos abundantes, pero en asociaciones extrañas, a todas luces mezcladas. La posición en el terreno nos da siempre la misma solución: son aluviones que contienen restos fósiles y minerales procedentes de las demás formaciones

Veamos como ejemplo la marga areniscosa pardo-rojiza de las muestras 2 y 5. El contenido del residuo levigado puede verse en la figura 22

1. Oogonios de Charáceas (varias especies).
- 2-4. Ostrácodos (raros).
5. Tubos margosos (frecuentes).
6. Cristales de jacinto poco rodados (todos × 50).

La comparación de esta figura con la 15, que es un Oligoceno indudable, resulta muy explicativa. Los fósiles son aproximadamente los mismos, en general más rotos éstos, y la única diferencia importante es la existencia de cristales de cuarzo en la muestra que ahora nos ocupa.

La interpretación más correcta parece la de que todos los restos son re-sedimentados: los orgánicos, del Oligoceno; y el cuarzo, de la formación replegada que hay al sur.

Otras muestras (78 y 84) contienen resedimentados microfósiles del Cretácico superior y están localizadas cerca del borde O. de la Hoja de Logroño

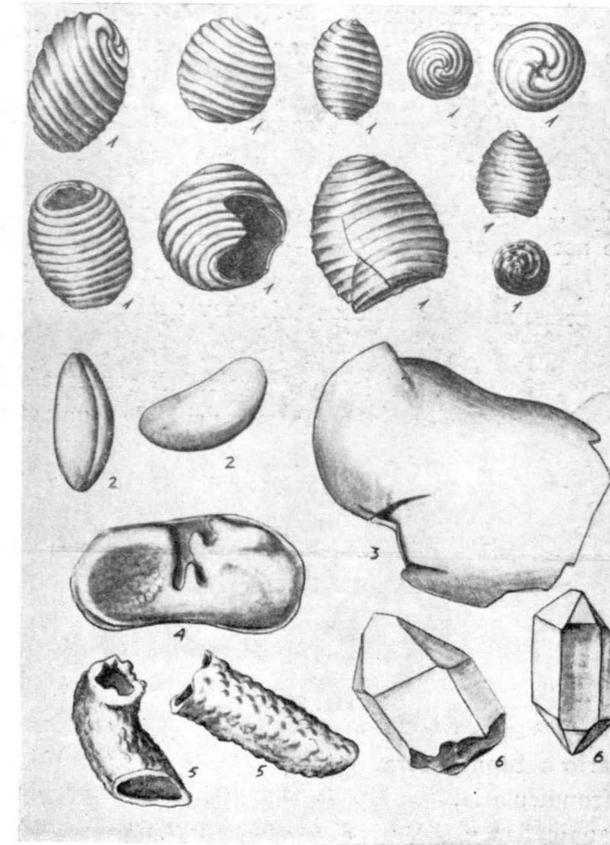


Fig. 22

(en la que no existe Cretáceo superior), y muy próxima al río Ebro, lo que hace pensar que vinieron arrastrados de aquella dirección.

En la figura 23, está dibujado uno de estos conjuntos.

1. Fragmentos de carbón.
2. Ostrácodos.
3. Gotas de aspecto vítreo.
4. Oogonios de Charáceas.
5. Sin identificar.

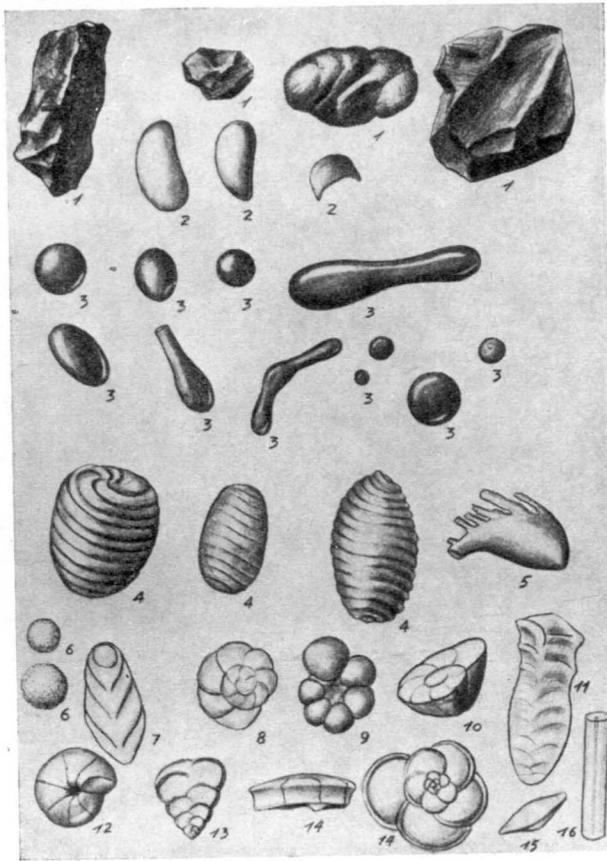


Fig. 23

6. Radiolario o Stomiosfera.
7. Plectofrondicularia.
8. Thalmanninella.
9. Globigerina cretacea.
10. Cibicides.
11. Textulárido.
12. Gyroidina.
13. Bolivinita.
14. Globotruncana lapparenti.
15. Fissurina.
16. Espícula (todos $\times 50$).

Los restos del 6 en adelante son del Senoniense marino y tienen que haber venido arrastrados de formaciones no lejanas, pues están bien conservados.

Esto que he llamado gotas de aspecto vítreo parecían en un principio enigmáticas. Son esféricas o alargados, con la forma normal en las gotas de una sustancia viscosa, y frecuentemente contienen pequeñas burbujas de aire. Se trata de gotas de vidrio, procedentes de escorias; y la posición de esta muestra, próxima a la vía férrea, explica su origen, así como el de las partículas de carbón, que es verdadera hulla.

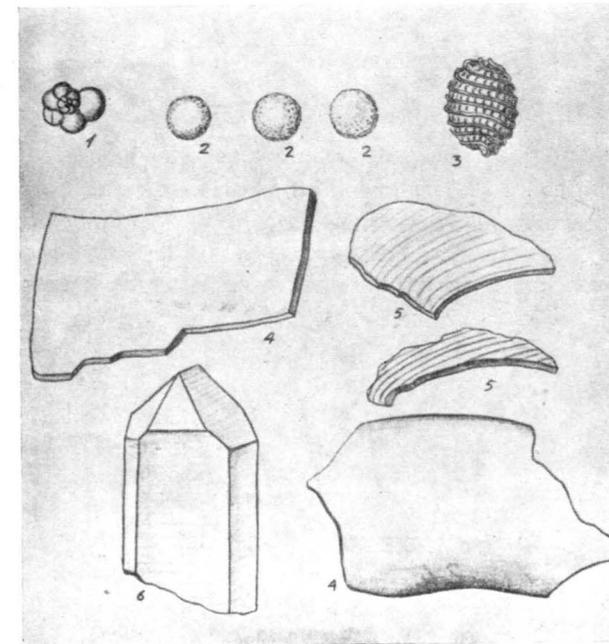


Fig. 24

En la muestra 78, cuya alteración parcial permitió hacer a la vez lámina transparente y levigación, encontramos otra mezcla de restos que pueden verse en las figuras 24 y 25.

En la *figura 24*, lo obtenido por levigación:

1. Globigerina cretacea.
2. Radiolario o Stomiosfera.
3. Oogonio de Charácea.
4. Trozos de Ostrácodos grandes.
5. Trozos de Gasterópodos.
6. Cristal de jacinto de Compostela (todos $\times 50$).

En la *figura 25* hay detalles visibles en la lámina transparente:

1. Secciones de ¿Stomiosfera? o espículas.
2. Espícula.
3. *Pithonella ovalis*.
- 4-8. Restos indeterminados (todos $\times 50$).

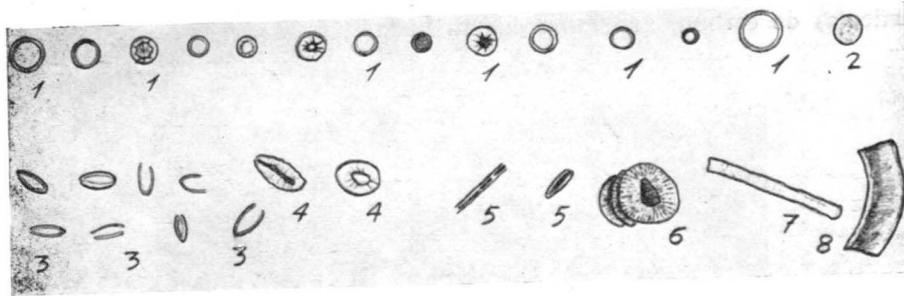


Fig. 25

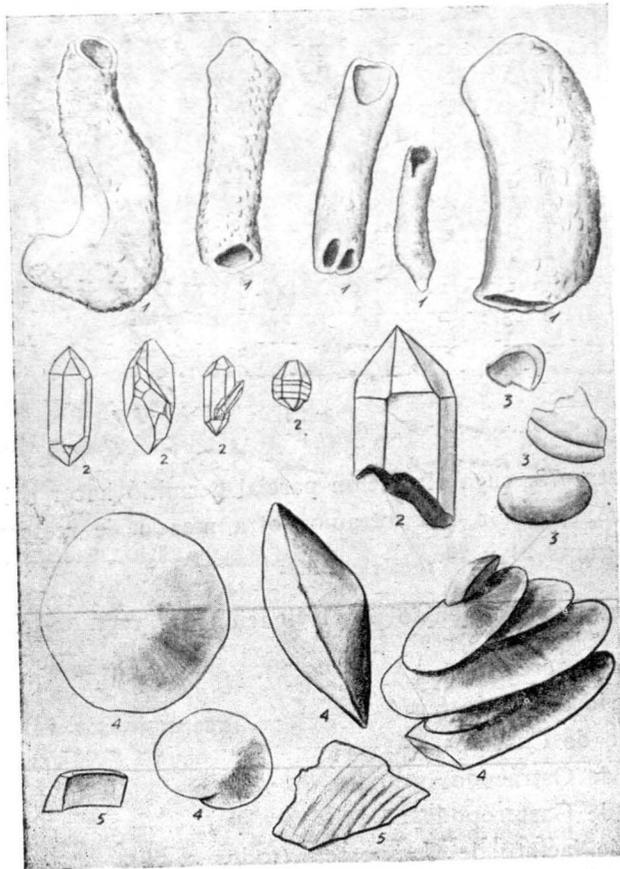


Fig. 26

Es decir: la mezcla comprende restos cretácicos, oligocenos y triásicos. Finalmente, las muestras 5, 20 y 137 tienen reunidos restos lacustres oligocenos y jacintos y yesos, representados en la *figura 26*.

1. Tubos margosos de revestimiento de vegetales.
2. Jacintos, poco rodados.
3. Ostrácodos.
4. Yeso.
5. Trozos de Gasterópodos (todos $\times 50$).

¿TRIÁSICO?

Ya hemos indicado al principio de este trabajo que la parte Sur de la Hoja de Logroño está ocupada por la formación triásica, fuertemente replegada, pero de todas las muestras estudiadas sólo una (29) está tomada en dicha formación, y resulta notable que no se vea ninguna diferencia entre los residuos

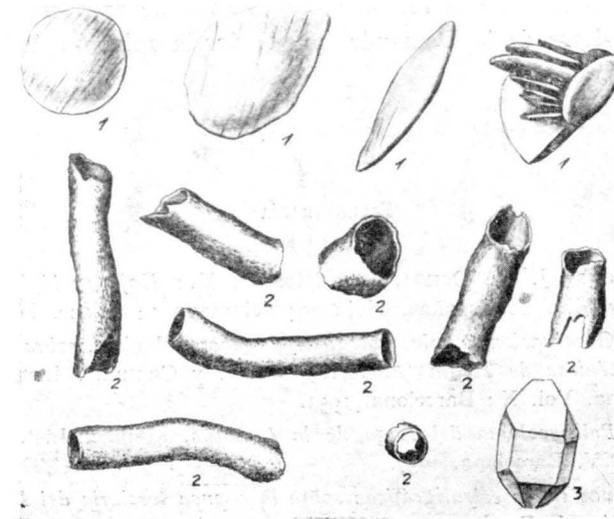


Fig. 27

levigados de ésta y los de las margas con yeso del Oligoceno, pues, como en aquéllas, encontramos yeso y tubos de origen vegetal, que pueden verse en la *figura 27*.

Figura 27.—1. Cristales de yeso.

2. Tubos de origen vegetal.

3. Cristales de cuarzo (todos $\times 50$).

La semejanza con el Oligoceno puede explicarse por una semejanza de ambiente de sedimentación en los dos períodos, pero tal vez conviniera ad-

mitir la posibilidad de que este «Triásico» no sea otra cosa que los niveles inferiores del Oligoceno (que como ya hemos señalado forma varios ciclos lacustres), cuyas capas con yesos llegan a ser muy potentes. También puede ser Oligoceno inferior o medio todo el conjunto de tramos con conglomerados, que están representados como «Wealdense de Clavijo».

Si esto fuera así, la formación oligocena, acaso estrujada contra las sierras secundarias que hay en el Sur, se replegó violentamente en una ancha banda a lo largo del contacto con aquellas sierras, mientras, un poco más al N., el resto del Oligoceno seguía horizontal.

La misma solución puede darse para explicar el levantamiento de la sierra secundaria de Cameros y su rumbo general E-O., así como la rotura de los pequeños bloques de secundario que ahora quedan flotando como mogotes sobre las margas yesíferas, y también para explicar la existencia de pequeños cristales de jacinto de Compostela, cuya formación exige este tipo de proceso, con dinamometamorfismo, que recristaliza los granos de cuarzo.

Tal vez un estudio de la tectónica en la zona de contacto entre el valle del Ebro y la sierra de la Demanda, pueda dar la solución definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, M.; COMBA, J. A.; OCHOA, J. y RÍOS, J. M.: *Hoja geológica de Logroño*. «Inst. Geol. y Min. de España». Hoja 204 del mapa 1:50.000. Madrid, 1960.
- MARGALEF, R.: *Observaciones paleoecológicas y geocronológicas sobre los sedimentos lacustres miocénicos de Hellín (Albacete)*. «Mem. y Comunic. Inst. Geol. Provincial». Barcelona. Vol. X; Barcelona, 1953.
- MARGALEF, R.: *Paleoecología del Lago de la Cerdaña*. «Public. Inst. Biología Aplicada», vol. XXV. Barcelona, 1957.
- MARÍN, A.: *Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro*. «Bol. Instituto Geol. Min. de España», tomo XLVII, 3.^a serie, 2.^a parte. Madrid, 1926.
- NAVARRO, A.; VILLALÓN, C. y TRIGUEROS, E.: *Hoja geológica de Anguiano*. «Instituto Geol. Min. de España». Hoja 241 del mapa 1:50.000. Madrid, 1960.
- OLIVEROS, J. M.; ESCANDELL, B. y COLOM, G.: *Temas geológicos de Mallorca*. «Mem. Inst. Geol. Min. España». Tomo LXI. Madrid, 1960.
- RIBA, O.: *Sur le type de sédimentation du Tertiaire continental de la partie ouest du bassin del Ebro*. «Sonderdruck aus der Geol. Rundschau». Band 43. Stuttgart, 1955.
- RIBA, O.: *Sobre la edad de los conglomerados terciarios del borde norte de las sierras de la Demanda y de Cameros*. «NOTAS y COM. del INST. GEOL. MIN. ESPAÑA», vol. 39.
- RICHTER, G.: *Las cadenas ibéricas entre el valle del Jalón y la Sierra de la Demanda*. «Estudios Geol. Consejo Sup. Invest. Cient.». T. IX, Madrid, 1956.
- ROYO GÓMEZ, J.: *Edad de las formaciones yesíferas del Terciario ibérico*. «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», núm. 26. Madrid, 1926.

- SAAVEDRA, J. L.: *Microfacies del Secundario y Terciario de la Cordillera Ibérica*. «Memoria para una beca de la Fundación Juan March. Madrid, 1960 (no publicada).
- SAENZ, C.: *Estructura general de la cuenca del Ebro*. «Estudios Geográficos» núm. 7. «Consejo Sup. Invest. Cient.». Madrid, 1942.
- SOLÉ SABARÍS: *Sobre la estratigrafía de las Bardenas y los límites del Oligoceno y del Mioceno en el sector oriental de la depresión del Ebro*. «Tomo extraordinario del Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.». Madrid, 1954.

Recibido 22-III-1963.

MAXIMO MARTIN AGUADO

CONSIDERACIONES SOBRE LAS TERRAZAS DEL TAJO EN TOLEDO

RESUMEN

I. Las terrazas del Tajo en Toledo han sido estudiadas, sucesivamente, por Gómez de Llarena (1913 y 1923), Pérez de Barradas (1920), Roman (1922), Aranegui (1927), E. Hernández-Pacheco (1928), F. Hernández-Pacheco (1944 y 1946), Alía Medina (1945), Riba (1947) y Alía Medina y O. Riba (1957). Estos dos últimos autores distinguen tres niveles, a los que asignan las siguientes alturas y edades:

Terraza alta: 86 m.; Mindel.
Terraza media: 52 m.; Riss.
Terraza baja: 17 m.; Würm.

Nosotros hemos descubierto (noviembre de 1959) que los niveles de 52 y 17 metros no son contiguos y que entre ellos se intercala otra terraza equivalente a la de 40-35 metros de los esquemas generales más clásicos. Al mismo tiempo hemos encontrado que todas las graveras abiertas en dicha terraza son importantes yacimientos del Paleolítico inferior.

En diversos trabajos anteriores hemos asignado a la nueva terraza edad rissense. De acuerdo con ello creemos que el esquema precedente debe modificarse de la siguiente manera:

Terraza superior: 86 m.; ¿Gunz?
Terraza alta: 52 m.; ¿Mindel?
Terraza media: 40-35 m.; Riss.
Terraza inferior: 17 m.; Würm.

II. En Toledo el perfil longitudinal del río está desdoblado en dos tramos por el meandro encajado (*torno*) que circunda al peñón de gneis sobre el que está edificada la ciudad. La misma disposición presenta el perfil longitudinal de la terraza baja y también los de las terrazas media y alta.

III. Es indudable que las cuatro terrazas mencionadas son de origen climático, glacial. Por lo que sabemos hasta ahora, sus depósitos comienzan, en todos los casos, con gravas y arenas del fin del interglacial precedente y terminan con arcillas de inundación, que pueden marcar el comienzo del interglacial siguiente.

VI. Sólo la terraza media posee fauna e industria asociadas, especialmente en uno de sus yacimientos: las graveras de Pinedo.

La fauna comprende, principalmente, *Elephas antiquus*, *Hippopotamus*, *Rhinoceros*, *Cervus*, *Bos* y *Equus*.

El material lítico es una industria acheulense en cuarcita y cuarzo filoniano, formada por objetos nodulares de talla bifacial incompleta (a menudo triédricos) y por lascas clactonienses.

Estudiando estos utensilios hemos encontrado que, tanto los objetos nodulares como las lascas pueden ser *derechos* (que se empuñan bien únicamente con la mano derecha), *izquierdos* (que se empuñan bien únicamente con la mano izquierda) y *ambidextros* (que se ciñen bien, indistintamente, con cualquier mano). La proporción en que se encuentran unos y otros parece indicar que el autor de esta industria era, todavía, ambidextro.

En mi opinión la industria de Toledo está relacionada con el clacto-abbeyillense del Norte de África, y ha llegado hasta aquí desde Marruecos, emigrando por las costas atlánticas y penetrando en los ríos. La corriente cultural del Tajo habría pasado, además, a la cuenca del Ebro (Torralba), siguiendo el Henares-Jalón.

SUMMARY

I. The Tagus river terraces in Toledo have been successively studied by Gómez de Larena (1913 and 1923), Pérez de Barradas (1920), Roman (1922), Aranegui (1927), E. Hernández-Pacheco (1928), F. Hernández-Pacheco (1944 and 1946), Alta Medina (1945), Riba (1957) and Alta Medina & Riba (1957).

The two latest author distinguish three different levels, to which they assign the following heights and ages:

High terrace: 86 m.; Mindel.
Middle terrace: 52 m.; Riss.
Low terrace: 17 m.; Würm.

In November 1959 we discovered that the levels of 52 m. and 17 m. are not contiguous and there is another terrace between them equivalent to that of the 40-35 m. in the general classic scheme. At the same time we have found out that the quarries which are open in this terrace are important prehistorical beds.

In several previous works we have assigned to the new terrace a Penultimate Glaciation age. According to that we think the preceding scheme must be modified as follows:

Superior terrace: 86 m.; Gunz?
High terrace: 52 m.; Mindel?
Middle terrace: 40-35 m.; Riss.
Low terrace: 17 m.; Würm.

II. In Toledo the longitudinal profile of the river is unfolded into two spans by the enclosed meander (torno) that surrounded the gneiss rock on which the town is built. This linear profile of the low terrace shows the same disposition, and perhaps also those of the middle and high terraces.

III. It is out of doubt that the four mentioned terraces have a climatic origin, that is glacial. According to what we know up to date, their deposits,

in all the cases, begin by gravels and sands from the preceding interglacial and end with flooding clays that can mark the beginning of the following interglacial.

IV. Only the middle terrace has got fauna and associate industry, particularly in one of its beds; the quarry of Pinedo.

The fauna holds chiefly *Elephas antiquus*, *Hippopotamus*, *Rhinoceros*, *Cervus*, *Bos* and *Equus*.

The industry is an Acheulean set of quartzite and vein-quartz formed by rough and often trihedral hand-axes, cleavers and clactonian flakes.

By studying this tools we have found that they can be by *right* (to be handled with the right hand), *left* (for the left hand only) and *ambidexter* (which can be handled with both hands). The quantity in which ones and others are found seems to show that the author of this industry was still ambidextrous.

In our opinion the Toledan industry is connected with the North African Clacto-abbeyillian and has come here from Morocco by migration across the Atlantic coast and entering rivers. The cultural stream of the Tagus would have passed to the Ebro river basin (Torralba) following the Henares-Jalón.

I. ALTURA SOBRE EL RÍO

En 1928 el profesor Hernández-Pacheco (E.) estableció como valores medios de las cuatro terrazas fundamentales de los principales ríos de España los de 10, 30, 60 y 100 metros sobre el cauce actual; valores que otros autores han fijado después en 15-20 metros (Würm), 35-40 metros (Riss), 55-60 metros (Mindel) y 80-100 metros (Gunz).

Concretamente para el Tajo en Toledo, y ateniéndose a los trabajos de Gómez de Larena (1913 y 1923), Roman (1922) y, sobre todo, Aranegui (1927), consigna tres niveles, emplazados a 17, 52 y 86 metros. En Aranjuez, 45 kilómetros aguas arriba, en línea recta, señala esos mismos niveles a 10, 50 y 100 metros. Y en Talavera, 65 kilómetros aguas abajo de Toledo, anota dos terrazas a 7 y 30 metros, e indica la existencia de otras, todas ellas con caracteres poligénicos.

Posteriormente las terrazas del sector toledano del Tajo fueron estudiadas, casi simultáneamente, por Alta Medina (1945) y por los autores de la Memoria explicativa de la Hoja 629 del Mapa geológico nacional (1944) (véase también F. Hernández-Pacheco, 1946). Los resultados obtenidos son bastante semejantes.

Para Alta Medina, que ofrece esos resultados de una manera más concreta, existen cuatro niveles principales situados en 17-20, 55-60, 100 y 130 metros, a los que identifica, respectivamente, con los de 20, 30-40, 60-70 y 80-100 metros reconocidos por Schwenzner (1936) en el Jarama. Las diferencias positivas de altura (entre 15 y 50 m.) que presentan las terrazas de Toledo se explicarían teniendo en cuenta que las del Jarama poseen, según Schwenzner, un perfil longitudinal de menor pendiente que el cauce actual,

es decir, que se elevan sobre él a medida que descienden a lo largo del curso.

Más recientemente (1957) Alía Medina y O. Riba han reducido el sistema de terrazas de Toledo a los tres niveles indicados por Aranegui (1927) y cartografiados por F. Hernández-Pacheco (1944: Hoja 629), y los han identificado igualmente con los tres niveles reconocidos y cartografiados por O. Riba (1957) en el Jarama y en el Manzanares. Distinguen así una terraza alta, mindeliense, que pasaría de 45 metros en el Manzanares (San Isidro, Madrid) a 86 metros en el Tajo en Toledo; una terraza media, rissense, que se elevaría entre las mismas poblaciones desde 15 metros a 52 metros; y una terraza baja, würmiense, de 4 metros en Madrid y 17 metros en Toledo. Proponen, en suma, para esta última población, el sistema siguiente:

Terraza alta: 86 m.; Mindel.
 Terraza media: 52 m.; Riss.
 Terraza baja: 17 m.; Würm.

Nosotros hemos descubierto (noviembre de 1959) que los niveles de 52 y 17 metros no son contiguos y que entre ellos se intercala otra terraza equivalente a la de 40-35 metros que falta en el esquema de Aranegui para convertirse en un sistema general clásico. En las inmediaciones de la ciudad dicha terraza se encuentra tan destruida que apenas se nota en el paisaje, razón por la cual no han reparado en ella los autores precedentes. Hemos encontrado, además, que todas las graveras abiertas en ella son importantes yacimientos prehistóricos.

En diversos trabajos anteriores (1960, 1962) hemos asignado a la nueva terraza edad rissense. De acuerdo con ello, los niveles de terrazamiento del Tajo conocidos hasta ahora en Toledo, pueden resumirse así (fig. 1):

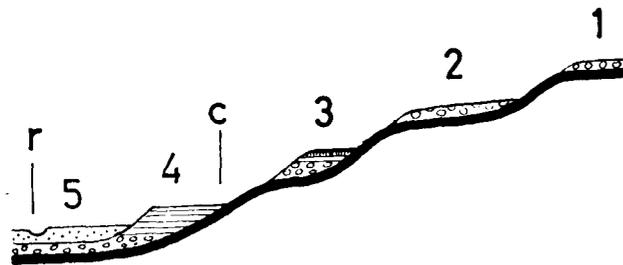


Figura 1. Esquema general de las terrazas del Tajo en Toledo. 1-4, terrazas superior, alta, media e inferior; 5, llanura aluvial actual, encajada en la terraza baja; r, cauce actual; c, carretera. Este esquema vale, con las consiguientes variaciones de detalle (ausencia de gravas, destrucción local de algún nivel, etc.) para las dos márgenes de los dos tramos del río.

1. Terraza superior: 86 m.; ¿Günz?
2. Terraza alta: 52 m.; ¿Mindel?
3. Terraza media: 40-35 m.; Riss.
4. Terraza inferior: 17 m.; Würm.

Los niveles situados por encima de la terraza superior mencionados por Alía Medina, y algún otro que podríamos añadir nosotros, serían: o depósitos coluviales, o terrazas meramente locales, o restos de niveles realmente generales, pero cuya generalización a otros sectores del río no es posible hacer todavía.

II. PERFIL LONGITUDINAL

En Toledo el perfil longitudinal del Tajo está desdoblado en dos tramos por el meandro encajado (torno) que circunda al peñón de gneis sobre el que está edificada la ciudad. El citado peñón se eleva hoy unos 100 metros sobre el río. Por lo tanto, el encajamiento del río en el torno debió iniciarse con anterioridad al depósito de la terraza superior y las cuatro terrazas conocidas tienen que haber sido afectadas, tanto en su perfil como en su depósito, por este encajamiento.

No conociendo en detalle la evolución del meandro encajado, es imposible saber de qué modo pudo haber influido el encajamiento del río en la colocación de las terrazas. Por otra parte, es el estudio de las terrazas el que debe aclarar la historia del torno. Y como no disponemos todavía de datos suficientes para resolver esta cuestión, nos conformamos con dejarla planteada teóricamente.

Al aflorar por vez primera el gneis del peñón como un obstáculo en el curso del río, hubo de crearse, por erosión diferencial, un escalón que, por la naturaleza y disposición del gneis, debe salvarse mediante una serie de rápidos, no mediante una cascada. Con ello el perfil único del río, tal como debió quedar plasmado en las terrazas anteriores a las que hoy conocemos, se desdobra en dos perfiles parciales de menor pendiente: uno aguas arriba del peñón, con nivel de base en éste; otro aguas abajo del mismo, establecido sobre el primitivo nivel de base del río.

Esta disposición puede haber quedado reflejada en el perfil longitudinal de las cuatro terrazas conocidas. El desnivel entre sus dos semiperfiles marcaría la pendiente que tenían los rápidos al depositarse cada terraza.

Pero los rápidos evolucionan de continuo en busca de su propio perfil. Le alcanzan cuando la velocidad del agua en ellos es capaz de efectuar un trabajo erosivo comparable al que realizan las aguas del tramo inferior. Una vez logrado, se desgastan sin alterar su pendiente. En cualquier otra circunstancia el escalón que forman se acentúa o se modera: si la erosión se intensifica en el tramo inferior, la pendiente de los rápidos aumenta; si se atenúa, disminuye.

Cuando el tramo inferior alcanza su perfil de equilibrio y permanece estabilizado mucho tiempo, los rápidos desaparecen y el río recupera su perfil único. Así permanece hasta que, al rejuvenecerse, la nueva oleada de erosión remontante vuelve a tropezar en el gneís, y a retrasarse en él. Entonces se reproducen los rápidos y el perfil del río vuelve a quedar desdoblado. Cuando, por el contrario, el tiempo que el tramo inferior permanece estabilizado no es suficiente para que los rápidos desaparezcan, la ruptura de pendiente queda detenida en ellos y es alcanzada por la ruptura que produce el desnivelamiento siguiente.

Debemos considerar ahora que a cada fase de estabilidad del río corresponde un período de aluviamiento, esto es, el depósito de una terraza. Se pueden prever dos casos distintos. Si la estabilidad se prolonga y los rápidos desaparecen, la terraza del tramo inferior progresa en su formación río arriba, a través del torno, y acaba por presentar un perfil único. Pero los depósitos que la prolongan en el tramo superior serán contemporáneos, únicamente, de los últimos del tramo inferior. Los que se corresponden cronológicamente con los primeros depósitos de este tramo estarán, en el superior, más altos, y en el perfil que definen se marcará la inflexión correspondiente a la época en que los rápidos no se habían desgastado todavía. Si, por el contrario, el tramo inferior se rejuvenece antes de que los rápidos desaparezcan, su nivel de terrazamiento no puede continuarse río arriba y entre los depósitos de los dos tramos se marcará la inflexión correspondiente al escalón del torno.

En el tramo superior la situación se complica (al menos teóricamente), porque desde el momento en que se forman los rápidos se produce un aluvionamiento continuo a la entrada del torno. Y como el nivel de base desciende también continuamente, esos aluviones van siendo eliminados a medida que se depositan y sus restos pueden haber quedado suspendidos a cualquier altura sobre las laderas del valle, formando terrazas locales que no tienen correspondencia en el tramo inferior, y que podrían tomarse, equivocadamente, como restos de niveles generales. En la práctica hay que esperar, sin embargo, que dichos niveles locales hayan desaparecido.

Por último, en la formación de las terrazas generales, debe tenerse en cuenta que, durante los periodos erosivos que preceden a su depósito, las aguas turbulentas han podido sobreexcavar el cauce, sobre todo delante del torno. Correlativamente, en la época de aluvionamiento, las partes sobreexcavadas quedan colmadas de sedimentos, y las terrazas deben presentar en tales puntos espesores anormales; particularmente en su cubierta de arcillas de inundación, depositadas por las aguas represadas por el torno. En tal caso el perfil longitudinal del sustrato de la terraza y el de sus depósitos no son paralelos. Sólo el de los aluviones corresponde al perfil de equilibrio del río.

Como sucede en todas partes, en Toledo los depósitos de las terrazas están siempre más o menos destruidos, y tanto más, cuanto más antiguos son. Por consiguiente, es forzoso juzgar por los indicios que presentan los últimos restos que de ellos se conservan. En el apartado siguiente esbozaremos su estudio estratigráfico y anotaremos los pocos datos que, hasta la fecha, hemos podido deducir en relación con su perfil.

III. ESTRATIGRAFÍA

Llanura aluvial actual

Como el cauce actual, la llanura de inundación tiene su perfil desdoblado, y presenta algunas diferencias en los dos tramos del río (fig. 2, V). En el superior, los meandros se amontonan a la entrada del torno y la llanura es amplia y de escasa pendiente. En el inferior, el río se distiende, ahonda más su cauce, y la llanura es más estrecha y de mayor pendiente. Además va quedando a mayor altura sobre las aguas que en el tramo superior, fenómeno que afecta, asimismo, a la altura de las terrazas.

Desconocemos su espesor, pero es seguro que está encajada en la terraza baja (fig. 1, 5), como habían notado ya Alía Medina y O. Riba. Esta disposición se presenta, típicamente, en la desembocadura de los ríos atlánticos, y es bien conocida también en el Manzanares, en Madrid. En Toledo pudiera tener carácter local y ser debida a la sobreexcavación del cauce de la terraza inferior por efecto del torno. Por lo menos a cierta distancia de él, en el tramo inferior, las dos terrazas tienden a desencajarse o son realmente independientes (fig. 3, 4, 5).

Terraza inferior, wurmiense

En el sector de nuestros estudios prehistóricos (unos 5 kilómetros aguas arriba y otros tantos aguas abajo de la ciudad, fig. 2), la terraza wurmiense está generalmente muy bien conservada y se pueden reconocer restos de ella a lo largo de todo el curso. Las cuatro carreteras que salen de Toledo por el río, así como los ferrocarriles, están trazados sobre ella, al menos en los primeros kilómetros de su recorrido (fig. 1, c).

En los dos tramos se mantiene, aproximadamente, a la misma altura sobre la llanura aluvial. Esto significa que tiene su perfil longitudinal igualmente desdoblado, y que el desnivel de los rápidos, en la época de su depósito, era, poco más o menos, el mismo que poseen en la actualidad (unos 10 m.). En correspondencia con ello, es también más extensa en el tramo superior que en el inferior (fig. 2, IV).

En las proximidades del torno, sobre todo delante de él (Tejares de la

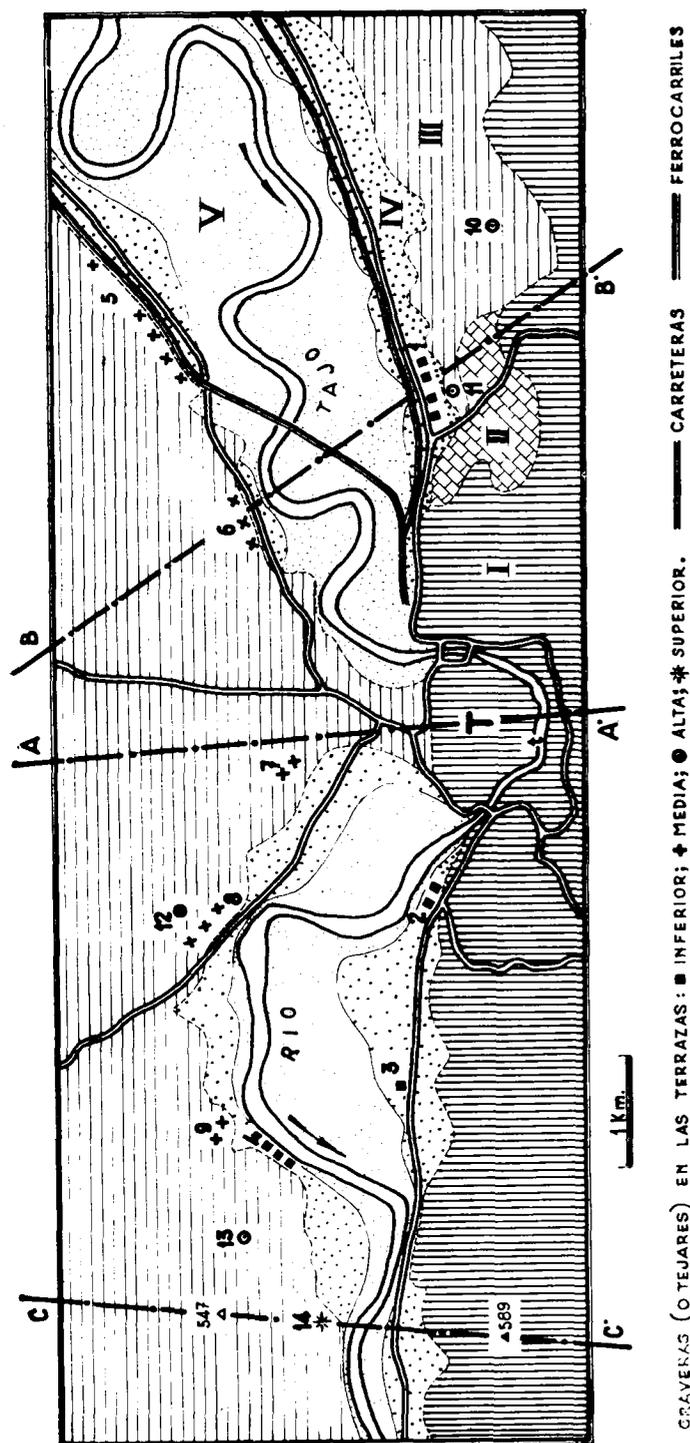


Figura 2. Bosquejo geológico de las inmediaciones de Toledo. I, Metamórfico; II, Cretácico (se dibuja únicamente el afloramiento principal); III, Terciario (no se muestran pequeñas manchas adosadas al ghes en la margen izquierda del tramo inferior); IV, terraza inferior; V, llanura aluvial actual; T, peñón toledano; t, torno. Principales yacimientos que se tienen en cuenta en este trabajo: Tejares de la Concepción (1) — Valdelobos (4); Pinedo (6) — Buenavista (8); La Alberquilla (11) Llano de las Menjas (12); Salto de la Zorra (14). Yacimientos que se asignan provisionalmente al nivel en que figuran: Fábrica de Armas (2), Valdecubas (5) y Salchicha (9).

Concepción, margen izquierda, fig. 2, 1), el sustrato de la terraza se encuentra claramente por debajo del nivel actual del río (sobreexcavación) y la potencia de sus sedimentos es máxima; especialmente por el recubrimiento de arcillas que explotan los tejares (unos 20 m. de espesor, lám. I, 1) y que fueron depositadas, seguramente, por las aguas represadas. A mayor distancia del meandro encajado, aguas abajo del mismo, por ejemplo, en las graveras del Valdelobos (margen derecha, fig. 2, 4) el sustrato aflora sobre las aguas y permite ver las gravas y arenas que forman la base de la terraza, mientras que la cubierta de arcilla, o está más destruida, o es, realmente, menos potente.

O. Riba ha estudiado las arcillas de los tejares y cree que son materiales eólicos, distinguiendo en todo su espesor dos mitades (lám. I, 1), separadas por un suelo pardo fósil y por aportes laterales, probablemente de soliflucción. Señala, asimismo, la presencia de estos limos cólicos recubriendo otras terrazas más elevadas: en el área de nuestro estudio, la de 52 metros que corona los cerros de la Rosa y de la Alberquilla, inmediatos a los tejares de la Concepción (fig. 2, 11).

Tanto en las gravas y arenas de estos tejares como en las de Valdelobos, se han encontrado restos de animales indeterminados. En Valdelobos hemos recogido, además, la misma industria de la terraza media, pero muy rodada, casi irreconocible.

Terraza media, rissienne

En el área de la figura 2 la terraza media se encuentra muy destruida, por los desplazamientos que ha realizado el río, serpenteando para desencajarse del torno. Su antiguo dominio está hoy ocupado por la terraza inferior, de la misma manera que ésta va cediendo el suyo a la llanura aluvial. Sin embargo, sus últimos restos se han explotado siempre como graveras en Toledo, y sus gravas se venían interpretando, generalmente, como coronación de la terraza baja.

Estos restos conservan bien la estratigrafía de la terraza. Los más importantes se encuentran en la margen derecha. En la izquierda no quedan sino lastrones de gravas fuertemente cementadas por caliza. Lo mismo sucede en las demás terrazas. Por esta razón casi todas las graveras de Toledo están en la margen derecha.

Las que corresponden a este nivel han resultado ser importantes yacimientos prehistóricos. Como más conocidas, estudiaremos las de Pinedo (entrada del torno, frente a los tejares de la Concepción, fig. 2, 6) comparándolas con las de Buenavista (tramo inferior, próximas a Valdelobos, fig. 2, 8).

En Pinedo el sustrato de la terraza se encuentra a unos 20 metros sobre el cauce actual, enrasando con las arcillas que coronan la terraza baja, casi

sumergido en ellas. En Buenavista está algo más elevado, casi a 30 metros, y sobresale algo más de la terraza inferior. Se repiten, pues, los mismos fenómenos anotados antes: erosión vertical más intensa en el cauce actual del tramo inferior, que va dejando más altas las terrazas, y sobreexcavación del antiguo cauce de la terraza media delante del torno. Esto último, combinado con la mayor potencia de la terraza baja en este mismo lugar, produce la impresión de que Pinedo no pertenece al mismo nivel de terrazamiento de Buenavista.

Tanto en Pinedo como en Buenavista la cubierta de materiales finos está incompleta. Por consiguiente, no conocemos la altura real de la terraza ni podemos deducir todavía si acusa en su perfil el escalón del torno. Es significativo, sin embargo, que en Pinedo no haya dejado de aumentar su potencia, a medida que ha progresado su explotación, mientras que en Buenavista este aumento corresponde principalmente a los depósitos coluviales que reposan sobre ella.

Por lo demás, la estratigrafía de los dos yacimientos es muy semejante. Comprende, en esencia (lám. I, 2), un ciclo inferior de gravas y arenas con fauna cálida (lám. II) e industria del Paleolítico inferior; una serie de episodios intermedios, que delatan un empeoramiento del clima; un ciclo superior de gravas y arenas, muy pobres tanto en fauna como en industria; y una cubierta de materiales finos, aluviales, eólicos, o, lo que es más probable, mixtos. Los materiales del primer ciclo deben corresponder al fin del Mindel-Riss. Los restantes, a la glaciación Riss. Excepto las arcillas de inundación que indican, seguramente, el comienzo del Riss-Würm. (Para más detalles, tanto sobre la estratigrafía de esta terraza como de los niveles más altos, véase, especialmente, nuestra reciente monografía sobre Pinedo, 1963.)

Terraza alta ¿mindeliense?

El escalón de esta terraza se acusa muy bien en las dos laderas del valle, tanto en el gneis como sobre los terrenos mesozoicos y terciarios, aunque en muchos lugares han perdido sus depósitos. Los dos campos de gravas más extensos que se conservan de ella en las proximidades de Toledo, coronan los cerros de la Rosa y de la Alberquilla (tramo superior, margen izquierda, sobre los tejares de la Concepción, fig. 2, 10 y 11), y los de Buenavista (Llano de las Monjas: tramo inferior, margen derecha, sobre las graveras prehistóricas de la terraza media, fig. 2, 12). En correspondencia con esta situación el sustrato en Buenavista se encuentra algo más alto sobre el cauce actual (o la llanura aluvial) que en La Alberquilla.

Hay pocas graveras pertenecientes a este nivel y casi todas las que se abren en él se abandonan pronto. La que presenta un corte más ilustrativo es la del Llano de las Monjas. Su estratigrafía es comparable a la de Pinedo,

por lo que debe reflejar variaciones climáticas parecidas. Carece de industria, pero sus gravas inferiores han proporcionado algunos restos de animales.

Terraza superior ¿gunzicase?

También esta terraza ha quedado marcada en el paisaje, si bien sobre los terrenos blandos, terciarios, apenas puede reconocerse más que en los contados lugares en que dichos terrenos conservan altura suficiente junto al río (fig. 3). Ellos son, por otra parte, los únicos que llevan gravas, fenómeno que se repite, con pocas excepciones, en las demás terrazas.

En el área de nuestro estudio el campo de gravas más importante de este nivel se extiende al pie del vértice Matanzas, y en él se ha abierto, re-

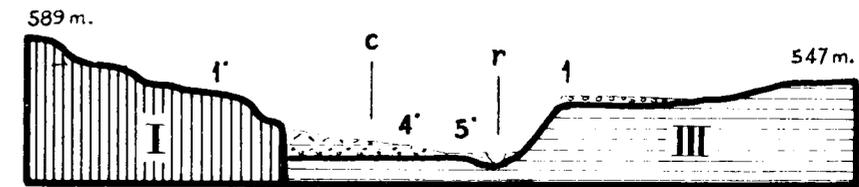


Figura 3. Corte C-C de la figura 2, entre el Vértice Matanzas (547 m.) y Cerro Pelado (589 m.). 1, Salto de la Zorra; 1', 2', rampa de la misma terraza sobre el gneis de la margen opuesta? Los demás números y letras, como en las figuras 1 y 2. Relación de escalas, 1:12,5.

cientemente, una notable gravera: la del Salto de la Zorra (tramo inferior, margen derecha, aguas abajo de Buenavista y Valdelobos, fig. 2, 14). No hay en el tramo superior otro lugar equivalente que nos permita establecer las mismas comparaciones que venimos realizando entre los yacimientos de las demás terrazas.

La estratigrafía del Salto de la Zorra es igualmente comparable a la de Pinedo. No posee industria, y sus gravas inferiores han proporcionado ya algunos restos de animales. Como más significativo, un fragmento de una lámina de molar de elefante.

IV. FAUNA E INDUSTRIA DE LA TERRAZA MEDIA

Como ya hemos indicado, sólo la terraza media posee fauna e industria asociadas, especialmente en uno de sus yacimientos: las graveras de Pinedo. Durante tres años (desde su descubrimiento en diciembre de 1959 hasta diciembre de 1962, en que han dejado de explotarse) he recogido en ellas más de diez mil piedras talladas y numerosos restos de animales. Este último material está aún pendiente de estudio, y comprende, principalmente, piezas de *Elephas antiquus*, *Hippopotamus*, *Rhinoceros*, *Cervus*, *Bos* y *Equus*.

El material lítico es una industria achelense en cuarcita y cuarzo filoniano, formada por objetos nodulares de talla bifacial incompleta y por lascas clactonienses. Entre los primeros son frecuentes las formas triédricas, de tipo chalosiense. A ellas hemos dedicado especialmente nuestros trabajos (véase, en particular, nuestra citada monografía sobre Pinedo, 1963), por lo que nos limitaremos a dar aquí un breve resumen de las principales novedades que nos han proporcionado (fig. 4).

En dichos utensilios se puede distinguir, de ordinario, una *talla principal*, triédrica, destinada al trabajo de la pieza, y una talla adicional o complementaria, destinada a facilitar su prensión, a la que llamamos, por eso, *talla de empuñadura*.

La talla principal responde a un mismo esquema general en todos los objetos. Pero presenta dos variantes principales que nos permiten distinguir otros tantos tipos de utensilios triédricos: *picos*, utilizados por su punta (fig. 4, 1-3), y *hachas*, utilizadas por su punta y su corte (fig. 4, 4-5). Ambos tipos difieren, además, entre otras cosas, por su posición normal de trabajo: en los picos es vertical, con la punta hacia abajo y prensión terminal o lateral por el talón; en las hachas, horizontal, empuñándolas como si fueran cuchillos de carnicero.

La talla de empuñadura es mucho más variable y circunstancial que su talla principal. A veces falta, por innecesaria. Cuando existe es específica para una de las manos y el objeto se ciñe mal con la otra. De aquí se sigue (y se comprueba en la práctica) que unas formas son *derechas* (que se empuñan bien únicamente con la mano derecha), otras *izquierdas* (que se empuñan bien únicamente con la mano izquierda) y otras *ambidextras* (que se ciñen bien indistintamente con cualquier mano).

Estos mismos conceptos se pueden aplicar a todos los restantes objetos de Pinedo, incluso a las lascas, por lo que deben tener validez universal. La proporción que existe entre las formas derechas, izquierdas y ambidextras parece indicar que el autor de esta industria era todavía ambidestro.

El conjunto industrial de Pinedo puede contribuir a definir un complejo cultural cheleo-achelense del Tajo, evidentemente relacionado con el clacto-abbeyillense del Norte de África. En mi opinión los dos complejos delatan una emigración que arranca de las costas atlánticas de Marruecos, atraviesa el Estrecho, se instala en La Janda y se difunde desde allí por el litoral atlántico de nuestra Península hasta el Sur de Francia, penetrando al mismo tiempo en los ríos. La corriente que fluye por el Tajo habría dado las primeras poblaciones paleolíticas de Lisboa, Toledo y Madrid y, pasando a la cuenca del Ebro por el Henares-Jalón, también la de Torralba.

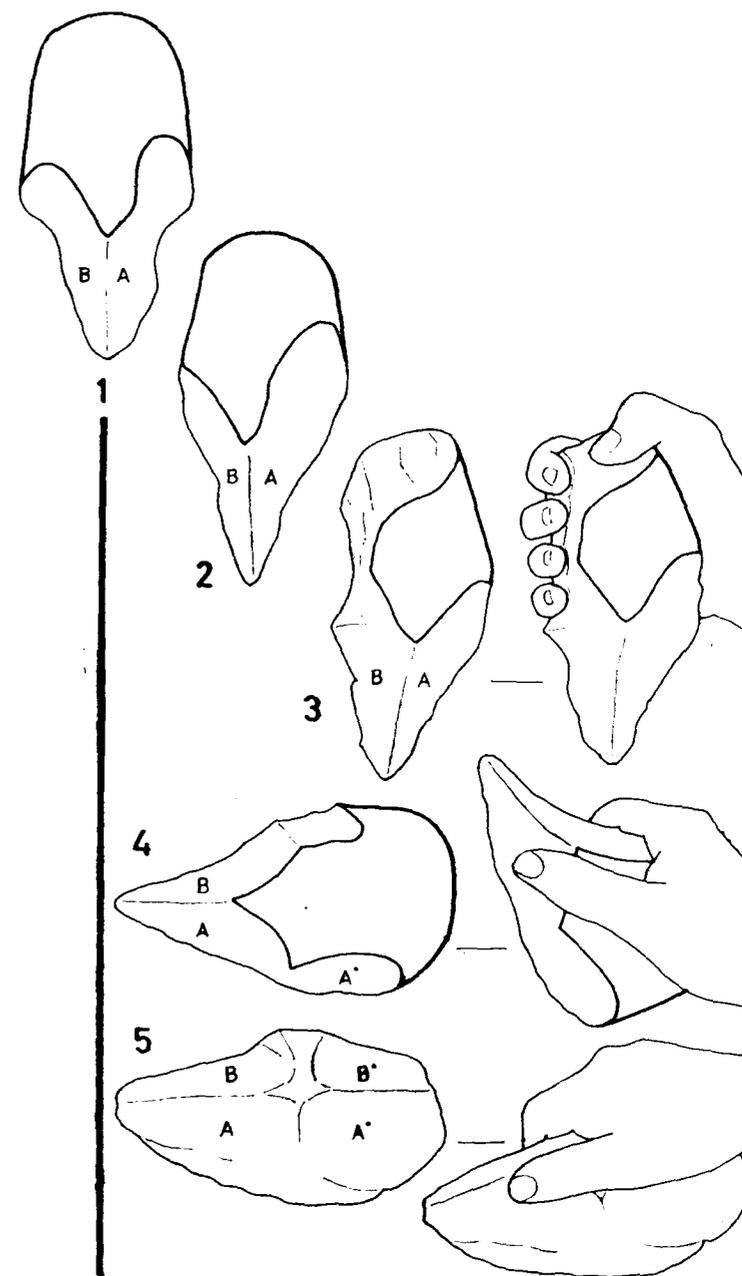
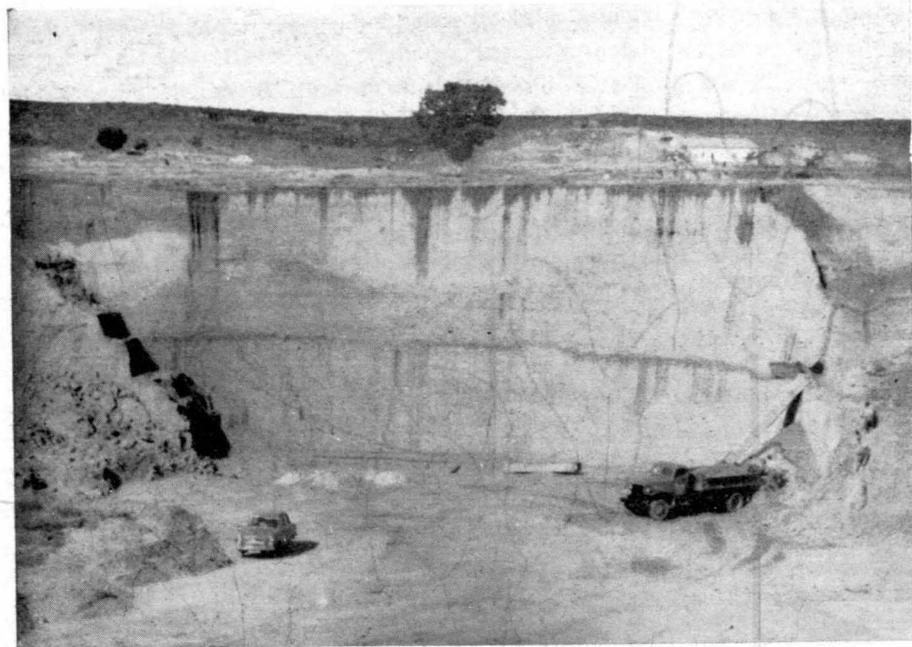
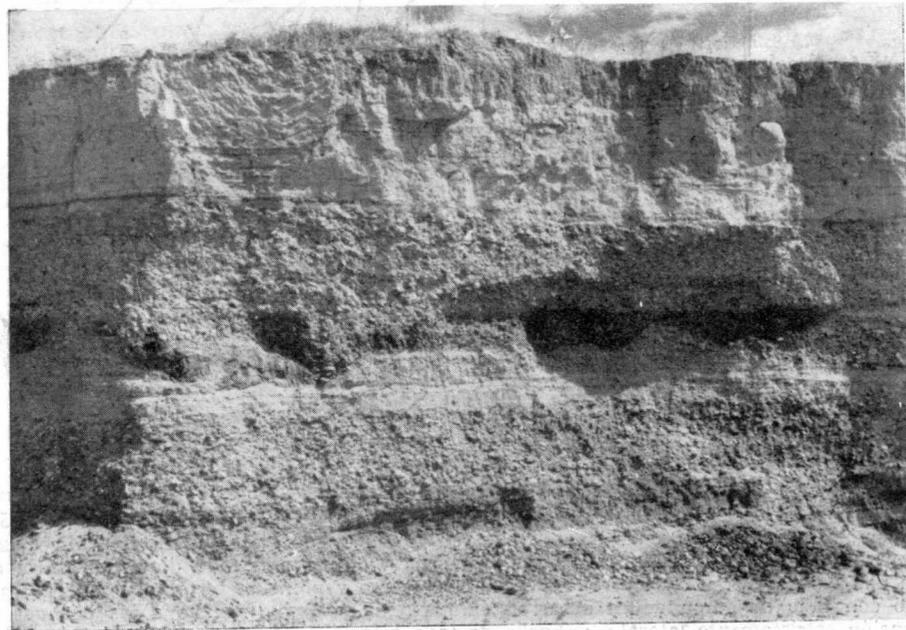


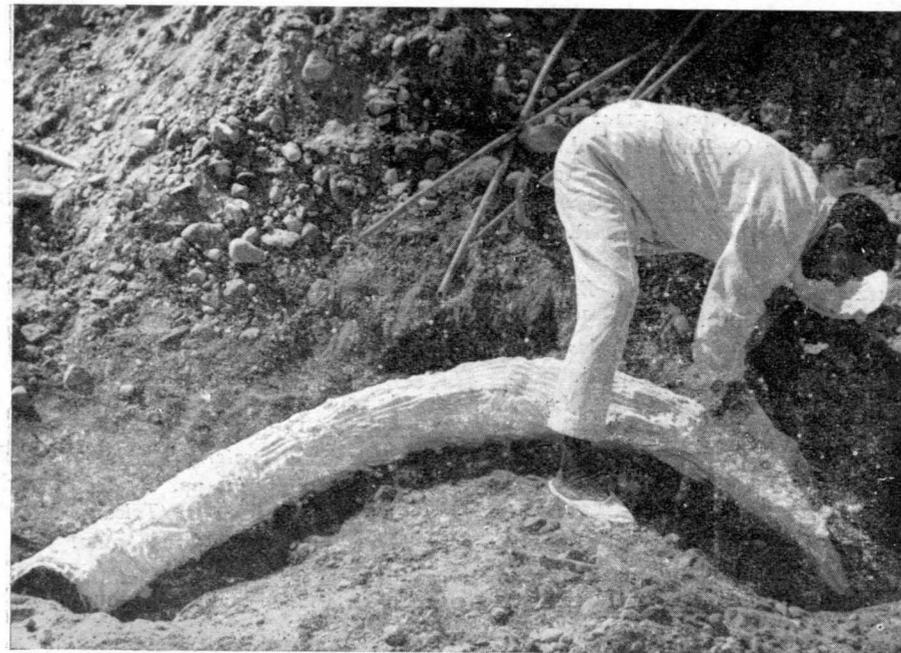
Figura 4. Esquema de cinco tipos de utensilios triédricos de Pinedo. 1, pico ambidestro sin talla de empuñaduras y prensión indistintamente terminal o lateral; 2-5, esquemas de formas derechas o, reflejados en el plano que se indica en el gráfico, esquemas de las correspondientes formas izquierdas: 2, pico sin talla de empuñadura o con ella en el reverso o desarrollada hacia el reverso y prensión terminal o lateral; 3, pico con talla de empuñadura desarrollada hacia el anverso (tránsito a las hachas) y prensión estrictamente lateral; 4, hacha de talla bifacial incompleta; 5, hacha de talla bifacial completa.



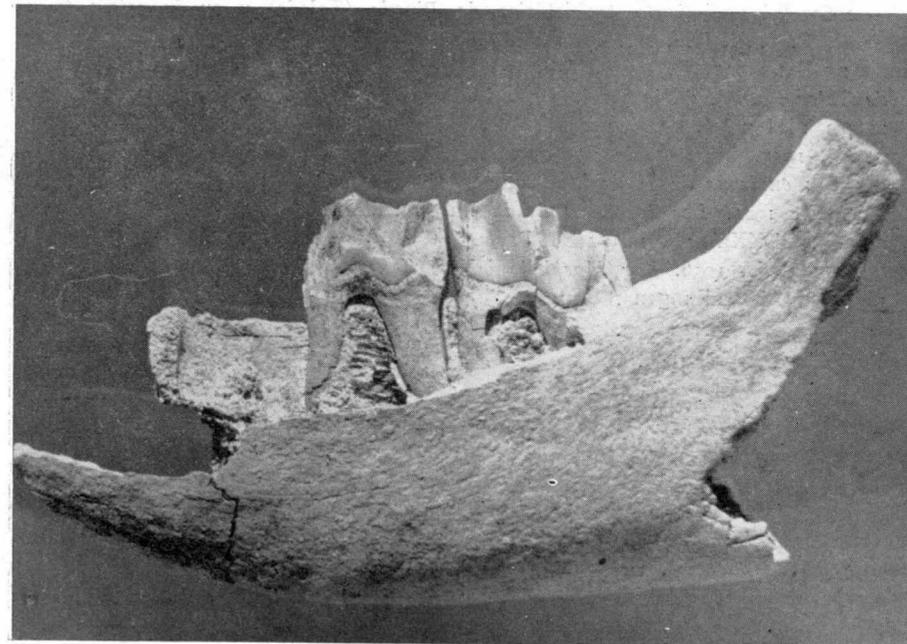
1. Cubierta de la terraza inferior en los tejares de la Concepción. Abril, 1960.



2. Corte en una de las graveras de Pinedo. Junio, 1961.



1. Defensa de *Elephas* procedente del Campo de Tiro (fig. 2, 7). Yacía en las gravas inferiores, junto al sustrato. Enero, 1961.



2. Rama mandibular derecha de *Rhinoceros*, vista por su cara interna. Hallada en las gravas inferiores de Pinedo, junto a restos de *Hippopotamus*. Noviembre, 1962.

BIBLIOGRAFÍA

- ALÍA MEDINA, M., 1945. *Notas morfológicas de la región toledana*. «Las Ciencias», año X, núm. 1, pp. 95-114. Madrid.
- ALÍA MEDINA y O. RIBA, 1959. *Livret-guide de l'excursion C₂: Manzanares et Tolède*. «Inqua», V Congrès International. Madrid-Barcelona.
- ARANEGUI, P., 1927. *Las terrazas cuaternarias del río Tajo entre Aranjuez y Talavera de la Reina*. «Bol. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. XXVII, pp. 285-290. Madrid.
- GÓMEZ DE LLARENA, J., 1913. *Excursión por el Mioceno de la cuenca del Tajo*. «Boletín de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. XIII, pp. 231-237. Madrid.
- 1923. *Guía geológica de los alrededores de Toledo*. «Trab. Mus. Nac. Cien. Nat.», ser. geol., núm. 31. Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E., 1928. *Los cinco ríos principales de España y sus terrazas*. «Trab. Mus. Nac. Cien. Nat.», ser. geol., núm. 36. Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F., 1946. *Los materiales terciarios y cuaternarios de los alrededores de Toledo*. «Estudios Geográficos», año VII, núm. 23, pp. 225-246. Madrid.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO: 1944. *Explicación de la Hoja 629(Toledo)*. Madrid.
- MARTÍN AGUADO, M., 1960 a. *El hombre primitivo en Toledo*. «Toletum», núm. 3 (1960-62). Toledo.
- 1960 b. *Las primeras piedras de nuestra prehistoria*. «Provincia», núm. de mayo. Toledo.
- 1962 a. *Recientes hallazgos prehistóricos en las graveras de Toledo*. «Estudios Geológicos», vol. XVIII, núms 3-4. Madrid.
- 1962. b. *El poblamiento prehistórico de Toledo*. «Toletum», núm. 3 (1960-62). Toledo.
- 1963. *El yacimiento prehistórico de Pinedo (Toledo) y su industria triédrica*. «I. P. I. E. T.», ser. II, núm. 1. Toledo.
- PÉREZ DE BARRADAS, J., 1920. *Algunos datos sobre el Cuaternario de las inmediaciones de Toledo*. «Bol. de la Real Acad. de Bellas Artes y Cienc. Hist. de Toledo», números VIII y IX, pp. 229-231. Toledo.
- RIBA, O., 1957. *Livret-guide de l'excursion C₂: Terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid*. «Inqua», V Congrès International. Madrid-Barcelona.
- ROMAN, F., 1922. *Les terrasses de la haute vallée du Tage*. «C. R. Acad. Sciences», t. CLXXV, pp. 1084-1086. París.
- SCHWENZNER, J., 1936. *Zur Morphologie des Zentralspanischen Hochlandes*. «Geographischen Abhandlungen». Stuttgart.

Recibido el 29-III-1963.

Dibujos y fotografías del autor.

FRANCISCO MINGARRO MARTÍN

Doctor en Ciencias Geológicas

CONTRIBUCION AL ESTUDIO GEOLOGICO DE LA ISLA DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS)

RESUMEN

El presente trabajo, da a conocer los resultados obtenidos en un estudio geológico de la Isla de Tenerife, estableciéndose una secuencia cronológica de las distintas coladas lávicas que la constituyen, correspondientes a los tres periodos fundamentales de erupción que formaron los complejos de: Teno-Anaga, la gran Caldera de las Cañadas y el conjunto volcánico del Teide.

Se determinan también los rasgos estructurales y se fijan los principales sistemas de fallas y fosas tectónicas que trastocan la disposición normal de los mantos de coladas: sistemas de fracturas N-S y NE-SW con sus perpendiculares correspondientes y las fosas de Orotava, Güimar y Tamaimo.

El trabajo se completa con un estudio fisiográfico, se resume la labor realizada con la confección de un mapa geológico, en el que se representan las distintas unidades de materiales efusivos y sedimentos recientes, señalando aparte los elementos estructurales con las direcciones geotectónicas más destacadas. Estos resultados corresponden a una cartografía realizada sobre el campo, ayudada con la correspondiente cartografía fotogeológica. También se incluye una documentación fotográfica y fotomicrográfica que acompaña al trabajo.

RÉSUMÉ

Ce travail fait connaître les résultats obtenus dans un étude géologique de de l'île de Tenerife. On a établi une séquence chronologique des divers coulées laviques que la constituent et qui appartiennent aux trois périodes éruptifs essentiels, c'est à dire, ces qui ont formé les groupes montagneux de Teno-Anaga, la grande Caldera de Las Cañadas, et le groupe volcanique du Teide.

On a déterminé aussi les traits de leurs structures et en même temps, on a appesé les principaux systèmes de failles et de fosses tectoniques qui dérangent la normales disposition des coulées: systèmes de fractures N-S, NE-SE avec leurs perpendiculaires correspondants, et les fosses de l'Orotava, Güimar et Tamaimo.

Ce travail est complété avec un étude physiographique et avec une carte géologi-

que qui, non seulement représente les diverses unités de matériaux expansifs, mais aussi les récents sédiments, en soulignant à part les éléments de leurs structures avec leurs directrices géotectoniques plus détachées. Ces sont les résultats qui correspondent à une cartographie réalisée dans la campagne, et qui a été aidée par la cartographie photogéologique correspondant. Finalement, une documentation photographique et photomicrographique accompagne au travail.

SUMMARY

Within the present paper, are given out the results obtained in a geological study of the Tenerife island been established a chronological sequence of the several lavic melt which constitute aforesaid sequence, corresponding these lavies melt to the three fundamental periods of eruption which formed the complexes of: Tenno-Anaga, the great Caldera de Las Cañadas and the volcanic complex of the Teide.

Structural characteristics are also determined and are set the main systems of faults and tectonic pits which overthrow the normal disposition of the melts of mantles: systems of faults, North-South and North East-South West with their corresponding perpendiculars and the pits of Orotava, Güimar and Tamaimo.

The paper is completed with a physiographic study, been summarized the work performed with the issue of a geological map, in which the several units of effusive materials and latest sediments are represented, been pointed out separately the structural elements with the most remarkable geotectonic guides. These results correspond to a cartography performed on the field supported by the corresponding photogéologic cartography. Photographic and photomicrographic documentation is also included along with the paper.

INTRODUCCIÓN

Después de numerosos viajes y recorridos por las Islas Canarias, hemos podido comprender lo desconocida que es hasta la fecha la geología, estructura y génesis de este archipiélago, a pesar de las numerosa bibliografía que existe de estas islas. Todos los datos hasta ahora publicados son muy concretos y de escaso significado general; tratan de determinadas zonas, erupciones históricas, rasgos generales del Archipiélago, o bien son tratados petrográficos de descripciones y clasificación de rocas.

Merece especial mención, el trabajo de Hans Hausen que en 1956 realiza de la Isla de Tenerife, pero sin mermar en nada su magnífica obra, ésta tiene primordial sentido petrográfico; de todas formas es indudable que la obra de Hausen da un gran paso para el mejor conocimiento de la Isla.

Durante una larga estancia en Tenerife, pudimos reconocer todo el territorio, habiendo tenido como base de operaciones: Santa Cruz de Tenerife, Puerto de la Cruz, Icod de los Vinos, Los Cristianos, Granadilla de

Abona y Las Cañadas. Se ha estudiado simultáneamente el propio terreno y la fotografía aérea y hasta hemos podido reconocer algunas de las 415 galerías que con objeto de explotar aguas subterráneas existen en la isla, con una longitud total perforada hasta que finalizamos nuestro trabajo, de 762,777 m.; de esta forma se ha ido deduciendo la estructura y la geología general, con objeto de realizar este ensayo cronológico para los diferentes materiales constitutivos.

Es nuestro interés, por lo tanto, recopilar las ideas generales existentes de la Isla de Tenerife, aporta una cartografía más detallada de las diferentes formaciones e incorporar, a los datos ya conocidos, los estudios e ideas propias acerca de la isla, intentando dar una sucesión de fenómenos a la arquitectura insular que sirva como idea preliminar para sucesivos trabajos que otros investigadores más avanzados puedan realizar.

Está en nuestro ánimo el completar estos estudios canarios con posteriores publicaciones, referentes no sólo a Tenerife, sino también a temas generales del Archipiélago y de las restantes islas.

II. EL ARCHIPIÉLAGO CANARIO

El Archipiélago Canario se constituye por un conjunto de 12 islas localizado paralelamente en las costas noroccidentales africanas y comprendido entre los 9° 45' y 14° 30' longitud W y los 27° 30' y 29° 30' de latitud norte.

Este conjunto de islas forma en la actualidad las provincias españolas de Tenerife (que comprende las islas occidentales de Tenerife, La Palma, Gomera y Hierro) y de Gran Canaria (constituida por las islas de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote, junto con los islotes de Los Lobos, Graciosa, Alegranza, Montaña Clara y Roque del Este).

Analizando su situación relativa y las batimetrías que las circundan, deben separarse cuatro grupos insulares:

- a) Las Islas atlánticas: La Palma y Hierro.
- b) Las Islas occidentales de Gomera y Tenerife.
- c) La Isla central de Gran Canaria.
- d) Las Islas orientales de Fuerteventura, Lobos, Lanzarote, Graciosa, Alegranza, Montaña Clara y Roque del Este.

Cada uno de estos grupos queda aislado de los restantes por batimetrías de más de 1.500 m., mientras que cada grupo constituye islas que si la superficie del mar bajara 250 m., quedarían unidas formando una única isla.

Todos estos grupos insulares a excepción del Atlántico, presentan unas orientaciones determinadas que coinciden con las líneas geotectónicas directrices del Macizo africano, lo que hace suponer que tales alineaciones son

el resultado de profundas fracturas por donde salieron los materiales lávicos para formar las islas, y que, por lo tanto, estarán relacionadas geoes estructuralmente con el continente vecino al presentar la misma orientación alpina.

De esta forma se establecen las líneas geotectónicas de:

1. Fracturas de Ifni.
2. La Costa, Cabo Bojador-Cabo Juby.
3. Cabo Bojador-Villa Cisneros.
4. La Fosa de la plataforma continental paralela a la costa africana.
5. Fuerteventura, Lanzarote, Graciosa, Alegranza y Concepción.
6. Gran Canaria-La Isleta.
7. Gomera, Tenerife.
8. La Palma, Islas Salvajes y Dacia.
9. Madeira, Porto Santo y Seine,

que forman una estructura en fallas múltiples convergentes junto con la Gran Falla del Guadalquivir, hacia las elevaciones montañosas de los Alpes.

Las Islas Atlánticas parecen emerger desde el fondo del océano aisladas por completo, pero a pesar de todo, las batimetrías circundantes las unen a menos de 250 m., e incluso parece ser que la plataforma submarina insular se prolonga hacia el N-NE siguiendo una alienación que llega hasta la isla de Madeira y que posiblemente obedece a otra dirección tectónica poco definida.

Todo el Archipiélago debe tener un zócalo siálico común constituido por rocas ígneas granitoideas según lo atestiguan los afloramientos de la Caldera de Taburiente en La Palma y los acantilados de Betancuria en Fuerteventura, en que aparecen rocas del tipo de las sienitas, dioritas, gabros, peridotitas, etc.

Sobre este zócalo, no potente en todas las islas, descansan las formaciones efusivas más recientes, constituidas por basaltos y basanitas compactas que soportan los conjuntos de fonolitas, basaltos y basanitas de disyunción columnar y basaltos vacuolares. Coronando la serie cronológica encontramos las coladas más recientes de basaltos plagioclásticos y escoriáceos y sedimentos piroclásticos de los infinitos volcanes recientes que se presentan en el Archipiélago.

Algunas zonas de las islas, las más restringidas, muestran recubrimientos sedimentarios fosilíferos, bien de índole marina, bien continentales, en las comarcas de Lanzarote y Fuerteventura, que batidos por los vientos alisios se recubren de depósitos arenáceos y pelíticos que en potentes bancos engloban tales restos fósiles: por otra parte aparecen depósitos conglomeráticos de playas emergidas con restos fósiles de edad miocena.

Todo esto hace pensar, puesto que tales restos fósiles descansan sobre formaciones fonolíticas y basálticas compactas, que la edad del Archipiélago

Canario debe estar relacionada con las orogénias alpinas y de esta forma, los depósitos de basaltos y basanitas compactas y las formaciones de basaltos columnares, fonolitas y basaltos vacuolares, deben ser miocenas o premiocenas, con características vulcanológicas de emisiones tranquilas de lavas que en general ocuparon una extensión mayor de la que aparece actualmente, ya que es fácil distinguir los acantilados en parte erosivos y en parte tectónicos constituidos por coladas de lavas horizontales o subhorizontales; por lo que se deduce, que en tales épocas geológicas, la configuración de las islas debería ser diferente a la actual y presentar una mayor extensión; ante el escaso apoyo de estas coladas por la gran profundidad del mar y ayudado por los retoques tectónicos, dichas coladas se han ido desprendiendo para formar las brechas volcánicas que constituyen la plataforma submarina insular.

Al final del Mioceno o principios del Plioceno, la vulcanología cambia haciéndose estromboliana, se crean las grandes calderas, y se recubren las islas de materiales piroclásticos en grandes extensiones. Estos factores se prolongan hasta el Pleistoceno, en que se desarrollan las formaciones de basaltos plagioclásticos vacuolares, determinando amplias zonas de malpaís que se continúan hasta las épocas históricas.

Así, pues, a título de ensayo cronológico podemos clasificar el Archipiélago Canario en los siguientes términos:

Actual.—1. Basaltos plagioclásticos escoriáceos

Pleistoceno.—1. Sedimentos piroclásticos, pumíticos y obsidiánicos.

Plioceno.— { 1. Sedimentos piroclásticos.
2. Basaltos y basanitas vacuolares.

Mioceno.— { 1. Basaltos compactos.
2. Basaltos columnares.
3. Fonolitas.

1. Rocas granitoideas: Sienitas, Dioritas, Gabros...

III. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

Consideremos, de una forma general, las principales características fisiográficas y geoes estructurales de la Isla de Tenerife.

La Isla de Tenerife ocupa con la Gran Canaria el centro del Archipiélago Canario, localizándose entre los 28° 00' y 28° 34' latitud N. y entre los 12° 25' y 13° 13' longitud W.

Esta isla es la mayor del Archipiélago (2.058 Km²), presenta una forma triangular alargada hacia el NE. por la Península de Anaga. La longitud máxima es de 84 kilómetros, mientras que la mayor anchura corresponde al litoral W. y sólo llega a adquirir valores de unos 50 kilómetros. Las alturas están comprendidas entre el nivel del mar y los 3.718 metros, del Pico Teide.

El relieve se distribuye monótonamente circundante a la principal elevación de la isla, que corresponde al Pico Teide, exceptuándose el apéndice NE. de Anaga.

En términos generales, este relieve puramente volcánico, muestra una gran asimetría, siendo muy abrupto en la vertiente N., mientras que cae paulatinamente hacia las zonas meridionales. Dentro de esta relativa y monótona distribución del relieve, se pueden exceptuar las zonas de Teno, Anaga, Adeje-Arona y los bordes de la zona de Güimar, en las cuales, condiciones de tipo geológico-estructural que luego detallaremos, se reflejan, en la creación de un relieve abrupto y extremado.

Una gran alineación montañosa muy escarpada, es la que constituye la cadena dorsal o Loma de Pedro Gil, que se forma como divisoria o bisectriz del ángulo agudo del gran triángulo insular, siendo, por lo tanto, la principal divisoria hidrográfica de la isla. De este eje montañoso parten y se ahondan numerosos y abruptos barrancos y alineaciones montañosas, como producto de una acción erosiva normal, ya heredada de otros relieves precedentes y que por lo general siempre guarda una íntima relación con roturas y líneas tectónicas.

Esta alineación dorsal presenta sus terminales asimétricos, y mientras que al W. acaba en un llanura localizada al pie de la Península de Anaga (entre Santa Cruz de Tenerife y Tejina), constituyendo la amplia planicie de unos 600 metros de altitud que se denomina Los Rodeos, en la que se enclava la ciudad de La Laguna; el otro extremo finaliza con la construcción del grandioso Teide, es decir, con 3.718 metros de altitud.

Además de los numerosos barrancos que parten de esta división hidrográfica, existen dos grandes depresiones, que aún siendo entre sí un tanto perpendiculares, una forma el amplio Valle de Orotava, vertiendo hacia el N., mientras que la segunda forma el Valle de Güimar, que lo hace hacia el E.

La alineación orográfica central, poco antes de finalizar hacia el W., en la misma elevación de la isla, se pone en contacto con el alto reborde semicircular de la caldera de Las Cañadas, en el centro de la cual, se eleva la gran cúpula que sostiene el majestuoso cono del Teide, quedando entre el borde montañoso de la caldera y la base de la cúpula, la amplia vallonada circular, que más propiamente se denomina de Las Cañadas, único relicto meridional de un grandioso cráter de hundimiento, que en sus

límites septentrionales, las múltiples y complejas erupciones lávicas han rellenado por completo, y, por lo tanto allí la caldera no existe, descendiendo la topografía en fuerte pero continuada pendiente desde lo alto del Teide hasta la misma costa del mar, definiendo una ininterrumpida y monótona topografía.

Este grandioso cráter elíptico de Las Cañadas, tiene el eje mayor de unos 15 kilómetros de largo, mientras que el menor sólo llega a unos 10 kilómetros. La cota más baja del cráter corresponde a los 2.004 metros de altitud, localizada en los Llanos de Ucanca, las paredes llegan a veces a alcanzar los 2.717 metros. En parte e irregularmente, se presenta rellena de materiales lávicos, relleno, al que han contribuido numerosos aparatos volcánicos como, por ejemplo, la Montaña Blanca, así denominada por estar formada de materiales blancos, principalmente de índole pumítica y que se eleva hasta los 2.740 metros; el Pico Viejo, grandioso volcán explosivo que presenta un cráter de unos 700 metros de diámetro, con una depresión crateriana en su interior de 53 metros, elevándose hasta alcanzar la cota de los 3.047 metros; y coronando la gran isla, se eleva el Teide hasta los 3.718 metros, con lo que se define como la elevación orográfica más alta de España.

Toda la ladera de este majestuoso Pico queda constituida por sus propios materiales y sólo el aspecto morfológico de sus vertientes deja analizar en distintos puntos los diferentes grados evolutivos de la constitución del actual monte, coronándose con un cráter de unos 80 metros de ancho, por unos 25 de profundidad; cráter que presenta sus laderas tapizadas de azufre y otros sublimados procedentes de las fumarolas aún existentes y que se escapan por grietas como últimas reminiscencias de la dinámica interna del subsuelo.

Éstos no son los únicos conos volcánicos de Las Cañadas; hay otros muchos, que con sus emisiones lávicas o lapílicas rellenan o contribuyen al relleno de este primitivo e inmenso cráter.

Como es natural, el aparato volcánico de Tenerife con su centro más exhaustivo en el Pico Teide no se puede limitar a su simple constitución. Toda la isla forma parte de este complejo volcánico y son extraordinariamente numerosos los conos que se definen en la isla, todos los cuales, analizando su naturaleza actual y comparándola con los paroxismos históricos que se conocen con toda minuciosidad de detalles, nos induce a clasificar el vulcanismo tinerfeño como un estado intermedio o mejor oscilante entre los tipos vulcaniano y estromboliano.

IV. GEOLOGÍA GENERAL

El establecimiento concreto de una geocronología en una isla como la de Tenerife, de naturaleza volcánica, es un problema muy difícil de dilucidar, especialmente al no presentarse terrenos sedimentarios significativos que nos hablen de una vida y un *habitat* de otras épocas, que se pudiera correlacionar con las diferentes emisiones volcánicas que han construido la isla.

Vamos, por lo tanto, a establecer las principales unidades cronológicas que forman Tenerife, con los materiales más destacados que componen cada una de ellas, sin tratar de asignarles una edad concreta, en todo momento hipotética, y de esta forma obtendremos una secuencia normal y general en la formación geológica de la isla.

En primer lugar, hemos de establecer la diferencia existente entre los conjuntos de rocas efusivas y filonianas que originaron la isla, y las formaciones sedimentarias más recientes, que engendradas a expensas de aquellas, sólo modifican en último término su configuración geológica de una forma muy somera. Estas consideraciones justifican la separación de ambos conjuntos endógeno y exógeno, teniendo en cuenta además que los depósitos sedimentarios forman la mínima parte, y, por lo tanto, dada su extensión, estructura y localización; no dilucidan los problemas cronológicos planteados.

Una vez establecidos estos conceptos preliminares, hemos considerado las distintas formaciones geológicas de acuerdo con sus interrelaciones estructurales, a cuyo fin suponemos la isla de Tenerife formada por tres conjuntos litológicos que ordenados del más antiguo al más moderno denominamos:

- 1) El Complejo antiguo de Teno-Anaga.
- 2) El Complejo del Volcán de Las Cañadas.
- 3) El Complejo volcánico reciente de Teide.

1) *El Complejo antiguo de Teno-Anaga*

Aflora este Complejo en las comarcas de:

- a) Península de Teno y Anaga.
- b) Zona de Adeje-Arona.
- c) Parte NW. Igueste y borde Sur del Valle de Güimar.
- d) Loma de Pedro Gil y Sur de La Victoria.

Petrográficamente este complejo está constituido por especies que en términos generales se pueden definir como basaltos, basanitas y tefritas, con todo el conjunto de formaciones piroclásticas relacionadas con ellas, tales como tobas, aglomerados, etc., sin dejar de considerar aquellos conjuntos que geológicamente casi carecen de importancia, como los diques de naturaleza basáltica, traquibasáltica, traquifonolítica y fonolítica.

Se caracteriza todo el complejo por la intensa meteorización de las rocas que se manifiesta tanto en la morfología como en su naturaleza petrográfica.

Si consideramos ahora la génesis formativa de los terrenos volcánicos, constituida en cada fase efusiva del volcán, comprenderemos que entre colada y colada debía de formarse un malpais, o depositarse una capa de sedimentos piroclásticos, especialmente de naturaleza tobácea, en la que su especial estructura y su gran porosidad son los causantes del aceleramiento de la meteorización con respecto a su correspondiente manto lávico.

Todo esto explica que entre las capas de lavas (en sentido amplio) encontremos ciertos paquetes mucho más meteorizados y en la actualidad transformados casi por completo en depósitos de naturaleza arcillosa o formando capas de aglomerados arcillosos rojizos.

La compacidad de las rocas efusivas por su textura característica, los define como mantos compactos, pero teniendo en cuenta la vulcanología perteneciente a los tipos estromboliano y vulcaniano, definidos en la isla, podremos comprender, por sus fases pre-efusivas, que estos mantos estén totalmente fisurados y agrietados, precisamente por aquellos seísmos pre-efusivos.

Las grandes grietas y fallas trabajadas en estos materiales, pueden alcanzar profundidades suficientemente grandes, como para ser rellenadas posteriormente por magmas, que al cristalizar forman los diques que seccionan las formaciones preexistentes.

a) *Basaltos.*

Así pues, este complejo antiguo se caracteriza por su composición basáltica con toda una diversidad de especies petrográficas, de muy difícil interpretación cronológica y distribución. De todas formas, parece que las coladas más antiguas están formadas por basaltos olivínicos de grandes fenocristales de olivino, augita y plagioclasa, a veces con leucita, que en grandes coladas se intercalan con escasos depósitos piroclásticos, casi totalmente transformados en elementos arcillosos.

b) *Basanitas.*

Según se asciende en la escala cronológica, se transforman las coladas en Basanitas y Basanitoides con grandes microlitos de olivino, labrador y augita con una pasta fluidal feldespática; intercalándose y coronando la secuencia se transforman en tefritas con fenocristales de augita y hornblenda empastados por microlitos de plagioclasa, augita y olivino.

c) *Piroclastos.*

Simultáneamente con la transformación petrográfica de las coladas según se asciende en la secuencia, las intercalaciones piroclásticas de tobas y aglomerados aumentan de potencia, mientras que disminuye el de las coladas de lava sin poderse definir claramente los acúmulos de lapillis, si bien las tobas líticas pasan poco a poco a formar tobas lapillicas vitro-líticas que casi se presentan totalmente transformadas en lateritas ferruginosas.

d) *Diques.*

Casi los mismos materiales forman los numerosísimos diques que cortan sensiblemente verticales, las coladas de este complejo, que en conjunto toman una orientación NE-SW. El espesor de estos diques es muy variado, pero casi se podría decir que hacia el Norte aumentan las potencias a la vez que se hacen más fonolíticas, llegando a constituir verdaderas masas intrusivas de fonolitas hainynicas con fenocristales de plagioclasa, augita, y hainyna empastados por microlitos de los mismos minerales.

En resumen, podemos establecer una secuencia de coladas en el siguiente orden, de más modernas a más antiguas:

1. Diques de fonolitas, basaltos, tefritas y basanitas.
2. Grandes depósitos piroclásticos muy alterados intercalados con coladas de tefritas.
3. Basanitas entre sedimentos piroclásticos de menor espesor.
4. Basaltos en potentes coladas entre pequeños depósitos piroclásticos.

2. El Complejo del Volcán de Las Cañadas

Los conjuntos petrográficos que constituyen este complejo, lo forman aquellos materiales efusivos del volcán que llamamos Las Cañadas, y del que sólo queda en la actualidad la porción meridional de su cráter y las coladas que constituyen gran parte de la superficie de la isla, coladas que parcialmente enmascaran y cubren las formaciones anteriormente tratadas.

Este complejo constituye toda la superficie de la isla, a excepción de las

zonas anteriormente tratadas del complejo antiguo de Teno-Anaga y el recinto interno de Las Cañadas, con su vertiente septentrional, Valle Icod-La Guancha, Valle de Garachico, este del Tanque Santiago de Teide y la zona oeste hasta la falla de Guía de Isora. Los sedimentos piroclásticos del NE. de Vilaflor y Norte de Las Vegas y La Sabinita, las cumbres occidentales de la Zona de Pedro Gil, el valle de Ovejas en Santa Ursula, la zona E. de La Victoria y la cuenca sedimentaria de La Laguna, junto con los numerosos volcanes más jóvenes que, con derrame de lavas o expulsión de piroclastos, cubren la isla con un continuo sarpullido de conos volcánicos.

Estos elementos litológicos, podemos clasificarlos en los siguientes: a) basaltos y basanitas de estructura columnar; b) formaciones fonolíticas o similares; c) basaltos compactos y diques fonolíticos y traquifonolíticos; d) basaltos vacuolares; e) depósitos piroclásticos especialmente pumíticos en forma de lapilli, aglomerados, etc.

a) *Basaltos y basanitas columnares.*

Los basaltos y basanitas columnares afloran con gran potencia en las partes bajas de la isla, entre el Puerto de San Juan y Adeje, donde se puede apreciar su localización, subyacente a coladas más modernas de elementos piroclásticos y fonolitas compactas más recientes.

Igualmente aflora esta formación en casi todos los barrancos comprendidos entre Vilaflor y Granadilla, así como en el ángulo SE. del Valle de Orotava (Los Organos) y Santa Ursula, presentando casi siempre la misma disposición subyacente que en los depósitos anteriores.

Por lo general, se trata de basaltos plagioclásicos de textura pórfido-microítica con fenocristales de plagioclasa y algunos más pequeños de augita y olivino con una pasta hialopilitica con microlitos de plagioclasa y magnetita. Presentan una clara disyunción prismática.

b) *Formaciones fonolíticas o similares.*

Las formaciones fonolíticas de este complejo de Las Cañadas presenta su mayor desarrollo al S. de Guía de Isora hasta Adeje y Vilaflor, conservando su predominio en las zonas altas de dicho complejo, zonas en las que es más frecuente el encontrar ciertas intercalaciones piroclásticas entre unas y otras coladas lávicas.

Se trata fundamentalmente de fonolitas nefelínicas de textura pórfido-microítica en la que destacan los cristales de sanidina, nefelina y egirina, empastados por microlitos de hainyna, augita y sanidina. A veces, como en el barranco de Las Vegas, la fonolita es hainyrica con textura pórfido-traquí-

tica-fluidal, destacando los cristales de sanidina, plagioclasa, augita, egirina y alúmina, cementados por microlitos de igual composición.

Como rocas similares aparecen las traquifonolitas con textura traquítico-porfiroidea de escasos fenocristales de hornblenda y una pasta microlítica de plagioclasa, hornblenda, augita, leucita y calcita.

Todos estos tipos petrográficos del complejo que nos ocupa son muy típicos por su estructura peculiar, divisible en laminas y sonido metálico, aunque también puede presentarse sin tal disyunción.

Contemporáneo con esta formación, aparece al SE. del pueblo de Los Cristianos un pequeño volcán (el de Guaza), en el que, aparte de los elementos piroclásticos por el arrojados, sus coladas lávicas presentan también una naturaleza análoga.

Se trata de una roca con textura traquítica en la que destacan los fenocristales de plagioclasa, alúmina, egirina y augita entre una pasta microlítica de los mismos elementos. Esta traquifonolita forma el cono volcánico y las lavas que partiendo de él se abren en abanico hacia el Sur, rodeándose de materiales piroclásticos aglomerados y brechas volcánicas del mismo volcán.

Igualmente, hemos de mencionar el afloramiento de índole fonolítica, localizado desde San Juan de la Rambla, al E., hasta el Valle de la Orotava, por la ladera W. de dicho valle y al S. del pueblo de La Guancha, y prolongándose hasta los Riscos de la Fortaleza en el borde de Las Cañadas.

Se localizan finalmente coladas de análoga naturaleza en la ladera E. del Valle de Orotava, así como en el ángulo de Poniente del de Güimar.

c) *Basaltos compactos y diques fonolíticos y traquifonolíticos.*

Las formaciones de basaltos compactos se presentan cubriendo las coladas preexistentes, terminan de dar forma a la loma de Pedro Gil y rellenan la parte superior de los valles de Orotava y Güimar, extendiéndose de una forma muy irregular por la vertiente SE. del cráter de Las Cañadas. También afloran al S. del pueblo de Realejo Bajo, casi en su totalidad rodeado por las formaciones fonolíticas antes tratadas, como ocurre también con la comarca situada al E. de La Longuera (ladera E. del valle Icod-La Guancha), Norte de La Guancha y Sur de San Juan de la Rambla.

Se presentan otros afloramientos en Icod de los Vinos-La Vega-Tanque-Herjos hasta el N. de Santiago del Teide, zona que, bordeando noroccidentalmente la gran Caldera, se ve dividida por el recubrimiento reciente de las coladas de Garachico y el asomo oriental del macizo de Teno.

La naturaleza de estos basaltos es casi similar a los existentes en las co-

marcas de Teno y Anaga, pero sólo un detallado estudio micrográfico podría diferenciar la composición mineralógica de estas coladas. De todas formas, su disposición y estructura diferencia netamente estos dos conjuntos, ya que la naturaleza fresca de estas formaciones, así como la de los piroclásticos que incluyen, son totalmente distintas a las de aquellas comarcas; además, un somero análisis, tanto cualitativo como cuantitativo de los diques que atraviesan estas dos formaciones, es suficiente como para diferenciarlos claramente.

Se trata de basaltos augíticos y olivínicos con texturas pórfido-microlíticas en las que destacan los cristales de augita, plagioclasa y olivino sobre una pasta feldespática con plagioclasa, augita, olivino, hornblenda y a veces biotita y minerales serpentinizados con bastante magnetita.

Otros tipos petrográficos, frecuentes, aunque no tanto como los anteriores, con las traquitas con fenocristales de plagioclasa, sanidina y algunos de augita, empastados por microlitos de los mismos elementos, más biotita y granos de cuarzo, por lo que se define toda una serie de rocas análogas con traquiandesitas, traquibasaltos, etc.

Por otra parte, en términos generales, todo este complejo basáltico de Las Cañadas presenta colores mucho más claros que el antiguo Teno-Anaga, así como un tamaño de los granos cristalinos mucho más pequeño (en general) que el de aquellas formaciones.

d) *Basaltos vacuolares.*

Esta formación comprende un conjunto de coladas de basaltos, basanitas, traquitas y andesitas, correspondientes a las últimas erupciones del volcán de Las Cañadas.

Afloran estas formaciones al SW. de la Península de Anaga hasta Igueste y La Victoria, rellenando las partes bajas de los valles de Güimar y Orotava, en todas las partes más bajas de los ríos y barrancos surorientales, tomando una mayor extensión al sur de la Isla entre Las Vegas y Vilaflor, valles de San Miguel y San Lorenzo y valles al W. de Adeje, Tijoco y Tejina, así como rellenando el valle de Tamaimo, al N. de Alcalá; unos pequeños afloramientos aparecen en la costa norte, entre Garachico y San Juan de la Rambla.

Por lo general se trata de basaltos plagioclásicos o augíticos que bajo una textura pórfido-microlítica, presenta fenocristales de plagioclasa, olivino, augita, alguno de nefelina y hornblenda empastados por microlitos de los mismos minerales, junto con alúmina y magnetita.

Otras coladas muestran una textura pórfido-traquítica con fenocristales de plagioclasa, augita y egirina, empastados por microlitos de los mismos

elementos junto con algunos de cuarzo y hornblenda, correspondiendo a traquitas, traquiandesitas y andesitas.

Con gran frecuencia estos tipos petrográficos conservan las estructuras superficiales típicas, malpais, lavas cordadas, etc., pero tienen cierto estado de meteorización, al menos más avanzado que aquellas formaciones más recientes del complejo del Teide; presentan también casi en su totalidad texturas vacuolares, con numerosos poros, orificios y cavidades, formados por la acumulación de fases magmáticas que le dan un aspecto peculiar en todo diferente a las restantes formaciones tinerfeñas.

e) Depósitos piroclásticos.

Los depósitos piroclásticos cubren casi en su totalidad el S-SE. de la Isla, alcanzando en muchos lugares, especialmente en los más bajos, espesores muy considerables. Estos depósitos piroclásticos son principalmente de puzolanas, lapillis y tobas, muy rara vez aglomerados y brechas volcánicas.

Los sedimentos más potentes y uniformes son los de puzolana, blanca o amarillenta, muy vítrea, que engloba fragmentos de traquita y pumita.

Debemos primeramente diferenciar los depósitos puzolánicos de los piroclásticos propiamente dichos, puesto que los primeros han perdido su estructura clástica, mientras los segundos la conservan completamente y corresponden a lapillis, tobas y aglomerados.

Las tobas son generalmente líticas y los aglomerados son depósitos piroclásticos que se encuentran más o menos alterados intercalándose entre las coladas de lava, originados bien por precipitación de tales materiales, o bien por una alteración de las escorias superficiales de las coladas.

Los depósitos de lapilli son cenizas volcánicas amontonadas en determinados lugares, donde se produjeron conos volcánicos de acumulación de estos materiales por salida de gases, conservando su estructura arenácea peculiar.

Los sedimentos puzolánicos, parece que pertenecieron a unos lapillis traquíticos o fonolíticos que posteriores recristalizaciones posiblemente de ceolitas los han cementado, tomando una textura vitro-clástica con fragmentos pumíticos que forman un depósito poco denso y blando de colores blanquecinos o muy claros e impermeables, que se utilizan en la isla para fabricar bloques de construcción y canales de riego, peculiaridad que los diferencia totalmente de los restantes sedimentos piroclásticos que por su estructura detrítica son totalmente permeables.

S pueden diferenciar dos tipos de puzolanas según que tengan o no fragmentos de obsidiana, carácter suficientemente significativo como para asignarles épocas diferentes de formación. Atribuimos las puzolanas sin

obsidiana a erupciones del volcán de Las Cañadas, mientras que las que engloban fragmentos de esta roca los hacemos pertenecer al complejo del Teide.

3) El Complejo volcánico reciente de Teide

Consideramos en este grupo todos aquellos conjuntos petrográficos de edad más reciente y procedente, bien del aparato volcánico del Teide propiamente dicho, o bien de aquellos conos esporádicos que diseminados por la isla, son contemporáneos con él, sobre todo, de iguales características petrográficas.

Como es lógico, estas formaciones más recientes recubren las anteriormente constituidas, enmascarando gran parte de aquellos afloramientos.

En términos generales, este complejo origina tres apartados diferentes:

a) Las formaciones del Teide compuestas por basaltos, traquitas, fonolitas y los conjuntos intermedios con afloramientos piroclásticos de obsidiana, pumita, etc., en las proximidades del citado cráter.

b) Las lavas de índole fonolítica procedentes principalmente de Pico Viejo.

c) Las formaciones de basaltos, basanitas, etc., con estructuras escoriácas y de malpais, procedentes de conos aislados.

a) Las formaciones del Teide.

Las formaciones del Teide propiamente dichas, se localizan cubriendo todo el cono volcánico casi en su totalidad, aunque no rellenando por completo la Gran Caldera de Las Cañadas; saliendo luego al exterior por el Portillo de la Villa, cubren algo de la parte SW. del valle de Orotava y, sobre todo, se derraman hacia el N., hasta el mar en la parte W. de San Juan de la Rambla. Estas coladas recientes conservan todavía su estructura peculiar, mostrando claramente las superficies de malpais, cordadas, etc., de colores oscuros, negros o marrones. Se trata fundamentalmente de basaltos, basanitas, tefritas, traquitas y traquifonolitas; pero de una manera primordial abundan los basaltos plagioclásicos y augíticos.

Las zonas más altas del gran cono del Teide, están recubiertas por las coladas más recientes de este aparato volcánico, constituidas por depósitos de obsidiana y piroclásticos principalmente, extendidos de una manera muy concreta por la Montaña Blanca.

Representan las últimas emisiones lávicas del Teide, constituidas por coladas de obsidiana, pechtein y obsidiana pumítica, que bajo una textura vítrea o vitro-fluidal, aparecen microlitos de sanidina, feldespatos y algunos de cuarzo y biotita entre una pasta generalmente negra y vítrea.

Parece ser, por la disposición infrayacente en la mayoría de los lugares, que estos derrames obsidiánicos fueron precedidos de sedimentos piroclásticos, principalmente pumíticos blancos, en los que son muy escasos los microlitos de sanidina, sobre una gran pasta vítrea de color gris claro.

Algunas erupciones, tal vez de tránsito, reflejan una pumita obsidiánica y otra obsidiana pumítica con microlitos de sanidina y biotita englobados en un vidrio más o menos escoriáceo.

Estos depósitos piroclásticos del complejo del Teide tienen una gran extensión, cubriendo la parte alta de la Loma de Pedro Gil, el norte de la carretera del Sur en la vertiente meridional de Las Cañadas y gran parte noroccidental de las laderas de la Gran Caldera, conservándose también en los llanos de Buenavista y Sur de Adeje.

Según hemos indicado, estos depósitos piroclásticos del complejo del Teide parece ser que siempre llevan incluidos fragmentos de obsidiana, lo que los diferencia de sus análogos de Las Cañadas. H. Hausen hasta establece una discordancia angular entre los sedimentos piroclásticos de Adeje, debiendo significar una separación entre unos depósitos y otros, diferenciación que también se observa con estas consideraciones mineralógicas.

b) *Lavas de Pico Viejo.*

En la zona NW. de estos depósitos, se localizan los recubrimientos de lavas fonolíticas procedentes de Pico Viejo que recubren esta parte del poniente del Pico del Teide y se extienden hasta el mar por las cercanías de Icod de los Vinos, encauzándose las coladas en parte por las paredes de Las Cañadas, y en parte por la topografía del macizo antiguo de Teno.

Son muchas las emisiones lávicas de este volcán, existiendo, por lo tanto, muchos tipos petrográficos diferentes pero preferentemente de naturaleza fonolítica o traquifonolítica. Son rocas muy oscuras, de textura porfídica, con cristales de augita y hauyná empastados por microlitos fluidales de ortosa, albita y egrina sobre un fondo feldespático, del que a veces destacan también los cristallitos de nefelina.

Otros tipos petrográficos más raros también se encuentran entre estas coladas, incluso aquellas que llamó Mme. Jeremine «Fonolitoideas», por no presentar cristales de feldespatoideas, aunque éste se denuncie en la composición química, y las «Metafonolitas» en las que el feldespatoide está transformado en coloides ricos en agua.

Aparecen también ciertas coladas obsidiánicas negras en las últimas erupciones, junto con basaltos plagioclásicos, basanitas y traquitas.

c) *Formaciones procedentes de volcanes aislados.*

Una parte del territorio insular está recubierta por coladas basálticas procedentes de un gran número de conos volcánicos aislados; estas coladas cubren la zona limitada por el macizo de Teno desde el Valle de Santiago del Teide hasta Güila de Isora por el S. y el mar por el W., acomodándose sobre aquella antigua formación hasta las proximidades de Garachico e Icod de los Vinos.

Igualmente se reconocen, tanto en las proximidades de los conos de que partieron estas coladas, como en los pequeños volcanes que en forma de sarpillido esporádico se encuentran en la isla, grandes acumulaciones de sedimentos piroclásticos principalmente en forma de lapilli y tobas obsidiánicas y pumíticas: estas últimas también extendidas por Las Cañadas y partes bajas del Valle de la Orotava.

Todos estos volcanes salpican el territorio insular denunciando una tectónica de fracturas del subsuelo.

Una especial mención merecen los volcanes de edad histórica que desde 1430 se conocen en la Isla:

1430. Los tres volcanes del norte del Valle de la Orotava: Montañas de la Horca, de los Frailes y de Gañanías.

1704. Volcán de Siete Fuentes.

1705. Volcanes de Farnia.

1705. Volcán de Arajo, en el Valle de Güimar.

1706. Volcán de Montaña Negra, en el Valle de Garachico.

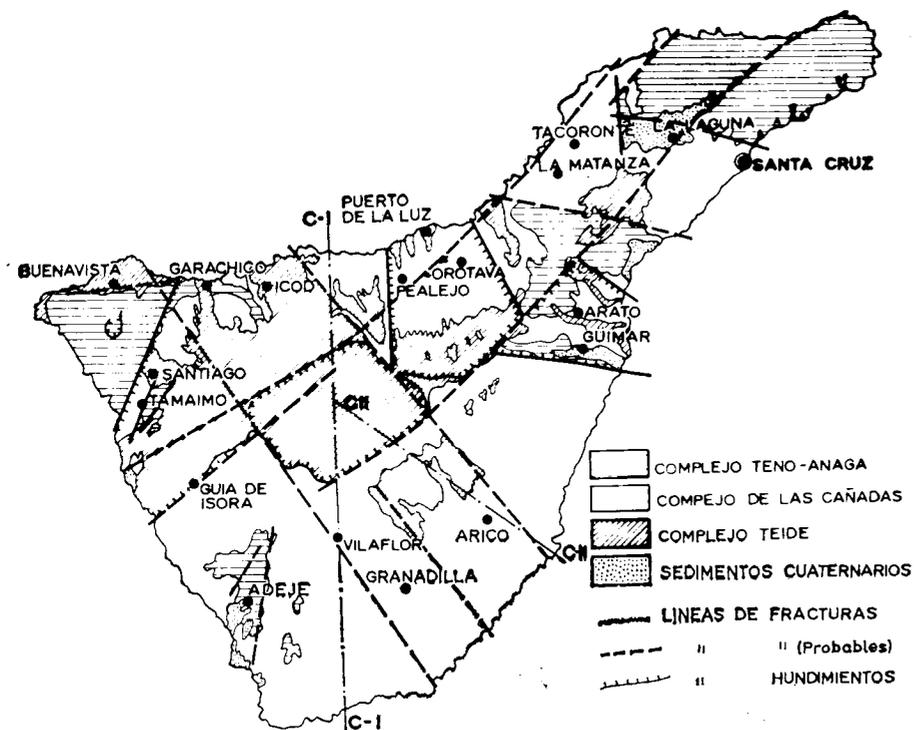
1789. Volcán de Chachorra.

1909. Volcán de Chinyero.

Todas estas erupciones, junto con otras contemporáneas que no han sido tan aparatosas ni con emisiones lávicas, pertenecen a este complejo, cuya naturaleza e historia no vamos a mencionar en el presente estudio, ya que con gran minuciosidad de detalles se han tratado en otras publicaciones.

V. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Son precisamente fenómenos tectónicos los que originan las emisiones lávicas de esta isla y, si bien un sistema primitivo de fracturas originaron la creación del conjunto vulcanológico principal, son posteriores orogenias las que crean nuevas fracturas, las que reajustan bloques, rejuvenecen grietas y fallas anteriores y, en general, las que determinan no sólo un trastoque y movimiento de las antiguas coladas ya consolidadas, sino la crea-



Esquema geoestructural de la isla de Tenerife.

ción de nuevos volcanes y emisiones lávicas que rellenan grietas y expulsan grandes cantidades de lapillis y cenizas que transportadas por medios aéreos o acuosos, rellenan y enmascaran los antiguos complejos efusivos.

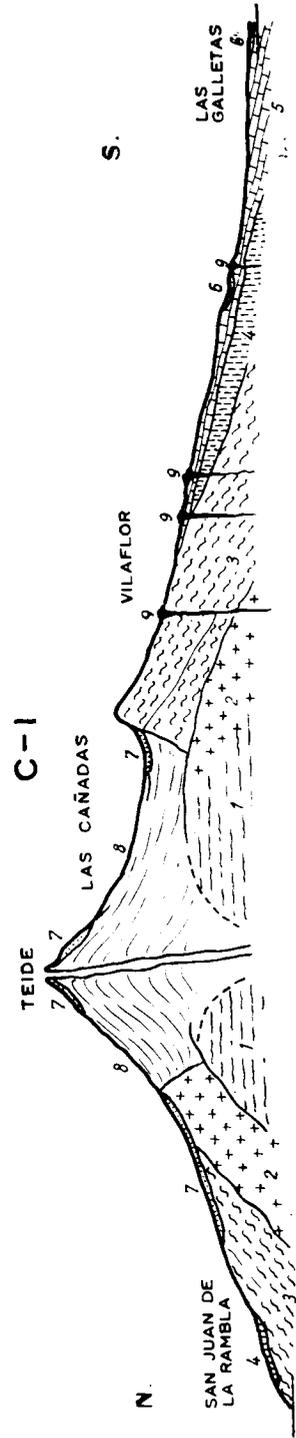
La naturaleza volcánica va evolucionando lentamente, así como la constitución de los materiales expulsados, haciéndolo a su vez todo el ciclo evolutivo, variando, aunque sólo sea en escasa intensidad, su naturaleza química y mineralógica. Esto da lugar a que el comportamiento de las coladas sea diferente en cada caso, variando como consecuencia sus propiedades físicas: viscosidad, temperatura, etc. Cada manto de lavas crea un relieve distinto, tiene una extensión diferente y complica con cierta arbitrariedad la configuración geológica de la isla. Si además de todas estas consideraciones, tenemos en cuenta que los seísmos precedentes y posteriores a cada emisión volcánica modifican la ya complicada constitución anterior, podremos imaginarnos con toda claridad la anárquica estructura definida en el territorio.

En un estudio preliminar, es imposible obtener una estructura completa de la Isla de Tenerife; sólo la complicada disposición de las coladas lávicas, encierra en sí un problema paleolitológico de tales dimensiones, que únicamente un análisis micrográfico y geoquímico comparativo muy detallado, podría esclarecerlo.

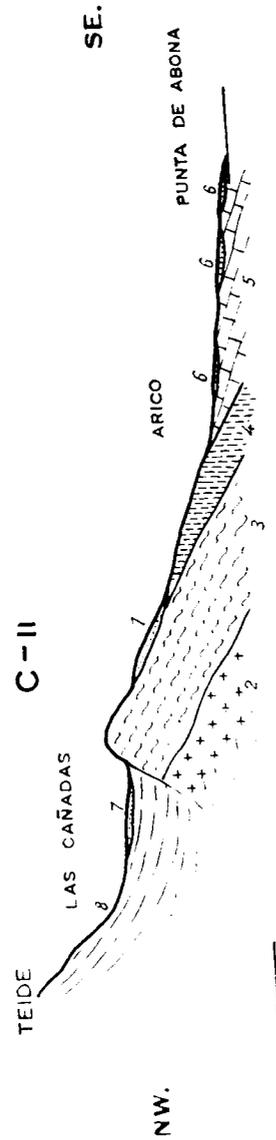
Las coladas lávicas, como material fluido que corre por la superficie terrestre, se amolda a las irregularidades topográficas buscando las líneas de máxima pendiente, pero creando al mismo tiempo un nuevo relieve.

Para la realización de un estudio estructural concreto, habría, pues, que analizar y definir taxativamente cada una de las coladas y, en consecuencia, ver su disposición que reflejase la topografía preexistente. Además de presentarse esta disposición tan compleja, el carácter de tipo vulcanológico, siempre precedido de seísmos importantes, disloca y confunde las coladas con numerosas grietas, fallas y geoclasas que alteran la disposición preexistente de los distintos materiales. Estas dislocaciones tectónicas no han ocurrido con posterioridad, sino precediendo a las emisiones lávicas, lo que quiere decir que cada tipo de fractura o cada elemento de las mismas, afecta únicamente a las formaciones que existían, relleno y enmascarando su propia lava o ceniza aquellas fracturas trabajadas en las coladas preexistentes.

Con todo esto, se explica la dificultad de obtener una estructura concreta, exacta y eficiente de estos terrenos. De todas formas, con objeto de establecer una idea somera general de los principales accidentes tectónicos que han afectado a la isla, vamos a describir sucintamente las características de los más importantes y de esta forma comenzar un estudio detallado de la misma.



Corte geológico esquemático N-S de la Isla de Tenerife. — Complejo Tenio-Anaga: 1. Basaltos, Basanitas y Tefritas. — Complejo de las Cañadas: 2, Basaltos efumares; 3, Fonolitas; 4, Basaltos compactos; 5, Basaltos vacuolares; 6, Basaltos vacuolares; 7, Sedimentos pirolásticos. — Complejo de Teide: 7, Sedimentos pirolásticos; 8, Basaltos escoriáticos; 9, Conos volcánicos de acumulación.



Corte geológico esquemático de la ladera Sur del Teide.

1) Sistemas de fractura

Resumiremos en dos los sistemas de fracturas definidos en la Isla de Tenerife. El primero constituido por fallas que corren en dirección NE-SW, y sus correspondientes perpendiculares; el segundo sistema queda definido por las grietas y dislocaciones orientadas N-S, y E-W.

Es indudable que el sistema más antiguo e importante es el primero. Sólo con una somera visión general, se comprende que la configuración costera y orográfica debe tener un origen puramente tectónico, aunque estos fenómenos no sean más que el nacimiento de una morfología que posteriormente definirán y retocarán los agentes externos.

Al estudiar precisamente con detalle el terreno, se observa una alineación de conos volcánicos situados justamente en dirección NE-SW que se localiza cruzando la Isla en su dirección longitudinal más extensa.

Esta alineación se muestra como prolongación de una línea que arrancando de la Península de Anaga, en las inmediaciones de Taganana, cruza la ciudad de La Laguna y define la Loma de Pedro Gil, llegando a Las Cañadas y acunándose lentamente hacia el SW.

Simultáneamente, toma un especial desarrollo otra fractura que, corriendo paralela a la anterior, comienza a definirse en las proximidades de la Montaña negrita, sobre ella se constituye el Teide para prolongarse posteriormente por el pueblo de Güia de Isora y terminar en la costa al SW, por el Barrio de San Juan, próximo al de Alcalá.

Igualmente se encuentran alineados numerosos volcanes en sentido perpendicular al anteriormente descrito, también en una y otra dirección de este sistema: son muy frecuentes los contactos entre formaciones efusivas, e incluso ciertas direcciones costeras parecen obedecer a estas directrices estructurales.

El sistema N-S, no está tan perfectamente marcado como el anterior, pero de todas formas, se define con toda claridad al tener en cuenta todas las consideraciones ya referidas.

Podamos diferenciar la génesis de ambos sistemas de fracturas, considerando el segundo sistema, es decir, el de la dirección N-S, E-W, como el más antiguo y formado por fuerzas de compresión, mientras que el primero con las fracturas orientadas de NW, a SE, y SW, a NE, lo consideramos como engendrado por presiones de distensión, que origina fallas múltiples y distributivas con gran frecuencia.

Esta es precisamente la causa por la cual, las roturas más acusadas, como la de la ladera W. del Valle de la Orotava y la S. del de Güimar, pertenecen al segundo sistema, mientras que las fracturas del primer siste-

ma se caracterizan por estar jaionadas de volcanes y por favorecer las emisiones lavicas y de productos efusivos.

2) Fosas tectónicas

Tratados, aunque un poco someramente, los principales sistemas de fracturas y sus efectos más interesantes, hemos de mencionar aunque sólo sean algunas de las más importantes dislocaciones producidas en la isla, ya que son éstas, las que de una manera más intensa influyen en la estructura geológica del terreno.

Nos referimos de una manera muy especial a las grandes fosas tectónicas que constituyen los valles de la Orotava, Güimar e Icod de los Vinos, como más destacadas.

De todas ellas e incluso de todas aquellas de menor importancia, como la del Valle de Santiago, las más grandiosas son las dos primeras, ambas definidas por dos fallas que en Orotava corren en dirección N-S. y NW-SE. respectivamente, mientras que la de Güimar se constituye por las fracturas que corren en dirección E-W. y NE-SW. Es decir, ambos valles están formados por los dos sistemas de fallas y en ellos se representan los cuatro tipos de roturas, quedando ambos valles limitados y casi en contacto por la gran falla de la Loma de Pedro Gil; y si bien estas fosas fueron mucho más profundas, en la actualidad presentan una configuración muy especial debido a dos circunstancias fundamentales: el movimiento de los bloques y el relleno posterior del valle.

Las dos fosas tectónicas al hundirse lo hicieron inclinándose hacia el mar y hacia la falla de compresión, es decir, en Orotava hacia el W. y en Güimar hacia el S.; pero con posterioridad, parte de estos valles se han ido rellenando por nuevos aportes volcánicos que han llegado a colmar las partes más altas de los mismos.

Aparte de estas fosas tectónicas anteriormente citadas, debemos mencionar la posiblemente definida en Chio, entre la falla de Güia de Isora que corre en dirección NE-SW. y la de Arguayo, que lo hace de NNE. a SSW., si bien no está delimitada de una forma concreta por haberse rellenado con posterioridad por los materiales lávicos más recientes procedentes del Teide, pero, de todas formas, se debe hacer hincapié en que la falla de Güia de Isora está mucho mejor definida, lo que nos indica una vez más, que el movimiento de estos bloques corticales se efectúa inclinándose hacia el sistema de fallas más antiguo.

Citaremos a título informativo la Fosa de Tamaimo, comprendida entre Santiago de Teide y el Puerto de Santiago, definida por dos fallas paralelas que corren en dirección NNE-SSW.

3) Los valles de Orotava y Güimar

El valle de Orotava ha sido interpretado por numerosos autores desde A. von Humboldt en el año 1800 hasta nuestros días, emitiéndose hipótesis diferentes; K. von Fritsch y W. Reiss en el año 1867 se definen por una topografía inversa, creada no por tectónica ni erosión, sino por acúmulo de materiales alrededor de esta amplia zona.

En 1889, A. Rothpletz destaca la poca erosión que ha sufrido el valle e incluso no admite las ideas de von Buck que daba un origen de derrumbamiento a esta depresión tinerfeña; A. Rothpletz compara esta forma con la caldera del Etna y más tarde, en 1931, von Wolf apoya esta teoría aumentando así los partidarios que atribuyen el origen de este valle a fenómenos volcánicos que construyeron una caldera de explosión.

En 1960, M. Blumenthal lo define como el «oval de Orotava» y, sin decirse completamente por una teoría concreta, parece que se inclina más hacia el origen calderiforme de este valle.

En 1962, T. Bravo establece este valle como una fosa en la que el bloque central se ha deslizado hacia el mar, precisamente por hacer de lubricante un depósito que él llama «fanglomerado», infrayacente a estos materiales y de naturaleza arcillosa, empapado en agua. Es posible que tal «fanglomerado» no sea más que una descomposición química de antiguas coladas por las aguas subterráneas que drenan el gran Circo de Las Cañadas, que tan extraordinario acúmulo de agua recibe anualmente, no representando, por lo tanto, un tipo especial de emisión volcánica; por otra parte, al desplazarse una porción de terreno superficial no debe limitarse tan claramente por fracturas con una orientación fija.

Casi las mismas consideraciones se hacen los autores respecto a la fosa tectónica de Güimar, que no representa más que el hundimiento de un compartimento análogo al de Orotava.

4) La Caldera de Las Cañadas

Mucho se ha escrito acerca del origen, composición y estructura de Las Cañadas, emitiéndose muy diversas opiniones desde Lyell, en 1855, que les atribuye un origen erosivo, hasta H. Hausen, que dictamina como origen de esta gran depresión explosiones diversas que han ocasionado la creación de una o varias calderas posteriormente unidas, e incluso la existencia de una erosión que drenase hacia el W. antes de construirse los actuales picos centrales de la isla. M. Blumenthal (1961) la define como una caldera de hundimiento, si bien no determina exactamente el fenómeno y pone en duda

el origen explosivo del hundimiento o erosivo de tal depresión. Por su parte, **T. Bravo en 1962** no aclara del todo esta incógnita, aunque determina el posible drenaje hacia el Norte por el valle de Icod-Guancha, aclarando que **el Pico de Las Cabras** en la vertiente N. no pertenece a las paredes de Las Cañadas, sino a la formación del cúmulo-volcán central de Pico Viejo, e incluso supone una red erosiva que ha sido captada por los portillos de Las Cañadas.

Es indudable que en principio no puede formarse una depresión tan enorme por agentes erosivos, ya que en tal recinto no existen unos materiales litológicos de tan diferente resistencia a la erosión como los circundantes; más bien hemos de pensar que eran los mismos, según se puede ver en los cortes de las paredes de Las Cañadas. Por otra parte, no existe en la isla, ni en las paredes, resto alguno que demuestre por dónde salieron los materiales erosionados (fanglomerados aluviales).

Tampoco parece que debe tener únicamente un origen explosivo, puesto que a juzgar por las pendientes de las coladas en los bordes, el antiguo cono volcánico de Las Cañadas debería tener por lo menos una altura análoga al actual Teide, es decir, unos 4.000 metros, lo que supone el haber desaparecido por explosiones un cono de 150 kilómetros cuadrados de base por unos 2 kilómetros de altura; esa enorme masa de materiales debería encontrarse diseminada y depositada en varios lugares de la isla, formando enormes acúmulos de bombas líticas, cenizas, fragmentos de diversos tamaños, etc., lo cual no se observa en ningún punto; tampoco podemos suponer que el llamado «Fanglomerado» de base sea el representante de tales depósitos ya alterados, pues, en ese caso no podríamos imaginarnos cuál era la procedencia de las coladas que lo recubren, no conectadas bajo ningún aspecto con las recientes del Teide, Pico Viejo y volcanes contemporáneos.

Buscaremos entonces el origen de Las Cañadas en un hundimiento del gran volcán central, es decir, representará una caldera de hundimiento que se verificó en varias etapas y merced a una serie de fenómenos contribuyentes.

En primer lugar, la caldera de Las Cañadas, si bien todos coincidimos en asignarle una forma elíptica, al cartografiarla con un poco de detalle y al correlacionar sobre un plano geológico sus formas, resulta, que muestra más bien una forma rectangular, estando sus lados orientados según la dirección NE-SW. (los más largos, unos 15 kilómetros) y NW-SE. (los más cortos, unos 10 kilómetros).

En el lado NW, parece alinearse con las formaciones del barrio de Alcalá y con la costa del Norte a partir de Santa Ursula hacia el NW. del Caserío de Juan Fernández hasta las inmediaciones de Tejina, Bajamar y Punta del Hidalgo, es decir, toma una posición paralela a la Cordillera Dorsal de Pedro Gil.

El borde SE. se alinea con el Barranco del Infierno en las cercanías de Adeje, y bordeando la Loma de Pedro Gil llega a La Laguna y Las Mercedes.

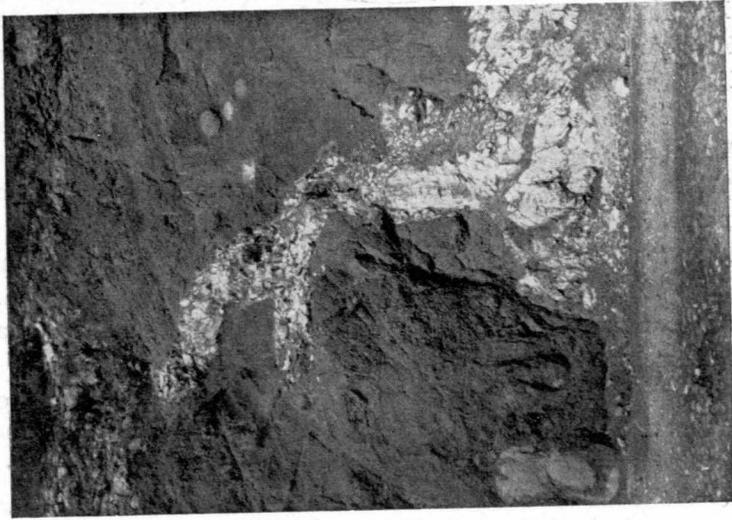
Los límites nororientales se alinean por el Sur con el contacto del Icor y Punta del Rincón, al norte del Puerto de Abona, y por el Norte definiendo la ladera E. del valle Icod-La Guancha; los bordes occidentales quedan relacionados con el acúmulo de volcanes que se jalona entre Herjos y El Tanque hasta la Punta de Bueravista, continuando meridionalmente por Vilaflor, Granadilla y Punta de la Jaquilla al norte de El Médano. Según esto, tales alineaciones concuerdan con las líneas principales de fractura definidas en la Isla, lo que nos obligaría a pensar que tectónicamente la gran Caldera de Las Cañadas deberían definirse como una fosa tectónica.

Todas las circunstancias anteriores, definen la Caldera de Las Cañadas como de hundimiento, retocada al menos por fracturas principales de la Isla y en parte recubierta en la actualidad por los productos arrojados por los volcanes centrales, Pico Viejo, Teide, Montaña Blanca, etc. De esta manera podemos comprender que los portillos abiertos en los bordes (Boca de Tauce y Portillo de la Villa) son debidos a fracturas y no a una acción erosiva remontante que capture una red torrencial interior, ya que por otra parte sigue estando el fondo de Las Cañadas a cota inferior que estos portillos, registrándose en Los Llanos de Ucanca cotas de 2.000 metros, mientras que los portillos tienen 2.098 y 2.200 metros respectivamente, no saliendo por ellos ningún riachuelo o torrente, ni siquiera se construyen valles de importancia, por lo que todas las precipitaciones de lluvia o nieve caídas en el recinto de Las Cañadas, por fuerza han de infiltrarse al interior por grietas, fisuras o materiales lapílicos permeables hasta alcanzar el nivel piezométrico, donde se acumulan y van meteorizando aquellos materiales situados por debajo de tal nivel y que como ya dijimos podría ser la causa de la formación del «Fanglomerado» de T. Bravo.

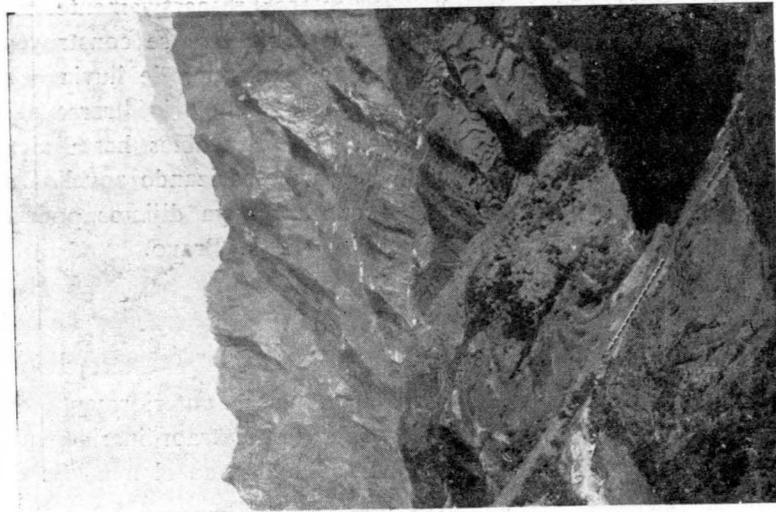
5) *Movimientos epirogénicos*

Son también todas estas circunstancias tectónicas anteriormente expresadas las que definen el litoral de Tenerife, tan extraordinariamente escarpado con altos y rudos acantilados que se hunden en el mar. Se determinan profundas ensenadas y adquiere una configuración y aspecto enormemente recortado.

Antes de concluir esta somera descripción de las características estructurales de la Isla de Tenerife, mencionaremos un fenómeno de basculamiento que si bien no está perfectamente demostrado, sí lo tendremos en cuenta al analizar con detalle la estructura de la isla; se trata de un hecho muy significativo que deduciremos una vez mencionadas las principales caracte-



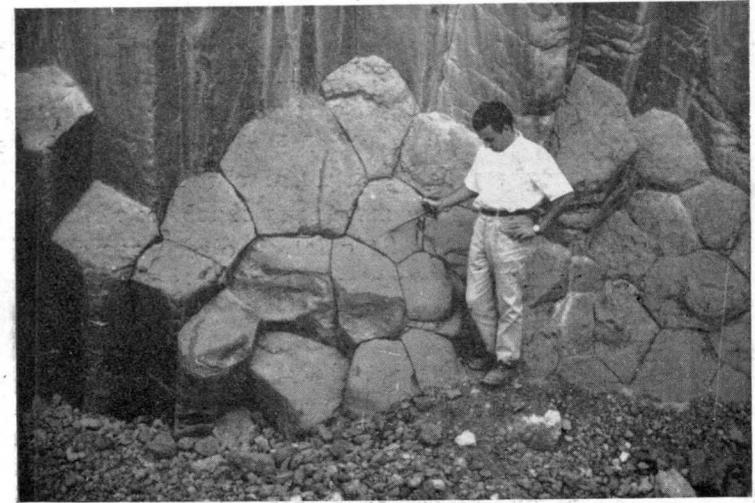
Fot. 2. Dique fonolítico del Macizo de Teno.

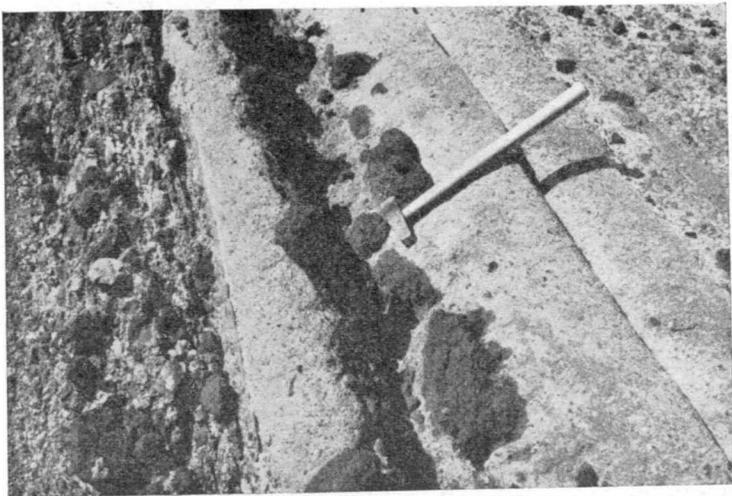


Fot. 1. Aspecto geomorfológico de la Península de Anaga.



Fot. 3. Aspecto holocristalino de un basalto olivínico del Macizo de Teno.

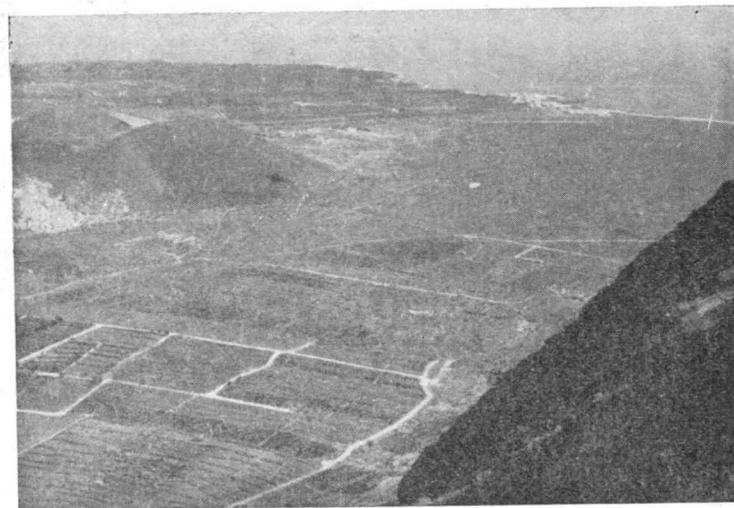
Fot. 4. Basalto columnar del Barranco de La Ratona, cerca del Puerto de Alcalá.
(Fot. Z. Siftan)



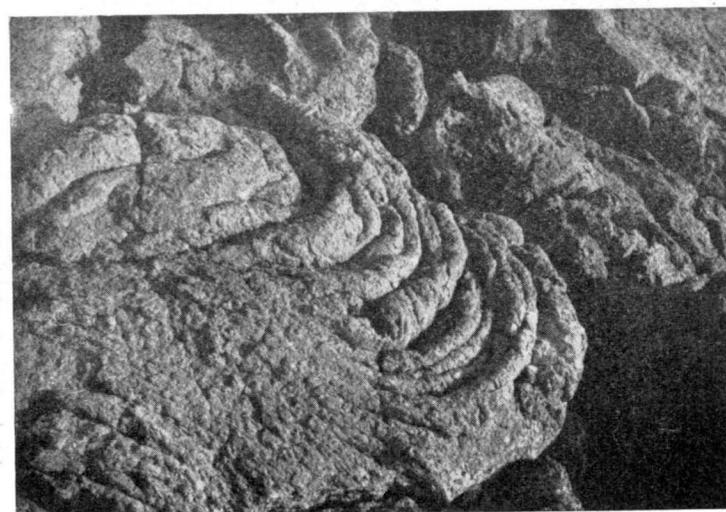
Fot. 6. Toba piroclástica de la carretera de Adeje.



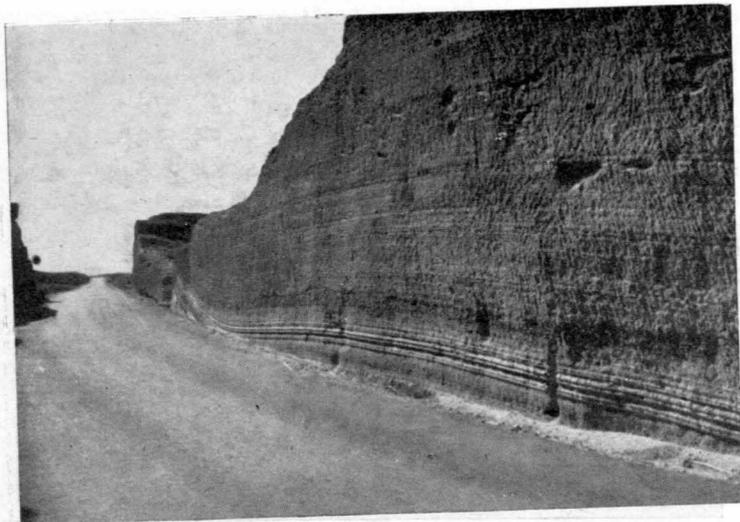
Fot. 5. Dique fonolítico de la Península de Anaga.
(Fot. J. Talens)



Fot. 7. Llanura sedimentaria en el borde Sur de la fosa de Güimar.
(Fot. Z. Siftan)



Fot. 8. Lava cordada del Puerto de Santiago.



Fot. 9. Depósitos piroclásticos pumíticos de las proximidades de Adeje.
(Fot. J. Talens)



Fot. 10. Malpais basáltico de Alcalá, con las salinas.



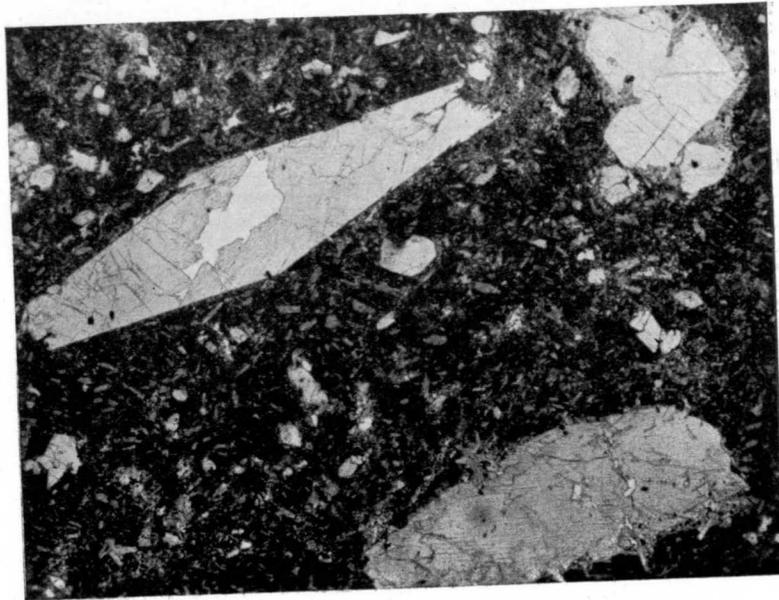
Fot. 11. Volcán de acumulación de cenizas al E. del volcán de Guirres.
(Fot. J. Talens)



Fot. 12. Fanglomerado tobáceo de La Candelaria.
(Fot. J. Talens)



Fot. 13. Vidrio volcánico de obsidiana y pechtein de Las Cañadas.



Fot. 14. Basalto olivínico de Las Morras, al NW de Arafo.

rísticas que nos han inducido a ello: 1.º) por lo general, hacia el N. las costas son más abruptas y recortadas que en el S. La vertiente septentrional, especialmente en sentido Teide-Garachico, tiene una inclinación mucho más exaltada que las meridionales; 2.º), son más abundantes las playas y costas más o menos aplaceradas en la costa S. y SE., que en la diametralmente opuesta; 3.º), en las mismas costas meridionales antes citadas, se pueden observar con mayor abundancia los terrenos sedimentarios aluviales, así como también se han reconocido los únicos restos de playas o fondos marinos emergidos, con excepción de los de Punta Hidalgo. Si además de todo esto, tenemos en cuenta que el gran cráter de Las Cañadas sólo se ha colmatado en su totalidad en las partes septentrionales del mismo, se infiere la posible existencia de un ligero basculamiento insular, precisamente hacia el N., fenómeno que puede guardar una cierta relación con los observados en la Isla de Lanzarote, en que la mayoría de las bocas craterianas se abren también hacia el norte.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1910. FERNÁNDEZ NAVARRO (L.): *Sobre la erupción volcánica del Chinyero (Tenerife)*. «Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.». T. X. Madrid.
1917. FERNÁNDEZ NAVARRO (L.): *Sur la structure et la Composition pétrographique du pie du Teyde*. «C. R. de la Academie des Sciences de París». Seance du lundi, 22 octobre 1917, pág. 561-563. París.
1919. FERNÁNDEZ NAVARRO (L.): *Las erupciones de fecha histórica en Canarias*. «Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.». T. XI, núm. 2. Madrid.
1919. FERNÁNDEZ NAVARRO (L.): *Algunas consideraciones sobre la constitución geológica del Archipiélago Canario*. «Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.». T. XI. Madrid.
1925. FERNÁNDEZ NAVARRO (L.): *Datos sobre el volcanismo canario*. «Bulletin Volcanologique». T. 2. Nápoles.
1936. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.): *Estudio de las rocas eruptivas de España*. «Mem. de la Aca. de Ciencias (C. Nat.)». T. VI. Madrid.
1946. BENÍTEZ PADILLA (S.): *Síntesis geológica del Archipiélago Canario*. Publ. «Rev. Estudios Geológicos» núm. 3. Inst. «Lucas Mallada». C. S. I. C. Madrid.
1949. HERNÁNDEZ-PACHECO (E. y F.), ALÍA MEDINA (M.), VIDAL (C.) y GUINEA (E.): *El Sahara español*, «Instituto de Estudios Africanos». C. S. I. Madrid.
1952. BRAVO (T.): *Aportación al estudio geomorfológico y geológico de la fosa tectónica del Valle de la Orotava*. «Vol. R. Soc. Hist. Nat.». (G.). T. L, número 1. Madrid.
1953. BRAVO (T.): *Lacerta Maxima n. sp.* Pub. Rev. «Estudios Geológicos», número 17 Inst. «Lucas Mallada», C. S. I. C., Madrid.
1954. M. HAUSEN (JH.): *Hidrografía de las Islas Canarias*. Studiorum Canariensium Institutum. La Laguna de Tenerife.

1956. M. HAUSEN (H.): *Contribution to the geology of Tenerife (Canary islands)*. «Societas Scientiarum Fennica Commentationes Physico-Mathematicae». T. XVIII, 1. Helsingfors.
1961. M. BLUMENTHAL (M.): *Rasgos principales de la geología de las Islas Canarias con datos sobre Madeira*. «Bol. Inst. Geol. y Min. de España». T. LXXII. Madrid.
1962. Bravo (T.): *El Circo de Las Cañadas y sus dependencias*. «Bol. Real Soc. Hist. Nat. (G.)». T. LX, núm. 1. Madrid.

Recibido el 20-XII-62.

CARLOS FELGUEROSO COPPEL y JUAN COMA GUILLEN

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE GUADALAJARA

SUMARIO

El presente trabajo versa sobre la hidrogeología de la zona de la provincia de Guadalajara en donde se encuentran enclavados los pueblos de Pastrana, Yebra, Zorita de los Canes, Sayatón, Albalate y Almonacid de Zorita.

La parte geológica comprende el estudio de las formaciones cretáceas de la Sierra de Altomira y de las paleógenas que forman el Terciario continental de aquella área.

En el apartado de hidrología subterránea se estudian las cuencas hidráulicas subterráneas de la Zona con sus drenajes naturales y se incluye una relación de los mananciales y pozos existentes en la zona estudiada, haciendo mención de la situación, caudales y calidad de sus aguas.

RÉSUMÉ

Ce travail porte sur l'hydrogéologie de la zone de la province de Guadalajara dans laquelle se trouvent encastrés des villages de Pastrana, Yebra, Zorita de los Canes, Sayatón, Albalate et Almonacid de Zorita.

La partie géologique comprend l'étude des formations crétacées de la Sierra de Altomira et des paléogènes et néogènes qui forment la Tertiaire continental de cette aire.

Dans la paragraphe d'hydrologie souterraine sont étudiés les bassins hydrogéologiques de la zone avec leurs drainages naturels et une énumération des sources et puits existents dans la zone étudiée s'y trouve comprise, énumération qui mentionne leur situation, débit et qualité des eaux.

RASGOS DE GEOLOGÍA FÍSICA Y HUMANA

1. Situación geográfica

La zona estudiada se encuentra en la parte suroeste de la provincia de Guadalajara, internándose algo en la de Cuenca, y abarca un área de 314 kilómetros cuadrados; queda limitada por un círculo de radio 10 kilómetros,

cuyo centro coincide aproximadamente con el pueblo de Zorita de los Canes.

Topográficamente, la región está constituida por una meseta de una altitud media de unos 800 metros. De esta llanura emerge una alineación montañosa de dirección Norte-Sur; se conoce con el nombre genérico de Altomira y la componen varias sierras que forman una estrecha cordillera constituida por pliegues mesozoicos.

Estas dos formas topográficas, meseta y cordillera, obedecen, como era de esperar, a una diferencia geológica de los terrenos que la constituyen: la primera la componen principalmente terrenos terciarios, en su mayoría margas, yesos, areniscas y calizas, y la sierra está integrada por unas potentes calizas cretáceas, que por su mayor dureza han resistido con más energía a los agentes erosivos.

La zona está labrada profundamente por algunos cauces de agua, separando así en dicha meseta una serie de cerros de mayor o menor extensión, entre los que se alojan pequeños valles y navas. Las altiplanicies que forman la meseta están coronadas con frecuencia por las calizas pontienses, dando lugar a los clásicos páramos de la Alcarria.

La sierra caliza de Altomira queda enmarcada en la región que estudiamos por los pueblos de Anguix, Almonacid de Zorita y Albalate por el Oeste, y Buendía y Jabalera por Levante. Se trata de una cordillera que, aunque abrupta, no posee grandes elevaciones, pues sus máximas cotas no alcanzan los 1.200 metros (Vértice Puerto, 1.094 m., Vértice San Cristóbal, 1.062 m., etc.). Esta formación montañosa marca aquí el límite entre las provincias de Guadalajara y Cuenca.

2. Clima

El clima es duro y extremado, como corresponde a una meseta elevada, con grandes diferencias de temperatura entre verano e invierno, y de carácter más bien seco.

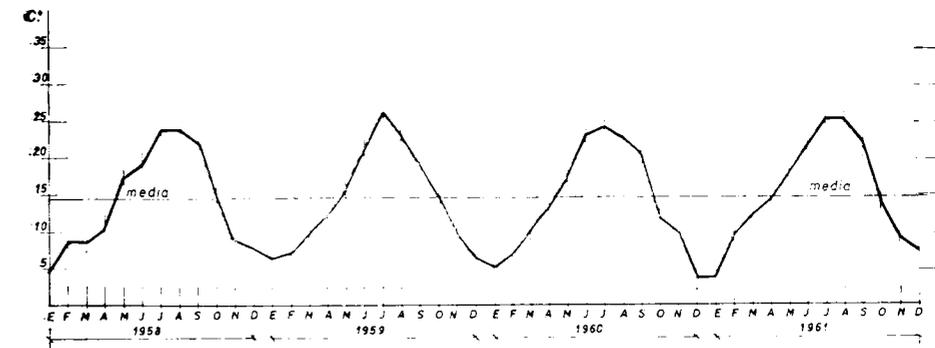
En la figura 1, puede apreciarse un gráfico de las temperaturas medias mensuales a lo largo de los años 1958, 1959, 1960 y 1961. El mes más frío es enero con una temperatura media de unos 5°, y los más calurosos julio y agosto, con temperaturas medias de 25°. Del gráfico anterior se deduce que la temperatura media mensual a lo largo de los cuatro años mencionados es de 14,4°.

En la figura 2, hemos representado las medias mensuales pluviométricas durante los mismos años. Las máximas precipitaciones se presentan a fines de otoño y principios de invierno, existiendo además una época de abundantes lluvias en primavera, pero en menor grado. Los meses más secos son julio y agosto, época en que las precipitaciones se producen casi exclusivamente en forma de tormentas. A finales de invierno y principios

de primavera existe también una época seca, pero como es natural, menos acusada que en verano.

TEMPERATURAS - (Medias mensuales)

FIG. 1



Finalmente, la figura 3 se refiere a la pluviometría media anual durante los diez años 1952-61, obtenidas a partir de las medias mensuales; en el

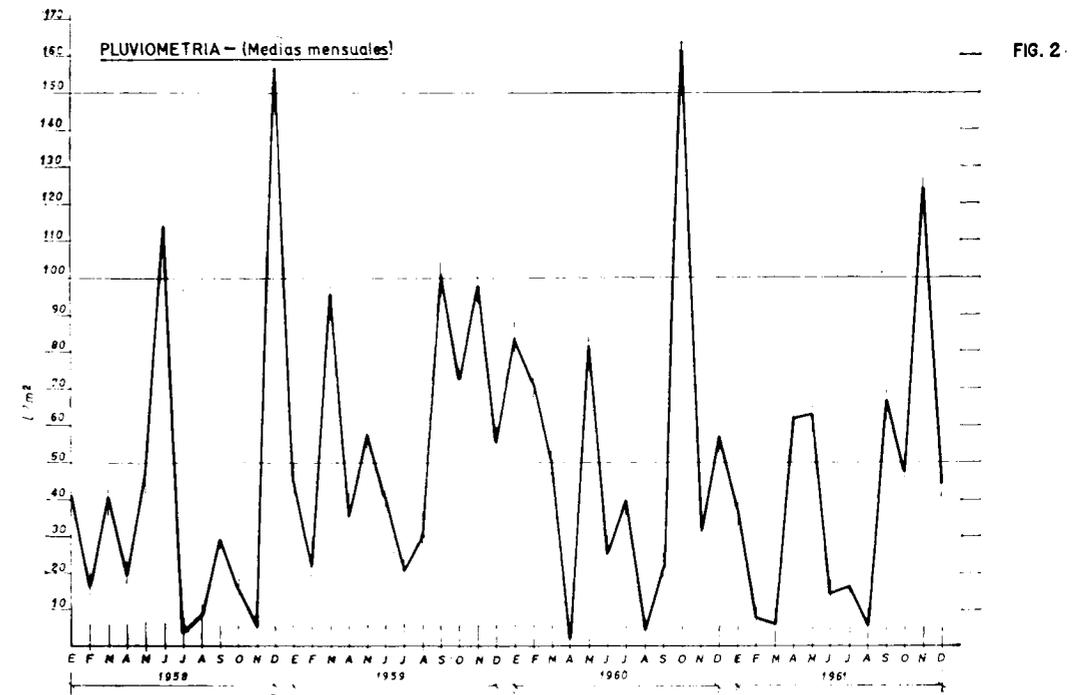
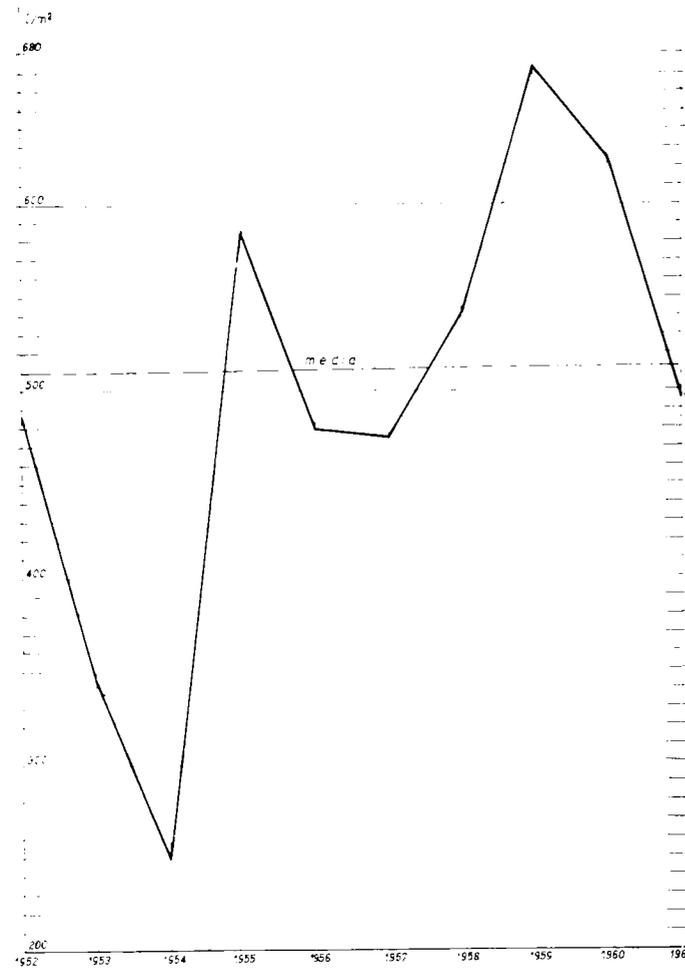


FIG. 2

gráfico hemos representado la media anual calculada para este periodo de diez años, media que resulta de 510 l/m².

PLUVIOMETRIA — (Medias mensuales)

FIG. 3



Los datos corresponden a las estaciones de Bolarque, Zorita y Entrepeñas.

Como es natural, las precipitaciones en la Sierra de Altomira son más abundantes; basándonos en la fórmula de Mead (1950).

$$P = P_0 + K \frac{A}{100}$$

en donde P_0 es la precipitación media de la llanura (510 mm según los datos anteriores). A la diferencia de altitud e igual 200 metros, y dando a K el valor de 30, obtenemos como precipitación media anual para las zonas elevadas de la sierra de Altomira, 570 mm.

3. Hidrología

La zona estudiada pertenece por completo a la cuenca hidrológica del río Tajo. Aunque a primera vista la Sierra de Altomira parecería marcar una divisoria entre dos cuencas principales, no resulta así en la práctica, pues en nuestra zona las aguas caídas al Este de la Sierra son recogidas por los ríos de la Vega, Guadiela y Tajo, que atraviesan todos ellos la cordillera de Altomira de Este a Oeste.

El eje hidrográfico de la zona lo constituye, por lo tanto, el río Tajo, que en nuestra zona circula con una dirección media NE-SO. Su principal afluente por la izquierda es el Guadiela, que a su vez recibe por el mismo lado las aguas del río de la Vega. Afluentes de menos importancia son una serie de arroyos que, como es natural, llevan en general una dirección NO-SE., perpendicular al eje hidrográfico (Arroyo de la Vega, que pasa por Pastrana, Arroyo de Barbales, Arroyo de Madre Vieja, etc.).

A excepción de la zona de la Sierra, el Tajo discurre en régimen tranquilo, formando numerosos meandros, siendo el más agudo de ellos el de la zona de la Pangía, en donde está situada la presa de Zorita.

La serie de barrancos que existen en la región presentan en general unas laderas empinadas, labradas en terrenos impermeables y blandos, principalmente miocenos, y desprovistas de vegetación. Se presentan, por lo tanto, las condiciones ideales para la acción erosiva producida por las aguas salvajes, es decir, aquellas que recién caídas discurren por el terreno sin ser absorbidas, erosión que se continúa luego en barrancos y arroyos. Estamos, pues, en una zona en donde la erosión y transporte tienen una marcada acción, cuyas huellas quedan bien patentes en el terreno.

4. Agricultura

La región presenta en general un aspecto desolado, siendo muy escasa la vegetación; la agricultura es pobre y casi exclusivamente de secano (cereales y viña); excepcionalmente en las vegas de algunos ríos, labradas en la meseta, al disponer de agua y quedar mejor protegidas de los agentes atmosféricos, existen fértiles huertas, pero en conjunto la producción agrícola es escasa, presentándose grandes regiones improductivas por la naturaleza del suelo, pues aparte de la sierra, de monte bajo y encinares, se encuentran grandes zonas con yesos y margas yesíferas que imposibilitan el cultivo. Las calizas pontienses de las altiplanicies forman también un terreno árido y en general están cubiertas por monte bajo; únicamente, en los casos que por descomposición de las calizas quedan éstas cubiertas por

una capa más o menos espesa de arcillas rojas, se forman terrenos de labor donde se cultivan los cereales.

Aplicando el índice de aridez (Martonne):

$$Ar = \frac{P}{T + 10}$$

(en donde P = lluvia anual en mm. T = temperatura media anual en grados centígrados) los valores hallados en el apartado 2 (Clima), arrojan un valor para esta región de 20.8. Según la clasificación de Martonne, se trata de una llanura con vegetación apta para cereales del tipo del trigo.

Esporádicamente se cultivan algunos olivos, pero la aceituna es de mala calidad y de muy poca producción.

5. Industria

La industria es muy reducida, explotándose sólo las calizas cretáceas y pontienses y los yesos. En la sierra se encuentran canteras que producen calizas de buena clase, pero no existen grandes explotaciones y se utilizan para la construcción local y para carreteras. Excepcionalmente se produce cal en hornos rudimentarios. Los yesos se explotan en pequeños hornos. También se aprovechan algunos niveles de arcilla para producir ladrillos y tejas.

En los últimos años se ha explotado al máximo la energía hidráulica de esta zona, habiéndose construido cuatro embalses en el Tajo y uno en el Guadiela; resumimos a continuación la energía producida en cada uno de ellos:

Nombre del Salto	Producción anual en KWH
Buendía (Río Guadiela)	72,10 ⁶
Entrepeñas (Río Tajo)	85,10 ⁶
Bolarque (Río Tajo)	130,10 ⁶
Zorita (Río Tajo)	40,10 ⁶
Almoguera (Río Tajo)	42,10 ⁶

6. Población

Debido a la pobreza de recursos naturales, la región se encuentra despoblada y el número de habitantes disminuye continuamente desde hace años. La población se concentra en unos pocos pueblos distanciados unos de otros: dentro de la zona tenemos los siguientes: Pastrana (2.738 habitantes), Buendía (1.790 habitantes), Almonacid de Zorita (1.491 habitan-

tes), Albalate (1.379 habitantes), Sayatón (830 habitantes) y Zorita de los Canes (195 habitantes). Las cifras corresponden al censo de 1940. Desde un punto de vista histórico merece citarse Zorita de los Canes; en él se encuentran las ruinas de un castillo árabe en lo alto de un cerro de calizas travertínicas.

ESTRATIGRAFÍA

Para realizar el estudio hidrogeológico que se nos ha encomendado, es imprescindible conocer perfectamente la serie estratigráfica con sus distintas variaciones litológicas y además todos sus accidentes tectónicos. Comenzaremos, por lo tanto, por la descripción litológica de los tramos estratigráficos que aparecen en el área investigada y a continuación, en capítulo aparte, estudiaremos la tectónica de la región. Estableceremos así las bases fundamentales para poder desarrollar ordenadamente el estudio hidrogeológico de la zona, tema que trataremos en la segunda parte de este informe.

Las formaciones que aparecen en nuestra área, quedan resumidas en la siguiente columna, de arriba a abajo:

Cuaternario	} Aluvial. Cantos rodados, arenas y limos. Diluvial. Cantos, arcillas y margas. Calizas travertínicas. Conglomerados de terrazas.
Burdigaliense-Pontiense	
Eoceno-Oligoceno	
Senonense-Eoceno	} Calizas. Yesos y margas yesíferas. Areniscas, margas y algunas intercalaciones de yesos. Areniscas, margas y algunas intercalaciones de yesos. Yesos con finas intercalaciones de calizas.
Cenomanense-Turonense	
	} En la base, estrecho nivel de margas y calizas oquerosas. Calizas con alguna intercalación fina de niveles margosos.

Cenomanense-Turonense

Las formaciones calizas del Cretáceo constituyen el accidente geográfico de mayor relieve en la zona: la Sierra de Altomira. Se trata de un

anticlinorio de calizas cenomanenses-turonenses, cuyo pliegue al igual que la Sierra, siguen un rumbo aproximado Norte-Sur, doblando ligeramente hacia el Este a la altura de Anguix. Esta dirección Norte-Sur marca aproximadamente la directriz tectónica que poseen las capas plegadas de la región.

Este Cenomanense-Turonense es eminentemente calizo, aunque presenta ciertas intercalaciones margosas y otras arenosas, y se sumerge a ambos lados de Altomira bajo el Senonense y tramos superiores.

Las calizas son francas y bien estratificadas, presentándose en general en bancos potentes. A veces son dolomíticas y la coloración más frecuente varía del gris claro a oscuro, aunque existen variedades rojas, amarillas y pardas.

Los esfuerzos tectónicos han moldeado en estas calizas una serie de anticlinales y sinclinales, desarrollándose a veces pliegues extraordinariamente agudos, y que se siguen sobre el terreno con relativa facilidad.

La serie litológica de las calizas es de abajo a arriba como sigue:

1. *Calizas rojizas recristalizadas.*

Es el tramo más bajo que hemos encontrado en la Sierra de Altomira. Aparecen estas calizas en lo alto de la cresta que corre inmediatamente al Este de Albalate y Almonacid, pasando a Poniente de la Ermita de San Antón; de nuevo las encontramos en Bolarque en el núcleo de un anticlinal, cuyo flanco oriental sirve de apoyo a la presa, construida con las calizas rojizas en cuestión.

El examen microscópico demuestra que esta roca está compuesta por una matriz caliza recristalizada en grano grueso, alterada o impurificada por arcilla roja.

2. *Nivel de margas y areniscas.*

Es un tramo poco potente que aparece en concordancia sobre las calizas anteriores. Las areniscas son a veces bastas y tienen cantos rodados, fundamentalmente de cuarzo blanco; hay algún nivel muy estrecho y poco compacto que da lugar a terrenos arenosos; el color es en general amarillo, blanquecino y violáceo, estando las zonas arenosas en la parte más baja. En la misma Ermita de San Antón aflora este nivel formando parte del flanco oriental de un anticlinal volcado; las capas se presentan bien estratificadas con rumbo N-S., y buzamiento de 45° al Este.

El examen microscópico de dos láminas transparentes pertenecientes una a las margas y otra a las areniscas, revela las siguientes características:

a) Arenisca blanquecina. Matriz caliza alterada, llena de cuarzo en granos rodados, de tamaño muy variado. Sin restos fósiles y de ambiente continental.

b) Marga dura ocre. Matriz caliza muy fina, con gran cantidad de cuarzo en grano muy fino, pequeños grumos arcillosos y algunas calcificaciones de algas.

3. *Calizas dolomíticas.*

Sobre el nivel blando anterior yace un banco de calizas dolomíticas de unos 50 metros de espesor; son arenosas y amarillentas en su parte inferior y al ascender en la serie estratigráfica se hacen más dolomíticas y toman coloraciones blanquecinas, pardas y rojizas. En el examen microscópico se observan las siguientes particularidades: matriz caliza casi hialina, recristalizada, en granos en muchos casos romboédricos y con el centro impurificado de arcilla. Nuestro Laboratorio de Micropaleontología ha estudiado cinco muestras de esta roca tomadas en una zona que abarca desde Albalate hasta Bolarque, y en varias de ellas se han encontrado restos mal conservados de microfauna que parecen pertenecer a Equinodermos y Lamelibranquios.

4. *Calizas margosas rosáceas con margas amarillentas encima.*

Es un conjunto poco potente que separa las calizas anteriores de las del tramo 5. Las calizas margosas rosáceas aparecen al microscopio formadas por una matriz caliza muy fina, con algo de cuarzo y algunos restos margosos muy pequeños y irreconocibles.

5. *Calizas cristalinas blanquecinas.*

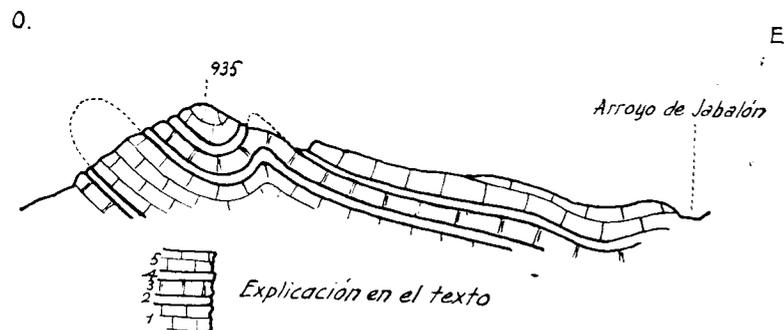
De nuevo un banco potente de calizas, unos 30 metros, yace sobre los niveles blandos del tramo 4. Son duras y de color gris oscuro en superficie.

En una muestra de estas calizas estudiadas en lámina transparente se observa una matriz caliza de grano medio muy irregular, con algunos restos en grano más grueso y más hialino de Lamelibranquios, Valvulínidos y Ostrácodos.

Hemos tomado también una muestra en las últimas calizas de la Sierra de Altomira, ya casi en contacto con el Senonense-Eoceno, con las siguientes características microscópicas: matriz caliza muy fina con muchas calcificaciones conservadas en grano más grueso y más hialino; hay fragmentos de Lamelibranquios, Equinodermos, Ostrácodos y Algas del género

Acicularia. A veces aparecen fragmentos de Rudistos y otros Lamelibranquios.

La serie cretácea que acabamos de describir, puede reconocerse con facilidad en la Ermita de San Antón, al NE. de Almonacid de Zorita, y para mayor claridad representamos en la figura siguiente un corte esquemático sensiblemente E-O, dado unos 500 metros al norte de la mencionada Ermita.



En ninguno de los diferentes itinerarios que hemos realizado por la Sierra de Altomira, hemos encontrado en este Cretáceo macrofósiles, pero según nuestro Laboratorio de Micropaleontología todas las muestras estudiadas pertenecen por asociación de fauna y facies al Cretáceo superior, y muy posiblemente al Cenomanense. Como en la formación superior inmediata, según veremos a continuación, aparecen ya restos orgánicos probablemente del Senonense, y como no existe entre ambos pisos discordancia, atribuimos a las calizas de la Sierra de Altomira la edad Cenomanense-Turonense.

Senonense-Eoceno

Marginando la Sierra de Altomira, tanto en su parte oriental como a lo largo de la occidental, se encuentra una banda formada principalmente de yesos y con estrechas intercalaciones calizas, que yace en concordancia con los estratos calizos del Cretáceo descrito en el apartado anterior. Esta formación, junto con el Eoceno-Oligoceno, había sido clasificada hasta ahora como un conjunto paleógeno.

La serie se aprecia con mayor claridad a Levante de Altomira, pues al Oeste, las formaciones modernas recubren con frecuencia esta formación.

La sucesión estratigráfica es de abajo a arriba, como sigue:

1. *Margas y margo-calizas.*

Salmón, violáceas y blanquecinas, a veces arenosas; es un nivel poco potente.

Características microscópicas: matriz de grano finísimo, llena de oquedades irregulares finas. Hay algunos restos que parecen Lamelibranquios y Miliólidos.

2. *Calizas oquerosas.*

Poco potentes y de aspecto brechoide.

3. *Alternancia de yesos con bancos estrechos de calizas.*

Existe una manifiesta preponderancia de los yesos sobre las calizas, y este tramo tiene en conjunto unos 200 metros de potencia. Los yesos son en general blancos, aunque hay también niveles pardos y rosados. Son varios los bancos de calizas, de no más de 50 centímetros de potencia, que se intercalan en estos yesos y sus características también diferentes; los hay de colores gris claro, oscuro, pardas, arenosas, algo dolomíticas, fétidas, etcétera. Se han estudiado cinco muestras al microscopio, habiéndose encontrado los siguientes restos orgánicos: Casterópodos, Ostrácodos, Lamelibranquios, Miliólidos, Valvulinidos, Ophthalmídeos y Acicularia. Nuestros Laboratorios de Micropaleontología atribuyen a esta formación una edad nonense.

Algunos niveles contienen macrofauna: aproximadamente un kilómetro al Sur de Bolarque, hemos encontrado una serie de fósiles entre los que la Sección de Micropaleontología ha clasificado los siguientes:

Asteroseris cf. coronula, From.	} Cretáceo superior.
Cardita sp.	
Astarte sp.	
Cardium subdinnense ?, d'Orb.	
Nucula sp.	
Turritella uchauxiana ?, d'Orb. Turonense?	

Como la clasificación de la *Turritella uchauxiana* es algo dudosa, pudiendo tratarse de alguna especie afín correspondiente al Senonense, preferimos atribuir este tramo al Senonense, aunque es preciso reconocer que podría abarcar todavía algo del Turonense.

El límite superior de estos yesos tampoco lo podemos fijar con exactitud en nuestra área, por no haber encontrado fauna determinativa; los fósiles de agua dulce que hemos recogido al norte de Savatón, en los estrechos bancos calizos intercalados en la serie plegada margo-detritica que atribuimos al Eoceno-Oligoceno, son: *Limnea*, *Bithynia*, *Hydrobia*, *Pla-*

norbis, etc., sin valor clasificativo. Podrían pertenecer, no obstante, al Sannoisiense, como veremos más adelante. De ser esto cierto, este tramo yesífero estaría encuadrado entre el Oligoceno inferior y el Cenomanense-Turonense.

Por otra parte, a Levante de la Sierra de Altomira, a unos 1.200 metros del kilómetro 38 de la carretera de Jabalera a Buendía, hemos encontrado en las calizas interstratificadas en los yesos una fauna continental compuesta principalmente por *Hydrobia*, *Bythinia*, *Corbiculas*, que aunque no determinativa, nos define al menos una edad terciaria. Dado que en esta serie no se aprecian discordancias importantes, signo evidente de una probable sedimentación continua a lo largo del tiempo, nos vemos obligados a admitir la presencia del Eoceno o por lo menos parte de él, en este paquete de yesos y finos bancos calizos intercalados.

Esta formación yesosa tendría la misma posición y podría ser el mismo nivel que los que aparecen descritos en las Hojas de Valdepeñas de la Sierra y la de Jadraque (en publicación), y ser equivalente a los yesos que cita S. de la Concha en NOTAS Y COMUNICACIONES del I. G. M. (núm. 67, año 1962).

Por otra parte, en la Hoja de Torrelaguna, en el borde de la Cordillera Central, reconocen sus autores la existencia de yesos concordantes con las calizas cretáceas, cosa que ya observó Royo Gómez (1920). Por consiguiente, parece ser que este nivel de yesos concordantes con las calizas cretáceas aparece en zonas bastante extensas de los bordes de la cuenca terciaria del Tajo.

Finalmente, según todo lo expuesto se deduce que en nuestra área, a partir del Cretáceo superior alto, la sedimentación cambia de signo de una manera definitiva; se hace salobre al principio, para llegar a ser más adelante francamente continental.

Eoceno-Oligoceno

Sobre los niveles anteriores yace una potente formación margo-arenosa eminentemente continental plegada, sincrónicamente y concordante, con los niveles del Senonense-Eoceno.

La serie comienza por un nivel de conglomerados de muy poco espesor, que sólo hemos podido reconocer al Este de Altomira, pues a Poniente los depósitos recientes enmascaran frecuentemente el contacto de esta formación con la anterior. Los cantos de los conglomerados están bien rodados y son principalmente calizos, aunque los hay también de cuarcita. El tamaño de los elementos de este conglomerado es variable, y en general menor a los 15 centímetros; presentan a veces intercalaciones de areniscas bastas blanco-amarillentas. Se desarrolla después una potente y monó-

tona serie en la que alternan bancos de areniscas con tramos margosos y alguna intercalación de yesos y finos bancos de calizas generalmente margosas. Este conjunto Eoceno-Oligoceno tiene un color rosa ladrillo típico, y su potencia debe ser superior a los 800 metros.

Las areniscas son de grano silíceo y rodado; se descomponen con facilidad, dando lugar a tierras arenosas. En superficie toman por meteorización un color gris oscuro sucio, pero en fractura son amarillo-rubiáceas o blanquecinas; a veces se presentan intercalaciones más detríticas llegando incluso a formar finos conglomerados de cantos pequeños y rodados. Estos niveles de areniscas suelen tener una potencia que no sobrepasa los 10 metros y en ellos la estratificación cruzada es un fenómeno frecuente. Las areniscas aparecen al microscopio compuestas por una matriz caliza con gran cantidad de cuarzo y muchos fragmentos margosos y calizos, conteniendo a veces algunos tubos margosos de revestimientos vegetales, sin más restos clasificables.

Los niveles margosos que alternan con las areniscas son de color pardo amarillento, grises y principalmente rojizos; su composición varía desde la muy arcillosa hasta la francamente arenosa. Intercalados entre las margas se presentan esporádicamente finos niveles de yesos y estrechos bancos de calizas o calizas margosas. Estos lechos calizos son los únicos sedimentos que nos han proporcionado algunos fósiles, pero desgraciadamente se trata de una fauna poco determinativa. Así, por ejemplo, en el camino del Horcajo, entre los arroyos de la Majada y de la Fuente Nueva, al Noroeste de Sayatón, dentro de la alternancia plegada de margas y areniscas, hemos encontrado unos lechos finos de calizas margosas blancas y grises que contienen *Planorbis*, *Bythinia*, *Hydrobia*, *Glandina* y *Limnea*; no se ha podido determinar con exactitud su edad, pero es muy verosímil que este nivel fosilífero sea equivalente al encontrado por S. de la Concha, en la Hoja de Jadraque (NOTAS Y COMUNICACIONES del I. G. M.: núm. 67, año 1962), y que fue clasificado como Sannoisiense.

Por otra parte, dada la existencia de capas ludienses en Huermeceas (Norte de Guadalajara), puestas de relive y estudiadas por Crusafont, Meléndez y Truyols (1960), es muy probable que en nuestra área la parte inferior de la serie plegada margo-detrítica pertenezca también al Ludiense, si, como suponemos, aquellas capas son equivalentes a las que ahora nos referimos.

Ya que los niveles de estrechos bancos calizos parecen contener restos orgánicos, hemos recogido varias muestras para efectuar su examen microscópico y tratar así de fijar con exactitud la edad de la formación. Las características microscópicas de las diferentes muestras son las siguientes:

1. Kilómetro 5,500 de la carretera comarcal de Pastrana a Sigüenza por Fuentes: matriz margosa finamente detrítica con frecuentes restos muy fi-

nos de Ostrácodos de agua dulce, oogonios de Charáceas y talos de Charáceas y otras algas.

2. Kilómetro 2,200 de la misma carretera. Aquí se tomaron dos muestras:

a) Matriz margosa muy detrítica con cuarzo, fragmentos de rocas calizas y algunos restos, entre ellos Ostrácodos y calcificaciones de origen vegetal.

b) Matriz margosa también detrítica, pero mucho más fina que la anterior. Hay algunos restos margosos en forma de tubos y algunas esquirlas que parecen de Ostrácodos.

3. Kilómetro 82,500 de la carretera de Tarancón a Guadalajara: matriz calizo-margosa, llena de restos especialmente talos y oogonios de Charáceas, junto con Ostrácodos, calcificaciones de Algas y pequeños Gasterópodos.

4. En el camino del Horcajo, entre los arroyos de la Majada y de la Fuente Nueva (con macrofauna): matriz caliza con calcificaciones de algas Clorofíceas, Charáceas, Cianofíceas (Melosiras), Ostrácodos y Gasterópodos.

Nuestro Laboratorio de Micropaleontología no ha podido determinar dentro del Terciario la edad de estas muestras, atribuyéndolas al Oligoceno o Mioceno.

Dada la posición de este tramo margoso-arenoso con respecto al Senonense-Eoceno, y teniendo en cuenta las consideraciones paleontológicas expuestas, hemos fijado la edad de esta formación como eocena-oligocena hasta que nuevos hallazgos paleontológicos permitan datarla con mayor exactitud.

El Eoceno-Oligoceno aparece en esta región a ambos lados de la Sierra de Altomira, sobre los niveles senonenses-eocenos; al Oeste de la Cordillera forma un amplio anticlinal cuyo eje tiene una dirección general N-S., aunque muestra una ligera concavidad hacia Levante. Se trata de una estructura perfectamente desarrollada que la carretera comarcal de Pastrana a Sigüenza por Cifuentes corta entre los kilómetros 1, 5 y 6; como el pueblo de Savatón se encuentra en pleno flanco oriental de este anticlinal, hemos dado a esta estructura dicho nombre para mayor claridad en la exposición de este informe.

A medida que nos alejamos hacia Poniente, a partir del eje de dicho anticlinal, los estratos van perdiendo inclinación y por suaves y sucesivas discordancias llegan a ponerse subhorizontales, disposición que tiene ya todos los sedimentos superiores; en este paso de estratos inclinados a horizontales establecemos el comienzo de la sedimentación miocena.

Burdigaliense-Pontiense

Durante el Mioceno sigue la sedimentación en régimen continental o lacustre, y los estratos se encuentran ya horizontales. Como acabamos de indi-

car, el criterio que hemos seguido para establecer la base de esta formación es la horizontalidad de las capas, y por lo tanto puramente tectónico, pues la facies del Oligoceno se continúa sin variación alguna en la parte baja de la serie que atribuimos al Mioceno; es fácil darse cuenta de lo que denominamos Oligoceno plegado podría ser ya Mioceno, o por el contrario, quizá más probable que los niveles más inferiores de la sedimentación horizontal podrían ser aún oligocenos; al carecer de argumentos paleontológicos preferimos establecer la separación Oligoceno-Mioceno allí en donde comienzan los estratos a encontrarse en posición horizontal, o más exactamente subhorizontal, pues los sedimentos miocenos de esta zona tienen una inclinación de unos 3° ó 4° hacia el SO.

El tránsito Oligoceno-Mioceno no se efectúa siempre por medio de una serie de suaves discordancias progresivas, sino que a veces yacen ambos pisos francamente discordantes; en este caso los estratos miocenos que se ponen en contacto con el Oligoceno o sistemas más antiguos, son tramos superiores a los de la base del sistema, llegando incluso a reposar las calizas superiores directamente sobre el Cretáceo.

La serie miocena en nuestra zona la podemos encuadrar desde el punto de vista litológico en tres paquetes de características diferentes: el inferior, compuesto de una alternancia de margas y areniscas con algunos bancos estrechos de yesos interestratificados y que en conjunto tienen una coloración naranja típica; el intermedio, un tramo de margas yesíferas y yesos, de color blancuzco, y el superior, constituido por un paquete típico de calizas.

1. *Margas y areniscas.*

En esencia es la misma facies margo-detrítica que hemos descrito en el Oligoceno-Eoceno, y por tanto todo lo dicho en aquella ocasión sirve para el caso presente, por lo que no repetiremos su descripción. Añadiremos, sin embargo, que los estratos yacen ahora siempre horizontales, que abundan algo más los niveles de yesos interestratificados, y que no hemos visto aquí ninguna intercalación caliza. La potencia de este tramo puede evaluarse en unos 80 a 100 metros. Las características microscópicas son análogas, aunque ahora, en los tramos arenosos, parecen abundar más los restos de algas, principalmente talos y oogonios de Charáceas.

2. *Yesos y margas yesíferas.*

Es un paquete de unos 100 metros de espesor que descansa en perfecta concordancia y horizontalmente sobre las margas y areniscas anteriores. En el terreno queda muy bien marcado, pues se trata de un nivel que, en

conjunto, presenta un color blanquecino, destacando sobre el rosa-salmón del infrayacente inmediato.

Existe un marcado predominio de los yesos sobre las margas, por lo que da lugar a terrenos áridos e improductivos en los que a veces puede observarse con gran nitidez una estructura poligonal.

En la parte alta de este conjunto, muy cerca ya del contacto con las calizas superiores, las margas se hacen finas y arcillosas, encontrándose en ellas algunas variedades de sílice, como calcedonia, sílex, ópalo, etc.

3. Calizas.

Corona la serie miocena un tramo de calizas muy frecuente en todo el Mioceno de Castilla la Nueva, y que forma a veces superficies de considerable extensión.

Son calizas blancas y a veces rosadas, algo magnesianas y en general duras y compactas; existen finas intercalaciones de margas que marcan la estratificación. La meteorización de esta roca produce unas tierras arcillosas de color rojizo característico. Son evidentemente pontienses, pues los restos orgánicos que contienen así lo manifiestan. Se trata de una fauna de gasterópodos de agua dulce como *Planorbis*, *Limneas*, etc., cuyos yacimientos, fuera y dentro de la zona investigada, han sido descritos por numerosos autores.

Las características microscópicas de una muestra tomada en las inmediaciones del vértice Quemados, son las siguientes: matriz calizo-margosa, llena de restos: talos y oogonios de Charáceas, *Melosiras* y otras algas, Ostrácodos y trozos de Gasterópodos.

Estas calizas yacen, como todos los tramos infrayacentes que atribuimos al Mioceno, horizontales, con una ligera inclinación característica de la zona de unos 3° al SO. El contacto con los yesos y margas yesíferas inferiores se encuentra en la parte más oriental (Vértice Quemados) hacia la cota 940 metros, y en la zona más al Oeste (Vértice Útrera) hacia los 850 metros, y como entre estos dos puntos existe una distancia horizontal de unos 2,5 kilómetros, tenemos:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{90}{2.500} = 0,036$$

resultando para α la inclinación regional de unos 2° ó 3°, valor que por otra parte ha sido comprobado en el campo.

En Pastrana se encuentran anormalmente bajas, si se las compara con el resto, y la causa parece obedecer, como explicaremos en el capítulo de Tectónica, a fenómenos de disolución de los yesos y a reacciones tardías de fallas en profundidad.

Dentro de las formaciones atribuidas al Mioceno, sólo hemos encontrado fósiles en el paquete de calizas, siendo por lo tanto muy difícil la determinación de edades. Para tratar de aclarar este problema es preciso referirnos a los estudios que se han hecho en el marco regional.

El Mioceno que hemos descrito es bastante característico en grandes áreas de las cuencas terciarias del Duero, Ebro y alto Tajo.

Querer asignar una edad definida a cada uno de los tramos, es decir, querer hacer coincidir las facies litológicas con pisos determinados de la serie estratigráfica, parecería, a simple vista, muy simplista: hoy día, con el hallazgo, en otros lugares de estas cuencas, de fósiles mamíferos de indudable valor clasificativo, se tiene la evidencia de la inexactitud de esta hipótesis.

Por otra parte, Royo Gómez ya en 1929, siguiendo esta misma línea de ideas, incluyó parte del tramo intermedio de los yesos en el Pontiense, al descubrir en él los fósiles del Portillo.

Por consiguiente, vemos que las tres facies litológicas descritas no coinciden con edades determinadas, sino que se deben extender de una manera no precisa a lo largo de un conjunto de pisos del Mioceno.

Basándonos en los mamíferos fósiles encontrados en la cuenca del alto Tajo, vamos a intentar encuadrar a este Mioceno en el transcurso del tiempo, y para ello seguiremos la opinión emitida por M. Crusafont y J. Truols Santonja (1960).

En la cuenca del Tajo se han encontrado mamíferos pertenecientes al tránsito Burdigaliense-Vindoboniense en los yacimientos inferiores del Manzanares y en la Hidroeléctrica de Madrid, en Alcalá de Henares (Cerro del Viso).

Al Vindoboniense inferior y medio deben pertenecer los yacimientos de la parte alta del Manzanares (S. Isidro, etc.), de Puente de Vallecas y de Paracuellos: al Pontiense inferior los de Chiloeches y al superior los de Cendejas de la Torre y Matillas, en la Alcarria.

Se han encontrado, pues, en la cuenca terciaria del alto Tajo, donde la zona estudiada está situada, fósiles que nos determinan la existencia de formaciones que van por lo menos, del Burdigaliense superior al Pontiense.

Dado que para nosotros en este período del Terciario hay sedimentación continua en el área investigada, las formaciones a que nos referimos se deben haber depositado, por lo menos, en el período comprendido desde el Burdigaliense al Pontiense. Decimos por lo menos, puesto que no tenemos evidencia de que no sea más antigua la parte baja del tramo inferior, dado que, por una parte, los fósiles miocenos más bajos encontrados pertenecen al Burdigaliense superior y por otra, la fauna oligocena más alta hallada, al Sanoisiense.

De todas maneras, pensamos que encuadrar al Mioceno de nuestra zona entre el Burdigaliense-Pontiense es lógico, de acuerdo con los conocimientos que en la actualidad se poseen y así lo hacemos a reserva de que

nalazgos posteriores indicasen la necesidad de envejecer algo la edad del tramo inferior.

Cuaternario

1. *Terrazas.*

Con frecuencia y en las proximidades del río Tajo encontramos en la región tres terrazas definidas, además del propio aluvial del río, que en cierto modo puede considerarse como una cuarta terraza.

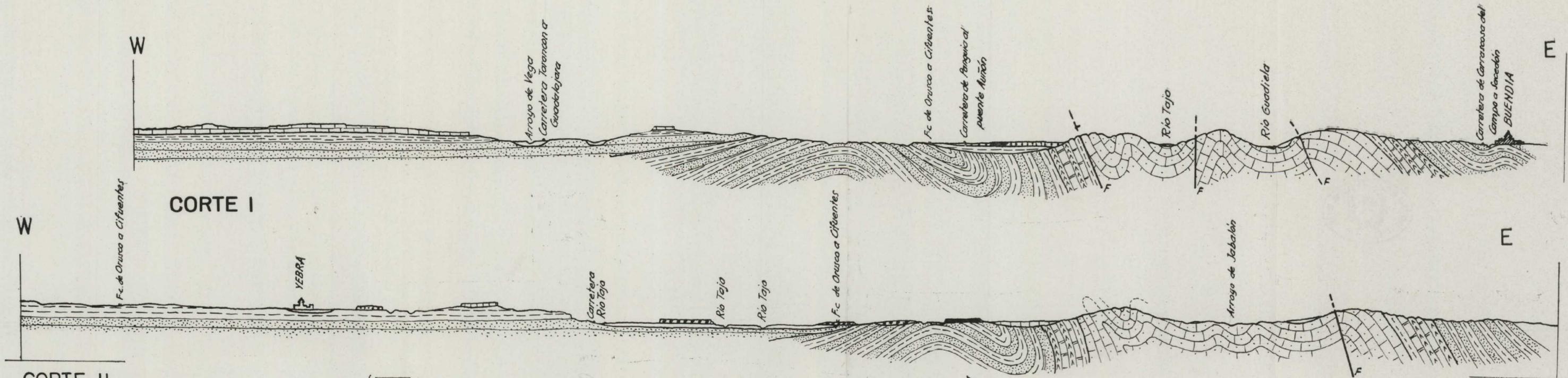
Son formaciones conglomeráticas con cantos bien rodados y en general de tamaño igual o mayor al del puño. Abundan los cantos de cuarcitas, cuyo origen es difícil definir, pero que parecen proceder del núcleo paleozoico que asoma en la Sierra de Albarracín.

Es muy frecuente aplicar erróneamente la palabra terraza, y por ello recordamos que este vocablo designa una forma topográfica, y se refiere, por lo tanto, exclusivamente a la superficie plana del relleno, no debiéndose aplicar a la masa entera de los aluviones. En nuestros planos geológicos no hemos marcado realmente las terrazas, sino que el contacto de estos depósitos cuaternarios lo hemos iniciado allí en donde encontramos ya masas de cierta importancia de cantos rodados, aún en aquellos casos en los que, por erosión, no se ven en la actualidad en la superficie plana de la terraza. Por esta razón hemos tenido especial cuidado de indicar en las leyendas de los planos la expresión «formaciones de terrazas», no terrazas aisladamente que podría dar lugar a confusiones.

Las cotas de las superficies planas son para las 1.^a, 2.^a y 3.^a terraza, de unos 605 metros, 620 a 630 metros y 660 a 670 metros respectivamente.

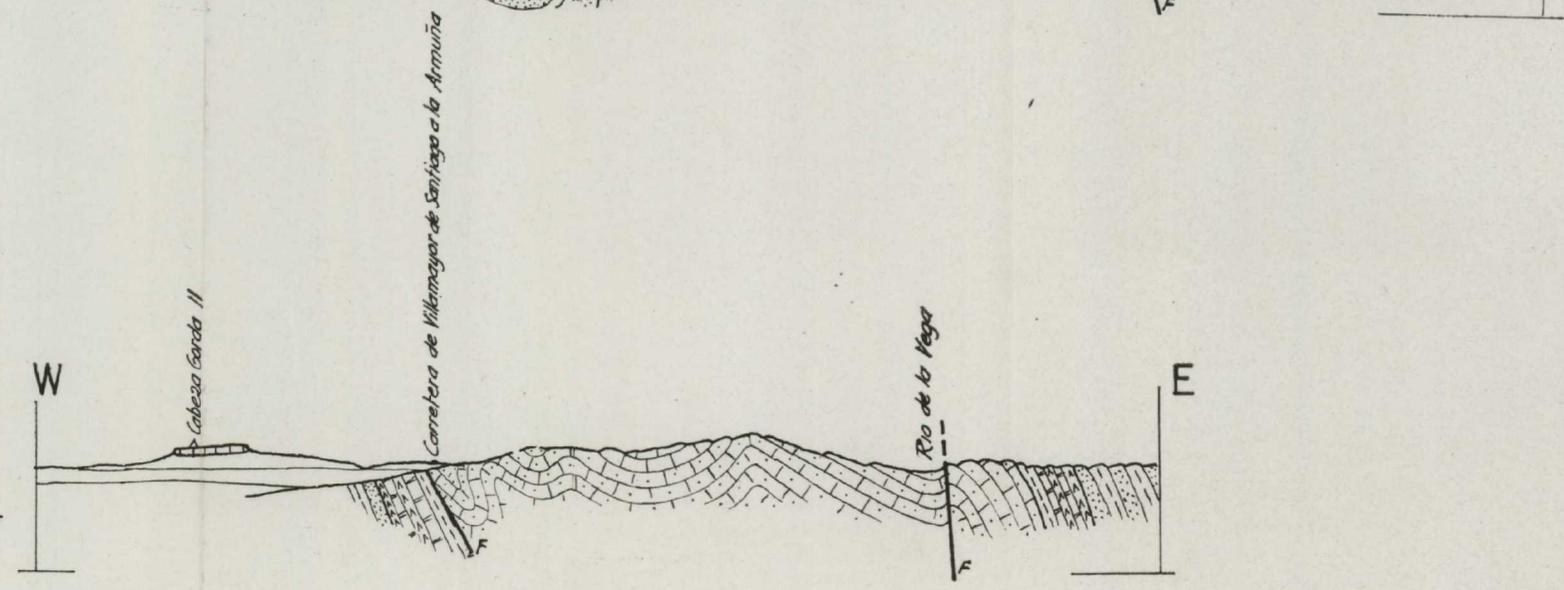
2. *Calizas travertínicas.*

La principal manifestación de esta roca la encontramos en una franja que partiendo de Almonacid se dirige a Zorita; se trata de un clásico travertino formado casi exclusivamente por calcificaciones de restos vegetales; en la base se presenta un nivel conglomerático de unos dos metros de potencia. La formación de este depósito travertínico, en nuestra opinión, se debe a caudalosos manantiales antiguos de la Sierra de Altomira, que, al tener entonces un nivel hidráulico subterráneo de cota superior al actual, producían un acusado drenaje de la sierra por esta zona. El agua al circular por las calizas cretáceas, se cargó de bicarbonato cálcico y al salir a la superficie por los supuestos manantiales precipitaría el carbonato cálcico por dos causas: 1.^o, por la elevación de la temperatura y 2.^o, por la actividad



CORTE II

- | | | |
|------------------------------|--|--|
| CUATERNARIO..... | | Aluvial. Cantos rodados, arenas, limos |
| | | Diluvial. Cantos, arcillas y margas |
| | | Calizas travertínicas |
| | | Conglomerados de la 2ª terraza |
| | | Conglomerados de la 3ª terraza |
| BURDIGALIENSE-PONTIENSE..... | | Calizas |
| | | Yesos y margas yesíferas |
| | | Margas areniscas y yesos |
| | | Indiferenciado |
| EOCENO-OLIGOCENO..... | | Margas, areniscas y yesos |
| SENONENSE-EOCENO..... | | Yesos con finas intercalaciones de calizas (en la base estrecho nivel de margas y calizas oquerosas) |
| CENOMANENSE-TURONENSE..... | | Calizas con finos niveles margosos y arenosos |



CORTE III

de las plantas que por sustracción del CO_2 producen la mencionada precipitación del carbonato cálcico recubriendo los tallos y las hojas vegetales, siendo esta la causa de la porosidad de la masa travertínica.

En ocasiones (Noroeste de Zorita) este travertino se presenta en forma de calizas francas y compactas gris oscuro, con una fauna de *Hydrobias*, *Bithynis*, etc., muy semejante a la Ponticense.

Otros depósitos travertínicos de menor importancia (Yebra, Pastrana, etcétera), son debidos a las aguas procedentes de las calizas pontienses.

3. *Diluvial. Aluvial.*

El primero de ellos se compone de depósitos principalmente arcillosos que engloban algunos cantos y que forman en ocasiones extensas llanadas. Los aluviales son rellenos constituídos principalmente por arenas y gravas, pudiendo estas últimas presentar algún lentejón más compacto de conglomerados.

T E C T Ó N I C A

La Sierra de Altomira es la manifestación más occidental de las Cadenas Ibéricas. Inmediatamente al W. comienzan los sedimentos continentales de la cuenca del Tajo. De ahí que consideremos interesante esta zona, pues en ella se puede comprobar la influencia preponderante que la proximidad del zócalo rígido de la meseta ha tenido sobre el aire tectónico de las formaciones plegadas. Estas están formadas por los sedimentos cretáceos de la Sierra de Altomira y los paleógenos que, por ambos lados, la marginan. Hacia el W. encontramos al Mioceno, sensiblemente horizontal, recubriendo las formaciones plegadas.

La Sierra de Altomira emerge de entre la cobertera plegada paleógena y está constituida por una serie de alineaciones de rumbo sensiblemente N-S., que en la parte superior de la zona giran un poco hacia el NE.

En un corte de E. a W., se pueden reconocer una serie de anticlinales y sinclinales, con marcado carácter anticlinario, que a medida que marchamos hacia el W., se hacen más agudas. En el borde occidental las estructuras se vuelcan, con clara vergencia Oeste. Desde Albalate de Zorita hacia el Norte, la Sierra termina en un anticlinal volcado que en zonas llega a acostarse y que en otras, como ocurre en los alrededores de Bolarque, acaba en falla. Hacia el Sur del pueblo citado, las estructuras cretáceas se ocultan bajo el Mioceno transgresivo.

Los cortes que acompañan a este trabajo muestran el aire tectónico de la zona.

La Sierra de Altomira, como ya hemos dicho, emerge de entre los sedi-

mentos plegados del Paleógeno. En el borde oriental se puede ver a éstos encima de los estratos cretáceos de la sierra y en concordancia con ellos, por lo menos aparente. En el Oeste la relación entre ambos queda oculta por un Plio-Cuaternario. Entre esta formación y el Mioceno que más adelante la recubre, aparece una faja alargada, sensiblemente paralela a la sierra, constituida por formaciones también plegadas cuya edad discutimos en su apartado correspondiente.

Estas formaciones forman un amplio anticlinal cuyo eje, de dirección anticlinal aproximada a la de la sierra, pasa alrededor de un kilómetro a Poniente de Sayatón, pueblo que se encuentra sobre capas que buzán de 40° a 50° al Este; un poco más a Saliente, el flanco oriental de la estructura queda tapado por las terrazas del río Tajo.

En cambio, se puede ver, con bastante claridad, la disposición de los estratos en la otra rama.

Aquí, las capas que comienzan buzando fuertemente, llegan, por medio de discordancias angulares sucesivas, a sumergirse suavemente debajo del Mioceno subhorizontal. Estas discordancias angulares no son difíciles de reconocer en nuestra zona. Abundan los ejemplos de ellas. Uno muy instructivo lo encontramos en la Fuente Nueva, unos 500 metros al NO. del pueblo de Sayatón, en donde la discordancia angular es de unos 10°.

El hecho que ambas formaciones, el Mioceno subhorizontal y el Terciario plegado, tengan muy parecidas facies, hace que sea, en ocasiones, difícil y un tanto artificiosa la separación.

Esto que acabamos de decir es válido cuando el Mioceno reposa sobre los estratos más altos del Paleógeno plegado, pero cuando el Neógeno avanza transgresivamente sobre estratos más bajos o sobre el Cretáceo de la Sierra de Altomira, las discordancias angulares son claras e importantes.

Finalmente, nos referimos a la tectónica del Neógeno. En nuestra área no han existido movimientos tangenciales postmiocénicos que hayan plegado los estratos. Solamente se observa en las formaciones miocenas un ligero buzamiento regional, de 2° a 3° SW.; esta inclinación ha podido muy bien originarse en la misma fase de deposición (deposition dip) o por ese abovedamiento póstumo al que hace mención Richter y Teichmüller (según extracto de Ríos, 1944).

Ahora bien, los sedimentos terciarios de la cuenca del Tajo han sido influidos por los desplazamientos verticales que ha sufrido el zócalo rígido del basamento (ver Alía Medina, 1960). Estos desplazamientos se han manifestado en la cobertera, o bien por fallas que afectan incluso a los estratos terciarios superiores, o más generalmente por flexuras que dan a las capas inclinaciones, en algunos sitios, de importancia.

Para nosotros, esta es la explicación, junto con la transformación y disolución de las rocas sulfatadas que tanto abundan en la cuenca terciaria,

de esos buzamientos locales que se observan en el Mioceno. Asimismo, los movimientos del basamento explican bien el hecho de encontrarse estratos del Mioceno, por ejemplo las calizas pontienses, a distintas cotas en parajes muy cercanos.

Una muestra de ello la tenemos dentro del área estudiada por nosotros. En Pastrana y Yebra las calizas se encuentran a una cota sensiblemente inferior a las que corresponderían por aquella zona. La presencia de una fractura en profundidad, traducida en superficie por una flexura de los estratos pontienses podría explicar, a nuestro juicio, esta anomalía. Esta hipótesis la confirmaría la existencia de seísmos en la zona de Pastrana en los días 22 de diciembre de 1921 y 3 de julio de 1922.

Los seísmos fueron estudiados por Rey Pastor (1925), y en su informe sitúa el eje epicentral de dirección N-NE., pasando por los alrededores, precisamente, del pueblo de Pastrana.

Vamos ahora a tratar de la edad de los plegamientos, cuestión difícil de precisar debido al hecho de que el Terciario continental contiene muy pocos fósiles, lo que impide datar con exactitud la edad de sus diferentes estratos.

De todas maneras intentaremos, de acuerdo con las observaciones hechas, resumir en grandes líneas la historia tectónica de nuestra área.

Al final del Cretácico superior la sedimentación cambia de signo: se hace cada vez más nerítica, para pasar finalmente a salobre con deposición de potentes masas de yesos. Todo eso nos indica que los movimientos que luego van a plegar la zona comienzan ya a iniciarse, traduciéndose en un levantamiento gradual de ella.

Al mismo tiempo el macizo castellano que existe al W. y que durante el Secundario ha funcionado como zona alta, comienza a hundirse, hundimiento que proseguiría ya durante el Terciario y cuyas últimas consecuencias son esos movimientos verticales del basamento, traducidos en accidentes de los sedimentos miocenos de la cobertera, a los que ya nos hemos referido.

Durante una parte del Eoceno continúa el suave movimiento ascendente, iniciando el modelado de las futuras estructuras. Al final de esta época y durante todo el Oligoceno se producen los empujes principales que plegaron la zona. Son empujes continuados en el tiempo. A nuestro juicio, es evidente que un encasillamiento rígido de éstos, en las fases de Stille, es imposible. Los plegamientos no se pueden situar en un periodo determinado sino que han ocurrido de una manera continua, aunque con épocas en que la actividad orogénica adquiriría especial relieve. Han debido ser como pulsaciones principales, de un empuje continuado.

Dentro de este ciclo orogénico observamos que cuando los fenómenos diastróficos superan la actividad erosiva, se producen discordancias angulares

claras; en cambio, cuando la sedimentación es importante, da lugar a discordancias progresivas y graduales.

El final de los movimientos no lo podemos fijar al no conocer la edad de los estratos superiores plegados. Pero dado que las formaciones horizontales más bajas parecen pertenecer al Burdigaliense, este piso establecería un límite superior para la edad de los empujes.

En resumen, los empujes que plegaron nuestra área empezaron en una época del Eoceno que no podemos fijar con exactitud, continuaron a lo largo del Oligoceno, para acabar, como máximo, dentro del Burdigaliense, o quizá un poco antes. Desde el final del Cretáceo superior ya se observan movimientos ascendentes que preludian la orogenia posterior.

Respecto a la dirección de los empujes diremos que se han ejercido en dirección E.-W., habiendo encontrado como marco resistente el macizo castellano; esto explica la vergencia W. que presenta el borde de la Sierra de Altomira. La dirección anormal de la Sierra, dentro de las directrices generales ibéricas es, a nuestro juicio, resultado de la adaptación de los sedimentos plegados al contorno del antiguo macizo con sus directrices antiguas preexistentes.

Finalmente, el estilo de las estructuras de la Sierra de Altomira son las propias de formaciones de cobertura, que recuerdan a las del tipo jurásico.

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

2. HIDROLOGIA.

A. Cuencas hidráulicas subterráneas

a) Consideraciones tectónicas.

En todo estudio de aguas subterráneas hay que hacer referencia a dos conceptos: al de cuenca hidrológica y al de cuenca hidráulica subterránea.

La unidad de cuenca hidrológica es un factor fisiográfico y topográfico fácil de aislar. Las cordilleras, montañas y elevaciones nos dividen las áreas en zonas dentro de las cuales el agua caída sobre ella y que no se ha infiltrado sobre el terreno, es drenada por una red fluvial compuesta de una serie de barrancos, arroyos, etc. Esta cuenca hidrológica es alimentada también, en la mayor parte de los casos, por fuentes que son rebosaderos de las cuencas hidráulicas subterráneas que en ella existen.

El agua infiltrada en el terreno va descendiendo merced a la gravedad y a los fenómenos de la capilaridad hasta que, retenida por un nivel más impermeable, estas fuerzas son contrarrestadas por los rozamientos del agua

contra la superficie de las partículas del terreno y por la contrapresión que ejerce el aire contenido en las formaciones.

Una vez detenida el agua, en lo que se llama zona de saturación del acuífero, la acumulación y el movimiento del agua es determinado solamente por factores litológicos, estratigráficos y estructurales, en una palabra, geológicos. De ahí que a la ciencia que trata del agua subterránea se llame hidrogeología. No se puede emprender un estudio serio de hidrología subterránea sin uno previo y profundo de los factores geológicos. Estos factores geológicos, en especial los litológicos y estructurales, son los que determinan y definen la unidad de cuenca hidráulica subterránea.

De lo que llevamos dicho se infiere que dentro de una misma cuenca hidrológica puede existir una o varias cuencas hidráulicas subterráneas, independientes o no entre ellas, y también que una cuenca hidráulica subterránea esté relacionada con varias cuencas hidrológicas.

Las cuencas hidrológicas e hidráulicas subterráneas, en general, mutuamente se interfiere y en cada caso concreto hay que ver las relaciones que existen entre ellas.

En las cuencas subterráneas hay cuatro datos importantes a considerar: Las características hidrogeológicas de los terrenos —permeabilidad y coeficiente de almacenamiento—, el nivel hidráulico subterráneo del acuífero y finalmente su balance hidráulico.

Los dos primeros nos van a dar información sobre la cantidad y el rendimiento que podemos obtener en cada labor realizada en la cuenca; el tercero la dirección y el nivel de las aguas, y el cuarto nos enseña a explotarla de un manera racional, sin temor a degradarla.

No vamos a entrar en detalle de la forma cómo se llega al conocimiento de estos factores, esenciales cuando se quiere alumbrar aguas en una cuenca. En el caso del presente estudio nos va a ser suficiente resolver los distintos problemas planteados de una forma, en general, cuantitativa.

Por consiguiente, en lo que sigue, apoyados en el estudio geológico redactado previamente, vamos a tratar de definir las distintas cuencas hidráulicas subterráneas existentes en nuestra área.

b) Cuencas hidráulicas subterráneas en el área estudiada.

Los factores geológicos —litológicos y estructurales— nos van a definir las sucesivas cuencas que en nuestra área existen. Las iremos estudiando de abajo a arriba, por orden de antigüedad de las formaciones que la contienen.

Cuencas situadas en el Cretáceo.

Los sedimentos cretáceos que afloran en la Sierra de Altomira se extienden por debajo del Terciario continental de nuestra área. Estas formaciones, formadas esencialmente por calizas y arenas, con algunos niveles margosos intercalados entre ellas, son susceptibles de formar diversas cuencas hidráulicas más o menos independientes entre sí, cuya área de alimentación la constituye la Sierra de Altomira.

Estos acuíferos se encontrarán en carga debajo del Terciario y el límite superior de sus niveles piezométricos sería fijado por las cotas de las aguas que tengan los ríos Tajo y Guadiela al atravesar la Sierra, puesto que ellos deben constituir en nuestra zona, el rebosadero natural de estas cuencas.

La mayor parte de las fuentes que existen en los alrededores de los pueblos de Almonacid y Albalate de Zorita están relacionadas, directa o indirectamente, con estas cuencas cretáceas. La mayoría de las fuentes se encuentran en los cuaternarios de los citados pueblos: dichas formaciones recubren por el norte las estructuras de la Sierra que la carretera de Villamayor de Santiago atraviesa a partir del kilómetro 41. Estas estructuras, al tener sus ejes buzando al Norte, alimentan los referidos cuaternarios. Hoy día podemos reconocer, en los alrededores de Albalate, la existencia de un potente travertino, testigo de antiguas y caudalosas fuentes, que drenarían, en el pasado, la Sierra de Altomira. En la actualidad, los sucesivos descensos del nivel de base del río —señalados por la serie de terrazas— han dejado a la formación travertínica en alto, teniendo las actuales fuentes cotas más bajas.

Las cuencas hidráulicas subterráneas cretáceas están recubiertas, fuera de la Sierra de Altomira, por potente sedimentación paleógena y neógena. Son formaciones impermeables, consideradas en grande.

Cuencas hidráulicas paleógenas.

A Poniente de la Sierra de Altomira encontramos una faja alargada, con dirección N-S., de sedimentos paleógenos que se sumerge, en todas direcciones, debajo de formaciones recientes: forman un amplio y único anticlinal cuyo eje pasa un kilómetro al W. de Sayatón. Dentro de esta estructura se reconocen sucesivas discordancias angulares, mediante las cuales sus estratos se meten, buzando con poca inclinación, debajo del Neógeno. Las formaciones paleógenas están formadas, fundamentalmente, por alternancias de margas y areniscas, con alguna estrecha intercalación de yesos. Consideradas en conjunto presentan una baja permeabilidad. Las areniscas son com-

puestas y tienen un transmisividad pequeña. De todas maneras, con respecto a las margas presentan caminos más favorables al paso del agua: esta es la razón de que las pequeñas fuentes, que en el Paleógeno existen, estén generalmente en el contacto de ambos niveles. Asimismo, los estrechos estratos de yesos pueden ser niveles favorables para la circulación, debido a la fácil solubilidad de estas rocas. De todas formas, creemos que el coeficiente de infiltración del Paleógeno debe ser muy pequeño. Si a esto añadimos los cambios laterales de facies de los distintos niveles y la poca extensión de la superficie de alimentación, sacamos la conclusión de que en estos terrenos no deben existir verdaderas cuencas hidráulicas subterráneas.

Lo que llevamos dicho sobre el Paleógeno es válido también para las formaciones neógenas horizontales de la misma facies, que sobre él encontramos.

Cuencas hidráulicas neógenas.

La sedimentación neógena de nuestra área está formada por tres niveles: En la parte inferior hallamos el tramo margo-detrítico al que nos acabamos de referir: encima una potente masa de yesos y de margas yesíferas y coronando la serie, en las partes altas, las típicas calizas de los páramos.

Los únicos niveles acuíferos de cierta importancia que podemos encontrar en el Neógeno están situados en las calizas, debido a que es la única formación con buena permeabilidad. El agua infiltrada en ellas descenderá hasta encontrar el tramo margo-yesoso donde será retenida. La mayor parte de las fuentes que drenan estos acuíferos se encuentran en el contacto de estas dos formaciones, allí donde las calizas ocupan las cotas más bajas. Este es el caso de la mayoría de las fuentes que existen en los alrededores de Pastrana. Algunas veces las aguas infiltradas en las calizas pontienses disuelven los yesos infrayacentes, abriéndose camino en ellos para surgir en puntos algo alejados, y a cotas más bajas, de las calizas. Ejemplo de esto lo tenemos en la fuente del pueblo de Yebra.

Cuencas hidráulicas cuaternarias.

En la zona estudiada la sedimentación acaba con una serie de terrenos de constitución reciente: travertinos aluviales, terrazas, etc. Todas ellas están formadas por terrenos de buenas características hidrogeológicas y que al reposar, en general, sobre formaciones neógenas y paleógenas más impermeables, dan lugar a mantos subálveos drenados por fuentes situadas en los contactos.

Estos subálveos se alimentan, fundamentalmente, de agua caída directa-

mente sobre ellos: mención aparte merece el Cuaternario de los pueblos de Almonacid y Albalate de Zorita. Aquí, las fuentes que en él existen están recargadas, a nuestro juicio, por las cuencas subterráneas cretáceas, y esto explica la constancia y caudal de ellas.

La mayoría de los cuaternarios de esta zona están formados por terrazas situadas a cotas superiores al nivel actual del río: por consiguiente, el drenaje de ellas va a pasar, después de seguir un camino más o menos largo, al propio Tajo.

Situación, caudales, utilización y análisis de los manantiales y pozos existentes en el área estudiada

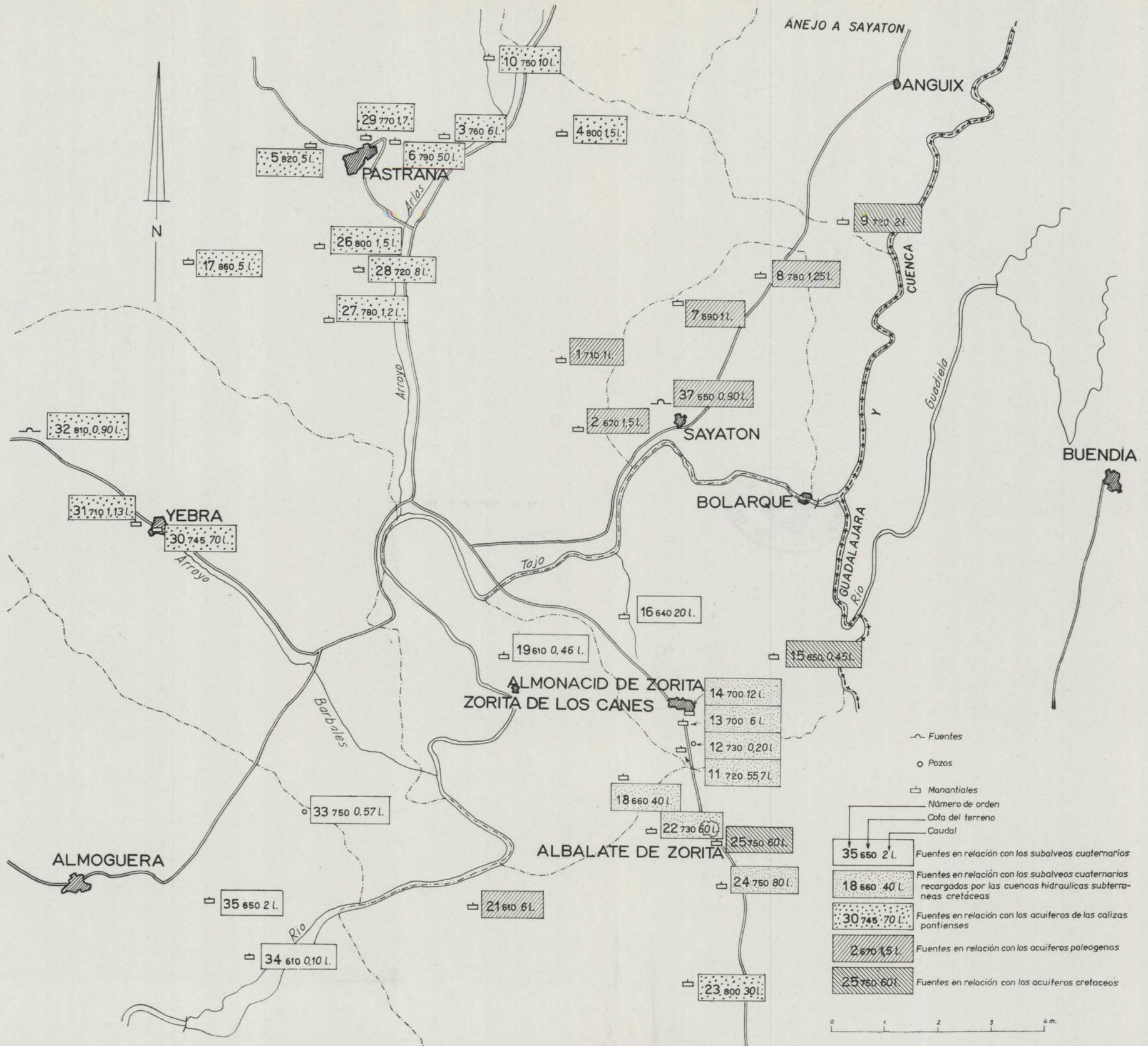
Se han tomado datos de todas las fuentes y pozos situados al Oeste de la Sierra de Altomira. No lo hemos hecho de la parte oriental por estimar que no tenía en ningún caso conexión con el problema sometido a estudio.

Las formaciones obtenidas están reflejadas en un plano que adjuntamos. En el mismo se han ubicado las distintas manifestaciones encontradas, haciendo referencia a la altitud de los niveles de sus aguas, y también es un plano de caudales, en el que hemos reflejado la procedencia de dichas aguas, es decir, sus relaciones con las distintas cuencas hidráulicas subterráneas. Estas relaciones las podemos esquematizar de la manera siguiente: Fuentes que drenan los subválveos cuaternarios, los mantos acuíferos de las calizas pontienses, las formaciones paleógenas (en las que englobamos el tramo inferior margo-detritico), y finalmente las cuencas hidráulicas subterráneas cretáceas.

Los datos tomados se refieren a 34 manantiales y a un pozo. Como se puede ver en el plano correspondiente, las mayores fuentes son las de los cuaternarios de los pueblos de Almonacid y Albalate de Zorita —alimentados por la Sierra de Altomira— y las que drenan los acuíferos de las calizas pontienses.

Las aguas de estas fuentes tienen una temperatura que oscila de los 14,5 a los 16° (los aforos se realizaron en el mes de septiembre de 1962); en cambio, el resto de los manantiales son más calientes, con temperaturas que varían de los 18° a los 14°. Este aumento pensamos es debido al hecho de que los acuíferos de estos últimos son más superficiales, con recorridos subterráneos de las aguas más cortos.

Respecto a la calidad de las aguas, a continuación transcribimos los análisis de 11 fuentes que por su caudal y situación creemos más representativas.



Número muestra	Residuos a 150.° C.	Dureza °	Ca	Cl	Índice expresado en el cloruro sódico g/l.
6	0,3548	14	0,1034	0,0355	0,058
11	0,9142	58	0,1572	0,0281	0,046
16	1,6442	82	0,3150	0,0675	0,111
18	1,4401	60	0,2244	0,0355	0,058
19	0,8601	35	0,1662	0,0282	0,046
21	3,5162	114	0,594	0,1633	0,269
22	1,9402	89	0,3121	0,0355	0,058
23	1,5560	71	0,2268	0,0455	0,073
24	1,0400	65	0,2283	0,0262	0,043
25	1,0812	57	0,2001	0,0355	0,058
30	2,4081	94	0,6060	0,0497	0,081

Los números 6, 26 y 30, provienen de los acuíferos situados en las calizas porales. Solamente la 6 surge directamente de ellas, y eso explica su pequeño contenido en sales y su escasa dureza. Las otras dos, que nacen en los yesos infrayacentes han disuelto SO_4Ca hasta llegar a dar, como la Fuente de Yebra, 2,4081 gr/l. de residuo seco.

Algo parecido sucede con los manantiales de los cuaternarios de Aimonacid y Albalate de Zorita. A pesar de que el agua de estas fuentes proviene fundamentalmente de la sierra, el hecho de que la mayor parte del substratum de estos cuaternarios sean los yesos basales, hace que las aguas también se carguen de sulfatos; se eleva, por consiguiente, de una manera anormal, para su origen, el contenido de sales disueltas.

La fuente número 19, que abastece el pueblo de Zorita de los Canes y cuyas aguas provienen de la terraza que allí existe, no está en contacto con ninguna formación yesosa. Debido a ello su residuo seco es bajo, con una dureza aceptable.

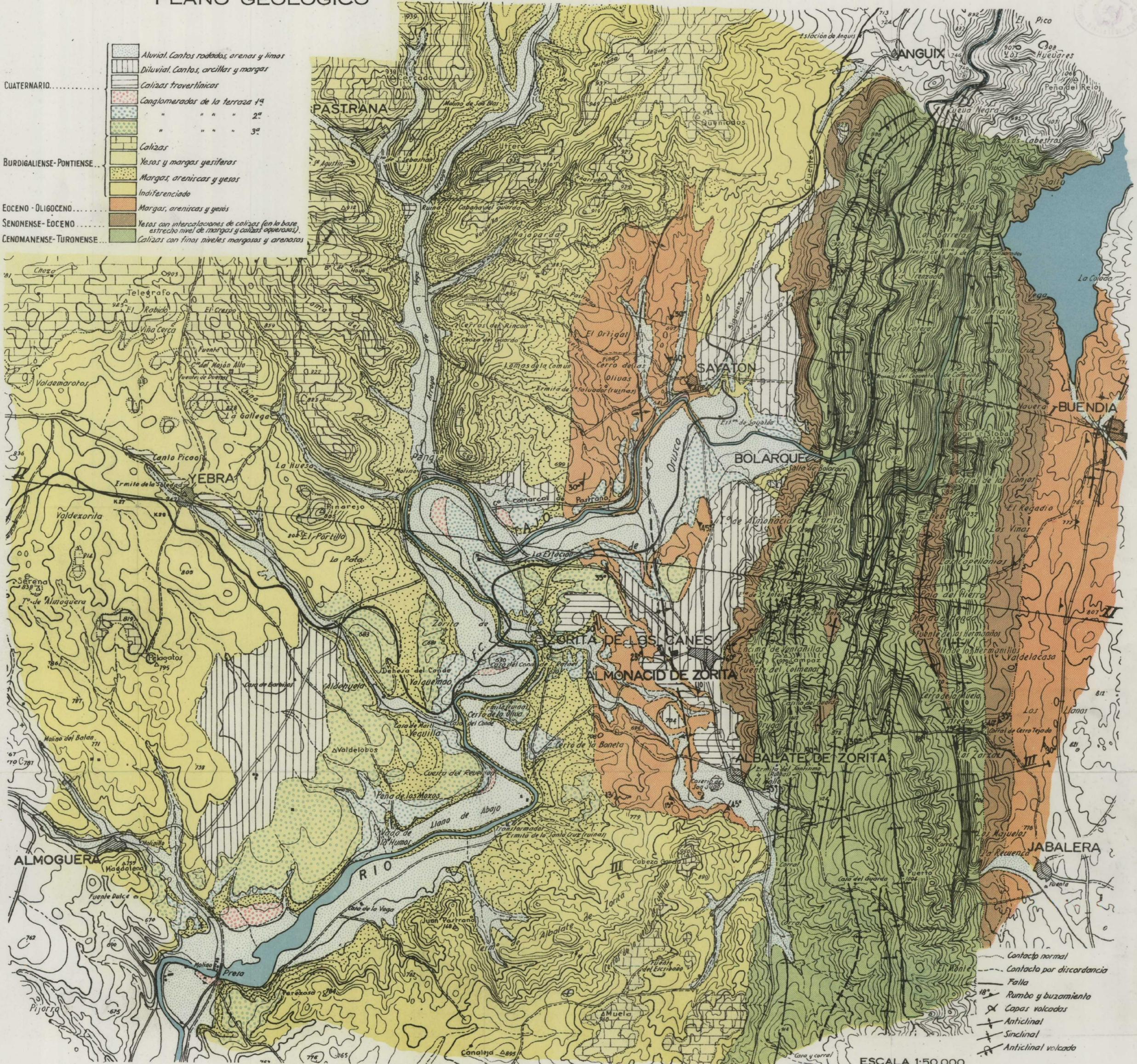
En todos estos análisis observamos un rasgo común a todos ellos: su bajo índice de salinidad (como índice de salinidad perjudicial para el cultivo hemos tomado el cloro expresado en cloruro sódico, en gr/l.). Esto hace que las aguas de esta zona no presenten para las plantas problemas especiales de sodio. En cambio, desde el punto de vista cuantitativo de las sales, algunas como las de Yebra no podrán ser utilizadas sin un conveniente drenaje. A continuación damos una relación de los manantiales, haciendo referencia al paraje en que se hallan situados y a la utilización que se da a sus aguas.

Relación de labores acuíferas existentes.

N.º de referencia	Clase de obra	Término Municipal	Paraje	Uso a que se destina
1	Manantial	Pastrana	Los Gamellanos	Riego
2	«	«	Ert. San Salvador	«
3	«	«	Fuente Leocadia	«
4	«	«	Cañamarejos	«
5	«	«	Virgen del Val	«
6	«	«	La Juan Pedernal	«
7	«	Sayatón	El Redero	Ninguno
8	«	«	Santa Ana	«
9	«	«	Fuente del Espino	Riego
10	«	Pastrana	Valdemorales	«
11	«	Almonacid de Zorita	La Juan Mayor	Abastec. y Riego
12	Pozo	«	« «	Riego
13	Manantial	«	La Fuente Vieja	Abastecimiento
14	«	«	El Destajadero	Riego
15	«	«	Fuente San Antón	Abrevadero
16	«	«	Las Albercas	Riego
17	«	Pastrana	El Cubillo	«
18	«	Zorita de los Canes	Fuente de la Cueva	«
19	«	«	Los Valles	Abastecimiento
20	«	Albalate de Zorita	Arroyo del Campo	Riego
21	«	«	La Dehesa	«
22	«	«	Arroyuelo	«
23	«	«	La mayor	«
24	«	«	La Fuente	Abastec. y Riego
25	«	Pastrana	Valdefuentes de Abajo	Riego
26	«	«	Fuente Martínez	Riego y Abrevadero
27	«	«	Barranco del Andarín	Riego
28	«	«	Barranco del Hocino	Abastecimiento
29	«	Yebra	Fuente Salobre	Riego
30	»	«	Valdelacasa	Abrevadero
31	Galería	«	Las minas	Abastecimiento
32	Pozo	Almoguera	Barranco Valdelobos	Riego
33	Manantial	«	Valdenaharro	«
34	»	«	Montecillo	Riego y Abrevadero
35	Galería	Sayatón	Fuente Nueva	« .

PLANO GEOLOGICO

CUATERNARIO.....	Aluvial. Cantos rodados, arenas y limas
	Diluvial. Cantos, arcillas y margas
	Calizas travertínicas
	Conglomeradas de la terraza 1ª
	" " " " 2ª
	" " " " 3ª
BURDIGALIENSE-PONTIENSE.....	Calizas
	Yesos y margas yesíferas
	Margas, areniscas y yesos
	Indiferenciado
EOCENO - OLILOCENO.....	Margas, areniscas y yesos
SENONENSE-EOCENO.....	Yesos con intercalaciones de calizas (en la base, estrecho nivel de margas y calizas oquerosas)
CENOMANENSE-TURONENSE.....	Calizas con finos niveles margosos y arenosos



- Contacto normal
- Contacto por discordancia
- Falta
- 18° Rumbo y buzamiento
- ⊗ Capas volcadas
- ⊕ Anticinal
- ⊖ Sinclinal
- ⊗ Anticinal volcado

ESCALA 1:50,000

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1917. ROYO GÓMEZ: *Datos para la geología de la submeseta del Tajo*. «Bol. S. Esp. Hist. Nat.», T. XVII.
1920. ROYO GÓMEZ: *La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo*. «Mus. Nac. Cien. Nat.», núm. 27. Madrid.
1925. REY PASTOR, A.: *Informe acerca de los fenómenos sísmicos ocurridos en la región de Pastrana*. «Dirección Gral. Inst. Geográf. Serv. Sismográfico».
1926. ROYO GÓMEZ: *Edad de las formaciones yesíferas del Terciario Ibérico*. «Bol. R. S. Esp. Hist. Nat.», T. XXVI.
1926. ROYO GÓMEZ: *Tectónica del Terciario continental Ibérico*. «Bol. Inst. Geol. Esp.», T. XLVIII.
1928. HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: *Los cinco ríos principales de España*. «Junta para Ampl. Est. e Invest. Cient.», núm. 36. Madrid.
1943. HERNÁNDEZ PACHECO, F.: *Observaciones respecto al Paleógeno continental hispánico*.
1944. RÍOS (J. M.), GARRIDO (J.) y ALMELA (A.): *Reconocimiento geológico de las provincias de Cuenca y Guadalajara*. «Bol. S. Esp. Hist. Nat.», T. XLII.
1944. RICHTER y TEICHMÜLLER: *Reconocimiento de una parte de las provincias de Cuenca y Guadalajara*. «Extracto», por J. M. RÍOS.
- 1944-1950. KINDELÁN (J. A.): *Hojas núm. 584, 585, 591 y 592 del mapa geológico de España*. «Inst. Geol. Min. Esp.».
1954. BENAYAS (J.), PÉREZ MATEOS (J.), ORIOL RIBA: *Nouvelles observations sur la sédimentation continentale du Bassin du Tage*. «Ecl. Geol. Helv.», T. LI, núm. 3.
1959. FÜSTER (J. M.) y FEBREL (T.): *Hoja núm. 509. Torrelaguna*. «Inst. Geol. Min. España».
1960. ALÍA MEDINA (M.): *Sobre la tectónica profunda del Tajo*. «N. y C. Inst. Geol.», número 58.
1960. CRUSAFONT y TRUYOLS: *El Mioceno de las cuencas de Castilla y de la Cordillera Ibérica*. «N. y C. Inst. Geol.», núm. 60.
1960. CRUSAFONT, MELFENDEZ y TRUYOLS: *Yacimiento de vertebrados de Huérmeces del Cerro (Guadalajara)*. «Inst. Geol.», T. XVI.
1962. CRUSAFONT, PAIRÓ, GINSBURG, TRUYOLS: *Mise en évidence du Sannoisien dans le haute valle du Tage*. «Comp. rend, seanc. Acad. Scien.», T. 225.
1962. DE LA CONCHA, S.: *Hoja núm. 485. Valdepeñas de la Sierra*. «Inst. Geol. Esp.».
1962. DE LA CONCHA (S.): *Nuevos yacimientos fosilíferos del Oligoceno lacustre de la provincia de Guadalajara*. «N. y C. Inst. Geol.», núm. 67.
- 1960-1962. ORIOL RIBA (O.) y RÍOS (J. M.): *Sur l'ouest de la Chaîne Ibérique. Livre a la memoire du professeur Fallot*. «Soc. Geol. de France».
1963. DE LA CONCHA (S.): *Hoja de Jadraque* (en publicación). «Inst. Geol. Min. Esp.».

(Alpujarras)

JEAN BOULIN

NUEVOS DATOS SOBRE LA ESTRUCTURA DE LAS ALPUJARRAS OCCIDENTALES (PROVINCIA DE GRANADA ESPAÑA) (*)

RESUMEN

Se superponen en esta parte de las Alpujarras, tres conjuntos distintos. Estos son de abajo a arriba :

- 1) Un conjunto antiguo con material dolomítico y cristalofílico (Sierra Almirajara y sus dependencias orientales, país de Almuñécar).
- 2) Un conjunto triásico con material esencialmente dolomítico (vertiente sur de Lopera y del Muerto, Jaloche).
- 3) Un conjunto antiguo, donde la afinidad litológica con el conjunto inferior es cierta (región del N. de Lopera).

RÉSUMÉ

Dans cette partie des Alpujarrides, trois ensembles distincts sont superposés. Ce sont, de bas en haut :

- 1) Un ensemble ancien à matériel dolomitique et cristalophyllien (Sierra Almirajara et ses dépendances orientales, pays d'Almuñécar).
- 2) Un ensemble triasique à matériel essentiellement dolomitique (versant sud du Lopera et du Muerto, Jaloche).
- 3) Un ensemble ancien, dont la parenté lithologique avec l'ensemble inférieur est certain (région au N. du Lopera).

Al Norte de Almuñécar, la separación de las aguas entre la Vega de Granada y la vertiente mediterránea está asegurada por una cadena continua donde Lopera y el Muerto son las cumbres principales. La nueva carretera de Granada al litoral salta la cresta de los alrededores del Cortijo de los Prados para seguir la vertiente sur, muy escarpada. Se dirige enseguida hacia el mar después de haber rodeado, a algunos kilómetros del puerto, una

(*) Traducción del francés por M.^a Concepción López de Azcona Fraile.—C. R. de la Société Géologique de France; N.º 10, Séance du 17 Décembre 1962, páginas 309-311.

montaña aislada antes de la cadena, el Jaloche, desde donde se domina de varias centenas de metros el país cristalofílico de Almuñécar.

La estructura de Lopera es sencilla: es una capa isocinal de rocas carbonatadas con débil pendiente norte (unos 20°). Las dolomías blancas son el principal constituyente y dan los escarpes de la vertiente sur, curiosamente esculpidos por la erosión. Pasan hacia lo alto a dolomías de color azul oscuro con grano fino, después a calizas de color también oscuro. El espesor del conjunto debe ser de 500 metros. Las dolomías son triásicas: lo sugiere su superposición a las «filitas violáceas» y la presencia de restos de *Megalodon* lo confirma. Estas «filitas» son bien conocidas en la Bética: son los filadidos epimetamórficos de tinte gris, negro o violáceo

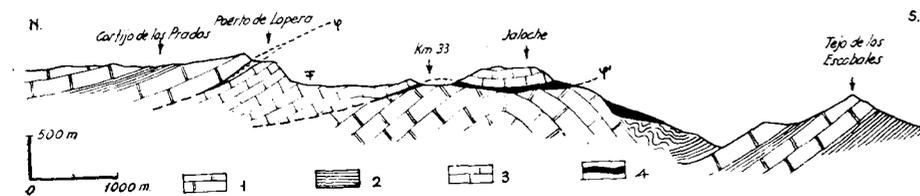


Fig. 1.—Corte de las Alpujarras al N. de Almuñécar. 1: Dolomías antiguas; 2: Esquistos cristalinos asociados a las dolomías; 3: Dolomías triásicas, con *Megalodon*; 4: «Filitas violáceas», triásicas.

que admiten típicamente horizontes yesosos y se ha acordado atribuir al Werfeniense. Su paso en continuidad hacia abajo con los esquistos cristalinos alpujarrados es más admitido y se conoce su paso hacia lo alto en la masa dolomítica alpujarrada. Este paso está aquí muy claro, particularmente en los alrededores del Cortijo de Aguas Blanquillas y alrededor del Jaloche. En cuanto a los restos fósiles, han sido descubiertos por los geólogos de la Misión de Andalucía (1) e identificados por ellos con las formas del Triás de los Alpes de Salzburgo, atribuidos al género *Megalodon*. Es fácil observar un yacimiento en el camino de herradura que, del Cortijo de Aguas Blanquillas, sube a la carretera de Granada.

El Jaloche soporta en su cumbre y en su prolongación una base dolomítica petrográficamente parecida a la capa de Lopera. Esta masa reposa sobre las «filitas» que pueden ser observadas alrededor de la cumbre, a favor de la carretera que coincide con su nivel. En estas filitas, son visibles los signos de intensa milonitización y de alargamiento mecánico. Se encuentran otra vez un poco más al Norte, bajo las dolomías de Lopera, en los alrededores del kilómetro 33 (ver corte) y pueden ser seguidas lateralmente a lo largo del sendero de Aguas Blanquillas.

Al Sur del Jaloche, el país de Almuñécar está caracterizado por la presencia de potentes capas dolomíticas intercaladas en una serie cristalofílica. Por

el Tejo de los Escobales y la región del Rescate, este país pasa a la vertiente norte del anticlinal de la Sierra Almirajara, en la cual él se inscribe. Este anticlinal ha sido el objeto de una nota reciente (2), en la cual el paso lateral de los esquistos cristalinos de Vélez-Málaga y de Almuñécar a las dolomías de las Sierras Tejeda y Almirajara ha sido demostrado y éstos reunidos en un conjunto de edad ante-triásica verdaderamente muy antiguo. Es sobre este conjunto inferior, sobre el que reposan las dolomías y las filitas triásicas de Lopera y de la cumbre del Jaloche, a favor de un contacto en el que han sido notados los signos de milonitización. La dirección de los pliegues que afectan al conjunto inferior es más claramente secante en relación a la de los lechos triásicos (ángulo de unos 50°) que le sobremontan. El contacto de éstos y del condunto antiguo es, por lo tanto, anormal. Es sin duda el resultado de un despegamiento, y las dolomías de la cumbre del Jaloche deben ser consideradas como un retazo aislado por la erosión con anterioridad al conjunto triásico de Lopera (este despegamiento debió ser acompañado de más de un arrasamiento notable).

Al Norte de Lopera se extiende un país vasto y monótono donde la morfología ofrece un brutal contraste con la de la vertiente sur: es una llanura desolada, débilmente esculpida por los ríos y desciende insensiblemente hasta la Vega de Granada, a una veintena de kilómetros más al Norte. El material es esencialmente carbonatos, y sólo, algunas intercalaciones de esquistos cristalinos rompen la monotonía y es sobre ellos, donde están los escasos «cortijos» de la región (Cortijo de los Prados..., etc.). Su presencia nos recuerda los caracteres de la serie de Almirajara y del conjunto inferior. Las dolomías son las más fuertemente recrystalizadas, los minerales de neoformación con carácter metamórfico (tremolita) no son raros, y las cuarcitas con epidota están presentes, todo como en el macizo del Cielo (2). La identificación con el conjunto estratigráfico de Almirajara no ofrece, por lo tanto, duda. Al N. de Lopera, el Triás está sobremontado por otro conjunto antiguo y su contacto es necesariamente anormal. Es a este contacto al que pertenece la importante zona milonítica del puerto de Lopera, que soporta una veintena de metros de espesor. Este ha sido observado por J. P. Copponex (3), que hace notar su importancia (ver más abajo).

En resumen, en esta parte de las Alpujarras, se superponen tres conjuntos distintos. Estos son de abajo a arriba:

- 1) Un conjunto antiguo con material dolomítico y cristalofílico (Sierra Almirajara y sus dependencias orientales, país de Almuñécar).
- 2) Un conjunto triásico con material esencialmente dolomítico (vertiente sur de Lopera y del Muerto, Jaloche).
- 3) Un conjunto antiguo, donde la afinidad litológica con el conjunto inferior es cierta (región al N. de Lopera).

Su importancia respectiva no es comparable, pues, si los dos conjuntos extremos, 1 y 3, tiene *N* una considerable extensión horizontal; el del conjunto triásico 2 es, según las apariencias, mucho más reducido.

Estos datos nos alejan notablemente de la interpretación de esta región hasta ahora admitida (3, 4). Todas las dolomías que han sido atribuidas al Triás constituyen con esta hipótesis un para-autóctono sobre el cual flotarán los diversos afloramientos cristalofilianos constituidos por Klippes de una unidad superior acarreada (por acarreo epigléptico): la capa de Guajar. El contestar esta pregunta y distinguir dos categorías de dolomías de edades claramente diferentes conduce, por lo tanto, inevitablemente a una interpretación estructural enteramente nueva, del tipo de la aquí bosquejada.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARROIS, CH. et OFFRET, A. (1889): *Mémoire sur la constitution géologique du Sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejeda à la Sierra Nevada. In Misión d'Andalousie*, «Mém. Ac. Sc.», t. 30, núm. 2, p. 70-160.
2. BOULIN, J. (1962): *Sur les Alpujarrides occidentales et leurs rapports avec la nappe de Málaga (Andalousie meridionale)*. Communication annoncée au C. R. somm. S. G. F., p. 212: à paraître. B. S. G. (7), IV, núm. 3.
3. COPPONEX, J. P. (1958): *Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales (Cordillères bétiques Espagne)*. «Bol. Inst. Geol. y Min. Esp.», t. 70, páginas 79-208.
4. BLUMENTHAL, M. (1935): *Reliefüberschiebungen in den westlichen bethischen Cordilleren*. «Ass. Et. Géol. Médit. occ.», vol. 4, núm. 8, Barcelone.

Recibido el 10-VI-1963.

53 (1963) - 10 (1963)

JEAN BOULIN (*)

SOBRE LAS ALPUJARRAS OCCIDENTALES Y SUS RELACIONES CON LA CAPA DE MÁLAGA (ANDALUCIA MERIDIONAL)

RESUMEN

Nuevas observaciones realizadas en las Alpujarras occidentales demuestran el paso lateral de los esquistos cristalinos de Vélez-Málaga a las dolomías de las Sierras Tejeda y Almijara. Estos son, por lo tanto, mucho más antiguos que las formaciones triásicas a las cuales hasta ahora se han aproximado. Esta nueva atribución, acarrea notables modificaciones en la estratigrafía de estas regiones y en su interpretación estructural. Invita, además, a modificar localmente los dominios de extensión respectivos de la capa de Málaga y de las capas de las Alpujarras.

RÉSUMÉ

De nouvelles observations réalisées dans les Alpujarrides occidentales mettent en évidence le passage latéral des schistes cristallins de Vélez-Málaga aux dolomies des Sierras Tejeda et Almijara. Celles-ci sont donc beaucoup plus anciennes que les formations triasiques desquelles on les a jusqu'ici rapprochées. Cette nouvelle attribution entraîne de notables modifications dans la stratigraphie de ces régions et dans leur interprétation structurale. Elle invite de plus à modifier localement les domaines d'extension respectifs de la nappe de Málaga et des nappes alpujarrides.

Los esquistos cristalinos de Vélez-Málaga sobremontan al Nor-Este las dolomías de las Sierras Tejeda y Almijara. Estas constituyen el trazado orográfico mayor de la región comprendido entre Vélez-Málaga y el bajo curso del río Guadalfeo. Es una cadena salvaje, en el perfil opuesto, donde las cimas escarpadas, próximas a 2.000 m., se extienden de Nor-Oeste a Sur-Este en cerca de 40 Km., prolonga hasta la costa la barrera montañosa que, por la Serranía de Ronda y la Sierra de Zafarraya, rodea Málaga, allí se rebaja, presentándose oblicua al mar y dá los pintorescos promontorios del Cerro Gordo y de la Punta de la Mona.

(*) Traducción realizada por M.ª Concepción López de Azcona Fraile. «Bull. de la Société Géologique de France», 7.ª serie, t. IV, año 1962, pp. 384-389.

Las calizas dolomíticas y las dolomías son el principal constituyente de esta montaña donde la cresta, domina más de 1 000 metros de montañas oscuras, cubiertas de viñedos y olivares, formadas por esquistos cristalinos donde emerge. Estos esquistos afloran en el centro mismo de la cadena, pero su extensión es despreciable con relación a la que presenta en los macizos de Vélez-Málaga y de Almuñécar (fig. 1 y Hojas del 50.000, núm. 1.054, Vélez-Málaga y núm. 1.055, Motril).

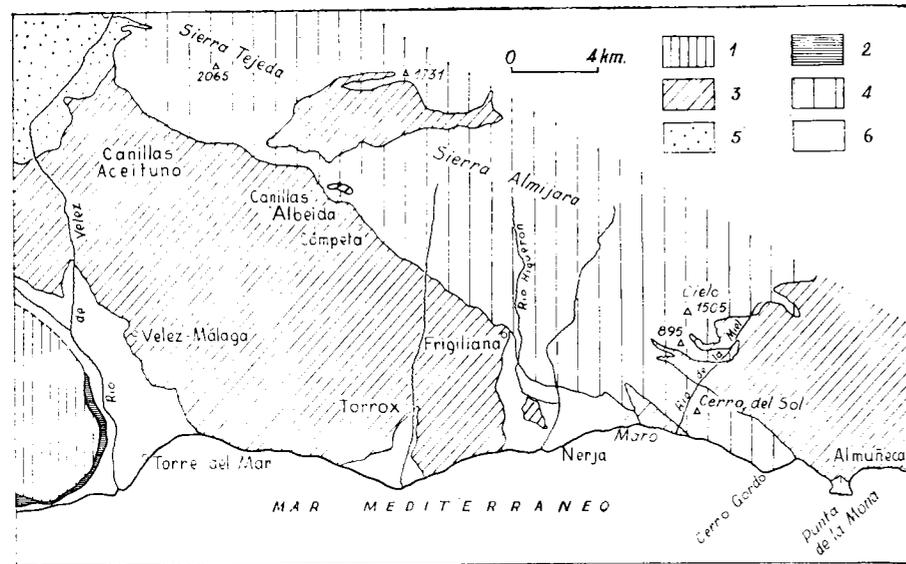


Fig. 1.—Esquema geológico de la región de Vélez-Málaga (límites posteriores a M. Blumenthal, J. P. Copponex y anotaciones propias). 1: capa de Málaga (Devono-Dinantiense); 2: filadíos violáceos (Trias con facies alpina); 3: esquistos cristalinos; 4: dolomías cristalinas; 5: Nummulítico; 6: Plio-Cuaternario.

HISTORIA

El contacto entre las dolomías y los esquistos cristalinos es particularmente claro al SW de la cadena y se puede seguir sin interrupción, de Canillas de Aceituno a Maro, la desaparición de estas dolomías bajo el complejo metamórfico de Vélez. A este contacto, observado por todos los geólogos que han recorrido la región, Blumenthal (1930) y después P. Fallot (1948), han dado una mayor importancia: corresponderá, según ellos, a un cabalgamiento tectónico del conjunto de las Alpujarras por la Bética de Málaga. A lo largo de la transversal Canillas-Maró, ésta sobremontará por su base metamórfica las dolomías de supuesta edad triásica. La existencia de este contacto justificará suficientemente el heteropismo de facies exis-

tente entre el Trias rojo de tipo germánico que cubre la capa de Málaga y el Trias con afinidades alpinas, constituyente esencial del material de las Alpujarras.

Las dolomías de esta región han sido atribuidas al Trias por analogía con otras dolomías, de edad triásica cierta, existentes en el dominio de las Alpujarras. En la región de Motril, éstas se asocian a los filadíos violáceos soportando los horizontes yesosos. Han dado además, al N de Lentegi, escasos Megalodons, encontrados por los geólogos de la «Misión de Andalucía» (1889). Esta atribución fué extendida por Blumenthal a todas las dolomías del conjunto de las Alpujarras.

Recientemente, J. P. Copponex (1958), ha reanudado el estudio de las Alpujarras occidentales y les ha aplicado, sin modificaciones notables, las ideas de su predecesor. Da algunos cortes y un mapa geológico a escala 50.000, haciendo asociaciones de esquistos cristalinos con las dolomías, difícilmente conciliables con la atribución al Trias de estas últimas. No discute esta atribución pero debe varias veces hacer uso de ella, para interpretar los hechos, de la noción de acarreo epigléptico. Esta noción creada por O. Ampferer en 1928, ha sido aplicada por Blumenthal a la Bética interna y más particularmente a la región de Motril. Esto le permitió interpretar el recubrimiento frecuente del supuesto Trias por los antiguos.

Más recientemente aún, el descubrimiento del Trias en los alrededores de Vélez, entre el Paleozoico no metamórfico de Málaga y los esquistos cristalinos de Vélez, invita a admitir la naturaleza compuesta de la capa de Málaga (Boulin, 1961). El parentesco cierto existente entre este Trias y el de los alrededores de Motril vuelve a la solución propuesta por Blumenthal al problema de las relaciones existentes entre la capa de Málaga y las unidades de las Alpujarras occidentales.

OBSERVACIONES

Este problema se concentra en el de las relaciones geométricas existentes entre los diversos afloramientos de esquistos cristalinos y el conjunto dolomítico: su solución debe darse contando con la estructura del conjunto de la región. Puede ser abordada en buenas condiciones en la vertiente sur de la Sierra Almirajara, en la cual los ríos han excavado barrancos inmensos y gargantas profundas y estrechas. Una de ellas, la del río de la Miel, ofrece condiciones de observación particularmente favorables.

ESTRUCTURA GENERAL

La estructura del conjunto de la cadena ha sido reconocida por la mayor parte de los autores que han estudiado la región (Blumenthal, 1935:

Van Dedem, 1935). Es relativamente sencilla: es un abombamiento anticlinal, claramente visible cuando desde el Boquete de Zafarraya se observa la extremidad de la Sierra Tejeda. Su dirección aproximadamente NW-SE, determina la del contacto Canillas-Maró. Este anticlinal está afectado por las inflexiones axiales transversas; una de ellas pliega los bancos dolomíticos en el extremo de la Punta de la Mona, y otra provoca la notable curvatura de los lechos de la vertiente sud-este del macizo del Cielo (fig. 1).

COSTE DEL RÍO DE LA MIEL

El río de la Miel ha excavado su lecho en el flanco sur-oeste del anticlinal de la Sierra Almirajara. Encuentra una sucesión de masas dolomíticas atravesadas en gargantas estrechas y desiertas, separadas por pasos más o menos importantes de esquistos cristalinos en los cuales el valle se ensancha, donde aparecen cultivos y poblados (fig. 2). Descendiendo el río,

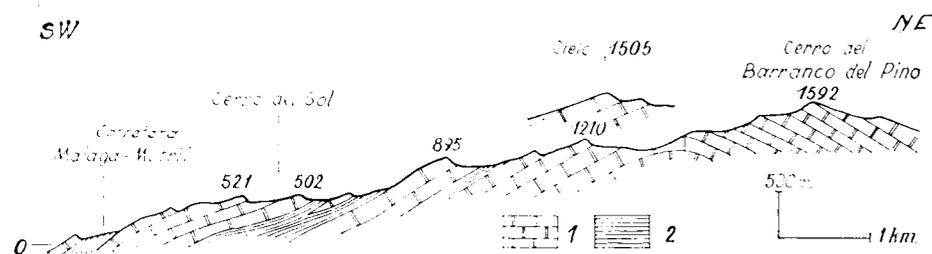


Fig. 2.—Corte del flanco sud-oeste del anticlinal de la Sierra Almirajara, a lo largo del río de la Miel. 1: dolomías cristalinas; 2: esquistos cristalinos.

se ve al principio la importante masa dolomítica del Cielo. Una primera banda de terrenos cristalofilianos separa el Cielo de la cresta siguiente, cota 895, después desaparece rápidamente al Nor-Oeste. Una segunda banda cristalofiliana, más importante, le sucede. Encierra esta banda un pequeño banco lenticular de dolomías, después soporta la masa del Cerro del Sol. Los lechos que la constituyen se cimentan, al Nor-Oeste, en el flanco del Cielo, biselando así los esquistos cristalinos que sobremontan. Un segundo lentejón dolomítico, poco importante, aparece entre el mar y la carretera costera.

Las bandas de terrenos cristalofilianos, que hacia el Nor-Oeste se adelgazan y desaparecen, pertenecen al macizo metamórfico de Almuñécar donde constituyen el borde. Este toma por lo tanto de cualquier modo el relevo, en el afloramiento, de las dolomías del macizo del Cielo. Recíprocamente, los bancos dolomíticos penetran en este macizo, a lo largo de este

mismo borde, y desaparecen. Este es el caso de la cresta de la cota 895 que, desprendida del flanco del Cielo, disminuye de importancia hacia el Este y termina por desaparecer al S. del Peñón de los Castelleros.

Hay por lo tanto, en esta zona, paso lateral de las dolomías del Cielo a los esquistos cristalinos de Almuñécar. Su interestratificación no es aparente sino real. Excluye una interpretación tectónica compleja de tipo de acarreo epigléptico propuesto por Blumenthal y J. P. Copponex. Concuerda con el metamorfismo de empuje de los asientos dolomíticos.

METAMORFISMO DE LAS DOLOMIAS

Las dolomías de las Sierras Tejeda y Almirajara, a veces de tintes grises, son muy a menudo de un blanco deslumbrante y desprenden al golpearlas un olor fuertemente fétido. Están siempre recristalizadas y el microscopio revelan un mosaico de cristales maclados, unidos, donde el grano varía según el banco considerado.

En el seno de estas dolomías cristalinas, los minerales de neoformación, ligados al metamorfismo, son individualizados. Su presencia caracteriza ciertos bancos privilegiados, con diferentes niveles de la serie. Pueden ser observados en su sitio al pie del Cielo, en la parte superior del río de los Colmenajeros, donde J. P. Copponex los ha señalado. Están bien desarrollados en la región del Peñón de los Castillejos y también al E. de Frigiliana, a lo largo del sendero que del pueblo desciende hacia el río Hiquerrón. Son frecuentes entre los cantos que obstruyen el lecho de los torrentes. Los geólogos de la Misión de Andalucía han descrito numerosos tipos de diversos puntos.

La naturaleza de estos minerales es compatible con el grado relativamente elevado del metamorfismo de los esquistos cristalinos encajantes. Se nota la presencia de tremolita, flogopita y de plagioclasa. La tremolita se desarrolla preferentemente en los planos correspondientes a las juntas de estratificación de la roca. Se presenta en prismas largos, a veces agrupados en haces o en rosetas claramente observables a simple vista. Cuando estos prismas están recortados transversalmente en lámina delgada, se observan pequeños rombos yuxtapuestos mostrando las dos esfoliaciones características. La flogopita, a veces muy abundante, se presenta en láminas de talla variable, sin orientación preferente. Las plagioclasas, a veces macladas, son automorfas y con sección rómbica; los ángulos de los ejes ópticos, medidos con la platina de Fédorof, son los de la bytownita.

CONSECUENCIAS

Admitiendo el paso lateral de las dolomías a los esquistos cristalinos, con los cuales son contemporáneos, esto nos conduce a modificar sensi-

blemente nuestros conocimientos sobre la estratigrafía de las Alpujarras occidentales y a establecer parcialmente su interpretación estructural

PUNTA DE VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA

La composición estratigráfica de las Alpujarras es conocida en sus grandes rasgos. Un complejo de esquistos cristalinos, pasando hacia arriba y en continuidad a filadíos epimetamórficos con horizontes yesosos, es sobremontado por calizas y dolomías, a veces muy potentes, con facies alpina, datadas como del Triás medio y superior.

El estudio de la región aquí considerada revela la existencia de otra formación dolomítica, más antigua, interestratificada en los esquistos cristalinos. Esta formación puede alcanzar unos 1.000 m. de espesor, y atestigua la existencia de un importante episodio carbonatado anterior al episodio triásico.

La existencia, puesta así en evidencia, de dos formaciones dolomíticas distintas, ha sido presentada por los geólogos de la Misión de Andalucía. Estos hicieron constar, por una parte, la desaparición de las dolomías bajo los terrenos metamórficos sobre la transversal Canillas-Maró, y descubrieron por otra parte los Megalodon en los lechos de la región al N. de Lenteji. En una época en que no se conocía aún la posibilidad de recubrimiento tectónico, no pudieron más que admitir esta dualidad, a pesar de las diferencias petrográficas poco claras.

En efecto, si la distinción entre los dos tipos de dolomías no es siempre fácil en la escala de afloramientos, se hace más fácil cuando se coloca en el ambiente regional. Las dolomías triásicas están siempre asociadas a los filadíos epimetamórficos con horizontes yesosos. Por el contrario, estos filadíos, característicos del Triás en estas regiones, no aparecen nunca en el dominio aquí considerado. Además, las dolomías triásicas están débilmente recrystalizadas, y los minerales señalados en la serie antigua no son conocidos.

PUNTO DE VISTA DE LA TECTÓNICA: NO VÁLIDO PARA ESTA REGIÓN DE LA IDEA DE ACARREO EPIGLÍPTICO

Esta idea permitió a Blumenthal explicar, como hemos visto, la superposición considerada por él como anormal de los esquistos cristalinos de Vélez-Málaga y de Almuñécar a las dolomías de la Sierra Tejeda. Los terrenos antiguos, relativamente plásticos, avanzan sobre una superficie dolomítica irregular, colmando las depresiones y contorneando los relieves. Sin embargo, para explicar todos los casos de superposición observados, Blumenthal y J. P. Copponex han hecho intervenir además los movimientos

póstumos, posteriores al avance del material antiguo. Este es uno de tales movimientos, muy complejos, al que ha sido atribuida la estructura por tanto, de apariencia simple, del afloramiento cristalofiliario de Canillas de Albeida. Del mismo modo, la posición con relación al borde sur-oeste del macizo de Almuñécar del importante Cerro del Sol, será ligado a los movimientos de igual naturaleza; su relieve pertenecerá a la «escama del Sol», desprendida del flanco sur del anticlinal de Almijara, y habiendo cabalgado la capa con material cristalofiliario entonces de una fase tardía. A esta escama, pertenecerían las dolomías del Cerro Gordo y más lejos, hacia Motril, el bloque sobre el cual ha sido edificado el pueblo de Salobreña.

La realidad del paso lateral, a lo largo del río de la Miel, de los esquistos cristalinos a las dolomías, nos evita tener que acudir a tales complicaciones estructurales. Permite substituir el difícil acarreo epiglíptico por una interpretación de hechos más simples, integrando más armoniosamente el conjunto de las observaciones del terreno. Las zonas de trituración, que pueden ser observadas en el contacto de los esquistos cristalinos y las dolomías en diferentes puntos y claramente en el Cerro Gordo, en la Punta de la Mona y en la región de Competa, han sido mencionadas por Blumenthal y J. P. Copponex a favor de un acarreo epiglíptico en este nivel. Parece ser más sencillo el hecho de desprendimientos diferenciales internos entre lechos de terrenos de atribución muy diferente.

Los esquistos cristalinos y las dolomías, globalmente contemporáneas, pertenecen a una misma unidad estructural, inferior a la capa de Málaga. La zona esquistogneílica de Canillas de Albeida toma valor de simple ojal reducido por la erosión en la bóveda anticlinal de la Sierra Tejeda. La «escama del Sol» no tiene ninguna razón de ser. El macizo metamórfico de Vélez-Málaga, hasta aquí considerado como parte de la capa de Málaga, pertenece a la unidad inferior donde el carácter «alpujarrido» está determinado por la presencia del Triás con facies alpina que lo sobremonta. La zona de contacto anormal jalonada por ese Triás, descrita en la orilla derecha del bajo curso del río de Vélez (Boulin, 1961) toma una mayor importancia. Corresponde al cabalgamiento del dominio de las Alpujarras por la capa de Málaga.

Así se encuentra completo nuestro conocimiento de la estratigrafía de las Alpujarras occidentales, y precisada la interpretación de sus relaciones estructurales con la capa de Málaga. Por consiguiente, la definición de estos dos grandes conjuntos debe ser revisada.

DEFINICIONES

El contacto anormal mayor, definido al oeste de Vélez-Málaga, separa dos conjuntos diferentes por su composición estratigráfica y por su po-

sición estructural. Proviene casi con toda seguridad de dos dominios paleogeográficos distintos. Sus relaciones están esquematizadas en la figura 3.

El conjunto superior comprende un material esquistoso-arenoso no metamórfico, de edad Devono-dinantiense (Azema, 1961), soportando un Permo-trías arenoso, de color rojo, con afinidades germánicas. A este conjunto conviene reservar la denominación «capa de Málaga». Esta aceptación difiere de la dada por Blumenthal para la exclusión de terrenos metamórficos, constituyendo el macizo de Vélez-Málaga.

Este último pertenece al conjunto inferior. Una potente serie metamórfica de la secuencia aluminosa admitiendo importantes niveles carbonatados ha constituido la base. Un Trías, fundamentalmente distinto del de la capa de Málaga, sobremonta éste último. En la región objeto de esta nota, este Trías está solamente representado por horizontes filitosos grises negruzcos en la base, violáceos en la cumbre, asociados a lechos cuarcíticos y a finos conglomerados. Está unido, al norte de Motril, a niveles yesosos y puede acompañar las calizas y dolomías del Trías medio y superior. Están estas facies recordando las del Trías de las Dináridas y los Alpes orientales, que caracterizan este conjunto y deben ser consideradas como criterios de existencia de unidades de las Alpujarras en una zona dada. Es suficiente, por lo tanto, distinguir el lugar de origen de estas unidades del de la capa de Málaga.

CONCLUSIONES

La geología de las zonas internas de las cordilleras béticas no está por tanto, fundamentalmente modificada en sus grandes trazos, permanece conforme a la interpretación dada desde 1935 por Blumenthal. Una unidad superior, de origen interno, la capa de Málaga, sobremonta un conjunto de unidades de origen menos lejano, ellas mismas acarreadas, las capas de las Alpujarras.

Por el contrario, notables modificaciones se deben aportar a nuestro conocimiento de su estratigrafía. Estas consisten esencialmente en atribuir al dominio de las Alpujarras el macizo metamórfico de Vélez-Málaga y en reducir por lo tanto la extensión de la capa de Málaga.

BIBLIOGRAFÍA

- AZÉMA, J. (1961): *Etude géologique des abords de Málaga (Espagne)*. «Est. géol.», volume XVII, p. 131-160.
- BARROIS, CH. et OFFRET, A. (1889): *Mémoire sur la constitution géologique du Sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejeda à la Sierra Nevada*. «In Mission d'Andalousie. Mém. Ac. Sc.», t. 30, p. 79-169.

- BLUMENTHAL, M. (1930): *Beiträge zur Geologie der bethischen Cordilleren beiderseits des Rio Guadalhorce*. «Ecl. géol. Helv.», vol. 23, p. 41-293.
- — (1935): *Reliefüberschiebungen in den westlichen bethischen Cordilleren*. «Assoc. Ét. Géol. Médit. occid.», vol. IV (Géologie des chaînes bétiques et subbétique), 2.^a part., núm. 8, p. 28, Barcelone.
- BOULIN, J. (1961): *Sur le Bétique de Málaga aux environs de Vélez-Málaga (prov. de Málaga, Espagne)*. «C. R. somm. S. G. F.», p. 291-293.
- COPPONEX, J. P. (1958): *Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales (Cordillères bétiques, Espagne)*. «Bol. Inst. geol. y min. Esp.», t. 70, p. 1-114.
- FALLON, P. (1948): *Les Cordillères bétiques*. «Est. Geol.», núm. 8, p. 83-172.
- VAN DEDEM (1935): *Der geologische Bau der Sierra Tejeda*. «Assoc. Ét. Géol. Médit. occid.», vol. IV (Géologie des chaînes bétique et subbétique), 2.^a part., núm. 7, p. 30, Barcelone.

PIERRE SOUQUET

CONTRIBUCION AL ESTUDIO ESTRATIGRAFICO DEL
CRETACEO SUPERIOR EN LOS BORDES DEL MACIZO
DE TURBON (PROVINCIA DE HUESCA, ESPAÑA). (*)

RÉSUMÉ

La présente analyse stratigraphique met en évidence, dans la série calcaire du Crétacé supérieur des abords du massif du Turbón, une succession de niveaux, pour la plupart bien datés, s'étageant du Cénomaniens au Coniacien et même localement au Santonien. Elle souligne aussi les importantes variations de faciès du Santonien. Cet étage dont on connaissait l'existence à la base du complexe des «marnes sénoniennes» est, en effet, localement représenté au sommet de la série calcaire étudiée. Il correspond à la formation des brèches de Campo dans la vallée de l'Esera. Des calcaires à Lacazines le représentent dans cette même vallée, à hauteur du défilé de Ventamillo, ainsi que sur le versant sud du Turbón.

En los bordes del macizo de Turbón, el Cretáceo superior está representado, encima de areniscas albenses con Orbitolinas, por una serie caliza de unas centenas de metros de espesor y por un potente complejo de «margas senonenses» (margas y areniscas calizas) que sobremontan los lechos de facies garumnense. La serie caliza que, en los bordes de Isera, comprende en su parte superior la importante formación de brechas de Campo, es el objeto de esta nota. Pobre en macrofauna, no ha podido hasta ahora ser datada más que en conjunto y en función de su posición.

Para Dalloni (1) esta serie caliza comprende todos los pisos del Aptense al Santoniense, con excepción del Turonense del que este autor niega la presencia. Dalloni atribuye además las brechas de Campo al Eoceno. Más tarde, P. Misch (2) establece que los lechos calizos y brechosos, comprendidos entre el Albense y el Santoniense bien caracterizados, no puede representar más que el Cenomanense, el Coniaciense y el Santonense. Atribuye P. Hupé (3) la casi totalidad de la serie al Cenomanense, admitiendo, por dar-

(*) Traducción del francés por M.ª Concepción López de Azcona Fraile, del C. R. Soc. Geol. de France; núm. 8; 5 noviembre 1962, p. 241.

se cuenta de la presencia de Hippurites en su cumbre, que puede montar localmente en el Turonense. Más recientemente, E. Alastrue, A. Almela y J. M. Ríos (4) aceptan la opinión de P. Misch, sin aportar argumentos nuevos.

En estas condiciones parece interesante, dar de esta serie caliza y brechosa una descripción estratigráfica detallada, que está fundada especialmente sobre criterios nuevos, como las determinaciones de microfaunas o las comparaciones de microfacies.

En los bordes del macizo de Turbón, los afloramientos de la serie caliza, tal como ha sido definida en el primer apartado, se reparten en dos grandes conjuntos, comprendidos entre la zona primaria axial, al Norte, y la depresión terciaria del Aragón, al Sur. Una primera banda corresponde a los retazos sinclinales intercalados en el Keuper bordeando la zona axial (sinclinales de Alins, de Tosal de Abella y de la Pica Cabrera, prolongados en la Sierrita de Chía). Sólo se han conservado los términos más bajos de la serie estudiada. Una segunda banda se extiende, en una posición más meridional, sobre las sierras de Ballabriga, Turbón, Bacierno y Cervin. Muestra ésta, por su parte, la totalidad de los términos de la serie caliza, en el seno de una sucesión continua, del Triás al Eoceno.

Un determinado número de cortes, realizados también en los meridianos de Alins, Tosal de Abella, Castejón de Sos y de Chía (banda septentrional), próximos a Calvera, puerto de Las Aras y puerto de La Muria (banda meridional), han permitido reconocer en la serie caliza, entre areniscas albeneses y margas senonenses, la sucesión siguiente:

1) Calizas grises, microcristalinas (10 a 30 m.), con Caprinidos y Foraminíferos cenomanenses: *Pracalveolina tenuis* Reich., *P. brevis* Reich., *Ovalveolina ovum* Reich., *Cuneolina* sp. Admiten localmente una intercalación de calizas margosas con Equinidos.

2) Calizas en bancos, de grano fino, con pintas de glauconia y de piritita (20 a 30 m.), con microfauna poco característica, que podría ser del Cenomanense superior o del Turonense: *Pithonella ovalis* Kauf., *Stomiosphaera sphaerica* Kauf., asociadas a las Globigerinas y a las formas monocarenadas y bicarenadas de *Globotruncana*.

3) Calizas masivas, en gruesos bancos, con restos de Equinodermos, pasando a sílex, que aparecen al microscopio arenosas o microbrechosas (100 m.). Suministran numerosos Foraminíferos: *Vidalina* sp., *Cuneolina* sp., *Dicyclina* sp., escasos Prénnumulites y restos de formas bicarenadas de *Globotruncana*. En su parte superior, encierran numerosas secciones de Hippurites, entre las que reconoció *Orbignya* cf. *requieni* Defr. Las calizas oscuras, con espículas monáxonas de espongiarios, se intercalan frecuentemente en este conjunto, especialmente en el valle de Esera, donde constituyen el desfiladero de Aguas Salenz.

Debido a sus analogías de microfacies con las calizas, bien datadas por las faunas de Hippurites, que ocupan una posición idéntica en el anticlinal de Boixol (5), estas calizas arenosas y con espículas pueden ser referidas al Coniaciense.

De esta forma es reconocida, de manera constante, en la serie caliza del Cretáceo superior, una sucesión de niveles bien caracterizados por las faunas de Foraminíferos o de Hippurites, que van del Cenomanense al Coniaciense. Sólo el Turonense se encuentra mal definido en esta serie aparentemente sin laguna, donde podría ser representado por calizas con Fisurinas o por los lechos inferiores de las calizas con *Vidalina*.

Señalo finalmente, que la serie caliza puede montar localmente sobre el Coniaciense. Esto ocurre sobre la vertiente sur del Turbón, en Egea, donde los lechos calizos encierran Lacazines (*L. compressa*, M. Ch.) y los Hippurites santonienses. Lo mismo ocurre en el valle de Esera. Se sabe que la serie está redoblada por el accidente longitudinal de Seira, en dos unidades, donde la más meridional cabalga hacia el Norte la unidad septentrional. Las calizas que dependen de esta última afloran todo a lo largo del desfiladero de Ventamillo; en toda su masa, he reconocido una microfauna típica santoniense: *Lacazina elongata* M. Ch., *Monolepidorbis sanctae-pelagiae* Astre, *Nummofallotia cretacea* Schlumb. En la unidad meridional, las calizas coniacienses con espículas del desfiladero de Aguas Salenz son sobremontadas por el complejo de brechas de Campo. Estas brechas retocan las calizas con espículas subyacentes; dichas calizas han suministrado, en su base, en el valle mismo y próximo al pueblo de Miert, una microfauna igualmente santoniense: *Lacazina elongata* abundantes, y escasos *Monolepidorbis sanctae-pelagiae* y *Nummofallotia cretacea*. Parece por lo tanto claro, que las brechas de Campo levantadas del Santoniense y que constituyen, de esta manera, un equivalente lateral de calizas de la misma edad, afloran en el desfiladero de Ventamillo.

El presente análisis estratigráfico pone en evidencia, en la serie caliza del Cretáceo superior de los bordes del macizo de Turbón, una sucesión de niveles, la mayoría bien datados, que se extienden del Cenomanense al Coniaciense e incluso localmente al Santoniense. Señala también las importantes variaciones de facies del Santoniense. Este piso, en el que se conoce la existencia en la base del complejo de las «margas senonenses» está, en efecto, localmente representado en la cumbre de la serie caliza estudiada. Corresponde a la formación de las brechas de Campo en el valle de Esera. Las calizas con Lacazines lo representan en este mismo valle, a la altura del desfiladero de Ventamillo, del mismo modo que en la vertiente sur del Turbón.

BIBLIOGRAFÍA

1. DALLONI, M. (1910): *Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. Marseille, impr. Barlatier, 444 p., 1 carte 200.000e.
2. MISCH, P. (1934): *Geologie der mittleren Sudpyrenäen*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl.» Bd III, H. 12, p. 1597-1704 (trad. espagnole par J. Gómez de Llerena, in Publ. ext. Geol. Esp., vol IV, p. 1-184, Madrid, 1948).
3. HUPÉ, P. (1944): *Sur les brèches de Campo (Pyrénées aragoneises)*. «C. R. Ac. Sc.», t. 218, p. 364-366.—(1954): *Tectonique de la bordure secondaire sud-pyrénéenne entre l'Èsera et la Ribagorzana (Haut-Aragón)*. «Ann. Hébert et Haug», t. VIII, p. 197-244, 2 pl.
4. ALASTRUE, E., ALMELA, A. y RÍOS, J. M. (1957): *Explicación del mapa geológico de la provincia de Huesca*. «Mem. Inst. Geol. y Min. España», vol. LVIII, p. 253, 1 carte, 200.000e.
5. SOUQUET, P. (1962): *Le Cénomanién entre les vallées du Sègre et de la Noguera Ribagorzana (provinces de Lérida et Huesca, Espagne)*. «C. R. Somm. S. G. F.», p. 50-51.

Recibido el 10-VI-1963.

ROBERT BOURROUILH (*)

NOTA PRELIMINAR SOBRE LA TECTÓNICA DE LA ISLA DE MENORCA (BALEARES, ESPAÑA)

RESUMEN

Contrariamente a las opiniones precedentes, la región de Monte Toro aparece como muy tectonizada. Numerosas despegaduras afectan a la serie secundaria, su amplitud es importante, el Lías puede reposar directamente hasta sobre el Trías inferior. Además el Paleozoico está afectado por estas deformaciones. Las numerosas capas imbricadas en forma de escamas, que lo accidentan, revelan la intensidad de los esfuerzos tectónicos a los cuales ha estado sometida.

RÉSUMÉ

Contrairement aux opinions précédentes, la région du Monte Toro apparait ainsi comme très tectonisée. De très nombreux décollements affectent la série secondaire, leur amplitude est importante, le Lias pouvant reposer directement jusque sur le Trías inférieur. De plus le Paléozoïque est lui-même intéressé par ces déformations. Les très nombreuses écailles qui l'accidentent traduisent l'intensité des efforts tectoniques auxquels il a été soumis.

Emprendí en 1961 un estudio geológico de Menorca y de la parte de Mallorca (Sierra de Levante), que puede constituir su prolongación. Mi estudio en Menorca ha terminado ya, al levantar un mapa a escala 25.000. Expondré aquí algunos datos nuevos sobre la tectónica tan particular de la zona norte de la Pequeña Palear.

1. HISTORIA

El primero que hace notar en 1923 la existencia de un cabalgamiento de Paleozoico sobre el Trías inferior en la parte central de la isla (región de Mercadal), es P. Fallot. Un poco más tarde, Hollister (1934) admite que la estructura general de la isla corresponde a una sucesión de capas «im-

(S) Traducción del francés por M.ª Concepción López de Azcona Fraile, del C. R. Soc. Geol. de France; núm. 10; 17 Diciembre 1962., p. 325-326.

bricadas a la manera de tejas de un tejado». Sin embargo, el mapa que este autor ha publicado a escala 400,000 no puede dar más que una imagen esquemática de la isla.

Los levantamientos que efectué en 1961 y 1962, ayudado por las fotografías aéreas, muestran que la región central de Menorca presenta nume-

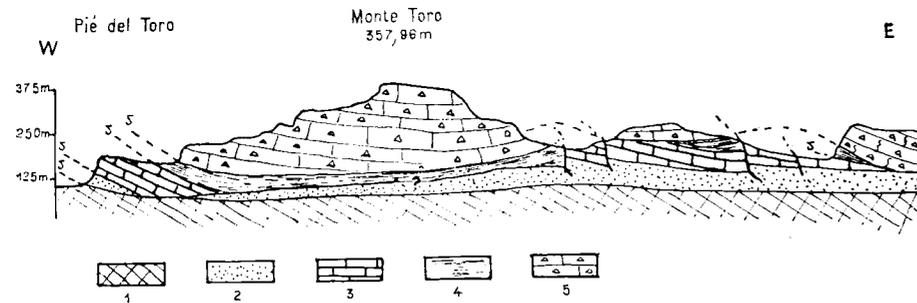


Figura 1.—Corte levantado al nivel del Monte Toro. 1: Carbonífero medio y superior; 2: Buntsandstein; 3: Muschelkalk; 4: Keuper; 5: Lías; 6: Principales niveles de dislocación.

rosos desprendimientos en el interior y se observan los fenómenos siguientes de Sur a Norte:

— Al SE. de Santa Eulalia de Baix este nivel no está representado; el Lías reposa, por lo tanto, directamente en contacto anormal sobre las areniscas del Buntsandstein.

— Sobre el flanco sur de Monte Toro, el Muschelkalk y el Buntsandstein reposan en bisel sobre la base de la serie mesozoica, y a veces incluso sobre las capas donde el Paleozóico subyacente está envuelto.

2. RESUMEN ESTRATIGRÁFICO

Los diferentes terrenos afectados por estos accidentes se suceden así:

Encima de un complejo esquisto-arenoso del Carbonífero medio y superior, reposan las arcillas rojas (a veces impregnadas de sales de cobre) y las areniscas rojas y grises del Buntsandstein. Estas areniscas alcanzan a veces hasta 500 metros de espesor (1). Muestran generalmente una estratificación entrecruzada y están más o menos bien consolidadas.

Vienen enseguida 40 a 60 metros de calizas vermiculadas del Muschelkalk, que terminan por dolomías oscuras, después las margas rojas y grises y las carnioles del Keuper. El espesor del Keuper se acerca a los 100 metros y aparece muy a menudo yesoso (Cabezo de Caballería, Al Coitx..., etcétera).

Encima, reposan las dolomías grises y las calizas dolomíticas del Lías, que constituyen un nivel muy rígido, el más elevado de la serie descrita: puede alcanzar 200 metros de espesor.

3. FENÓMENOS TECTÓNICOS OBSERVADOS

Si se toma el Muschelkalk como nivel de referencia, en el Carbonífero; las areniscas rojas reaparecen un poco más al Este, donde están entonces sobremontadas directamente por el Keuper, el Muschelkalk no es observable entre ellas.

— Al SE. de Carbonell, el Muschelkalk, después de haber formado las montañas que lo inclinan, desaparece totalmente y no está representado más que por un milonito de calizas vermiculres, donde ciertos bloques pasan los 40 centímetros de diámetro.

— El fenómeno de biselamiento se observa de nuevo al S. de Bufera, donde el Trías medio no está separado del Carbonífero más que por un débil espesor de areniscas rojas.

Dirigiéndose hacia el Norte, el Muschelkalk se alarga y desaparece de nuevo al NE. de Ses Salines, después reaparece sobre la costa de la bahía de Fornells. Forma igualmente el islote de Sargantana.

— Inmediatamente al S. del pueblo de Fornells, el Trías medio reaparece, completamente triturado, y reposa en contacto anormal sobre el Carbonífero.

El Trías medio, compuesto exclusivamente de rocas rígidas, es desolidarizado a la vez del Buntsandstein y del Keuper. Ha sufrido a veces un arrasamiento basal o incluso ha sido totalmente eliminado cuando el esfuerzo tectónico era muy grande.

El corte adjunto, levantado a la altura de Monte Toro, muestra que el Buntsandstein está intensamente arrasado. No presenta, en efecto, en este nivel, más que una potencia de unos 15 metros, mientras que a una parte y otra de este corte, su espesor alcanza los 500 metros.

CONCLUSIÓN

Contrariamente a las opiniones precedentes (2), la región de Monte Toro aparece, por consiguiente, como muy tectonizada. Numerosas despegaduras afectan la serie secundaria, su amplitud es importante, el Lías puede reposar directamente hasta sobre el Trías inferior; además, el Paleozoico está afectado por estas deformaciones. Las numerosas capas imbricadas en forma de escamas que lo accidentan, revelan la intensidad de los esfuerzos tec-

tónicos a los cuales ha estado sometida; serán ellos objeto de un estudio posterior.

BIBLIOGRAFIA

(1) FALLOT, P. (1925): *Le problème de l'île de Minorque*. «B. S. G. F. (4), XXIII, p. 3-44, pl. 1-4.—HOLLISTER, J. S. (1934): *Die Stellung der Balearen im variscischen und alpinen Orogen*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen», Math-Phys. Kl., III F., H. 10.—HERMITE, H. (1879): *Etudes Géologiques sur les îles Baléares*. 1.re partie, Majorque et Minorque. Paris.

(2) FALLOT, P. (1948): *Les Cordillères bétiques*. «Est. geol., núm. 8», Barcelona.

Recibido el 10-VI-1963.

ANTONIO DUE ROJO, S. I.

Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

GEOLOGIA ARTIFICIAL

RESUMEN

Una intervención eficaz del hombre en los procesos geológicos se ha tenido siempre como restringida a pequeñas proporciones y que a lo más se notaría a muy largo plazo; pero el uso reciente de la energía nuclear produce efectos comparables a los de un terremoto natural de no pequeña magnitud; de aquí que van surgido problemas internacionales sobre tal uso, su prohibición y la vigilancia sobre eventuales violaciones de ella, cuestiones que se discuten hoy en términos propiamente sismológicos. Otras aplicaciones artificiales de estos y otros potentes recursos tienen a veces trascendencia futura en la climatología mundial o al menos de extensas regiones del globo terrestre.

SUMMARY

Human intervention in geological events is generally considered as restricted and only noticeable sometimes after a long time; but the recent use of atomic energy has such effects as to be comparable to natural earthquakes of no little magnitude; hence international problems concerning disarmament, nuclear test ban and its eventual violation and detection. Other artificial applications of similar powerful human resources would have important climatological consequences for the whole Earth or at least for extensive territories.

Se ha dicho que el suelo hace al hombre y también que el hombre hace o modifica el suelo en que vive; pero la sobrehumana potencia de los agentes naturales le reducen de ordinario al simple papel de espectador, y a lo más su inteligencia le hace intervenir oportunamente en algún proceso físico, con lo cual consigue alterar el curso natural de los acontecimientos y convertir hasta cierto punto en aliados a aquellos agentes que tan frecuentemente son sus enemigos.

Uno de los casos en que una intervención artificial en los procesos geológicos ha revestido caracteres serios que preocupan a los Gobiernos es el

de las explosiones nucleares, equiparables a un terremoto natural, y de su uso, abuso y represión se está tratando hoy, en busca de un acuerdo, de una solución y de una garantía de seguridad. Quienes hace unos cuarenta años comenzábamos a ocuparnos en la pacífica tarea de descifrar sismogramas, no podíamos sospechar que un día esas gráficas hubieran de ser llevadas a las conferencias internacionales como objeto de discusión entre las grandes potencias.

Cuando a fines de 1962 hicieron los Estados Unidos una contrapropuesta en Ginebra respecto de la anteriormente presentada el año anterior, la interpretación dada a semejante mudanza, así por parte de los negociadores soviéticos como del mismo pueblo estadounidense fue desfavorable; aquéllos la rechazaron como maniobra táctica y éste, por boca de varios sectores del país y aun de algunos legisladores, la calificaron de debilidad y abandono de la anterior posición, para acercarse a la posición soviética. A esto respondió la Administración que no había tal concesión ni mudanza de posiciones; se trataba de garantizar el cumplimiento de un eventual acuerdo sobre prohibición de pruebas nucleares, para lo cual la propuesta antigua exigía un crecido número de estaciones sismológicas que las registrasen (unas 180), así como una frecuencia determinada de visitas de inspección *in situ* (12 a 20 anuales); pero ahora, en vista de nuevos datos presentados a base de información científica, se juzgaba oportuno reducir tales demandas.

El mismo Presidente Kennedy, en una conferencia de Prensa, declaró que se estaba haciendo una cuidadosa revisión de los problemas técnicos relacionados con un tratado eficiente y seguro respecto del modo más conveniente de vigilar el exacto cumplimiento de la prohibición acordada, si ésta llegaba a ser un hecho; y recientes asesoramientos permitían lograr tal eficacia de un modo más simple y económico que el proyectado el año anterior: y subrayó que los nuevos planes de vigilancia, así simplificados, no excluían las anteriores inspecciones personales, que rechazaban los representantes de la U. R. S. S.

Estos son los hechos en el orden político; los que aquí nos interesan son los de carácter científico y que en breves palabras se pueden sintetizar en dos interrogantes. 1) ¿Cuántos, cuáles y en qué emplazamientos han de situarse los aparatos detectores de explosiones atómicas para que la red de instrumentos sea suficiente y eficaz en registrarlas debidamente?; y 2), los registros así obtenidos, es decir, los sismogramas ¿permiten distinguir un terremoto natural de una explosión artificial, con tal certeza que pueda ser objeto de un compromiso internacional sin temor a errores o ambigüedades? Bastará para evidenciar la trascendencia del asunto y el inte-

rés por solucionar este problema técnico la circunstancia de que su estudio ha sido financiado con 75 millones de dólares en un programa de trabajos científicos denominado el Proyecto VELA.

DETECCIÓN SISMOGRÁFICA

Consta que los fondos destinados a dar la conveniente respuesta a la primera pregunta han sido útilmente empleados y, dicho sea de paso, la labor efectuada redundará en provecho de la sismología pura, así por lo que se refiere el perfeccionamiento de los aparatos registradores, como por la experiencia adquirida al registrar explosiones en circunstancias particularmente favorables para la fidelidad de la imagen sísmica de la explosión; y esto se ha logrado, como es obvio, buscando y hallando en no pocos casos esa especie de sismógrafo ideal donde se aúnen la gran potencia o aumento inicial con una extremada sensibilidad a las ondas que se desean registrar, juntamente con la ansiada selección que elimine las que no interesan, antes perturbar a quien las ha de interpretar.

Poco es lo que se ha hecho público acerca de los nuevos modelos de sismógrafos; a fines de 1962 se reprodujo fotográficamente en una revista uno de ellos, en nada semejante a los conocidos hasta ahora; tiene forma de cilindro de unos 2,5 metros de largo y escaso diámetro, de diez a doce centímetros, probablemente de componente vertical y destinado a funcionar en pozos profundos, como el de 2,36 kilómetros cerca de Hobart, Oklahoma, y el de 3 kilómetros, próximo a Dallas, Texas. Así como la instalación de esta clase de instrumentos en cuevas excavadas en roca los defiende bien de perturbaciones vibratorias de origen artificial, del mismo modo la experiencia ha demostrado ser de suma eficacia esta otra profundidad extrema para captar ondas que el mismo sismógrafo no puede registrar en la superficie: algo parecido a la ya conocida diferencia entre estar instalado en tierra o en el fondo del mar, en un continente o en una isla; en todos los casos hay selección de diversas clases de vibraciones que no depende del sismógrafo, sino del emplazamiento, al que llegan o no.

Se han ensayado en los Estados Unidos, con ocasión de pruebas nucleares recientes, nuevas técnicas que abarcan todos los elementos enumerados: en todas ellas se ha realizado el ya antiguo anhelo de los sismólogos, de conocer anticipadamente, para sacar provecho de los registros, el sitio exacto de la explosión, el tiempo en fracción de segundo, y especialmente el tipo y forma de la detonación, así como la potencia del explosivo: centenares de estaciones situadas a distancias variables, estuvieron a la escucha. Paralelamente a las mejoras instrumentales, se han hecho

otras relativas a la interpretación de las bandas, durante la primera mitad del año pasado. Ha habido además una perfecta colaboración entre las estaciones ya existentes, montadas desde hace muchos años por entidades científicas particulares, y las novísimas creadas por el Gobierno con ocasión de esta serie de investigaciones.

Un centro de análisis se ha establecido en Washington, a donde confluyen todas las gráficas, que proceden de tipos iguales de sismógrafos, con las mismas características, lo que simplifica mucho el trabajo; para fines muchos más generales hace tiempo que la USCGS había fomentado una campaña a escala mundial, suministrando gratis esos aparatos estandarizados a observatorios geofísicos emplazados en otros países, con tal que fueran instalados en debidas condiciones, oportunamente comunicadas, y les enviaran las bandas a Washington.

No es mucho lo que se sabe extraoficialmente sobre las famosas «cajas negras» o estaciones sismológicas automáticas, de las que se discutió en Ginebra en diciembre y antes había sido objeto de proposiciones técnicas en una reunión no gubernativa que celebraron en septiembre, en Londres, tres científicos de la U. R. S. S. con otros tres de U. S. A.; se trata de colocarlas estratégicamente en el territorio de ambas naciones: son impersonales en su funcionamiento, y están selladas para garantizarlo contra toda intromisión fraudulenta, y su pluralidad tiene por objeto dar entre todas una imagen completa de cualquier explosión nuclear verificada dentro de un amplio radio; las bandas se entregarían debidamente a una Comisión internacional con periodicidad previamente acordada y acaso, decían aquellos técnicos, suplirían en gran parte la enojosa inspección personal por los técnicos de un país en terreno del otro.

Al ponerse sobre el tapete la cuestión, los Estados Unidos insisten en la necesidad de estaciones a cargo de equipos de carácter internacional, por tanto no impersonales, y añaden la obligatoriedad de una visita de inspección al sitio donde, a juzgar por las gráficas, se ha hecho una prueba nuclear; por el contrario, la U. R. S. S. opina que los encargados han de ser de la nación donde está la estación sismológica, y rechazan absolutamente la inspección. Los países neutrales en la reunión de Ginebra han sugerido el método de compromisos, o sea un término medio: estaciones controladas por una Comisión internacional y graduar la frecuencia de las inspecciones en proporción a las condiciones territoriales, o bien subordinarlas al caso de que el país acusado de violación invite a comprobar por medio de una visita su propia inocencia. Los técnicos de Londres convenían en minimizar la ingerencia de una nación y buscar otros procedimientos igualmente eficaces, sin tales inconvenientes y rozamientos.

Comentarios semificiales de Moscú que favorecían en principio tales términos medios, dieron lugar a reservas también semificiales de Washington; el 10 de diciembre el delegado soviético aseguró que su Gobierno permitiría la instalación de dos o tres de estas estaciones impersonales selladas y el acceso de personal internacional para traer y llevarse las «cajas negras» en regiones sísmicas de la U. R. S. S.; sin embargo, insistía en rechazar las inspecciones obligatorias *in situ*; por su parte los Estados Unidos, aun reconociendo aquí algo de buena voluntad para un futuro entendimiento mutuo, no aceptaron la proposición, especialmente en cuanto a la cuantía de las estaciones, que no bastarían en tan pequeño número: en vez de dos o tres habrían de ser centenares. Ante la presión de los delegados de los demás países, se esperaba a principios de 1963 un acuerdo final satisfactorio; Charles C. Stelle, delegado yanqui, llegó a hablar de la «tenue barrera que nos separa»; y por parte de la Prensa soviética, «Izvestia» sugirió que bastaría para ello «un empujón relativamente débil».

EL PROBLEMA DEL «FONDO»

A las 125 estaciones últimamente montadas o por lo menos equipadas por la USCGS en 65 países y numerosas islas, hay que añadir las que ya formaban una tupida red, que en este caso se intenta cerrar sobre el extenso territorio de la U. R. S. S., puesto que todos esos países están más o menos interesados en colaborar en los planes pacíficos del desarme nuclear; no parece, pues, exceso de optimismo confiar en que se llegará a poder descubrir cualquier explosión de alguna envergadura con que se intente violar el posible futuro acuerdo. Pero a todas se plantea un problema especial, previo al que luego se expondrá acerca de la interpretación de los registros: nos referimos al ruido de fondo sísmico, equiparable al radioastronómico, de distinguir primero las ondas sísmicas, naturales o artificiales, de otras muchas que se registran al mismo tiempo; después viene la ulterior discriminación entre las de un terremoto y las de una prueba nuclear.

Se ha dado el nombre técnico de relación entre señal y ruido de fondo (signal-to-noiseratio) a la proporción aritmética entre la intensidad o amplitud de una onda y las de las vibraciones parásitas de diverso género; y se ha entablado, como vamos a ver, una especie de carrera entre una y otra fuente de movimientos del suelo donde se hallan los aparatos registradores. Lo primero ha sido multiplicar el número de éstos y disponerlos convenientemente a fin de esclarecer mediante la acertada combinación de distintas componentes y períodos mayores y menores, la confusión o ambigüedad inevitable en muchos casos si los sismógrafos fuesen pocos o de un solo tipo: los resultados han confirmado tales apreciaciones desde antes de ini-

ciarse la campaña actual y en varios observatorios geofísicos el rendimiento ha superado las primeras esperanzas; por ejemplo, en algunos principales como el de Lamont en Nueva York y el de Pasadena en California; a partir de 1960 comenzó a funcionar un grupo de diez aparatos en el de las montañas de Wichita, el de Fort Sill, Oklahoma.

Una prueba nuclear de Nevada el 15 de febrero de 1962 fue registrada en el pozo de Hobart y en el sismograma aparecían ondas registradas en la superficie, y lo que es más importante, la relación señal-fondo era tres veces mayor abajo que arriba; ulteriores registros mostraron que en general, crecía esta relación de cuatro a cinco veces. En el otro pozo de Dallas, más profundo, la relación obtenida en el registro de la explosión del 27 de junio, fue también de cinco. Pruebas asimismo satisfactorias de sismogramas procedentes de instalaciones submarinas abren perspectivas favorables que prometen solucionar la enojosa cuestión de la vigilancia nuclear: sabido es que la última serie de pruebas de gran potencia fue realizada por los rusos en las cercanías del Ártico; y en ese mismo océano ha instalado la Universidad de Columbia, Nueva York, sismógrafos que han funcionado, no sólo bien, sino a veces mejor que en tierra firme; y se tiene en cuenta el creciente progreso de la navegación submarina, el número de «cajas negras» eficaces por su situación geográfica podrá multiplicarse fácilmente sin suscitar protestas. Cinco explosiones atómicas fueron registradas durante la primera mitad de 1962 desde el fondo del mar a lo largo de la isla de Santa Catalina, en California.

Algunos componentes de este fondo o ruido perturbador son ya conocidos de antiguo y tienen remedio relativamente sencillo: un sismólogo experimentado distingue fácilmente las ondas producidas por el tráfico, el viento, los cambios de temperatura del suelo, los microsismos, etc. Las cuevas y mucho más los pozos profundos aíslan perfectamente y defienden el registro de varias clases de estas perturbaciones: por supuesto, del tráfico, vibraciones debidas a motores, fábricas y otros factores estrictamente artificiales; las ondas producidas por el viento y la temperatura tienen sus caracteres y períodos propios inconfundibles, aunque no es lo mismo distinguirlas que hacerlas desaparecer del registro, lo que también es aplicable a las diversas clases de microsismos: estos últimos, aunque de origen superficial, no desaparecen totalmente en un registro subterráneo o submarino; pero a todos ellos es aplicable un novísimo sistema de eliminación empleado con éxito en radioastronomía, y que consiste en someter la gráfica a un analizador electrónico, a cuyo cerebro se han dado las debidas instrucciones, y él se encarga de separar las ondas «buenas» de las malas o perturbadoras de la señal que únicamente interesa; algo de esto hace ya el sismólogo en su labor cotidiana, pero aquí, como en tantas

otras cosas, el automatismo suple con ventaja lo que a él le pueda faltar de tiempo, trabajo y... paciencia.

Otro de los factores en el ruido de fondo es el mismo suelo sobre que está edificada la estación sismológica, y tal influjo es igualmente positivo y negativo: positivo en cuanto introduce o altera vibraciones que de otra suerte llegarían con nitidez y limpieza, y ahora llegan algo modificadas o acompañadas de otras parásitas; y negativo en cuanto que algunas son absorbidas por los aluviones eventuales, especialmente si se trata de trenes de ondas cuyo ángulo con el horizonte es pequeño, pues las que vienen casi verticales, apenas se alteran; y precisamente el registro de explosiones conviene hacerlo a distancias moderadas. Para todas estas dificultades el remedio obvio es la instalación subterránea profunda, a pesar del inconveniente, también obvio, de su elevado coste.

EL FOCO EMISOR

Cuando se investiga la causa inicial de un movimiento sísmico natural, las conjeturas suelen tener sólido fundamento y así se ha llegado a conocer mucho sobre la tectónica de la corteza terrestre; pero tales datos no son más que eso: conjeturas. Si el terremoto artificial ha sido cuidadosamente preparado en todos sus pormenores, no hay incógnitas en cuanto al foco emisor, cuyos caracteres serán perfectamente conocidos; de suerte que la comparación entre él y sus efectos en el registro solamente dejará las inevitables incertidumbres originadas por la trasmisión a través de capas más o menos profundas de la Tierra. Esta dependencia de las propiedades del medio se ha evidenciado en algunos de los experimentos recientes: el examen de sismogramas procedentes de emplazamientos distantes muestra que las explosiones de Nevada y otros campos de pruebas han buscado diferentes canales para su propagación subterránea, prefiriendo unos a otros según normas desconocidas. Así, por ejemplo, la estación de College, Alaska, está situada favorablemente sobre uno de estos canales respecto de Nevada (1,7 milimicrones de movimiento local del suelo por cada kilotón de potencia explosiva en tobas volcánicas, y desfavorablemente respecto del Sáhara (menos de una décima de milimicrón).

Evidentemente la cuantía del movimiento comunicado a la corteza terrestre y susceptible de transmitirse por ondas sísmicas, dependerá en primer término de la altura a que estalle el ingenio nuclear: será prácticamente nula si ello ocurre en la plena estratosfera; pero no basta que tenga lugar en el aire, para considerarlo como un fenómeno exclusivamente meteorológico; la explosión codificada «Trinito» del 16 de julio de 1945 a 33 metros del suelo, fue registrada por sismógrafos hasta a 1.200 kilómetros de distancia: por cierto que entonces casi por primera vez se hizo un re-

gistro con un sismógrafo especial situado a ocho kilómetros y a gran velocidad del cilindro receptor, donde ya aparecieron ondas nunca antes registradas. Dada la relativa facilidad con que hoy se hacen análisis radiactivos del aire a grandes distancias, donde infaliblemente será llevado por las corrientes atmosféricas, la detección de las pruebas aéreas no ofrece particulares problemas internacionales.

Una vez localizado el foco emisor en cuanto a su posición geográfica por los medios arriba indicados, hay criterios fáciles para su distinción de los terremotos naturales: en primer lugar esta misma ubicación en un lugar no sísmico. La sísmicidad del inmenso territorio de la U. R. S. S. es suficientemente conocida y durante muchos años los boletines de sus numerosos observatorios geofísicos que recibimos en todos los demás nos tienen bien informados sin necesidad de espionaje: si los rusos no hubieran ya publicado mapas de Rusia y Siberia con gran profusión de datos de esta clase, se podrían hacer «desde fuera». Claro está que en absoluto es posible la producción de un terremoto natural allí donde no los ha habido antes, pero el contraste entre la violencia de la sacudida registrada y la quietud histórica de aquella región, sería suficiente para sospechar.

Pero hay otro criterio más seguro aún, si cabe: no es práctico cambiar frecuentemente el emplazamiento de las costosas instalaciones necesarias para las pruebas nucleares; y, por tanto, se comprobaría la serie de seudoterremotos en el tiempo. Ahora bien: ¿es posible imitar artificialmente el modo peculiar con que se suceden los períodos sísmicos naturales (preliminares, sacudidas mayores, réplicas siguientes)? La respuesta de cualquier sismólogo, por corta que sea su experiencia, es un no indudable; y como el alcance efectivo de la detección es hoy considerable (los aumentos son ya de un par de millones de veces) y probablemente irán creciendo cada vez más, no habrá dificultad en obtener una imagen fiel de los hechos obtenida desde distancias cada vez mayores. Por último, se da la circunstancia favorable de que escasean mucho los terremotos en la Unión Soviética: sobre uno o dos millones de todo el globo terrestre, le corresponden probablemente unos 25 a 50.

De particular interés es la estructura geológica del terreno donde se verifican las pruebas; aunque estén amortiguadas las sacudidas por la elevación sobre el suelo, la transmisión a éste ya hemos visto que se deja sentir, como ocurre en otra forma respecto de los microsismos engendrados por variaciones de presión: en la misma superficie y sobre todo en lugares subterráneos, aumenta rápidamente la energía comunicada y únicamente se discute la eficacia de las explosiones producidas en cavidades de gran amplitud.

Es sabido que en la génesis sísmica desempeña un papel decisivo el grado de plasticidad de la porción móvil de la corteza terrestre: presupuesta

la causa primordial, cual es la tensión interna manifestada en diversas formas posibles, las masas rocosas responderán diferentemente según sus condiciones físicas, y no habrá sacudida inmediata si ceden plásticamente; pero sí podrá haber acumulación de tensiones que al llegar al límite de la elasticidad provoquen la ruptura, desplazamiento, hundimiento, etc..., generalmente de un modo repentino. Podrá haber asimismo sacudidas preliminares que antecedan a la principal o principales, como también reajustes posteriores, frecuentemente de menor cuantía: es decir, el cuadro del proceso sísmico arriba mencionado.

Teniendo en cuenta estos principios, se ha estudiado la posibilidad de escoger tales circunstancias en el terreno de pruebas que disimulen y amortiguen una explosión, haciéndola prácticamente independiente del ulterior proceso natural de propagación (decoupling effect). Con anterioridad a las pruebas nucleares de los Estados Unidos en 1962, la mayor parte se habían hecho en Nevada sobre o bajo un suelo de toba volcánica; convenía poderlas comparar bajo este aspecto con las verificadas en otra clase de terrenos. En efecto, en los de aluvión la energía propagada, a igualdad de potencia explosiva, resultó ser de cinco a diez veces menor que en la toba, y doble o triple si se hacían en granito o sal.

Sin embargo, los aluviones no son tan aptos para disimular las pruebas como parece deducirse de estas cifras; porque precisamente por tratarse de un suelo blando es forzoso profundizar mucho más que en otros duros, a fin de contener la acción explosiva, y tanto más cuanto la potencia haya de ser mayor; por lo demás, las huellas o cráteres resultantes son demasiado visibles para intentar ocultarlos a una posible inspección. El uso para tales fines de una vasta cavidad subterránea significa una reducción nada menos que de 100 a 300 veces; pero implica notorias dificultades prácticas: por cada kilotón hay que ahuecar un volumen de 57.300 metros cúbicos en roca salina y fuera del coste excesivo de la operación y el complicado proceso de ocultación de materiales extraídos, está el problema de ingeniería relativo a la solidez y resistencia de las bóvedas, así como la posibilidad de volver a utilizar la cueva para posteriores pruebas.

Al crecer la potencia detectiva y sensibilidad de los novísimos sismógrafos, se ha afirmado últimamente ser suficiente una red no muy numerosa de estaciones perfeccionadas y estratégicamente colocadas fuera de la Unión soviética para descubrir e identificar cualquier explosión que no llegue a dos kilotones, si ocurre en granito o sal, en tobas hasta dos, y en aluviones hasta catóree; ahora bien, recuérdese que las últimas pruebas rusas no se median en kilotones, sino en megatones y que para un eficaz ensayo no bastan intensidades pequeñas. El interesante y documentado informe especial, publicado por Science Digest en noviembre de 1962, de donde se han tomado numerosos datos de la presente reseña, termina con las oportunas

advertencias siguientes: habrá indudablemente progresos futuros en la técnica de la detección de pruebas clandestinas, de los que acaso no tengan noticia quienes pretendan violar posibles acuerdos sobre el desarme nuclear; pero también hay que contar con progresos correlativos en el arte de ocultar y disimular, que sean ignorados por los encargados de vigilar y sancionar las infracciones.

ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS

El Presidente de la División de Ciencias Geológicas de la Universidad de Harvard, Don Leet, ha estudiado técnicamente este problema bajo el punto de vista sismológico profesional y ha expuesto su autorizada opinión en un breve y excelente trabajo publicado en *Scientific American* de junio de 1962, respondiendo a la pregunta arriba mencionada, de si es hacedera una inspección eficaz a distancia por vía sismográfica. En principio se inclina a la afirmativa, aun en el caso extremo de tratarse de una potencia de pocos kilotones, como ya lo había probado la experiencia en la prueba norteamericana Gnome de diciembre de 1961, anunciada previamente y registrada a distancias del orden de 10.000 kilómetros en varias estaciones del mundo.

Siendo los terremotos y las explosiones dos clases tan diferentes de fenómenos, era de esperar que el registro revelase fácilmente su diverso origen; de hecho en un próximo pasado los sismólogos se enfrentaron y en parte resolvieron este problema respecto de sacudidas provocadas por explosivos no nucleares; pero no hay que olvidar que en el caso de las pruebas atómicas de gran potencia no es ya un hecho local, sino que fácilmente adquiere dimensiones mundiales; sacuden, por decirlo así, a todo el globo terrestre y participan por lo mismo de los caracteres de un gran sismo natural. Por otra parte, el secreto militar que ha rodeado hasta ahora hace mucho a tales experimentos en los Estados Unidos, ha impedido un estudio que ahora ha habido que realizar apresuradamente y con notoria falta de datos anteriores capaces de servir de base histórica y documental.

La principal diferencia entre ambos casos consiste en estar notablemente localizado y prácticamente reducido a un punto el efecto de la explosión sobre el suelo, en oposición al impacto, llamémoslo así, del terremoto natural, generalmente más extenso y repartido a lo largo de una línea de fractura o en un bloque cortical móvil; hay otra distinción, teóricamente clara, en la dirección del primer movimiento del suelo, que en el terremoto puede ser hacia dentro o hacia afuera respecto de la superficie, y en las pruebas nucleares, aun las subterráneas, es siempre hacia dentro y, por tanto, darán siempre una onda inicial de compresión, nunca de dilatación. La pri-

mera condición parece debía contribuir a una especial nitidez del registro, en oposición a la frecuente confusión de ondas de los sismogramas ordinarios, y la segunda proporcionaría al menos un criterio negativo por el que se excluirían los casos en que hubiera dilatación en la onda P: se entiende que en el sismo natural para unas estaciones esa onda será de compresión y para otras de dilatación, mientras que en el caso de explosión artificial habrá compresión para todas.

Desgraciadamente, ambos criterios pueden fallar y no pueden ser objeto de un acuerdo internacional de prohibición y vigilancia de las pruebas; porque prescindiendo de la lucha contra el ruido de fondo, que aún no es victoria definitiva, la simplicidad teórica del impacto simple queda desvirtuada por las inevitables perturbaciones derivadas del camino recorrido por el rayo sísmico a través de la compleja estructura cortical; y en cuanto a la dirección de la onda inicial, bien sabido es cuántas veces es imposible discernirla y hay que contentarse en calificarla de eP o emersión gradual de un tren de ondas cuyo impetu inicial no es suficientemente conspicuo. Por eso muy prudentemente insinúa Leet como única vía la que actualmente se está siguiendo: la multiplicidad de registros, de cuyo conjunto podrá deducirse acaso lo que en manera alguna es factible con uno solo.

En 1934 comenzaron en Harvard las investigaciones de este mismo tipo en orden a establecer criterios diferenciales entre explosiones cercanas, tales como las de canteras situadas entre 100 y 170 kilómetros del observatorio y los terremotos ordinarios: uno de los primeros resultados fue comprobar un predominio de amplitudes en las ondas P respecto de las S, al contrario de los sismogramas normales, hasta el punto de que a distancias considerables de sismos no muy fuertes, los primeros preliminares desaparecían prácticamente y el registro se iniciaba con los segundos.

Precisamente la explosión Trinity antes mencionada y registrada en excelentes condiciones con un sismógrafo Leet, permitió avanzar notablemente en este difícil análisis: los dos nuevos tipos de ondas allí descubiertas fueron la onda H, semejante a las de Rayleigh, salvo que el movimiento de las partículas del suelo no era retrógrado, sino que cuando avanzaba de izquierda a derecha, las partículas describían una órbita elíptica en el sentido de las agujas del reloj; y la onda C, bastante más compleja, que al avanzar ella, el suelo se desplazaba hacia adelante y atrás en línea recta, pero tal línea resultaba sesgada respecto de la dirección de propagación; por ejemplo, si el movimiento era hacia adelante, las partículas describían un camino complicado: hacia adelante, hacia arriba y hacia la izquierda, y luego al revés, atrás, abajo y derecha, correspondiente a una propagación en que las tres componentes perpendiculares entre sí se desplazaban en fase; fenómeno hasta ahora sólo comprobado en las explosiones nucleares.

Todo esto se descubrió gracias a las excepcionales circunstancias de un registro tan próximo, a ocho kilómetros; en ningún otro sismograma a mayor distancia fue posible identificar ondas tan útiles, debido a que su alcance es de por sí limitado; únicamente se manifestó claramente la preponderancia en amplitud de P sobre S, y la desaparición de S al agotarse su escasa energía, mucho antes que la de P. Esto ocurría en julio de 1945.

Un año después, con ocasión de la prueba nuclear Baker en el atolón de Bikini, y a 33 metros de profundidad bajo sus aguas, se obtuvo en el Instituto Tecnológico de California, a 8.000 kilómetros de distancia, un sismograma con características desusadas: conocido exactamente el momento de la explosión, de 20 kilotones, se identificó perfectamente la llegada de la onda P; pero estaba sola, sin vestigios de S ni de otras ondas siguientes. Desde entonces en algún terremoto natural débil y lejano se registraron comienzos semejantes aislados, pero nunca con tanta nitidez de energía P, tan lejos del foco y procedente de tan débil causa. Por entonces tal fenómeno era completamente desconocido y por muchos años se consideró como una extraña anomalía nada más.

En la actualidad, por el contrario, el registro de numerosas pruebas nucleares ha venido a confirmar la realidad de esta «P solitaria», aunque su aparición no es del todo constante y a veces falta del todo. Asimismo se ha notado que juntamente con las ondas S desaparecen también las superficiales. De este modo se establece una escala de valores en los sismogramas a distancias crecientes desde la presunta prueba nuclear clandestina: en estaciones suficientemente cercanas y acaso no tan alejadas, atendido el probable progreso futuro, podrían captarse las decisivas ondas H y C; a menos de 1.000 ó 1.500 kilómetros se estudiaría bien la reversión de amplitudes P. y S; a unos 2.500 deberá notarse la ausencia o disminución cada vez más marcada de ondas superficiales, y a mayores distancias podría registrarse la P solitaria, sobre todo teniendo en cuenta que al crecer la distancia se atenúa el influjo perturbador de las irregularidades procedentes de la corteza terrestre. Desde Nueva Zelanda se han solicitado con interés las gráficas de las estaciones españolas, situadas precisamente en la región antipodal, a causa de la nitidez con que aparecen aquí registradas las ondas iniciales, y paradójicamente resulta más fácil precisar así la hora H del sismo, que combinando los registros próximos al foco.

A modo de complemento de lo dicho acerca de detección de pruebas nucleares, añadiremos aquí la noticia publicada hace un par de años en la revista norteamericana «Newsweek» sobre el llamado Thaler Project, que consiste en una especie de radar de funcionamiento continuo y que recorre todos los azimutes; pero a diferencia del radar ordinario, utiliza ondas cortas y no ultracortas, por lo cual su propagación va en zigzag de la ionos-

fera a la superficie terrestre y después de su recorrido vuelven a registrarse en el punto de origen: si durante su camino encuentran gases ionizados de los que suelen producirse en las explosiones nucleares, el registrador las acusa, dando la dirección y la distancia. El método parece bueno, pero desde que se dio la noticia no se ha vuelto a hablar de él: o porque no dio el resultado que se esperaba y hubo de abandonarse, o porque lo dio y pareció prudente no divulgar más pormenores...

FISIOGRAFÍA ARTIFICIAL

Se ha ponderado y con razón que algunas empresas de la ingeniería moderna revisten formas tan gigantescas que en verdad están hechas a escala geológica; tales son las tres famosas presas de California que al mismo tiempo cambian las condiciones del suelo en enormes extensiones, convirtiéndolas de desiertos en regadíos y los valles en lagos: en éstos se están formando actualmente capas sedimentarias de gran potencia, fruto del trabajo humano y no de los elementos naturales.

Las areras del Sáhara han sido objeto de varios proyectos más o menos utópicos en el mismo sentido: uno de los incluidos por Eisenhower en sus planes de «Atomos para la paz», consistía precisamente en instalar allí poderosas centrales atómicas cuya energía se destinara a sacar a la superficie raudales de agua encerrados hoy en el subsuelo sahariano, convirtiéndolo así en un oasis continuado. Ya Julio Verne en su novela «La invasión del mar» esbozaba un plan semejante, aunque a base del desnivel favorable de algunas regiones nortefías del desierto, a donde sería posible llevar las aguas del Mediterráneo y con ellas un cambio radical de la fisiografía del Norte de Africa.

Más atrevido fue el que propuso Hermann Soergel, de Munich, de construir una gigantesca presa al oeste del estrecho de Gibraltar, con los resultados siguientes: unión de Europa con Africa, creación de millares de kilómetros cuadrados de tierras laborables en una gran parte de lo que ahora es el Mediterráneo, obtención de incalculables cantidades de energía eléctrica barata y riego abundante, no solamente de esas regiones, sino del mismo desierto del Sáhara, que se convertiría así en granero para muchos millones de habitantes de la Europa meridional.

He aquí los fundamentos de ese plan: sabido es que el Mediterráneo pierde por evaporación mucha más agua de la que recibe de sus ríos tributarios: se surte, por tanto, del Atlántico por el Estrecho en corriente constante, aunque perturbada por mareas y borrascas. Naturalmente, el dique habría de ser alto, ancho y sólido, para resistir por tiempo indefinido los embates del océano: su construcción daría trabajo a incontables obreros y a numerosos ingenieros durante casi medio siglo y costaría un crecido

número de miles de millones; para la navegación, la diferencia de nivel, que gradualmente se iría produciendo durante las obras, habría de salvarse con escusas como las de Panamá, tanto en Gibraltar como en Suez y los Dardanelos.

Al mismo tiempo se iría transformando el mapa de Europa meridional: una evolución lenta, pero siempre progresiva de los puertos, vías de acceso y comunicación, sería la consecuencia de quedar en seco extensos territorios que alterarían la faz del Mediterráneo y proporcionarían espacio vital para la actual población, demasiado densa de los países sudeuropeos. Enormes centrales hidroeléctricas aprovecharían ese mismo desnivel, no solamente en Gibraltar, sino también en las desembocaduras de los ríos de toda la cuenca, con lo que surgirían potentes industrias, entre ellas la de extracción de agua del subsuelo, en particular la del desierto africano. Inútil es añadir que el gigantesco proyecto de Soergel es algo que nadie en la actualidad puede tomar en serio, aunque en teoría sea tan prometedor: todo el mundo ve y prevé dificultades insuperables de varias clases, sobre todo en el orden político: aun éstas las había previsto el autor, proponiendo una superintendencia internacional, no sólo para la distribución equitativa de tan fabulosas riquezas, sino para prevenir abusos y hasta conflictos bélicos, ante la amenaza de ser privados de ellas, por ejemplo, con el corte de fluido eléctrico...

Otro plan menos fantástico ha sido objeto no hace muchos años de propaganda soviética, como demostración de los fines pacíficos a que puede destinarse la energía nuclear: se trataba de una modificación importante en las cuencas del Yenissei y del Obi, con el fin de convertir en regadíos amplísimos terrenos bajos de suelo virgen, hoy completamente áridos, de unos 300.000 km² de superficie: para ello se volarían con bombas nucleares las montañas que en la actualidad impiden el paso a las aguas, no de todo el caudal de dichos ríos, pero sí de no pocos de sus afluentes. Dos diques gigantescos, 5.000 km. de canales y varias centrales hidroeléctricas de enorme potencia completarian la obra, en la que acaso se incluiría la derivación de parte de esas aguas hacia el lago de Aral y el mar Caspio, remediando así los graves problemas que el descenso progresivo de nivel de este último está planteando de un modo alarmante al pueblo ruso en tiempos recientes.

Mucho más factible, aunque de consecuencias prácticas que pueden incluirse entre las de dimensiones geológicas, es cerrar mediante un dique el estrecho de Tartaria, entre la isla Sakalin y el continente siberiano: entonces la corriente fría procedente del mar de Okhotsk se desviaría hacia el Este y ello significaría el deshielo de varios puertos rusos, hoy cerrados al tráfico marítimo durante el largo invierno de aquellas latitudes, no por altas, sino por desfavorablemente situadas: se crearía, además, un clima

semitropical en las regiones meridionales del estrecho y mar del Japón, en las que sería posible obtener dos cosechas anuales en vez de una, puesto que al no recibir más que las aguas calientes del Río Negro (Black Current), la temperatura del mar subiría fácilmente a 20° C. Por lo demás, aquel estrecho clave no tiene más que 10 km. de anchura y su profundidad máxima es de 10 m. y a veces solamente de 4.

Según testimonio, del capitán de un barco mercante japonés, que hace ocho años desembarcó un cargamento de madera en el puerto siberiano de Lazarev, el dique ya existía, y el capitán afirma que vió sobre él una carretera de comunicación entre la isla y el continente. Tres profesores rusos, a quienes se interrogó posteriormente, negaron el hecho, pero reconocieron que se pensaba realizarlo: es verosímil que hubiera exageración o error en las apreciaciones del capitán, así porque se hubieran ya notado desde entonces los efectos climatológicos si la obra estuviese acabada, como por el silencio de los rusos, que difícilmente hubieran silenciado tan pacífica colaboración al bien público, así ruso como japonés, ya que este país se hubiera beneficiado igualmente de la mejora.

GLACIACIÓN ANTICIPADA

En reseñas anteriores se han citado opiniones diferentes y teorías discutidas entre autores contemporáneos acerca de las causas de las glaciaciones y la reconstrucción de su probable proceso; y hemos visto que lo más verosímil es admitir una evolución gradual más bien que una acción, externa o interna, de carácter catastrófico y repentino; el fundamento de esas hipótesis es siempre el mismo: el equilibrio precario de los agentes meteorológicos, capaz de inclinarse en uno u otro sentido por factores relativamente pequeños, pero de efecto acumulativo.

Algo semejante se ha dicho a propósito de ciertos proyectos encaminados a influir artificialmente en los climas terrestres, particularmente en las altas latitudes septentrionales: de donde lógicamente se ha pasado a considerar su posible efecto acumulativo y acaso perjudicial a la larga, por muy útil que parezca a los principios. Se habló recientemente de abrir por medio de explosiones atómicas, un paso a través de los hielos del casquete Norte, que facilitara la navegación marítima, ya que la aérea viene empleando con éxito esa vía breve entre Europa y el Japón. Que el frío polar pueda volver a cerrarlo o no, en un plazo corto o largo, es cosa sobre la que no hay acuerdo, como tampoco acerca de las posibles consecuencias de esa medida.

De un modo más radical se ha pensado asimismo en resolver ese problema por dos procedimientos diferentes. Uno es la disminución del albedo en el casquete, esparciendo polvo de carbón por la superficie helada e

incrementando así la acción térmica solar y la fusión de los hielos; el otro es la creación de nubes artificiales que impidan la pérdida de calor por irradiación. Es de notar acerca del primero, que no sería aplicable ni al casquete antártico ni a la masa de hielo de Groenlandia; a causa del excesivo espesor de la nieve neblada, al deshacerse la capa superior, el agua penetraría más adentro, sin otro efecto ulterior; en cambio, en la capa más delgada que cubre los mares árticos, se llegaría más fácilmente a liberarlos del campo de hielo que los cubre.

Cuando solamente se trata de obtener semejantes resultados en un microclima reducido, la capa de carbón o negro de humo es evidentemente eficaz y así se practica para facilitar las labores agrícolas en muchas partes; pero hacer lo mismo a escala continental es otra cosa, y la ejecución teórica no resiste la prueba de los cálculos logísticos concretos; porque las enormes extensiones a que habría de extenderse el tratamiento exigirían una cantidad prohibitiva de carbón, y un despliegue aéreo, para distribuirlo, de millones de expediciones de «bombardeo». Quizás la dificultad más grave sería el largo tiempo requerido para ello, durante el cual el viento y otros factores atmosféricos se encargarian de deshacer lo hecho, acaso a un ritmo más rápido aún, de suerte que la nueva nieve caída anularía la operación a medida que se iba realizando.

En cuanto a la producción artificial de nubes sobre el mismo casquete, que impidiesen la pérdida por irradiación del calor recibido, también ha sido objeto de estudio y se ha calculado la potencia de los explosivos nucleares suficientes para ello. Con el mismo fin de mitigar los rigores del frío ártico había hecho años atrás unas declaraciones por Radio Moscú el ingeniero y miembro de la Academia Soviética de Ciencias, A. Markin, acerca de un plan, también realizable a base de energía nuclear, y que consistía en cerrar el estrecho de Bering por medio de un dique de 90 kilómetros de largo, donde se instalarían estaciones movidas por centrales atómicas, encargadas de verter las aguas calientes del Pacífico en el océano glacial Ártico.

Lo que propiamente se pretende sería originar allí, a favor de las especiales circunstancias favorables, una corriente semejante a la del Gulf Stream; en la actualidad apenas descienden del Norte las aguas frías, de modo que el dique estaría principalmente destinado a impedir que el agua vertida en el Ártico vuelva hacia el Sur. Las consecuencias inmediatas serían un cambio paulatino del clima en las tierras que rodean al Ártico, del que saldrían beneficiados Alaska, el Canadá y la Siberia septentrional.

No faltaron entonces, como tampoco hoy, opiniones contrarias; al publicar esta noticia el *Financial Post*, de Toronto, ya insinuaba las dificultades obvias bajo el punto de vista de la geología histórica; cierto es que los cultivos y las minas saldrían gananciosas, pero era probable que el des-

equilibrio climatológico así introducido originase inundaciones en las costas atlánticas a causa de un deshielo anormal, con la consiguiente subida del nivel marino, que se calculaba en 1,5 m. No faltan argumentos en el campo optimista, como los del profesor Dunbar, quien no cree posible una influencia tan extensa y profunda; a su juicio basta la mole de hielo que cubre a Groenlandia para neutralizar el calentamiento del Ártico obtenido por estos medios.

Que una alteración de cierta importancia en la extensión del mar libre y en la temperatura media polar llegue a tener efecto cumulativo, el más trascendental para el caso, no parece dudoso; ello implicaría una evaporación más intensa, una mayor precipitación de nieve en los glaciares norteros y, por tanto, el riesgo de iniciar o, si se quiere, acelerar una posible glaciación futura.

A este propósito afirmaba Orville, jefe durante varios años de una Comisión nombrada por Eisenhower para estudiar el aspecto práctico de las intervenciones artificiales en los agentes atmosféricos, que «si un país enemigo llegara a dominar en gran escala este gobierno del tiempo antes que nosotros, las consecuencias podrían ser más desastrosas que la misma guerra nuclear», y acerca de semejante monopolio climatológico añadía Edward Teller, uno de los especialistas en bombas de hidrógeno, que si Rusia lograra modificar el régimen de lluvias en la Siberia, con detrimento ulterior de Norteamérica o de Europa occidental, se limitaría a decir que lo sentía mucho, pero que ellos no pretendieron sino mirar por el bienestar de su propio pueblo. A esto se puede agregar otra consideración obvia; no faltan sabios en la Unión Soviética capaces de apreciar con criterio sano y prudente las consecuencias previsibles en todos sus aspectos, y a menos de adoptar una actitud suicida, no puede Rusia desencadenar una catástrofe climatológica como la que temen algunos, sin ser ella acaso la principal víctima.

LOS SIGNOS CONVENCIONALES INTERNACIONALES DE LOS MAPAS HIDROGEOLOGICOS (*) (**)

I. INTRODUCCIÓN

La lista de los signos convencionales internacionales de los mapas hidrogeológicos, que son de hecho verdaderos mapas de recursos en agua, es el resultado de las actividades y reuniones de los grupos de trabajo y de las Asambleas generales de dos Asociaciones internacionales: la Asociación Internacional de Hidrología Científica (AIHS) y la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH).

Desde hace algunos años estas dos Asociaciones, la primera forma parte de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, y la segunda del Congreso Geológico Internacional, hoy de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, habían estudiado el problema del establecimiento de esta lista. Esta debería permitir la realización de mapas especializados en forma homogénea y normalizada, teniendo como base la geología y la topografía, en los que estarían representados con todas sus características los recursos en aguas subterráneas y superficiales.

La AIHS presentó y discutió esta cuestión en el curso de sus tres últimas Asambleas generales, en Roma en 1954, en Toronto en 1957 y en Helsinki en 1960.

En el curso de la Asamblea general de Helsinki fue organizado un Coloquio dedicado especialmente a esta cuestión y una Exposición Internacional de estos mapas, bajo el impulso, recomendaciones y participación financiera de la UNESCO.

En esta ocasión, la Comisión de las Aguas Subterráneas de la AIHS constituyó un Comité permanente de los Mapas Hidrogeológicos, formado por representantes de cada uno de los países siguientes: Gran Bretaña, Francia, Alemania, Hungría, Marruecos, Países Bajos, Estados Unidos y URSS, con un representante de la FAO, uno de la UNESCO y uno de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos.

La primera tarea de este Comité fue hacer recomendaciones a la UNESCO sobre el género de informaciones que debían figurar en los mapas a pequeña escala, particularmente para las zonas áridas. La segunda tarea fue la de estudiar los métodos de representación de las características hidrogeológicas sobre los mapas, tanto a pequeña como a gran escala y hacer las recomendaciones sobre un ensayo de normalización.

Con este objeto, el Comité estudió las comunicaciones presentadas en el coloquio mencionado anteriormente y en particular la preparada por la delegación de Marruecos (1), presentada en forma de proyecto, la lista de signos convencionales completa, provisto

(*) Acuerdos tomados en la reunión de París, del 20 al 29 de mayo de 1963.

(**) Noticia por J. M. L. de A.

(1) *Légende générale des cartes hydrogéologiques du Maroc*, por R. AMBROGGI y J. MARGAT. Publicación núm. 50 de la Asociación Internacional de Hidrología Científica, 1960.

de diversos ejemplos concretos, y que sirvió de base para el establecimiento del presente documento.

La AIH, constituida y organizada progresivamente en el curso del XIX y XX Congresos Geológicos Internacionales que tuvieron lugar, respectivamente, en Argel en 1952 y en México en 1956, emprendió igualmente, por su lado, la preparación de esta lista, en particular en el curso de las reuniones de Lieja (1959), Madrid (1960) y Roma (1961).

Una reunión común en la que participaron igualmente especialistas de la UNESCO y la FAO, fue finalmente organizada en la sede de la UNESCO en marzo de 1962 (2).

Se llegó entonces a un acuerdo general. El resultado es la presente lista de signos convencionales, provista de una introducción que precisa el sentido con el cual conviene utilizarla y una bibliografía internacional referente a la materia.

Conviene ahora poner en práctica las figuras y símbolos adoptados que permitirán en el futuro completar y perfeccionar este nuevo instrumento de trabajo destinado a facilitar la tarea de todos aquellos que, especialista o no, estén interesados en los problemas del agua.

II. INTRODUCCIÓN

La presente lista de signos convencionales ha sido elaborada a fin de proponer símbolos aceptados internacionalmente para los mapas hidrogeológicos, sea a pequeña escala, es decir, a escalas inferiores a 1/200.000 o a 1/500.000 según los países interesados, sea a escalas superiores, los cuales serían entonces considerados como mapas a gran escala.

En determinados casos, cuando ya han sido utilizados símbolos diferentes en ciertos países, estos símbolos son propuestos como alternativas posibles. Nos hemos esforzado en presentar los símbolos correspondientes a todos los datos ordinarios, pero queda bien entendido que en un mapa dado, se empleará una parte solamente de los símbolos propuestos, según las condiciones naturales y el estado de los conocimientos geológicos, hidrogeológicos u otros.

Además, en muchas regiones donde se dispone solamente de informaciones limitadas, un solo mapa hidrogeológico bastará, completado en caso necesario por mapas o por secciones marginales a más pequeña escala. En otras regiones mejor conocidas o más complejas, un cierto número de mapas puede ser necesario para representar el conjunto de los datos de que se dispone. En general, la utilidad de un mapa hidrogeológico es mucho mayor si va acompañado de una nota explicativa.

Además de la importancia de estos mapas hidrogeológicos para los hidrólogos y los especialistas de las aguas subterráneas, serán igualmente útiles a los no especialistas como a los administradores, los economistas, los técnicos encargados del urbanismo y de la distribución del territorio, los técnicos del suministro de agua para fines agrícolas, industriales y domésticos, así como a los agricultores, industriales y otros usuarios del agua subterránea.

El objeto de los mapas hidrogeológicos es el de permitir distinguir y clasificar las diferentes áreas hidrogeológicas según la naturaleza de sus problemas. Deberán indicar igualmente sobre una base geológica regional de extensión de los principales mantos, la penuria o ausencia de agua subterránea en otros sectores, la existencia conocida o probable de cuencas artesianas, las zonas con agua subterránea salada y la potabilidad de

(2) Ver informe más detallado en el Boletín «Zona Árida», núm. 16, junio 1962, publicación de la UNESCO, París.

las aguas. Estos mapas deberán igualmente suministrar, según la escala, informaciones de carácter local como las perforaciones, los pozos y otras obras, el nivel de los mantos y la dirección de los escurrimientos subterráneos, la variación en la calidad del agua, etcétera.

En general, toda información que permita una mejor comprensión de la materia deberá figurar en los mapas según la escala adoptada, pero los datos que figuran normalmente se refieren a la topografía y al clima, la hidrología superficial, datos hidrogeológicos básicos, datos dimensionales sobre los mantos, la hidroquímica y las disponibilidades en agua. Además, una amplia base geológica es necesaria para una comprensión satisfactoria de las condiciones hidrogeológicas, porque los datos fundamentales de un mapa hidrogeológico exigen un conocimiento profundo de la geología de la región: la precisión y utilidad del mapa hidrogeológico serán tanto mayor cuanto más se conozca la geología,

III. FIGURAS Y SÍMBOLOS (1) (2)

A) TOPOGRAFÍA,	Los símbolos y las figuras concuerdan tanto como es posible con los convenios internacionales (gris).
B) GEOLOGÍA.	
1 * Formación Geológica.	Solamente si la edad es esencial para la comprensión hidrogeológica, pueden ser empleados los colores, conformándose tanto como sea posible con los convenios geológicos internacionales.
Estratigrafía.	Los caracteres, símbolos y figuras deben conformarse con los convenios internacionales (negro).
3 Altitud o profundidad de la formación (techo o muro) relativa al nivel de referencia nacional.	Curva de nivel con trazos interrumpidos hipotética (negro).
4 Contacto entre una formación permeable y una formación impermeable o semi-permeable.	Línea de contacto (negro).
5 Dirección y echado.	(negro).
6 Eje anticlinal, con dirección del buzamiento axial.	Idem.
7 Eje sinclinal, con dirección del buzamiento axial.	Idem.
8 Flexión, que no afecta la cubierta aflorante.	Idem.

(1) Estas figuras y símbolos se aplican a todos los tipos de mapas (mapas a grande o pequeña escala y mapas especiales), salvo indicación contraria mencionada para ciertos casos.

(2) Los números en cursiva indican véase la figura.

- 9 Flexión, con dirección del lado hundido. Idem.
 10 Falla, con dirección del lado hundido. Idem.
 11 Falla, que no afecta la cubierta aflorante. Idem.
 12 Falla de cabalgadura. (Parte dentada sobre el comportamiento cabalgado) (negro).
 13 Contacto anormal. (negro).

C) LITOLOGÍA.

Para la litología se recomiendan los símbolos y las figuras internacionales, en marrón o en el color de la formación geológica (ver B. 1).

Para los terrenos de litología compleja puede emplearse una mezcla de símbolos diferentes.

La litología de los terrenos semi-permeables e impermeables no se indica.

- 1 Gravas, depósitos de gravas. (Marrón o de color de la formación geológica; ver B. 1).
 2 Arenas. Idem.
 3 Areniscas. Idem.
 4 Conglomerados. Idem.
 5 Calizas. Idem.
 6 Dolomitas. Idem.
 7 Travertinos. Idem.
 8 Proyecciones volcánicas porosas. Idem.
 9 Sales sódicas. Idem.
 10 Yeso. Idem.
 11 Caracter químico de la formación. Las figuras litológicas pueden indicar igualmente las propiedades químicas.

D) HIDROGRAFÍA.

Todas las aguas naturales se indican en azul.

- 1 Curso de agua perenne, con sentido de escurrimiento. (Azul).
 2 Curso de agua perenne, altamente contaminado. Idem.
 3 Curso de agua perenne, salado. Idem.
 4 Curso de agua estacional con sentido de escurrimiento. Idem.
 5 Curso de agua temporal, con sentido de escurrimiento. Idem.
 6 Término de un curso de agua. Idem.
 7 Estación de aforo, con gasto medio anual y superficie de la cuenca de drenaje. Idem.
 8 Pantano temporal. Idem.
 9 Terreno inundado durante las crecidas. Idem.
 10 Línea de división de las aguas superficiales. Idem.

- 11 Fuente. El interior de la figura está reservado para los datos hidroquímicos (con colores en conformidad con F. 3 y F. 5), el exterior está reservado para los datos hidrodinámicos. (Azul o azul oscuro).
 12 Grupo de fuentes. La figura D 11, pero más grande (azul o azul oscuro).
 13 Fuente termal o termomineral. (La figura D 11, pero más gruesa (azul o azul oscuro).
 14 Estanque o punto de agua natural sin escurrimiento. (Azul o azul oscuro).
 15 Lago salado. Ver F. 9.

E) HIDROLOGÍA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

- 1 Altitud o profundidad de las superficies piezométricas relativas a un cierto momento y al nivel de referencia nacional. Isohypsas o curvas isopiezas (con trazos interrumpidos: hipotética). (Azul).
 2 Sentido y velocidad real de escurrimiento del manto (ejemplo en media). (Azul o azul oscuro).
 3 Línea divisoria de las aguas subterráneas. Idem íd.
 4 Límite de extensión del manto cautivo. Idem íd.
 5 Límite de la zona de artesianismo del manto cautivo. Idem íd.
 6 Límite de extensión de la formación acuífera. Ver B. 4.
 7 Barrera en la formación acuífera. (Mapas a gran escala y especiales). (Azul).
 8 Profundidad media hasta el agua (la superficie freática o bien el techo del manto cautivo) por relación al suelo. (Mapas a gran escala y especiales). Curvas isobatas, por ejemplo del color de la formación.
 9 Altitud o profundidad del techo y/o de la base de formación acuífera relativa al nivel nacional de referencia. Ver B. 3.
 10 Potencia de la formación acuífera en cierto momento (en m). (Mapas especiales). Curvas isopacas, líneas de igual potencia. (Curva en azul, cifras en rojo).
 11 Muchos mantos superpuestos. (Mapas a gran escala y especiales). A representar en los cortes transversales o pluviométricamente (en colores a discreción del autor).
 12 Condiciones de infiltración de los terrenos superficiales. Figuras, a discreción del autor.

Clasificación cualitativa, por ejemplo:

- Infiltración potencial elevada.
 - Infiltración media.
 - Infiltración débil.
- (Mapas especiales).

13 Transmisibilidad.

(Mapas a gran escala y especiales).

14 Gasto medio de los pozos.

Orden de magnitud representada por zonas de igual gasto o puntualmente por pozos donde el gasto específico (el gasto por metro de abastecimiento), es conocido aproximadamente, o bien por el gasto total de los pozos para un abastecimiento específico.

(Mapas a gran escala y especiales).

15 Gasto explotable por unidad de superficie de la parte explotada del manto.

(Mapas a gran escala y especiales).

16 Altura media anual de las precipitaciones (en mm.)

(Mapas especiales).

F) Hidroquímica.

1 Concentración total o concentración en cloruros o dureza total, etc.

2 Profundidad de la superficie de separación entre el agua dulce y el agua salada, relativa al nivel de referencia.

3 Composición química de las aguas subterráneas.

(Mapas especiales).

Aguas bicarbonatadas.

Cálcicas.

Magnésicas.

Sódicas.

Aguas sulfatadas.

Cálcicas.

Magnésicas.

Sódicas.

Aguas cloruradas.

Cálcicas.

Magnésicas.

Sódicas.

Curvas de igual transmisibilidad o colores a discreción del autor.

Una gama de matices de un mismo color, el más oscuro para el gasto mayor.

Una gama de matices en azul.

Curvas isoyetas. (Azul).

Curvas de igual concentración en cloruros (violeta): discontinua hipotética, o una gama de matices de un mismo color en los cortes transversales o sobre mapas especiales.

Curvas de igual profundidad con trazos interrumpidos, hipotética (violeta).

Color representando la característica predominante: el rayado en dos tintas representa las facies mixtas. La concentración está indicada por matices diferentes del color o por curvas de igual concentración.

Azul.

Azul violeta.

Azul oscuro (azul de Prusia).

Amarillo.

Naranja.

Marrón-amarillo.

Marrón-verde.

Verde azul.

Verde.

4 Temperatura en grados

5 Agua mineral o termal.

No utilizable.

2 g l.

24 "

48 "

8 "

No determinado.

6 Propiedades químicas del terreno acuifero.

7 Curso de agua muy contaminado.

8 Curso de agua salada.

9 Lago salado.

Cifra (violeta)

Símbolo de una fuente (D. 11) o de un pozo (D. 14) pero más grueso (azul o azul oscuro). El interior del símbolo está reservado para los datos hidroquímicos, con colores en conformidad con F. 3.

Ver C. 11.

(Línea azul con un borde gris).

(Línea en azul con un borde en violeta)

(Línea en azul representando el margen con un borde en violeta).

G) PERFORACIONES, POZOS Y OTRAS OBRAS.

Todas las obras artificiales en rojo.

1 Perforación.

2 Pozo excavado.

3 Pozo excavado, seco.

4 Pozo horadado (*).

5 Pozo horadado, seco.

6 Pozo artesiano.

7 Pozo con aguas en carga, pero no artesianas.

8 Pozos de inyección.

9 Grupo de pozos.

10 Cisterna.

11 Receptáculo de acumulación del agua de superficie.

12 Captación de fuente.

13 Galería drenante, dren.

14 Conducción o tuberías.

(rojo).

Idem.

Idem.

Idem.

Idem.

Idem.

Idem.

Idem.

La figura de un pozo, pero más grande (rojo).

(rojo).

Idem.

(Cuadro en rojo, símbolo de una fuente en azul).

(rojo).

Idem.

Ejemplo:

1 = número.

2 = nivel estático

3 = transmisibilidad.

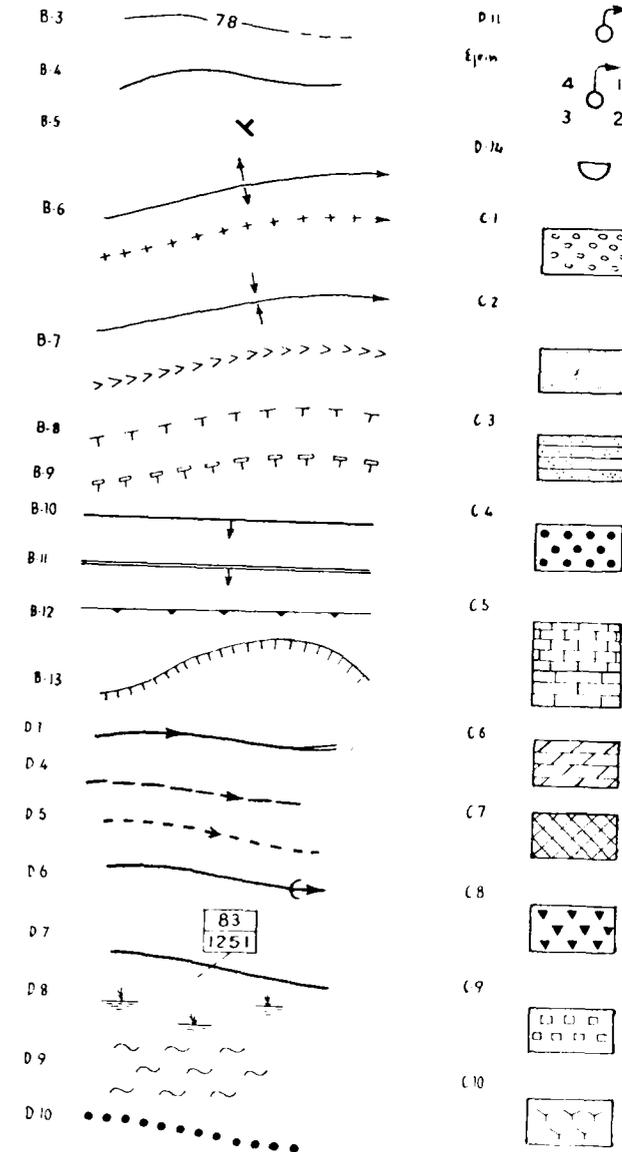
4 = temperatura.

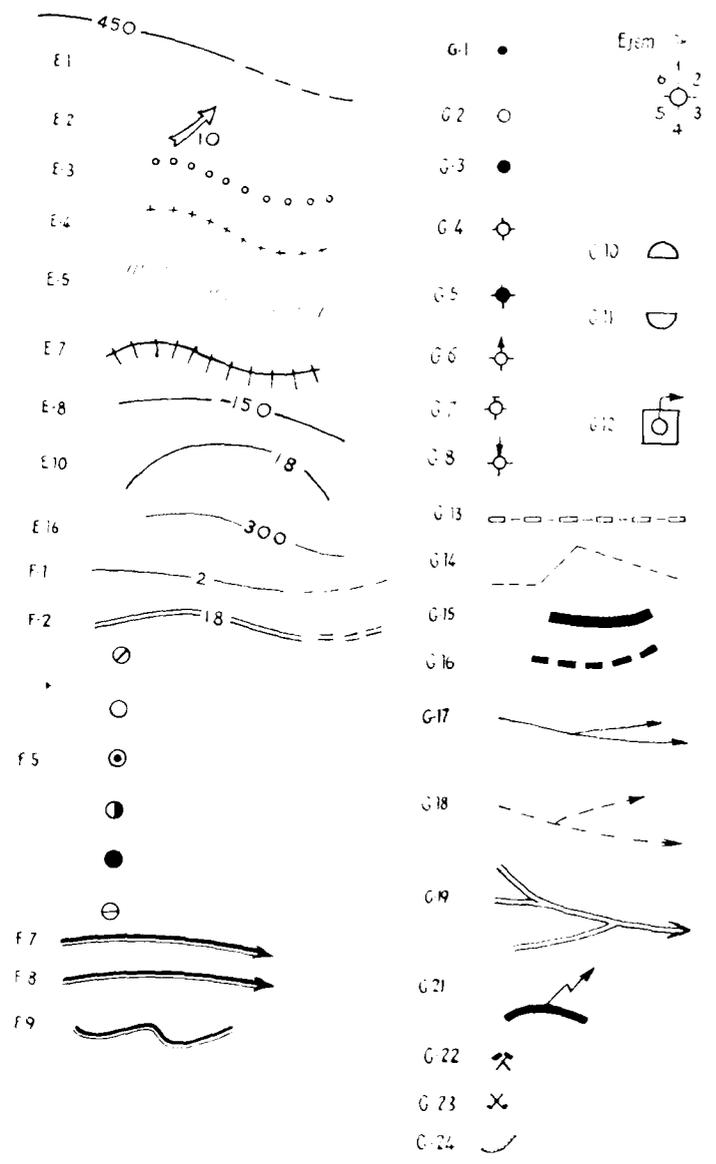
5 = abastecimiento

6 = gasto.

(* El interior de la figura está reservado para los datos hidroquímicos (en colores con conformidad con F. 3 y F. 5), el exterior está reservado para los datos hidrodinámicos.

- 15 Presa de retención o de derivación con capacidad en millones de metros cúbicos. (Rojo).
- 16 Presa subterránea. Idem.
- 17 Canal, canal de irrigación (agua perenne). Idem.
- 18 Canal (aguas de crecida). Idem.
- 19 Canal de coladura (o dren artificial). Idem.
- 20 Estación de aforamiento de un curso de agua (fluviométrico). Idem.
- 21 Planta hidroeléctrica. Idem.
- 22 Mina, explotación. Idem.
- 23 Mina, abandonada. Idem.
- 24 Cantera. Idem.





Noticias

DATOS ESTADISTICOS

EL CONSUMO EUROPEO DE ENERGIA

Se espera que el consumo de fuentes de energía en la Comunidad Económica Europea se duplicará entre 1960 y 1975, pasando de 460 a 850 millones de toneladas de equivalente carbón. La parte proporcional de cada una de las fuentes energéticas en la cobertura del consumo global sería la siguiente, en los años inicial y final de este período:

	1960	1975
Carbón	61 %	52 %
Petróleo	27 %	46 %
Gas natural	3 %	10 %
Energía eléctrica de origen hidráulico	9 %	7 %
Energía eléctrica de origen nuclear	—	5 %

LA ROYAL DUTCH-SHELL

El consorcio petrolero Royal Dutch-Shell («Royal Dutch N. V. Koninklijke Nederlandsche Petroleum Maatschappij»), con sede en La Haya, y que reúne más de 500 sociedades radicadas en todos los países del mundo libre, ha aumentado su producción de petróleo y de gasolina natural en 9 por 100, hasta una media diaria de 640.000 barriles, mientras sus reservas de petróleo bruto continúan a un nivel satisfactorio. El volumen de los productos salidos de sus refinerías se ha elevado a 6,50 por 100, y las ventas totales de petróleo y sus productos derivados en 11,8 por 100 (6 por 100 en 1961), hasta 3,17 millones de barriles diarios.

LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

La producción y consumo mundiales de fertilizantes nitrogenados continúa aumentando uniformemente. En 1961-62, la producción fue de 14.242.000 toneladas, con un incremento de 7,2 por 100 respecto al ejercicio anterior, mientras el consumo se elevó en 7,83 por 100 hasta las 14.108.000 toneladas. Se estima que en el año en curso experimentará un nuevo incremento dicha producción (7,4 por 100 aproximadamente) y un menor aumento el consumo (un 6,7 por 100).

COTIZACION Y COMERCIO

EXPORTACIONES (1962)

	Millones de dolares	Porcentaje
<i>Total</i>	734.22	100.00
Combustibles minerales, aceite minerales y productos de su destilación; materias bituminosas; ceras minerales	44.65	6.08
Fundición, hierro y acero	16.70	2.27
Minerales metalúrgicos, escorias y cenizas	14.52	1.98
Sal; azufre, tierras y piedras; yesos, cales y cementos	13.95	1.90
Productos químicos inorgánicos; compuestos inorgánicos u orgánicos de metales preciosos, orgánicos u orgánicos de metales preciosos, de elementos radiactivos, de metales de las tierras raras y de isótopos	11.30	1.54

IMPORTACIONES (1962)

	Millones de dolares	Porcentaje
<i>Total</i>	1,569.36	100.00
Combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación, materias bituminosas; ceras minerales	247.05	15.74
Fundición, hierro y acero	104.05	6.64
Abonos	39.39	2.51
Productos químicos orgánicos	37.91	2.42
Sal; azufre; tierras y piedras; yesos, cales y cementos	30.90	1.97
Cobre	30.82	1.96

MINERALES

Continúan los envíos de los de hierro con destino a Inglaterra, aunque se advierte una ligera reducción en su volumen, siendo, por el contrario, normales los de piritas.

METALES

De las exportaciones realizadas en el mes de febrero destacan las de plomo a Inglaterra, cinc a Italia, aluminio a Estados Unidos y Bulgaria, mercurio a Alemania, Francia e Inglaterra, y lingote de hierro a Francia, Estados Unidos y Holanda.

MANUFACTURAS METALICAS

Se resiente el sector máquinas herramientas, apuntándose como causa cierta baja de calidad y la competencia, en cuanto a financiación, que ejercen Italia y Rusia para los países sudamericanos, ofreciendo plazos más dilatados que los de España, y a un interés que no sobrepasa el 3 por 100. Importante intensificación en los envíos de motores eléctricos, así como de material, destinado principalmente a Alemania, Filipinas, Uruguay y Formosa.

EL PETROLEO Y EL GAS NATURAL EN EUROPA

Con el título «La investigación y explotación del petróleo bruto y el gas natural en la zona europea de la O. C. D. E.», se ha publicado un trabajo en el que se consideran las legislaciones mineras y fiscales sobre el petróleo que estaban en vigor en Europa el 1 de julio de 1962, desde el triple punto de vista administrativo, jurídico y fiscal. Este informe proporciona también descripción de las zonas productoras y comenta, de modo detallado, un mapa geopetrolífero. Se describen los procedimientos de investigación y de explotación utilizados y los resultados obtenidos.

Exportadora de energía hasta 1927, Europa occidental, después de esa fecha, ha tenido que enfrentar una parte de sus necesidades con las importaciones de petróleo y de carbón. En 1961 los productos derivados del petróleo representaban solamente el 8 por 100 de la energía consumida en Europa. En 1961, esta proporción llegó a ser del 30 por 100. En este último año, Europa produjo 31.1 millones de toneladas de petróleo crudo, es decir, el 15 por 100 de su consumo. A Alemania le correspondieron 6.2 millones de toneladas; a Austria, 2.4; a Francia, 17.8, comprendidos Argelia y el Sahara; a Italia, 1.9; a Holanda, 2; a Turquía, 0.4; a Inglaterra, 0.2, etc.

COBRE. MODIFICACIONES ARANCELARIAS

Por un Decreto de fecha 28 de marzo («B. O.» 14) se establece durante el año 1963 un contingente arancelario, libre de derechos, para 25,000 toneladas de cobre en bruto para afino. Al mismo tiempo se modifican los derechos que gravan los demás productos del cobre.

IMPORTACION DE MERCANCIAS

Despacho de minerales.

1) El despacho de minerales presenta peculiaridades derivadas de la propia naturaleza de la mercancía. En principio, el despacho tiene carácter provisional, pues influyen en él varias circunstancias que obligan a que así sea, tales como: peso en estado húmedo o en estado seco; posible contenido de otros elementos más valiosos (como en el caso del cobre cuando contiene oro y plata); diferencias de análisis entre el del importador y el exportador, de los que se toman el promedio y cotización aplicado (suele ser frecuente tomar el promedio en el LME durante unos días determinados).

2) Como el valor final, a causa de los elementos de mutación que existen pueden ser inferior o superior al de la factura provisional, el despacho con cargo a esta última se efectuará ingresando en firme el 90 por 100 de su importe bruto total y solicitando garantía, a resultados del despacho definitivo, por el 10 por 100 restante, más un 10 por 100 del total facturado en la

provisional. La declaración se mantendrá en la Aduana hasta que pueda unirse a la misma la factura definitiva, con escrito al importador en el que haga constar por quién se hizo el muestreo y el análisis admitido, así como su importe. Entonces se remitirá al Centro Directivo la incidencia ultimada, con «hoja de incidencias» en la que se haya hecho constar la liquidación provisional y la definitiva con cargo a la última factura.

LA SIDERURGIA

Varias personalidades de la industria siderúrgica alemana han manifestado que las perspectivas de este sector son francamente pesimistas. En el año pasado la producción de 33 millones de toneladas de acero fue el 1,5 por 100 inferior a la de 1961. En el primer trimestre del año actual la producción es el 4 por 100 inferior y el volumen de pedidos el 14 por 100 inferior a iguales fechas del año precedente. Hay empresas alemanas que sólo tienen pedidos para dos meses.

Entre las soluciones que se buscan se ha descartado la reducción voluntaria de la producción, porque ello daría lugar a que los demás países del Mercado Común ocupen el hueco dejado por la siderurgia alemana. Se desea que todos los países de la Comunidad concierten una reducción de la producción, pero esta medida que implica una cartelización está en contra de la que dispone el Tratado de la Comunidad Europea del Carbón y el Acero.

La Alta Autoridad de dicha Comunidad está estudiando la solución que parece más fácil a los siderúrgicos alemanes, esto es, un alza de las tarifas aduaneras para los productos siderúrgicos procedentes de los países no integrados en el Mercado Común.

La causa de este exceso de oferta se debe principalmente al descenso de la producción de bienes de equipo especialmente de máquinas-herramientas. La cartera de pedidos de muchas empresas es ahora en un 30 por 100 a nivel de hace un año.

COBRE.—APERTURA DEL CUPO ARANCELARIO

La Dirección General de Comercio Exterior ha convocado la distribución de un cupo de 8.000 toneladas con cargo al contingente arancelario de 1963. Han tenido acceso al reparto solamente las empresas dedicadas al refinado electrolítico. El plazo de presentación de solicitudes terminó el 24 de mayo.

SATURACION DEL MERCADO DE GASOLINA

Las refinadoras de petróleo están preocupadas por la saturación del mercado de la gasolina. Mientras que el fuel oil va teniendo cada vez más importancia que la gasolina entre los derivados del petróleo, la estructura técnica de las refinadoras están montadas de cara a obtener el máximo rendimiento en aquélla. Es por esto que la gasolina tiene en muchas refinadoras el carácter de producto residual. La salida de esta situación excedentaria estaría en una baja de precio y en una intensificación de las ventas, especialmente en los países en vías de desarrollo. Para la primera solución se encuentra el obstáculo que presentan los Gobiernos de los países consumidores, quienes se resisten a rebajar los fuertes impuestos que pesan sobre el consumo de gasolina. Por otra parte, los países no desarrollados desean tener sus propias refinadoras. A más largo plazo la solución está en el cambio tecnológico de las instalaciones de refinado, a fin de que se obtenga el máximo rendimiento en fuel oil.

SIDERURGIA

A mediados de abril, las empresas siderúrgicas norteamericanas tomaron la iniciativa de subir los precios. En 1962 una decisión similar se encontró con una reacción desfavorable de la Administración y hubo que desistir del propósito. La subida de 1963, a diferencia del año precedente, se ha iniciado por las compañías pequeñas y en vista de que oficialmente no se han puesto objeciones las han seguido las grandes. El encarecimiento del acero norteamericano no podrá ir demasiado lejos a causa de la competencia europea.

LA SIDERURGIA FRANCESA

Por haberse considerado excesivamente ambicioso el plan de expansión siderúrgica en Francia, se ha procedido recientemente a su reducción. Los 25 millones de toneladas de lingote que se habían proyectado para 1965 han sido disminuídos a 23. Esta reducción no ha de interpretarse como motivadora de riesgo alguno para la expansión industrial en general de la nación, pues afecta exclusivamente al sector siderúrgico.

EL CONSUMO DE PETROLEO EN EUROPA OCCIDENTAL

El consumo de petróleo en Europa occidental ha aumentado en 1962 en 30 millones de toneladas, y en 20 millones en 1961. Las ventas totales llegaron a 215 millones de toneladas servidas como suministro a los navíos que hicieron escala en puertos europeos. La producción europea de petróleo bruto se elevó a 15,5 millones de toneladas, con alza del 40 por 100 respecto a 1961, y las importaciones fueron de 208 millones de toneladas, con aumento del 9,6 por 100. Las importaciones de productos refinados totalizaron 26,7 millones de toneladas.

LA INDUSTRIA DEL GAS EN GRAN BRETAÑA

La industria del gas de Gran Bretaña se ha visto obligada a recurrir a diferentes materias primas para fabricar gases combustibles de uso doméstico o industrial, por lo que en la actualidad está soportando las adversas consecuencias derivadas del aumento de precio del carbón y de los gases suministrados como subproductos por las industrias del hierro y del acero.

La industria británica del gas viene consumiendo más de 22 millones de toneladas de carbón al año, frente a menos de un millón de toneladas de petróleo, no llegando al 1 por 100 del gas vendido el obtenido mediante gasificación del carbón por el moderno proceso Lurgi.

La actual posibilidad de realizar importaciones en gran escala de petróleo procedente de los ricos yacimientos argelinos, le ofrece una buena oportunidad para su reorganización y expansión, pero, de todas formas, se enfrenta todavía con otros obstáculos de importancia.

El número de usuarios de gas ha aumentado progresivamente en Gran Bretaña hasta llegar a casi 13 millones; el consumo promedio de gas por abonado viene descendiendo continuamente a causa de la competencia representada por el petróleo y la electricidad.

Para competir más eficazmente con la electricidad y el petróleo en aplicaciones tales como calefacción central, calentamiento de agua y refrigeración, y acondicionamiento de aire, la industria del gas debería modificar su actual política de precios.

La utilización de gas importado sería un factor decisivo a este propósito, pues el capital necesario para suministrar gas de ciudad, obtenido a partir de gas natural importado, equivaldría, aproximadamente, a las dos quintas partes del necesario para este mismo fin si se quisiese utilizar gas fabricado a partir de carbón, a un quinto del requerido para llevarlo a cabo con energía eléctrica producida por procedimientos convencionales, y a un veintavo del que exigiera el suministro de energía eléctrica de origen nuclear.

Por esta razón, en el Reino Unido, las Juntas Regionales del Gas han firmado los correspondientes contratos para la construcción de una serie de gasoductos, con una longitud total de 523 kilómetros, que permitirán suministrar a gran número de sus abonados gas natural de procedencia sahariana. El costo de este sistema de distribución ascenderá a 9 millones de libras. El gasoducto principal partirá de Canvey (Essex), para terminar en las proximidades de Leeds y tendrá unos 322 kilómetros de longitud. Los ramales de él derivados arrojarán un total de 201 kilómetros y servirán a diferentes ciudades situadas en las proximidades. El citado gasoducto principal tendrá 45,7 cm. de diámetro, y el de los ramales oscilará entre 15 y 35,5 cm. La capacidad de transporte del gasoducto — unos 2,5 millones de metros cúbicos por día— será mucho mayor que la de los gasoductos ordinarios del mismo calibre, debido a que su especial diseño le permitirá trabajar a una presión de 70,31 Kg/cm².

El gas natural será transportado en estado líquido a Gran Bretaña, en navíos especialmente construidos con este fin. La licuefacción tendrá lugar en una factoría ya en funcionamiento en Port Arzew, en la costa mediterránea de Argelia, hasta donde será transportado desde los yacimientos de Hassi R'Mel, en el Sahara, a través de un gasoducto de 400 kilómetros de longitud. La licuefacción a -161,1°C. reducirá el espacio ocupado por el gas a 1/600 de su volumen original.

COTIZACIONES DE METALES

M A T E R I A S	30-12-59	1-1-62	3-1-63	2-5-63	30-5-63
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	12,50	12,50	11,50	11,50	11,50
Londres (£ por Tn.).....	95 1/4-95 1/2	71 3/8-71 1/2	67-67 1/8	74 3/8-74 1/2	75 3/4-76
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	28,10	26,—	22,50	22,50	22,50
Londres (£ por Tn.).....	187	186	180,—	180,—	180,—
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg. gramos).....	212-214	191-193	186-189	185	183
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.)..	72	59	61 1/2	60	58 1/2
VOLFRAMIO					
Londres (£ por Tn.).....	147-152	104-107 1/2	63-69	65-70	60-70
PETROLEO					
Nueva York (£ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3,05-3,25	3,05-3,25	3,10	3,10	3,10
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra)...	98,75	120,62	113,12	115,87	117,62
COBRE					
Nueva York (centavos por libra),					
Electrolítico.....	26	31	28,50	28,87	28,75-29
Londres (£ por Tn.).....	256 1/2-257 1/2	229 1/2-229 3/4	234-234 1/4	234-234 1/4	234-234 1/4
PLOMO					
Nueva York (centavos por libra)...	12	10,25	10,—	10,50	10,50
Londres (£ por Tn.).....	74 1/4-72 1/2	59 1/4-59 3/8	54-54 1/4	57 3/8-57 3/4	64 3/4-64 7/8

C R I A D E R O S

PROSPECCION SUBMARINA DE PETROLEO

Pronto serán emprendidas exploraciones para descubrir posibles yacimientos petrolíferos submarinos en el Mar del Norte y el Báltico. Se harán perforaciones en los Países Bajos, Alemania Occidental y Dinamarca. En Europa no han sido descubiertos aún yacimientos submarinos.

PROSPECCION PETROLIFERA EN GRAN BRETAÑA

Continuaron muy activamente durante el año 1962 en Gran Bretaña los trabajos encaminados al descubrimiento de nuevos yacimientos de petróleo. Desde la última guerra, se han logrado considerables progresos en la extracción de crudos, existiendo actualmente más de 15 campos petrolíferos en explotación. En el primer semestre de este año, la producción total ascendió a 55.000 toneladas. Si este ritmo pudiera ser mantenido, la producción de 1963 superaría al total de 108.200 toneladas conseguidas durante el año 1962.

PROSPECCIONES PETROLIFERAS EN EL SUBSUELO MARINO

Seis empresas británicas de construcción naval, se han asociado con la «Keir and Cawdor Arrow Drilling», de Glasgow, y con la «Global Marine Exploration», de Los Angeles, para formar una empresa denominada «Global Marine KCA», en la que las compañías británicas tendrán una participación mayoritaria. La nueva empresa espera tener, para el verano de 1964, un buque con maquinaria para perforación de pozos de petróleo, trabajando en el Mar del Norte. Buques similares se necesitarán también para explorar las posibilidades petrolíferas del subsuelo marino frente a las costas de Libia, Nigeria y los países petrolíferos del Oriente medio.

LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL PETROLEO EN LA URSS

Es muy crecido el número de trabajos realizados últimamente en la URSS sobre las propiedades y la composición del petróleo y sobre los procedimientos para su purificación y destilación. Fueron desarrollados, además, nuevos métodos para la eliminación del azufre de los productos petrolíferos, con lo que se amplió extraordinariamente el surtido de materias primas para la obtención de combustibles de elevado octanaje para motores, y de aceites lubricantes. Otros trabajos de investigación fueron dedicados al estudio teórico y experimental del craqueado, de su cinética y termodinámica, de la influencia de la presión, de la acción de diversos catalizadores (entre otras, la del fluoruro de boro como catalizador en las reacciones de alcalificación, polimerización y condensación), etc. Se elaboraron nuevos procedimientos para la nitración de hidrocarburos y de otros compuestos orgánicos. Namiotkin investigó el quimismo de la polimerización de las olefinas por acción del ácido sulfúrico y del cloruro de aluminio.

FOSFATOS Y POTASA EN SECHURA

El presidente de la compañía canadiense «Midepsa Industries Ltd.», de Montreal, que posee el 93,6 por 100 del capital social de «Minerales Industriales del Perú», explotadora de los yacimientos de fosfatos y potasa del desierto de Sechura, ha declarado que estos yacimientos «podrían constituir la base de un imperio químico».

MINERAL DE TORIO EN LOS ESTADOS UNIDOS

En las «White Mountains», enclavadas en el Estado norteamericano de New Hampshire se ha descubierto un yacimiento de mineral de torio, con unas reservas de este metal radiactivo estimadas en 10.000 toneladas. Con este descubrimiento aumentarán notablemente las disponibilidades de combustibles nucleares del país, a lo que hay que añadir que el torio tiene ciertas ventajas económicas sobre el uranio para su uso en algunos tipos de reactores. No obstante, el coste de extracción del torio se calcula en unos 100 dólares por libra, muy superior al del uranio.

LA MINERIA DEL CARBON EN HOLANDA

La gran empresa «Dutch State Mines», que produce las 3/5 partes del carbón extraído en Holanda, ha declarado por boca de su Presidente, Dr. A. C. J. Rottier, que ni aún las más progresivas medidas de mecanización introducidas en sus minas ha bastado para evitar que el año 1962 haya resultado económicamente desfavorable. Las cuatro minas que posee esta empresa en la provincia de Limburgo han visto reducida su producción en un 10 por 100 respecto al ejercicio precedente, e igualmente se prevé una ulterior disminución de aquélla en el año actual, a pesar de tratarse de minas que figuran entre las más modernizadas de toda Europa. Esto confirma la mala situación que atraviesa en Europa la minería del carbón.

EL PETROLEO DE BAVIERA

Recientemente se ha realizado una perforación en la alta Baviera, que ha dado por resultado el descubrimiento del campo petrolífero más profundo de Alemania Occidental. El yacimiento en cuestión se halla situado aproximadamente a 4.000 metros de profundidad y representa un nuevo récord de las explotaciones petrolíferas alemanas, a lo que se añade que se trata de una zona en la que por su estructura geológica parecía muy problemático que se descubriesen reservas de importancia de dicho combustible.

NOVEDADES INDUSTRIALES Y CIENTIFICAS

ALUMINIO DIRECTAMENTE DE LA BAUXITA

La labor de investigación realizada por el consorcio canadiense «Aluminium Limited» (Alcan), en la que invierte 360 millones de pesetas anuales, ha conducido a un nuevo procedimiento de producción de lingotes de aluminio a partir directamente de la bauxita, procedimiento que se está ensayando actualmente en escala comercial. Si da resultados satisfactorios modificará profundamente la orientación de las nuevas inversiones.

EL MAYOR ELEVADOR DE MINERAL

El mayor elevador de Europa, con una capacidad por segundo de 7,5 toneladas a una altura de 10 metros, ha sido construido por la empresa minera alemana «Demag» y empleado en las minas de plomo y zinc de Ramsbeck, en Sauerland. Se consigue con su uso extraer 3.000 toneladas de mineral con dos turnos de trabajo, con un solo pozo, en tanto que hasta ahora, con tres turnos y dos pozos, se lograba como máximo 1.800 toneladas. Mientras que sin él, no se podía trabajar a más de 200 metros de profundidad, con el nuevo se pueden alcanzar los 660 metros.

REFINERÍA DE PECHELBRONN

La refinería de Pechelbronn, en Estrasburgo, una de las más antiguas de Europa, ha cesado definitivamente de funcionar en abril último. Era la única refinería francesa de antes de la guerra y recientemente se venía surtiendo del petróleo soviético importado a través de Rotterdam. Su producción ha ido reduciéndose paulatinamente durante el último decenio. Sus instalaciones resultan antieconómicas, sobre todo teniendo en cuenta que dos nuevas refinerías de Estrasburgo se aprovisionan ya de petróleo por medio del «oleoducto de Europa meridional».

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

El consorcio químico británico «Imperial Chemical Industries» (ICI) construirá, en un terreno de su propiedad, enclavado en North Cheshire, un nuevo laboratorio de investigaciones nucleares, en el que funcionará un sincrotrón de 4.000 electrovoltios, el cual será puesto a disposición de los físicos de las universidades del Reino Unido.

DETOXIFICACION DEL GAS

El Consejo del Gas («Gas Council») de Gran Bretaña, se está ocupando activamente del problema de la detoxificación del gas de ciudad, para hacerlo virtualmente inofensivo, lo que cuenta poder lograr en un plazo máximo de diez años. El contenido medio de óxido de carbono del gas de ciudad en el Reino Unido va disminuyendo a medida que comienzan a funcionar nuevas fábricas. La detoxificación del gas producido en las fábricas antiguas presenta dificultades, pero se espera que se hagan progresos rápidos con las nuevas técnicas hoy día en fase experimental.

URANIO ENRIQUECIDO PARA EL EURATOM

La Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos ha suscrito, con la Comunidad Europea de Energía Atómica (Euratom), un contrato a largo plazo para el suministro de uranio enriquecido, por valor de 740 millones de pesetas con destino al reactor «Senn», de 150 Mw de potencia y situado cerca de Roma. Se está negociando también el sumi-

nistro del combustible necesario, mediante un contrato similar con la «Atomic Energy Commission» norteamericana, para el reactor «Senn» de Givet (Francia) y para el denominado «KRB», que se instalará cerca de Günzburg (Alemania Occidental). A los precios usuales, el combustible que requieren estos dos reactores costaría más de 6.000 millones de pesetas.

GASEODUCTO EL HAVRE-PARIS

En los últimos meses de 1963 se iniciará la construcción de un gasoducto entre El Havre y París, que transportará el gas natural de procedencia sahariana llegado a dicho puerto. El gas natural será trasladado en estado líquido, en buques cisternas, desde Arzew, cerca de Orán, a El Havre, en la cuantía de 15.179 millones de metros cúbicos anuales, lo que representa la mitad de la cifra de consumo de este gas registrada en la región parisina en 1961.

COMBINACIONES QUÍMICAS CON LOS GASES NOBLES

Casi al mismo tiempo, por los químicos del Laboratorio Nacional de Argonne (Estados Unidos) y por el profesor Hoppe, de la Universidad de Münster (Alemania Occidental), se ha descubierto que los gases nobles pueden dar lugar a combinaciones químicas. El primer compuesto de este tipo producido en el laboratorio de Argonne es el tetrafluoruro de xenón.

REFINERÍA DE PETRÓLEO EN LEOPOLDVILLE

En Leopoldville se ha firmado un convenio para la constitución de una sociedad, con participación paritaria del Estado congoleño y el consorcio petrolero italiano ENI, para la construcción y explotación de una refinería, cuya capacidad anual será de 600.000 toneladas, y en la que se invertirán 762 millones de pesetas.

LA ENERGÍA ATÓMICA PARA USOS PACÍFICOS EN EE. UU.

Recientemente, el Presidente G. T. Seaborg, dio a conocer el resultado de la intensa labor de investigación realizada durante los últimos diez años en los Estados Unidos, en la que el Gobierno federal ha invertido 1.300 millones de dólares, y dijo: «El programa de desarrollo de la energía nuclear ha alcanzado su punto crítico». Los físicos nucleares utilizan esta expresión para designar el paso a una reacción en cadena que se mantiene por sí misma. También hizo saber que las perspectivas de llegar a la utilización de la escisión del átomo como fuente económica de energía eléctrica son más esperanzadoras que nunca.

La Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos ha propuesto un programa de doce años, en el curso del cual se llevará a cabo la construcción de unas veinte centrales eléctricas nucleares de gran potencia.

Se ha realizado un estudio interministerial para obtener una visión de conjunto de los requerimientos del país en materia de energía a largo plazo, y determinar la orientación más adecuada para las investigaciones que se lleven a cabo en el futuro en este campo. Dicho estudio complementaría el informe de la AEC al determinar las áreas más prometedoras en la investigación de los recursos de combustibles convencionales. El estudio serviría para de-

terminar el grado de urgencia que debe atribuirse al desarrollo de la energía nuclear con fines pacíficos a la luz de las posibilidades que encierran los recursos conocidos de energía convencional, que podrán explotarse hasta bien entrado el próximo siglo.

En el presupuesto de la Comisión de Energía Atómica para el próximo año fiscal se destinan 244 millones de dólares al desarrollo de la energía atómica con fines pacíficos, lo que representa un aumento de 34 millones de dólares respecto al presupuesto anterior.

EL MESÓN π

Una nueva partícula atómica, el mesón π , ha sido obtenida mediante bombardeo del hidrógeno líquido con mesones K de carga negativa. Su existencia había sido prevista por el científico japonés Dr. Sakurai, que trabaja actualmente en la Universidad de Chicago.

REFINO DE HIDROCARBUROS EN ALEMANIA FEDERAL

En los acuerdos recados con ocasión de recientes negociaciones entre representantes de los sectores industriales petrolero y del carbón alemanes, celebrados en Bonn, permitirán aumentar durante los próximos cuatro años en un 75 por 100 la capacidad de refino de hidrocarburos de la República Federal. Se encuentran ya muy avanzados los planes para construir, en diversos lugares, diez nuevas refinerías (que deberán entrar en funcionamiento antes de 1966), con una capacidad conjunta de refino anual de 24,8 millones de toneladas de crudos. Es probable que sean construidas otras dos refinerías, cuya capacidad global ascendería a 6 millones de toneladas.

LOS ORGANISMOS VIVOS MAS ANTIGUOS DEL MUNDO

Según noticias recientes, el paleontólogo Dr. J. Dombrowski ha logrado descubrir los organismos vivos más antiguos del mundo. El investigador aisló bacterias vivas de hace unos 320 millones de años. Estas bacterias las descubrió en sales del Devónico medio obtenidas por sondeos a 1.000 metros de profundidad. Según Dombrowski, la fuerza conservadora de la sal favoreció a estas bacterias, que no estuvieron expuestas a ninguna influencia perniciosa y obtuvieron también una gran protección ante cargas mecánicas. En un proceso corriente de secado desaparece el germen, pero sigue siendo viable cuando se seca en una solución salobre supersaturada. Ya antes pudieron comprobarse bacterias muertas en sal gema de las minas, pero Dombrowski ha sido el primero que en sus trabajos de investigación en Bad Nauheim ha comprobado la existencia de microorganismos vivos.

REFINERIA DE PETRÓLEO EN PARAGUAY

En el curso de 1962 se ha suscrito un convenio con la BOC International, S. A., para la construcción, instalación y explotación de una refinería de petróleo en el Paraguay, y asimismo un oleoducto que podría transportar el petróleo hacia Paraguay desde los próximos yacimientos petrolíferos de Bolivia.

Se prevé una capacidad de refino de 5.000 barriles diarios en el periodo inicial para una inversión de 5.000.000 de dólares, y en el caso de que la concesionaria haga uso de la opción de construir un oleoducto, la inversión alcanzaría a 10.000.000 de dólares.

Se estima que esta refinería ahorraría al Paraguay 1.500.000 dólares anuales y proporcionaría empleo a unos 1.000 trabajadores.

Cabe también la posibilidad de suministro de petróleo de la zona de Salta de llegar a un acuerdo con Yacimientos Petrolíferos Federales de la República Argentina.

El exceso de producción podría ser colocado en el norte de la República del Plata.

LA INDUSTRIA PETROQUIMICA FRANCESA (*)

Esta industria goza en Francia de una prosperidad y de un florecimiento extraordinarios y que dejan entrever una multitud de posibilidades de desarrollo en un futuro inmediato. Los factores que han desempeñado un papel más decisivo fueron los siguientes: A) Descubrimiento de los importantísimos yacimientos de gas natural y de petróleo de la región de Lacq (en los Pirineos), y del Sahara argelino. En 1961, la producción de petróleo y gas natural de Francia y de sus territorios de ultramar ascendió a 18.679.000 t. y a 6.018 millones de m.³ respectivamente. B) El desarrollo constante y bien orientado de la industria petrolera francesa, que ha sabido utilizar las técnicas precisas para satisfacer los objetivos de perfeccionamiento de la calidad de los productos petrolíferos y suministrar una cantidad muy considerable de hidrocarburos para la síntesis química.

En la actualidad, la totalidad del propileno, butadieno y butileno obtenidos en Francia es de origen petroquímico, y una creciente proporción de una serie de productos orgánicos básicos — como, por ejemplo, acetileno, acetaldehído, benceno, etileno, etanol, metanol, tolueno y tolueno, así como amoníaco —, procede también de la elaboración de diversas fracciones obtenidas en las refinerías de petróleo.

Las capacidades de las instalaciones francesas de craquización catalítica, reformado catalítico y craquización con vapor ascienden respectivamente a 98.200, 95.000 y 12.000 barriles por día; es decir, a 5.600.000, 5.400.000 y 750.000 t. anuales. La industria proyecta ampliar considerablemente su capacidad, modernizando las instalaciones ya anticuadas y construyendo otras nuevas, esperándose que, en 1964, las producciones de los siguientes productos hayan rebasado considerablemente las de 1961, como se refleja en el siguiente cuadro:

	Producción en miles de toneladas.	
	1961	1964
Acetileno	25	50
Olefinas	395	555
Diolefinas	15	108
Aromáticos	63	220
Derivados de:		
Acetileno	48	81
Olefinas	310	449
Diolefinas	80	135
Aromáticos	88	167

(*) Datos del «B. de I. F.» de P. J. de la C., del C. S. de I. C.

Entre los productos cuya fabricación se habrá ya emprendido antes de 1964 figuran los siguientes tipos: configuraciones isotácticas nuevas, que permiten obtener polímeros de estructura cristalina y que dan lugar a una nueva familia de plásticos; nuevos cauchos sintéticos (polibutadieno y poliisopreno); caucho nitriloacrílico (a partir del propileno) y dimetiltereftalato, a partir del paraxileno. Como consecuencia de esta expansión en la fabricación de productos básicos, tendrá lugar otra proporcional de diversas materias sintéticas, entre las que cabe citar a los plásticos, al caucho sintético y a los detergentes y fibras artificiales. En lo que se refiere a los primeros, se espera que de 1961 a 1964 se registre un aumento de la producción análoga a la que caracterizó al período 1959-1961, en el que aquélla pasó de 230.000 a 312.000 t. anuales, mientras que se estima que la producción de caucho sintético, que pasó de 6.000 a 41.000 t. entre 1959 y 1961, alcance la cifra de 75.000 t. en 1964.

EL PROYECTO «GNOME»

Se trata del primer proyecto llevado a cabo en EE. UU. con la exclusiva finalidad de estudiar las posibilidades de aprovechamiento pacífico de la energía nuclear. La ejecución de este proyecto ha permitido producir elementos transplutónicos no obtenidos hasta ahora o muy difíciles de conseguir en reactores nucleares. En éstos solamente pueden obtenerse, en algunos casos, dichos isótopos al cabo de un período de varios años de esfuerzos, mientras que el proyecto «Gnome» hizo posible lograrlos de forma inmediata. Los isótopos producidos en el proyecto «Gnome» resultaron ser muy ricos en neutrones, lo que contrasta con la escasa cantidad de neutrones de los isótopos que se obtienen en los reactores de flujo neutónico.

EL PROYECTO «COACH»

Será éste el tercero de los proyectos del programa «Plowshare», de la Comisión de Energía Atómica norteamericana. Su realización práctica va a tener lugar en el presente año y consistirá en la explosión de un ingenio de 5 a 10 kilotones en el mismo lugar en que se llevó a cabo el proyecto «Gnome». Aparte de perseguirse la obtención de nuevos isótopos del curio, berkelio, californio y otros elementos transplutónicos, se pretende sobre todo obtener isótopos transcurios en miligramos o cantidades aún mayores, pues hasta ahora solamente había sido posible lograr estos isótopos en cuantía de microgramos.

LA PETROQUÍMICA PORTUGUESA

Se ha inaugurado una nueva fábrica de la «Sociedade de Petroquímica», cuyo coste ha sido de 1.045 millones de ptas., la cual producirá amoníaco e hidrógeno y suministrará a Lisboa el gas de ciudad. Más adelante producirá oxígeno, nitrógeno y argón. La «Sociedade de Petroquímica» es una empresa filial de la compañía petrolera «S. A. C. O. R.» y de la firma «Nitratos de Portugal», con cuya factoría están unidas sus instalaciones por un oleoducto de 17,6 Km.

CENTRALES NUCLEARES EN LA U. R. S. S.

Este año quedará terminada la instalación de dos centrales soviéticas de 300 Mw de potencia, enclavadas respectivamente en Novovoronech y Beloyarsk. En una etapa ulterior, se elevará la potencia de ambas centrales hasta los 500 Mw.

EL REACTOR NUCLEAR «PEGASE»

Ha comenzado a funcionar en el Centro de Energía Nuclear de Cadarache (Francia) un reactor denominado «Pégase», de 30 megavattios de potencia, que servirá para someter a ensayo los combustibles que pudieran ser utilizados en las centrales de «Electricité de France» en Chínón y Breñaña, aún en construcción, así como en otros reactores de gran potencia previstos en los planes franceses. Sólo el combustible, consistente en uranio enriquecido, fue importado de Estados Unidos.

LA ESTRUCTURA DE LOS NÚCLEOS ATÓMICOS

La Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos ha concedido una subvención de 213.660.000 pesetas para la instalación, en la Universidad de Rochester, de un laboratorio destinado a investigaciones sobre la estructura de los núcleos atómicos. Será puesto a disposición de los Departamentos de Física, Astronomía y Química de la Universidad de Rochester, y cooperará asimismo en la realización del proyecto sobre energía atómica del «Medical Center» de dicha Universidad.

CHILE INSTALA UN EQUIPO DESMINERALIZADOR

Un equipo desmineralizador valuado en 100.000 dólares, que suministrará agua de alimentación de gran pureza a las calderas de alta presión instaladas en una fundición de cobre, será instalado en la Empresa Nacional Minerva, Las Ventanas, Santiago de Chile.

El equipo consiste en filtros de agua completados con intercambiadores aniónicos y catiónicos con equipo desgasificador e intercambiadores iónicos finales de acción mixta. Afírmase que la calidad del agua es superior al agua de destilación triple.

Se suministró asimismo un sistema calefactor eléctrico para regeneración del desionizador de acción mixta, analizadores y registradores de sílice, analizadores y registradores de la dureza del agua, analizadores de oxígeno, analizadores del condensado e indicadores de conductividad. La instalación se completa con un equipo para alimentación del tratamiento químico en el agua de la caldera, como protección contra corrosión y residuos de materias extrañas.

BOLEIVIA REHABILITA SUS MINAS DE ESTAÑO

Ha comenzado a llevarse a la práctica la segunda etapa del programa para rehabilitar las minas estanníferas bolivianas. Dos préstamos de la Alianza para el Progreso contribuirán a restablecer niveles lucrativos en los costos de producción y explotación.

La Agencia de Desarrollo Internacional (AID) prestará 5 millones de dólares y el Banco de Desarrollo Interamericano 4,86 millones a la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) para sufragar los gastos de explotación de la mina este año. Además, la AID suministrará el equivalente a 1,26 millones de dólares en divisas locales para la recolocación de trabajadores excedentes y 3 millones en el programa de «Alimentos para Fomento de la Paz». La AID ha convenido en aplazar el reintegro de un préstamo de 1,8 millones de dólares por parte de la COMIBOL.

La COMIBOL explota 15 minas y establecimientos de beneficio del mineral donde trabajan más de 24.000 hombres. La rehabilitación de las minas se inició hace un año para invertir los términos de la situación, o sea la decadencia en forma de producción decreciente, mayores costos de explotación, administración ineficaz y cuantiosas pérdidas. Entre 1952 y 1961, la producción de estaño de COMIBOL bajó de 27.300 a 14.892 toneladas métricas. Las pérdidas ascendieron a 12,6 millones en 1960 y 10 millones en 1961. En 1962 la producción mejoró levemente, y si se mantiene el movimiento de rehabilitación, es probable que las minas alcanzarán un equilibrio económico en 1963 y niveles lucrativos en 1965.

El año pasado, la ayuda de Estados Unidos fue de 13.1 millones, lo que comprendía un préstamo de 3.5 millones de dólares y el saldo en divisas locales; el Banco de Desarrollo Interamericano concedió un préstamo de 4.5 millones de dólares. Alemania autorizó un préstamo de 3.75 millones y la Argentina otro de 1.5 millones de dólares.

LA INDUSTRIA PETROQUIMICA FRANCESA

La industria química es una de gran desarrollo en Francia, pero el nuevo Plan Quinquenal ha previsto un leve retardo en el régimen de crecimiento, en comparación con los últimos años. Hasta ahora, este ritmo ha sido de un 10 % por año, con una venta de 3.600 millones en 1961. En el período de 1962 a 1965 se espera que el ritmo bajará a 9 % por año.

Durante el primer semestre de 1962, la producción aumentó en 12 %, en comparación con 8 % para igual período de 1961. Los productos orgánicos básicos registraron el mayor aumento, que fue superior al 16 %. En otros sectores, el aumento sólo fue de 7 %, (productos farmacéuticos, pinturas, colorantes, barnices, perfumes, abonos, materiales fotográficos y explosivos). Los productos inorgánicos básicos, como el ácido sulfúrico, compuestos de sodio y cloro, mostraron un ritmo de crecimiento de 9 % respecto a 1961.

Para fines de 1962, se esperaba que las exportaciones llegarían a 480 millones de dólares, en comparación con 408 millones en 1961. Los mayores aumentos en 1962 correspondieron a los productos farmacéuticos, que incrementaron las ventas extranjeras en 30 %; siguiendo los abonos con un aumento de 28 % respecto a 1961. Las exportaciones de plásticos registraron un aumento de 24 %.

Las importaciones de productos químicos en Francia aumentaron de 392 millones en 1961 a 448 millones en 1962, o sea 13 %.

Las empresas francesas continúan la política de reinvertir el 10 % del valor de sus ventas en equipos nuevos o para expansión. Doce compañías están construyendo o proyectando instalaciones petroquímicas completamente nuevas; 14 compañías más proyectan importantes ensanches en plantas ya existentes. Para fines del año, la fabricación de productos petroquímicos en Francia se habrá triplicado, debido principalmente al yacimiento de gas natural en Lacq, al pie de los Pirineos. La producción ya alcanza 20 millones de metros cúbicos de gas crudo o 4.750 millones de metros cúbicos de metano refinado. El alto contenido de azufre en el gas ha hecho que Francia sea el segundo país productor de azufre, con 1.400.000 toneladas anuales. Actualmente sólo se aprovechan 21 de los 33 pozos de Lacq, por lo cual se podría doblar el rendimiento en cualquier momento.

AUGE DE LA INDUSTRIA QUIMICA ITALIANA

La industria química italiana sintió poco la recesión observada en otros países europeos en 1961, aun cuando hubo repercusiones en el mercado de exportación. La razón está en que las plantas italianas son muy modernas y que el mercado nacional de productos químicos no está plenamente explotado.

Durante los nueve primeros meses de 1962, la industria química italiana registró un aumento de 16 % en comparación con 10 % en igual período de 1961. Créese que el aumento del sector químico se hizo a un ritmo casi doble al de la industria en general, que fue de 8,7 %.

Las principales empresas italianas —Montecatini, Edison y ENI— tienen programas de expansión con nuevas plantas que entrarán en función este año. Montecatini está erigiendo en Brindisi un complejo petroquímico valuado en 160 millones de dólares.

El rápido aumento de las exportaciones ha sido un interesante factor en la economía química italiana. Por ejemplo, las exportaciones de 1961 mostraron un incremento de 27,2 % respecto a 1960. Por otra parte, las importaciones en 1961 sólo aumentaron de 4,5 %. El aumento llevó las exportaciones de productos químicos a 235,2 millones, suma muy próxima a las importaciones totales de 240 millones de dólares.

REFINERIA MONTADA SOBRE BARCAZA

Una refinería de petróleo completa que fue armada sobre una barcaza en Bélgica, remolcada unos 4.800 km, hasta Libia e instalada en su lugar en Port Brega, podrá señalar el inicio de una nueva técnica de industrialización. Gracias a ella, muchas regiones en vías de desarrollo serán capaces de instalar rápidamente plantas prearmadas, cuya erección en el lugar hubiera, en otra forma, resultado muy costosa y demandado mucho tiempo.

Un oleoducto enlazará la refinería con los yacimientos petrolíferos de Zelten, ubicados a 160 km, al sur de Port Brega.

La capacidad es de 8.000 barriles diarios, suficiente para satisfacer los requisitos libios en kerosene, gasolina, aceite combustible y Diesel.

Sus medidas son: 24,40 m. de manga, 54,90 m. de eslora y 5,30 m. de puntal, con un peso de 5.000 toneladas, la planta de por sí pesaba 660 toneladas.

MÉJICO PRODUCIRA SULFATO SÓDICO

Una planta de sulfato sódico, que costará 2.750.000 dólares, será erigida en Méjico por Química del Rey, S. A., una subsidiaria de Metalúrgica Mexicana Penoles, S. A. (Metmex).

Las plantas beneficiarán las salmueras de vastos yacimientos en Laguna del Rey, un lago seco en el Estado de Coahuila. Inicialmente la capacidad será de 75.000 toneladas anuales, habiéndose previsto un aumento futuro hasta 100.000 toneladas. La empresa producirá torta de sal en bruto y sulfato sódico anhidro de gran pureza. Con este último producto cuenta satisfacer gran parte de los requisitos de la creciente industria mejicana de los detergentes y del vidrio, eliminándose las importaciones, que en 1961 fueron de 13.000 toneladas.

La firma cuenta también exportar buena parte de su producción de tortas de sal en bruto, que serán vendidas por la American Metal Climax. A plena capacidad se espera que la eliminación de importaciones y posibles exportaciones podrán representar para Méjico una economía de 1.500.000 dólares de divisas.

El proyecto es financiado con la ayuda del International Finance Corp., que está afiliado con el Banco Mundial, el Banco de Desarrollo Interamericano y un grupo de inversionistas privados americanos y europeos.

FABRICA MEXICANA DE ACIDO SULFURICO

La empresa Celulosa y Derivados, S. A., de Monterrey, N. L. ha contratado una planta de ácido sulfúrico con la firma británica Simon Carves Ltd. de Stockport con un costo de 170.000 libras.

La planta producirá cien toneladas diarias de ácido sulfúrico 100 % y entrará en servicio para fines de julio de este año. Muchos elementos de la fábrica serán producidos.

REUNIONES CIENTIFICAS

DECADA HIDROLOGICA INTERNACIONAL

Durante la pasada primavera tuvo lugar en la Oficina de la UNESCO en París una conferencia encaminada a estudiar los planes previos para la organización de una Década Hidrológica Internacional. Se prevé que comience en el año 1965 y que estudiará, bajo el patrocinio de la UNESCO, el fomento y coordinación del uso y conservación de los recursos hidráulicos. Para la primera fase de este plan se han presupuestado 60.000 dólares, habiendo prometido los representantes norteamericanos en la UNESCO un considerable apoyo por parte de su país al citado programa.

EL «AÑO DEL SOL TRANQUILO»

En un Congreso celebrado en París, científicos procedentes de 25 países esbozaron un programa para las observaciones que habrán de realizarse durante el «año internacional del sol tranquilo» de 1964 a 1965. Con tal programa se proyecta ir profundizando el año internacional geofísico de 1957 a 1958. En aquel entonces llegó a un máximo la actividad solar.

La mayoría de los 66 países participantes en el año internacional geofísico volverán a hacer aportaciones de importancia. Abarcan las observaciones todo el ámbito de las ciencias geofísicas, incluyendo el empleo de satélites y de astronaves. En todas las partes del mundo, tanto en África tropical como en los desiertos helados del círculo polar antártico, volverán a recopilarse los datos necesarios de medición, para ser entregados luego a centros científicos. Las observaciones comprenderán particularmente todos los procesos solares y sus influencias sobre el clima y la situación meteorológica de la tierra.

METALURGIA APLICADA A LA ENERGIA NUCLEAR

Sobre el tema «Metalurgia aplicada a la energía nuclear», tuvo lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas un cursillo de conferencias, a cargo de los profesores P. Lacombe y G. Cizeron, del Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Nucleares, de Saclay.

Los temas examinados por los conferenciantes fueron los siguientes: Relaciones entre la estructura de metales clásicos y nucleares en las diferentes escalas, atómica, cristalina, microscópica y macroscópica, y las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los metales; Deformación plástica por deslizamiento, «maclaje» y plegado de los metales; Dinámica de

la deformación plástica, teoría de las dislocaciones; Poligonización, restauración y recristalización; Problemas particulares de los metales nucleares, proceso térmico; Daños debidos a las irradiaciones y a la formación de los elementos de escisión; Materiales escindibles y fértiles; Elementos de metalurgia del plutonio, el torio y sus aleaciones; Problemas de difusión, heterodifusión y autodifusión, y aplicación de los radiotrazadores en Metalurgia; Metalografía, macrografía y micrografía de metales y aleaciones clásicas y nucleares; Estudio de estructuras de fundiciones y de estructuras de deformación; Endurecimiento estructural; Elaboraciones; Transformaciones y tratamientos térmicos de aleaciones livianas del uranio y del circonio; Sinterizado de materiales compuestos; Estructura real del sólido metálico; Defectos de composición, soluciones sólido-compuesto definidas; Defectos de estructura, lagunas, dislocaciones, estructura dendrítica, poligonización y defectos de apilamiento; Óxido de uranio; Problema general de la elaboración de polvos de UO; Generalidades sobre el sinterizado del óxido; Aluminio y aleaciones; Magnesio y aleaciones, y Circonio y aleaciones.

REUNION DE LA COMISION EJECUTIVA DE LA AIV

El 16 de mayo de 1962 se reunió la Comisión Ejecutiva de la Asociación Internacional de Vulcanología. Entre los acuerdos tomados, figuran los siguientes:

1.º En nombre de la Comisión Nacional de la URSS., el Prof. Vlodavetz propuso la organización con ocasión de la Asamblea General de la U. G. G. I. que tendrá lugar en Berkeley en 1963, un Simposio sobre el tema siguiente: «Procesos post-eruptivos en las regiones del vulcanismo activo». Todos los problemas podrían ser tratados, por ejemplo, los acciones fumarolianas e hidrotermales, con la exclusión de los fenómenos vulcano-tectónicos y sísmicos. Las comunicaciones serán presentadas y discutidas en dos sesiones de una semi-jornada cada una. Los tiempos de presentación serán reducidos de manera de permitir la discusión lo más completa posible. Los trabajos serán examinados y seleccionados por los Comités Nacionales, que los harán llegar a la Secretaría cuatro meses antes de la Asamblea General. Si el número de las Memorias presentadas pasara de la docena, la Oficina de la Asociación Internacional de Vulcanología, procederá a una selección para no retener más que los estudios originales, nuevos y de gran valor científico. La Oficina informará de la decisión a los Comités Nacionales. Los textos serán publicados y distribuidos a los participantes de la Asamblea General un mes antes de ésta.

2.º El Comité Ejecutivo acepta la proposición siguiente hecha en nombre del Comité Nacional de la URSS. por el Prof. Vlodavetz: «Examinar en el curso de la Asamblea General de Berkeley la posibilidad o imposibilidad de unificar las observaciones en los observatorios vulcanológicos». El Comité ruega a los señores Vlodavetz, Neumann, van Padang y Kuno preparen las proposiciones a discutir en la Asamblea General y que traten por lo menos de los puntos siguientes: Aparatos, métodos de medida y presentación de los resultados.

CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA

Ha correspondido al Comité Nacional Suizo de la Conferencia Mundial de la Energía, el honor de recibir en Suiza, en 1964, a los delegados de la XIV Sesión Parcial de esta Organización, en Lausane, del 13 al 17 de septiembre.

En la actual coyuntura económica, el crecimiento de la población, la elevación del nivel de vida, la escasez de mano de obra y la automatización, son otras tantas causas de un con-

tinuo aumento del consumo de energía; además, los progresos de la técnica hacen nacer constantemente utilidades nuevas que engendran a su vez nuevos aumentos de la demanda. Por otra parte, las fuentes de energía que se renuevan y cuyo agotamiento no es por tanto posible, tales como la energía hidráulica, son limitadas, y en los países muy industrializados, los saltos de agua utilizables económicamente estarán pronto explotados en su totalidad. En cuanto a los combustibles, la explotación intensiva de los yacimientos más interesantes, contribuye a un agotamiento progresivo de estas fuentes de energía, y llegará el día en el que la humanidad no dispondrá más que de yacimientos de calidad inferior, o alejados de los centros de consumo. Por tanto, *la lucha contra las pérdidas es un imperativo de interés absolutamente general.*

Se cree hoy que la energía nuclear vendrá a relevar a los combustibles fósiles en un porvenir más o menos próximo; pero no hay que perder de vista que aun en el caso de una baja en el coste de la energía bruta contenida en el uranio, siempre será muy costoso transformarla en energía útil y ponerla a disposición del último consumidor. No hay, por tanto, que esperar un milagro, y *la lucha contra las pérdidas tendrá un carácter imperativo cuando la más joven de las fuentes de energía, haya superado a sus hermanas mayores.*

Estas son las consideraciones que han llevado al Comité Nacional Suizo a escoger como tema la Sesión Parcial de 1964 «La lucha contra las pérdidas en el dominio de la energía», bien entendido que esta lucha se ha de mantener dentro de límites económicamente justificables.

Para limitar la amplitud del programa, se ha dejado aparte la extracción de combustibles, y la producción de energía bruta, así como la producción de energía solar, eólica y geotérmica. El programa, se subdivide en cuatro secciones principales:

I. *Aspectos generales:* A) Amplitud y límites de la reducción de pérdidas.—B) Fuentes de pérdidas producidas por las medidas de protección contra efectos nocivos de las instalaciones.

II. *Reducción de pérdidas en la transformación de energía:* A) Instalaciones hidroeléctricas.—B) Centrales térmicas.—C) Tendencias actuales con vistas a la mejora de rendimiento energético de las centrales nucleares.—D) Reducción de pérdidas en la transformación de combustibles.—E) Progreso de rendimiento energético en las instalaciones de transformación directa de energía.

IV. *Reducción de pérdidas en la utilización de energía:* A) Industria.—B) Calefacción de locales, climatización y calentamiento del agua.

PROGRAMA DEL DECENIO HIDROLOGICO

En las sesiones celebradas en París, del 20 al 29 de mayo, con el carácter de Reunión preparatoria del Decenio Hidrológico Internacional, bajo los auspicios de la UNESCO, se acordaron tratar los siguientes puntos:

I. *Estudios del balance hídrico.*

A) *Observaciones primarias.*—a) Precipitaciones. b) Evaporación y evapotranspiración. c) Aguas superficiales. d) Humedad del suelo. e) Aguas subterráneas. f) Nieves y hielos.—B) *Aspectos concretos de balances hídricos.*—C) *Precisiones hidrológicas.*

II. *Geoquímica de las aguas naturales.*

III. *Erosión, evolución del lecho de los ríos, transportes y depósitos de sedimentos*

IV. *Influencia del hombre sobre los fenómenos hidrológicos.*

PLAN SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL DECENIO HIDROLOGICO

Los puntos a considerar son:

a) Acoplar en cada territorio todos los datos geológicos, geofísicos, geoquímicos e hidrologicos proporcionados por las perforaciones y otros trabajos efectuados o que se realizarán para los estudios acuíferos o con otros fines. Con frecuencia se han perdido elementos valiosos para los hidrólogos, porque en muchos casos los resultados de perforaciones a menudo sólo han sido conocidos por el contratista y su maestro de obras. Estos inventarios nacionales están previstos en el programa de las Naciones Unidas «Decenio para el Desarrollo» y su realización permitirá disponer de una documentación básica esencial.

b) Estimular la creación de una red de observaciones de las aguas subterráneas.

c) Mejorar el aprovechamiento de cuencas alimentadoras tipo o de otras instalaciones, en que la realización de estudios coordinados entre los hidrólogos e hidrogeólogos podrían aportar datos cuantitativos sobre la alimentación de los sistemas acuíferos. Difundir ampliamente los métodos y los resultados obtenidos. Hay que señalar la importancia fundamental del balance del agua subterránea producido por la alimentación y descarga de la veta acuífera (natural y artificial), ya que el conocimiento de ese balance es esencial para todo plan racional de explotación de los recursos en agua subterránea.

d) Fomentar el estudio de los horizontes acuíferos profundos, sobre todo de su edad y su sedimentación, así como de las grandes cuencas artesianas que se protegen más fácilmente de la contaminación y que en general sólo pueden estudiarse en el orden internacional.

e) Destacar la necesidad de hacer una síntesis de los datos hidrogeológicos de todas las procedencias y la importancia de los mapas hidrogeológicos, como un medio de dar a conocer los resultados obtenidos y los métodos de investigación y descubrimiento. Estimular la preparación y la publicación de mapas hidrogeológicos que se ajusten a normas internacionales.

f) Estudiar los problemas relativos a las influencias de las aguas saladas litorales y continentales y difusión de los resultados obtenidos.

g) Fomentar las investigaciones relativas a la modificación de la salinidad de las aguas naturales por la acción del hombre (riego, avenamiento, explotación excesiva de las capas, etcétera) y por la evaporación.

h) Difundir ampliamente los métodos empleados y los resultados conseguidos en los experimentos de recarga artificial de las capas; favorecer el desplazamiento de los escasos especialistas que existen en ese campo.

i) Fomentar los estudios sobre la previsión de las fluctuaciones de las capas subterráneas.

j) Fomentar los estudios de las aguas de origen magmático (hidrogenésis) por investigadores especializados en esa rama muy especial. Esos estudios ofrecen gran interés, tanto para las investigaciones espaciales como para el porvenir de las reservas de agua de nuestro globo.

k) Fomentar los estudios del ciclo geoquímico en pequeñas cuencas experimentales y en cuencas tipo de las diversas regiones naturales, en relación con las investigaciones sobre la calidad de las aguas.

l) Estimular los estudios de los métodos y técnicas que permitan la evaluación rápida y barata de los recursos de aguas subterráneas de vastas regiones que todavía no han sido estudiadas.

- m) En las regiones en las que se explotan «Kamats» (foggaras, rhetaras, etc.), generalizar cuanto sea posible el empleo de métodos racionales de investigación.
- n) Estudio de los métodos y técnicas empleados para la evaluación de las reservas de aguas subterráneas y de los lechos deteriorados de los ríos de las zonas áridas.
- o) Estimular la investigación para determinar la edad del agua con el estudio de isótopos radiactivos y no radiactivos.

PLAN DEL DECENIO INTERNACIONAL SOBRE GEOQUÍMICA DE LAS AGUAS NATURALES

Los puntos a considerar son:

- a) Colaborar en las investigaciones emprendidas por la OMM, para el estudio de la composición de las aguas de precipitaciones.
- b) Proseguir y ampliar la realización de una primera red de medidas de la temperatura y de la calidad química de las aguas, ya iniciada por la AIHC y por diversos organismos privados. Esas medidas se extenderán en lo posible a los análisis biológicos y bacteriológicos. Se definirán diversas categorías de estaciones, desde la más sencilla (análisis de algunos elementos), hasta la más compleja, que incluya los análisis biológicos y bacteriológicos. Se procurará normalizar los métodos de acopio, de medida y de análisis, y la presentación de los resultados.
- c) Fomentar el estudio de las propiedades físicas y químicas de las aguas subterráneas en relación con el estudio de la circulación del agua, así como de los problemas específicos de hidrología referentes a la infiltración del agua. Estimular el empleo de los indicadores radiactivos e isotópicos, que puede permitir obtener resultados precisos sobre la circulación de las aguas.
- d) Estudio del ciclo geoquímico efectuado en cuencas tipo para las cuales será necesario establecer previamente mapas geológicos y edafológicos. Se estudiará la composición isotópica en cooperación permanente con la OIEA, que ha preparado planes de investigación al respecto.
- e) Fomento de estudios realizados conjuntamente por especialistas de sanidad, de calidad de las aguas, y por hidrólogos, para que la calidad del agua distribuida sea satisfactoria.

CONGRESO INTERNACIONAL DE PREPARACION MECANICA DE MINERALES

Organizado bajo los auspicios de la Société de L'Industrie Minérale ha tenido lugar en Cannes, Francia, el VI Congreso Internacional de Preparación Mecánica de Minerales durante los días 26 de mayo a 2 de junio de 1963.

Este Congreso que es continuación de los que a partir de 1952 han venido celebrándose en Inglaterra, Francia, Alemania y Suecia, ha tenido su sede en el Palais des Festivals, perfectamente equipado para la celebración de las sesiones técnicas, y tanto por la numerosa concurrencia, superior a 900 miembros de 49 países, como por la calidad de los trabajos presentados, ha constituido un verdadero éxito.

La mayor concurrencia ha correspondido por orden decreciente a Francia, Gran Bretaña, Alemania Occidental e Italia. En lo que a España se refiere, el número de asistentes al Congreso ha sido muy superior al de años anteriores.

En la sesión de apertura, el Presidente Roland Pre, apuntó la ligera disminución ocurrida en el progresivo incremento del consumo de metales en los últimos cincuenta años y la demanda cada vez mayor de minerales de gran pureza o de características especiales, lo que obliga a prestar una gran atención al estudio de las técnicas de la preparación de minerales.

Las sesiones de trabajo se han desarrollado agrupando los diversos temas en las siguientes secciones: Técnicas de Laboratorio, Fragmentación, Clasificación, Hidrometalurgia, Gravimetría, Flotación de minerales de hierro, Tostación magnetizante y separación magnética, Teoría de la flotación, Práctica de la flotación y control y automatización.

Se han presentado 50 trabajos seleccionados entre los 200 enviados, remitiéndose una copia de los mismos a cada congresista con anterioridad al Congreso, para su estudio previo.

Los trabajos han sido presentados por sus autores, siguiendo después las discusiones.

Los temas tratados han tenido carácter puramente teórico y de investigación en unos casos y de experimentación en otros.

El tema principal de este Congreso ha sido el de la concentración de minerales de hierro, siguiendo en importancia el de hidrometalurgia, que esta adquiriendo cada vez mayor interés.

En la concentración de minerales de hierro se han estudiado no sólo los problemas generales de molienda y clasificación, sino los de tostación magnetizante y posterior separación magnética y también los de flotación.

En lo que a nuevos aparatos de concentración se refiere, merece citarse uno muy original de preparación neumática (Italia) y el «Lavodune» y «Lavoflux» de separación gravimétrica en cámara (Francia), que se están ensayando en escala industrial.

A la terminación del Congreso y al objeto de poder visitar las instalaciones, centros industriales, laboratorios y estaciones de ensayos de los ocho países de la zona mediterránea, se han organizado 16 viajes de estudio a Austria, España, Francia, Grecia, Italia, Marruecos, Portugal y Yugoslavia.

La publicación de los trabajos y discusiones se hará en francés e inglés y se espera esté terminado a principios de 1964.

El próximo VII Congreso Internacional tendrá lugar en Nueva York, en septiembre de 1964, siendo el primero que se celebrará fuera de Europa, y coincidirá con la Feria Mundial y el Centenario de la Universal de Columbia.—J. M.^o F. B.

SEMANA FOTOGRAMETRICA DE MUNICH

Del 2 al 14 de septiembre de 1963 se celebrará la IX Semana Fotogramétrica en Munich. Los temas que se tratarán en la misma son: Algunos problemas ópticos, estudiados desde el aspecto fotogramétrico. Elementos constructivos eléctricos y electrónicos en la concepción de instrumentos fotogramétricos. Métodos de salida para los resultados de mediciones geométricas. Lectura automática de símbolos. El desarrollo de rectificadores. Experiencias prácticas en el desarrollo y la construcción de cámaras aéreas. Observaciones críticas sobre proyectores dobles. Soluciones constructivas para estereorrestituidores. Innovaciones técnicas para aumentar la economía. Una ojeada sobre la construcción de instrumentos en la URSS. Problemas de la fotogrametría balística. Los satélites en la fotogrametría. Nuevos conceptos en el estudio de las curvas de nivel fotogramétricas. Experiencias prácticas en la restitución estereoscópica con haces de rayos torcidos por afinidad. La actualidad de la fotogrametría analítica. El aprovechamiento de estereorrestituidores en la confección y elaboración de planos topográficos. El estado actual de la automatización en la agrimensura europea.

EL SIMPOSIO DE FOTOINTERPRETACION DE DELF (HOLANDA)

Con la cooperación de los organismos internacionales UNESCO y FAO, bajo la organización de la Comisión VII de la «Sociedad Internacional de Fotogrametría», tuvo lugar, en Delf (Holanda), entre el 30 de agosto y 5 de septiembre de 1962, un «Simposio de Fotointerpretación». La finalidad general de esta reunión, como todas las relacionadas con problemas de fotointerpretación, era la de promover la aplicación de las fotografías aéreas en todos los campos de la ciencia. El fruto particular que, con avidez, se intentó buscar en todo momento, hacía referencia a un intercambio de ideas entre los especialistas de los distintos campos de la aplicación de la fotointerpretación. La esperanza de poder sistematizar una o unas técnicas para las distintas aplicaciones o para una en particular, constituía el motor fundamental que congregó a un total de trescientos asistentes representando a cincuenta países.

Esta deseada coordinación y regulación metodológica no surgió en el amplio sentido en que esperaban gran número de participantes. Nacieron, en cambio, como siempre ocurre en estas reuniones, los intercambios francos de opiniones y criterios que han de contribuir, no poco, al desarrollo de la fotointerpretación. La mayor parte de las comunicaciones que se presentaron se refieren a problemas diversos, pero concretizados en una técnica y método que no se resalta, quizá, con el afán de destacar más los éxitos de la interpretación. Aún con este defecto general, del que se salvan unas pocas comunicaciones, el éxito de los resultados de la interpretación que en campos de aplicación diversos tuvimos ocasión de escuchar, suple ampliamente la efectividad de esta reunión.

Las resoluciones de las distintas Comisiones de trabajo, acordadas en vistas a las reuniones de la Sociedad Internacional de Fotogrametría de Lisboa, recaban de los participantes la dedicación a los problemas de metodología con vistas al mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Este es el mejor exponente del éxito de la reunión, que comienza a centrar la labor de la fotointerpretación por el camino del método, una vez cerciorados, por las avanzadillas múltiples de aplicación, del interés y éxito que cabe esperar de la interpretación de las fotografías aéreas.

El Simposio estaba escindido en los siguientes grupos de trabajo, independientes en ciertas de sus sesiones: 1. Fotografía: técnica y equipo. 2. Geología (Geomorfología e hidrología incluida). 3. Suelos (clasificación y conservación de suelos incluida). 4. Vegetación (problemas forestales y ecología incluidos). 5. Geografía regional y planificación. 6. Hielo. 7. Arqueología. 8. Oceanografía e investigación costera. 9. Ingeniería.

Sobre las vicisitudes en el desenvolverse de esta agrupación dedicada a problemas de aplicación geológica versará el comentario a este Simposio.

Memoria sucinta de las sesiones.—La sesión inaugural fue abierta por el Prof. De Sitter, quien dio la bienvenida a los asistentes al Simposio en nombre de la Comisión Organizadora del mismo y de la dirección del I. T. C. El general Brown, vicepresidente del I. S. P., tomó la palabra, a continuación, expresando la satisfacción por asistencia tan numerosa a esta reunión. El Dr. Walter, del Departamento de Ciencias Naturales de la UNESCO, resaltó el interés que esta reunión tiene para el organismo que representa, en relación con los resultados que de la misma se han de derivar en pro del mejor aprovechamiento de los recursos naturales mundiales.

El profesor Edelson pronunció su conferencia titulada: «Natural Resources Surveys for Developing Countries». En el transcurso de la misma, de una forma concisa pero eficiente, destacó una vez más, la importancia e interés que el reconocimiento de los recursos

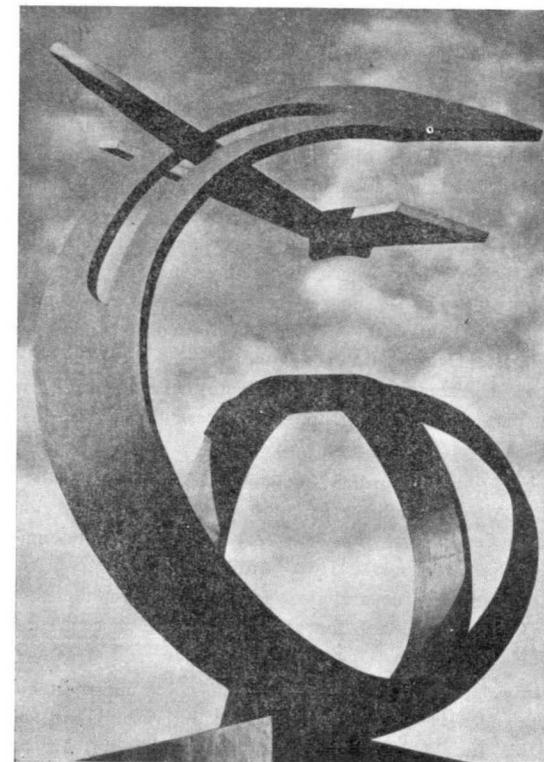
naturales de una región, de una forma eficaz y rápida, tiene para el mejor desarrollo de la misma.

Los trabajos del Simposio continuaron por la tarde, donde en sesión conjunta se presentaron las dos comunicaciones siguientes:

«Some investigations into the quality of aerial photographs», por el E. Welander, del Centro de reconocimiento geográfico de Suecia.

«Air photography and archaeology in Britain: recent results», por St. Joseph, del Comité de fotografía aérea (Inglaterra).

Durante la mañana de la jornada siguiente, se celebró otra sesión conjunta en la que se presentó la siguiente comunicación:



Escultura del edificio del I. T. C., que simboliza el reconocimiento aéreo.

«Aerial survey methods for forestry and forest industry pre-investment surveys in developing countries», por D. A. Francis, de la Sección de Economía forestal de la Organización de las Naciones Unidas.

En sesiones restringidas fueron presentadas al Grupo de trabajo 2 (Geología), las comunicaciones que enumeramos. Previamente, el Dr. Mekel, Presidente de este grupo saludó a los participantes y recabó de los mismos un amplio cambio de opiniones en relación con los trabajos que se habían de presentar.

«Application de l'étude des photographies aériennes a la tectonique des zones externes des Alpes françaises», por J. Sarrot-Reynaud, Jefe de trabajos en la Facultad de Ciencias de

Grenoble (Francia).—«Glacier movement as revealed by aerial photographs», por H. Svensson, del Departamento de Geografía de la Universidad de Lund (Suecia).—«Interpretation photogeologique de la tectonique au nord de la province de Seville», por C. Marin y F. Mingarro, del Servicio geológico de la Junta de Energía Nuclear (España).—«Photogeological interpretation of regional metamorphism», por J. A. E. Allum, del Departamento técnico de cooperación de ultramar — División de Fotogeología (Inglaterra).—«Roock weathering in relation to the interpretation of igneous and metamorphic rocks in arid regions», por J. E. G. W. Greenwood — División de fotogeología (Inglaterra).—«The photogeological interpretation of central metamorphic rocks in East and Central Africa», por E. A. Stephens, del Departamento de cooperación de ultramar — Sección de fotografía (Inglaterra).—«Analyse photogeologique des structures plissees precambriennes du Bas-Congo», por J. F. Gerads, del Museo Real de Africa Central, en Tervuren (Bélgica).—«Rational planing of aerial photographs», por F. L. Corten del I. T. C., Holanda. — «Specifications for mirror-stereoscopes», por S. A. Hempenins, del I. T. C., Holanda. — «Man-machine task sharing in advanced photo interpretation systems», por R. P. Barret, de la Cooperación para el desarrollo del Parque Canoga, U. S. A. — «Prospecting for construction materials by means of photointerpretation», por J. D. Mollard, de la Sociedad Mollard, Canadá. — «A concept of landform, parent-materials and soils in airphot-interpretation studies for engineering purposes», por R. D. Miles, profesor de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Purdue, U. S. A. — «Rapport sur l'application de la photogeologie «precontrôlée», en Afrique Centrale», por J. E. Gerads y H. E. Ladmirant, del Museo Real de Africa Central, en Tervuren (Bélgica). — «Quinze degrés carrés couverts en Congo par methode photogéologique», por R. L. G. Thomnard. — «The application of reconnaissance photogeology to mineral investigation in Central Nyosaland», por E. A. Stephens, del Departamento de Cooperación Técnica de Ultramar — Sección de fotogeología (Inglaterra).

En sesión plenaria para todos los grupos, se presentaron las dos comunicaciones siguientes:

«La carte géomorphologique du golfe Normand-Breton à 1:10.000», por F. Ruellan, de la Escuela Práctica de Altos Estudios (Francia). — «Photo-interpretation of ice and snow features in the antarctic», por D. Landen, del U. S. Reconocimiento geológico de Washington.

Al término de la presentación de trabajos se realizaron reuniones, por grupos de trabajo, a fin de someter a discusión la labor realizada y adoptar acuerdos respecto a las directrices a tomar en el futuro.

El grupo de trabajo relacionado con la aplicación de la interpretación a fines geológicos, realizó bajo la presidencia del Dr. Mekel, un interesantísimo cambio de opiniones. La cuestión más debatida fue la relacionada con la metodología. La casi totalidad, de los participantes en esta discusión admiten la carencia, en la mayor parte de los trabajos presentados, de preocupación metodológica, circunstancia ésta que hubiese sido de gran interés resaltar en una reunión internacional de este tipo. De esta forma, quizá se hubiese podido coordinar, en un cuerpo adaptable, el empirismo de que parece adolecer la fotointerpretación hasta el momento. Se acordó resaltar esta necesidad y rogar a todos los geólogos preocupados por la fotointerpretación, poner la debida atención en la difusión del método o métodos que son base de tantos resultados excepcionales ya obtenidos.

Como tema particular para la reunión próxima, en Lisboa, se sugirió y acordó tomar el relacionado con: «La fotointerpretación ante los problemas hidrogeológicos». La vigencia del problema mundial del agua en relación con el desarrollo de la mayor parte de los países, determinó el que se escogiese este tema al que se quieren considerar y aportar las posibilidades que la fotointerpretación puede ofrecer.

Reunidos en sesión conjunta todos los grupos de trabajo de este Simposio, que se constituyen la Comisión VII de la Sociedad Internacional de Fotogrametría, aprobaron tomar los siguientes acuerdos para el mejor desarrollo de sus próximos fines:

1) Recabar del I. S. P., el desarrollo de todo el esfuerzo posible para eliminar las trabas a que, por los distintos países, está sometida la utilización de fotografías aéreas. — 2) Sugerir una atención especial al estudio de los siguientes problemas de gran interés para el desarrollo de la fotointerpretación: 1.º Calidad de las fotos para fines de fotointerpretación. 2.º La escala como factor limitante para la fotointerpretación. 3.º Los cambios estacionales y su influencia en los cambios de luminosidad. 4.º Exactitud de las medidas realizadas sobre fotografías aéreas. 5.º Desarrollo de las técnicas automáticas y electrónicas para la fotointerpretación. 3) Sugerir la creación en cada país de un registro de las fotografías aéreas existentes para los distintos fines. 4) Crear una colección de tipos de fotografías de regiones, estudiadas por distintos autores que, pudieran ser modelos de los variados problemas de la fotointerpretación. 5) Afirmar como misión específica de la Sección VII dentro del I. S. P., la concerniente al estudio de la metodología de la fotointerpretación. 6) Expresar el deseo de solicitar la investigación del interés de otros tipos de fotografías como las de color. De la misma forma se solicita la colaboración en la consideración del interés que las fotografías horizontales tomadas desde helicópteros pueden ofrecer. 7) Ofrecer como tema de la Comisión VII, para la reunión de la I. S. P. de 1964 en Lisboa, el siguiente: «Efectividad de la interpretación de fotografías en el reconocimiento de recursos naturales».

Exposiciones y demostraciones.—En los locales del I. T. C. y simultáneamente al desarrollo del Simposio, se montó una exposición científica relacionada con los aspectos de la fotointerpretación. En la misma, se recogían varios ejemplos, escogidos, de las particularidades de la fotointerpretación en el dominio de la Arqueología, Geografía, Geología, Agronomía, Pedología, y Ecología.

En el apartado dedicado a la Geología, cabe destacar las siguientes cuestiones entre las más importantes de las expuestas: 1.º El estudio hidrogeológico de la región de Bugesera en Ruanda-Burandy, realizado por el I. T. C. y notablemente sugestivo y aleccionador, de las posibilidades de la fotogeología. 2.º Un conjunto de vistas oblicuas de volcanes indonesios. 3.º Conjunto de mapas fotogeológicos de la Nueva Guinea Holandesa, obtenidos a partir de conjuntos fotográficos trimetrógenos. 4. Colección de fotografías de elementos morfológicos característicos de la zona tropical. 5. Interpretación a escala muy detallada en la región de Bedform, Montes Apalaches.

En las dependencias del Laboratorio de Geodesia de la Universidad Técnica de Delf, se celebró una exhibición comercial de material dedicado a los problemas de la fotointerpretación. Se encontraban representadas unas quince entidades comerciales, presentando una variadísima gama de aparatos de aplicación a la interpretación de fotografías aéreas.

En una sesión dedicada al grupo de trabajo de Geología se nos ofreció una demostración de estereo-diapositivas en negro y en color, relacionadas con los problemas de la incumbencia de la geología. También se nos mostraron algunas de aparatos fotogramétricos.—J. A. M. A.

SYMPOSIUM SOBRE SEDIMENTOLOGIA Y GENESIS DE LOS MINERALES

El VI Congreso Anual de Sedimentología se celebrará en Delf (Holanda), el 31 de mayo. Los dos temas fundamentales a tratar en el mismo, son: Sedimentación y génesis de los minerales.

CONGRESO DEL INQUA

Del 30 de agosto al 5 de septiembre de 1965 se celebrará en Denver (Colorado), el VII Congreso Internacional del INQUA. Los temas a tratar, formarán tres grupos: 1.º Presencia y procesos del medio ambiente. *a)* Regiones ártica y alpina. *b)* Regiones templadas. *c)* Regiones áridas. *d)* Regiones tropicales húmedas. *e)* Los océanos del mundo. *f)* Climas del mundo.— 2.º Datación del Cuaternario local o regional que nos rodea y su historia. *a)* Estratigrafía no marina, paleopedología y datación isotópica. *b)* Palinología, biogeografía, plicología, y datación isotópica. *c)* Arqueología y antropología del viejo mundo. *d)* Arqueología y Antropología del nuevo mundo. *e)* Paleontología vertebrada y zoogeografía. *f)* Paleontología invertebrada y zoogeografía. *g)* Geomorfología, geografía y paleohidrología. *h)* Océanos cuaternarios, estratigrafía marina y geomorfología y dataciones isotópicas. *i)* Tectónica del Cuaternario, vulcanismo y paleomagnetismo. 3.º Interpretaciones de la vida en el mundo.— *a)* Cambios en procesos geológicos y pedológicos durante el Cuaternario. *b)* Cambios en la distribución de las plantas y animales durante el Cuaternario. *c)* Cronología y correlación de la vida del mundo. Acontecimientos cuaternarios. *d)* Interpretación y climas cuaternarios. *e)* Naturaleza de los cambios climáticos.

Simultáneamente al Congreso, se celebrarán los siguientes simposios: Extensión del Pleistoceno. Arqueología pre-cerámica de la América cuaternaria. Causas de los cambios de clima. Cuaternario del Estrecho de Bering. Historia cuaternaria de las cuencas oceánicas.

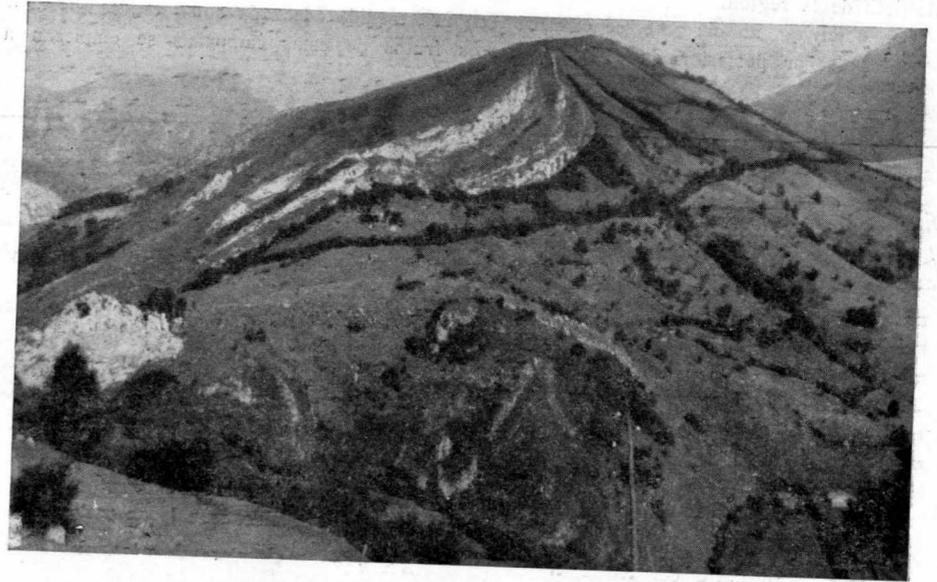
Las conferencias que se celebrarán con tal motivo, serán: *a)* Pleistoceno glacial superior y secuencia vegetal en la región de los Grandes Lagos. *b)* Clasificación de las corrientes continentales. *c)* Loess. *d)* Ambiente en las montañas de las regiones glacial y periglacial e interglacial. *e)* Ambiente de las regiones áridas pluvial e inter-pluvial.

Se reunirán las siguientes Comisiones: 1.º Costas cuaternaria. *a)* Costas basálticas. *b)* Costas del Mediterráneo y del Mar Negro. *c)* Costas del África atlántica. *d)* Costas americanas.— 2.º Nomenclatura y correlación del Cuaternario. *a)* Límite inferior del Pleistoceno. *b)* El Glócenio.— 3.º Neotectónica.— 4.º Origen y litología de los depósitos cuaternarios.— 5.º Absoluta edad de los depósitos cuaternarios.— 6.º Mapa cuaternario de Europa.— 7.º Mapas regionales cuaternarios.— 8.º Teocronología.

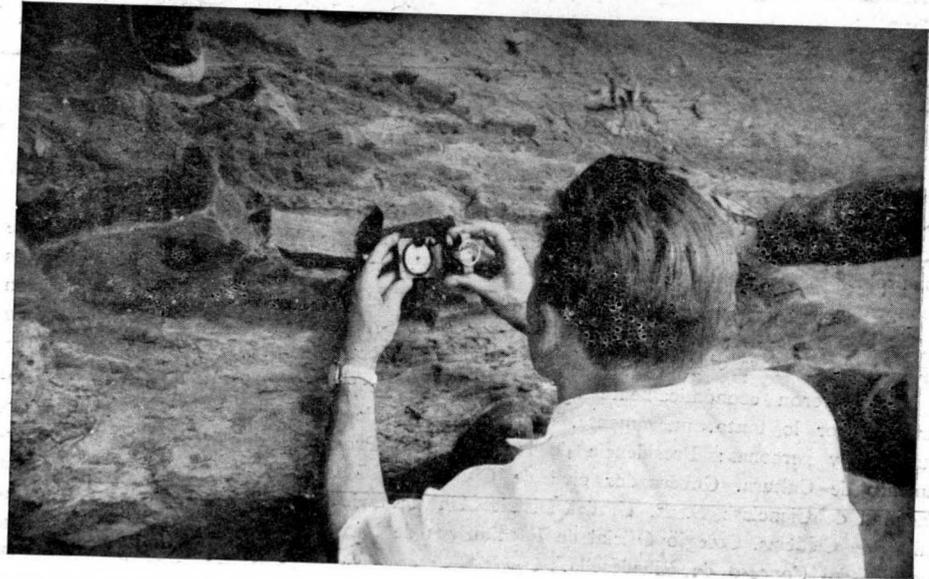
SEGUNDA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE ASTURIAS

INTRODUCCIÓN: Animada por los resultados obtenidos el año anterior, la cátedra de Cartografía Geológica de la Universidad de Oviedo, con la colaboración del Instituto de Geología Aplicada, de la misma, planteó y realizó una nueva «Campana de Reconocimiento Geológico», en la región asturiana. Se desarrolló temporalmente, durante todo el mes de agosto de 1962, habiéndose ubicado sus campamentos fijos en Cangas de Onís y Ribadesella; localización ésta escogida con el fin de poder reconocer la zona comprendida entre el meridiano de Nueva de Llanes y el correspondiente de Colunga, desviado ligeramente hacia el Este a la altura de Cangas de Onís para adaptar el límite al valle del río Dobra. Esta Campana se planteó con el fin de enlazar los datos cartográficos obtenidos en la Campana anterior, con los de reciente publicación aparecidos para la zona costera y meridional de la región fronteriza de Asturias.

La subyección a la docencia dentro del recinto universitario impidió se desarrollase en



Aspecto de la tectónica del Carbonífero de la zona reconocida.



Uno de los participantes tomando datos de índole estructural.

dos fases como la anterior, con un ligero entorpecimiento en el efectivo de trabajo realizado, debido al tiempo que se ha de dedicar para ambientar a los alumnos con las características de la región.

Los objetivos, no obstante, se cubrieron en una medida adecuada como tendremos ocasión de reseñar posteriormente. Los primeros frutos de estas campañas se empiezan a

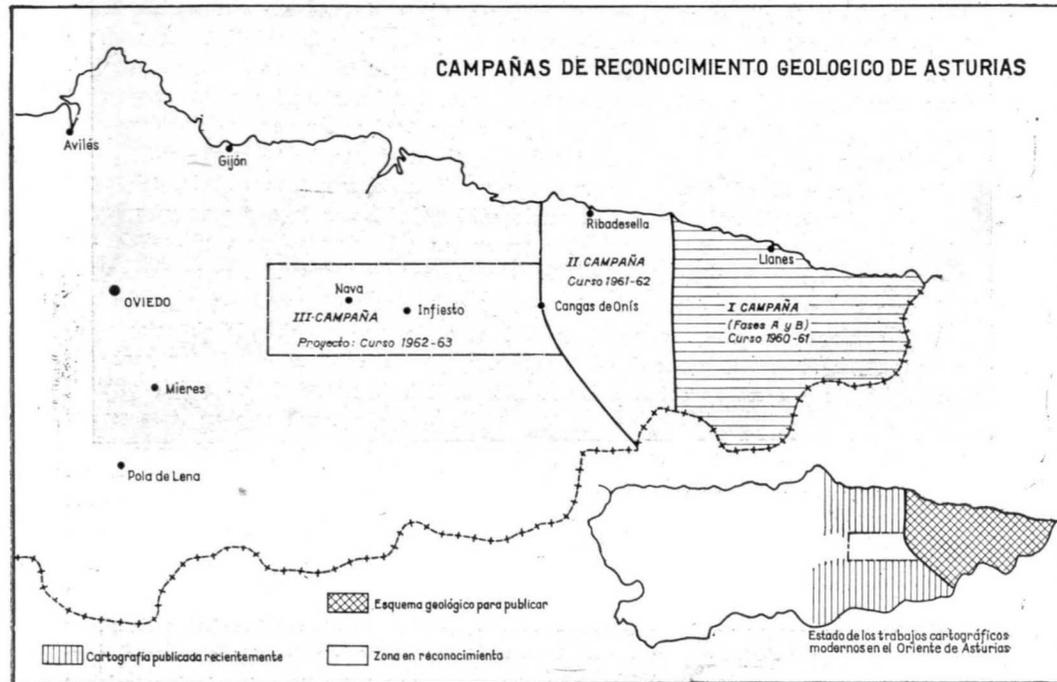
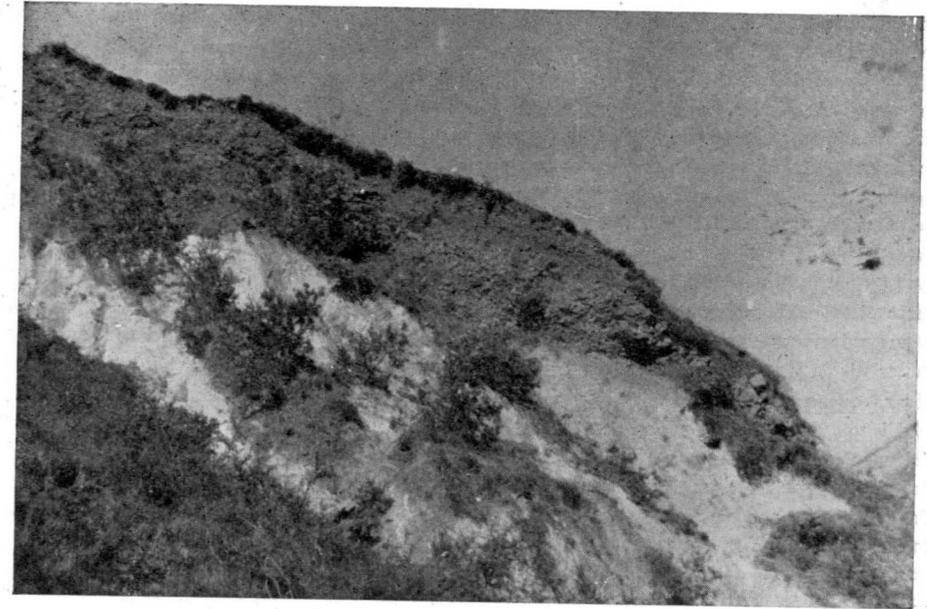


Fig. 1

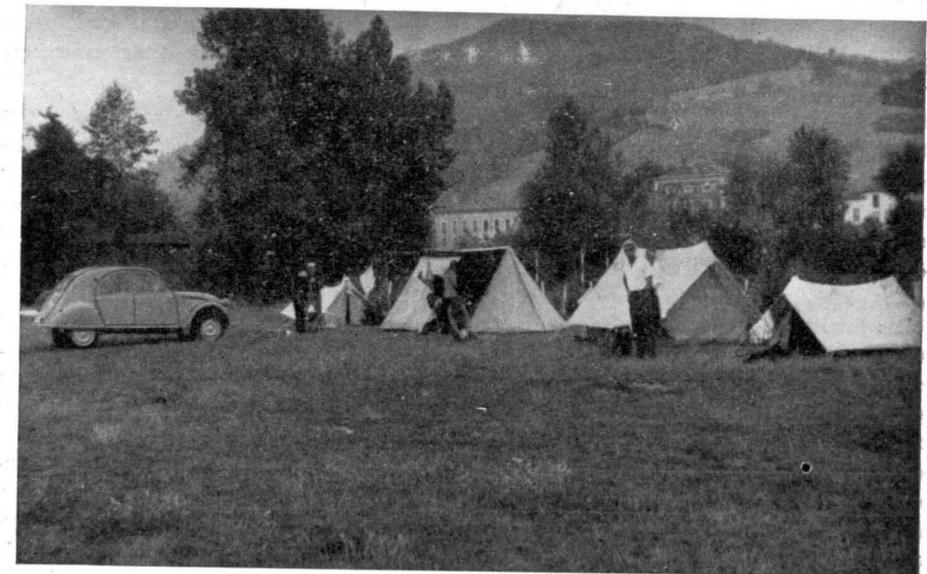
vislumbrar y así se tienen acabados los trabajos de confección del esquema geológico de la zona comprendida entre Unquera y Ribadesella. En el momento actual se están encaminando las gestiones para la publicación del mismo. En otro sentido, gran número de los problemas planteados y no resueltos, en parte por el carácter expeditivo de estos reconocimientos, se encuentran confiados a alumnos de los últimos cursos de la Sección de Geológicas, que los están elaborando, meticulosamente, con el fin de presentarlos como tesis de trabajo para obtener el grado de licenciado y doctor.

Contribuyeron económicamente a esta Campaña de reconocimiento geológico de Asturias y por lo tanto, nuevamente, somos deudores de su diferencia, los siguientes organismos y personas: Presidencia de la Diputación Provincial de Asturias y su Departamento de Cultura. Gobernador civil de Oviedo, D. Marcos Peña Royo. Decano de la Facultad de Ciencias: S. E. U. del Distrito Universitario de Oviedo y Mandos de la Facultad de Ciencias. Colegio Oficial de Facultativos de Minas y Fábricas Minerometalúrgicas. Alcaldía del Concejo de Ribadesella.

Sirva esta cita de nuevo recordatorio al aprecio que les tenemos por la debida consideración de nuestras Campañas.



Aspecto de los característicos depósitos cuaternarios, muy abundantes en la zona reconocida.



Vista de uno de los campamentos realizados durante esta campaña.

MEMORIA: El primer campamento se situó en Cangas de Onís, siendo los objetivos fundamentales del mismo los tres siguientes: 1) Estudio del Mesozoico de la cuenca del río Gueña y Sella. 2) Estudio de las características de la mancha de Carbonífero productivo de las inmediaciones de Cangas de Onís. 3) Servir de campamento fijo a los trabajos de reconocimiento del macizo de Covadonga.

El Mesozoico de la cuenca del Gueña y Sella se estudió con cierta meticulosidad entre Asiego y Arriendas. Sus límites fueron notablemente precisados. Se obtuvieron un buen número de cortes característicos con recogida de abundante acopio de fósiles y muestras características. El estudio de estos materiales, depositados en el Instituto de Geología Aplicada, permitió la precisión y modificación de ciertas circunstancias estratigráficas aceptadas para estos materiales. En la Campaña anterior ya se había vislumbrado parte de este problema que, ahora, pudo ser planteado con más elementos de juicio.

El Carbonífero productivo de las inmediaciones de Cangas de Onís se recorrió con bastante detalle. Sus contactos se pudieron precisar, sobre todo en lo que hace referencia a sus relaciones con el manchón también pizarroso de Cibrales. Se obtuvieron cortes característicos y recogieron, en las escombreras de las explotaciones abandonadas, algunos fósiles que se esperan estudiar para determinar la edad de esta pequeña cuenca.

El tiempo no favoreció mucho los trabajos de reconocimiento, ya de por sí difíciles, del macizo de Covadonga. No obstante ésto se le pudo recorrer con cierto detalle, lográndose notables precisiones en la profundización del conocimiento de las características de este Carbonífero bajo. Se dedicó especial atención a los aspectos geomorfológicos, tan interesantes, en esta zona.

El segundo campamento se desarrolló en Ribadesella. Los objetivos encomendados al mismo, fueron los siguientes: 1) Estudio del manchón del Carbonífero productivo de las inmediaciones de esta localidad. 2) Estudio de los depósitos mesozoicos de la línea de costa entre Ribadesella y Lastres. 3) Servir de base fija para el estudio del macizo del Suevo.

El manchón de Carbonífero productivo de las inmediaciones de Ribadesella quedó perfectamente delimitado y notablemente esclarecida su estructura. En la toma de muestras que pudieran dar datos de índole cronológica no fuimos muy afortunados, habiendo recogido escasos residuos. Se levantaron cortes estratigráficos característicos de estos materiales y de los inmediatos inferiores carboníferos.

Los depósitos mesozoicos que se disponen en la línea de costa fueron reconocidos con la meticulosidad que impone una orografía más completa por su ambigüedad y unos afloramientos más escasos. En la ría de Ribadesella, Playa de la Vega, La Isla, Colunga y Lastres, se obtuvieron cortes estratigráficos de los materiales característicos de estos terrenos. En el Instituto de Geología Aplicada se encuentran depositados los fósiles recogidos, pendientes de un estudio paleontológico. Las líneas estructurales correspondientes a estos depósitos, aun cuando complejas, se pudieron reconocer con cierta meticulosidad.

Las características estructurales del macizo del Suevo se consiguieron esbozar, así como las correspondientes estratigráficas. La realidad es que el tiempo no fue favorable a las ascensiones de reconocimiento al macizo y que, el detenimiento con que se estudiaron otras cuestiones no dejó tiempo material para el estudio metódico a que se se hace acreedor esta importante mole.

Tomando la base de Ribadesella y con un campamento adicional establecido en Arriendas, se lograron otros dos objetivos fundamentales para el reconocimiento de esta zona: 1) Obtener un corte estratigráfico metódico, entre Arriendas y Ribadesella, de los materiales seccionados por el Sella y 2) Delimitar, con cierta precisión, las características de los manchones de Arriendas, Triongo, Miyar, Olicio y Margolles.

ALGUNOS RESULTADOS PROVINCIALES—El resultado inmediato que, en el orden científico geológico se trata de conseguir con estas Campañas, es la consideración de los traba-

jos cartográficos antiguos (ver bibliografía), meritísimos para sus tiempos, actualizándolos en lo posible a fin de que puedan ser relacionados con los más recientes (ver bibliografía), y poder reconstruir un todo cartográfico de Asturias, de visión y espíritu más actual.

Los resultados provisionales que, en relación con las circunstancias que acabamos de expresar, podemos anticipar, los recogemos a continuación y se refieren fundamentalmente: 1) A precisiones respecto a las características de extensión, estratigráficas y estructurales de conjuntos ya señalados por autores precedentes. 2) A datos relacionados con afloramientos no figurados en los distintos mapas publicados de la región o figurados con notable imprecisión.

Mesozoico del río Gueña y Sella.—Hasta la altura de Cangas de Onís el Mesozoico se relaciona con los materiales más modernos por mediación de fallas. El límite septentrional, a partir de Cangas de Onís hasta Arriendas, continúa siendo una compleja falla. Desde Arriendas a las inmediaciones de Corao los depósitos mesozoicos corresponden al Cretácico, como siempre se había supuesto. La continuación oriental de esta cuenca está caracterizada por un conjunto de materiales, con toda probabilidad triásicos. Entre Onís y Asiego existe un segundo afloramiento de depósitos permotriásicos o triásicos, no relacionado si no tectónicamente con el anterior.

Carbonífero productivo del E. de Cangas de Onís. La conclusión más importante respecto a este Carbonífero se refiere a su relación cartográfica con el más oriental de Cibrales. Tiene carácter general de sinclinal más o menos complejo, con el flanco septentrional mecanizado y ligeramente cabalgado en toda su extensión. El paquete pizarroso tiene gran cantidad de intercalaciones calizas en la base y en la parte más alta algunas capas, explotadas de antiguo, de carbón. En relación con estas características estratigráficas, por el momento, sospechamos la relación de tales depósitos en el Westfaliense bajo o Namuriense alto.

Como secuelas del importante manchón pizarroso, pudimos localizar otras, de muy pequeña importancia, hacia el Oeste en las inmediaciones de Covadonga, entre los pueblos de La Riera y Llerices, en las inmediaciones de Següenco y al sur de Cuadrabuelo. Se trata de pinzamientos en la caliza de montaña de escasa importancia, constituidos por pizarras parduscas.

Carbonífero productivo de las inmediaciones de Ribadesella.—La conclusión más importante en relación con este manchón carbonífero, es la que se relaciona con la precisión en la extensión atribuida al mismo, fundamentalmente en su desarrollarse hacia el Este. Se le hacía llegar hasta las inmediaciones de Nueva, pudiendo comprobarse su extensión mucho más restringida que no sobrepasa el límite del pueblo de Camango. Hacia el Suroeste se restringía notablemente su extensión, habiéndose podido comprobar su continuación hasta las inmediaciones de Cuadroveña y Fios, ya en la vertiente del Piloña, donde se relaciona con los depósitos mesoterciarios de este valle, por mediación de una compleja falla. En el aspecto estratigráfico resultó interesante el comprobar la presencia de dos intercalaciones de caliza de notable importancia, lo que permite apuntar su relación, por semejanza, con la serie carbonífera que se encuentra al S. de Infesto, en la cuenca de La Marea-Caleao-San Isidro. En relación con estas consideraciones y posibles comparaciones, se puede apuntar una edad Westfaliense bajo-Namuriense alto, para la parte más baja de la serie, y un posible Westfaliense alto para los depósitos inmediatamente superiores.

Depósitos mesozoicos de la zona costera entre Ribadesella y Lastres.—Las principales adquisiciones en relación con estos materiales hacen referencia a las precisiones que en el orden tectónico se pudieron añadir. Una compleja estructura de fracturas y fallas de nueva personalidad a estos afloramientos permitiendo precisar notablemente los límites atribuidos a sus formaciones.

Depósitos mesoterciarios del valle de Piloña.—Se estudió fundamentalmente la zona de contacto con el macizo del Sueve. En la línea compleja de falla que relaciona los depósitos paleozoicos con los mesoterciarios, se encontraron dos nuevos afloramientos de depósitos triásicos. Aparecen como pequeños retazos en la línea de falla general. El resto de los materiales de la propia cuenca del Piloña no pudieron ser estudiados con detenimiento.

Corte general según el río Sella entre Arriondas y Ribadesella.—Este corte obtenido con meticulosidad nos permitió corroborar, con la ayuda de otros parciales obtenidos en diversos lugares, las características estratigráficas y estructurales del zócalo paleozoico. Con ligeras variaciones de detalle, los pormenores litológicos observados para estos materiales a partir de Unquera, se mantienen constantes hasta esta zona; en sentido más extensivo sus características se pueden relacionar perfectamente con los materiales semejantes dominantes en toda la mitad oriental de Asturias. Las características tectónicas tienen una cierta complejidad condicionada por el notable arqueamiento que describe la estructura general en esta zona.

BIBLIOGRAFÍA CARTOGRÁFICA DE LA REGIÓN RECONOCIDA

- SCHULZ, G.: *Mapa geológico de Asturias, a escala 1:400.000*. Contenido en la obra «Descripción geológica en la provincia de Oviedo» (1857).
- ADARO, L. y JUNQUERA, A.: *Bosquejo geológico de Asturias, a escala 1:400.000*. Contenido en la obra «Minerales de hierro de Asturias» (1915).
- Mapa Geológico de España, a escala 1:400.000*. Publicación del Instituto Geológico y Minero de España (1922).
- En la *Guía de la excursión C.-1*, del «XIV Congreso Geológico Internacional» existe un *Croquis geológico del itinerario Oviedo-Cavadonga-Los Bezos* (1926).
- KARREMBERG, H.: *Mapa geológico de la cuenca de Oviedo, a escala 1:500.000*. Contenido en la obra «Die postvariscische Entwicklung des Kantabro-asturischen Gebirges» (Nordwetspanien) (1934).
- MELÉNDEZ, B.: *Croquis geológico de las Asturias orientales entre Colunga y el macizo del Sueve*. Contenido en el trabajo «Le permien des Asturias Orientales» (1952).
- Mapa geológico de España y Portugal, a escala 1:100.000*. Publicación del Instituto Geológico y Minero de España (1955).
- JULIVERT, M.: *Mapa geológico de la cuenca de Beleño, a escala 1:50.000*. Contenido en la obra «Estudio geológico de la cuenca de Beleño» (1956).
- LLOPIS LLADÓ, N. y JORDÁ CERDÁ, F.: *Mapa del Cuaternario de Asturias, a escala 1:250.000*. (1957).
- ALMELA, A. y RÍOS, J. M.: *Investigación del hullero bajo los terrenos mesozoicos de la costa cantábrica, Mapa a escala 1:50.000*. Contenido en la obra del mismo nombre (1962).
- MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Mapa geológico del reborde oriental de la cuenca carbonífera de Asturias, a escala 1:25.000*. Contenido en la obra «Estudio geológico del reborde oriental de la cuenca carbonífera central de Asturias» (1962).
- Mapa geológico de la Península ibérica, Baleares y Canarias, escala 1:2.500.000*. Publicación del Instituto Geológico y Minero de España.

J. A. M. A

PROBLEMAS DE NOMENCLATURA EN VULCANOLOGÍA

La Asociación Internacional de Vulcanología ha acordado celebrar el día 27 de agosto de 1963, en Berkeley (California), una reunión para tratar los problemas de la Nomenclatura. Las voces preparadas para la discusión, son las siguientes: Ash flow, Ash-flow tuff, Pyroclastic flow, Rheoignimbrite, Sillar, Tufo lava y Weldes tuff Schmelztuff (Weyl).

TERMINOLOGÍA DE IGIMBRITAS

En el curso de la Reunión Internacional de Vulcanología, celebrada el 11 de mayo de 1962, se estudió el problema de la terminología de las ignimbritas. El Prof. Smith (USA), manifestó que era difícil dar una definición precisa del término ignimbrita, dado que las diversas interpretaciones a este término corresponde a designaciones de rocas diferentes. preámbulo que le sirvió de base para dar por abierta la discusión.

Rittmann (Italia), hace una distinción entre las ignimbritas clásicas descritas por él (ignimbritas toscanas, por ejemplo) y los materiales que se encuentran sobre la Asama, y que son completamente diferentes. El mecanismo de formación de las ignimbritas es, en efecto, completamente diferentes de las nubes ardientes.

Healy (Nueva Zelanda), dijo que ha encontrado el término «ignimbrita» muy claro. Se apoya sobre los ejemplos encontrados en Nueva Zelanda, y precisa, de acuerdo con Rittmann, que las ignimbritas son diferentes de los productos de las nubes ardientes, y que ellas deben ser distinguidas de los «welded tuffs». Peterson (USA), da algunos ejemplos de productos de nubes ardientes, y Taylor (Australia), hace resaltar la necesidad de una neta distinción de ignimbrita y productos de nubes ardientes. Gevers (Africa del Sur), estima que el término ignimbrita es aplicado casi a todos, siendo dado que prácticamente se encuentra en materiales, que por el mecanismo de formación y por el aspecto, son semejantes a las ignimbritas. En consecuencia, encuentra útil precisar lo que realmente debe decirse por ignimbrita.

Rittmann dice que es preciso probablemente considerar que la ignimbrita como un término intermedio entre «lava» y «tuff», y ruega al Prof. Penta dilucidar el sentido original del término «lava». Penta dice que el término «lava» en la lengua común es genérico y se habla en efecto de «lave d'eau» y de «lave de feu» (de los vulcanólogos), etc.; la lava es, pues, un líquido corriente de viscosidad variable, como el agua, el barro, etc., sobre la cualidad de la cual no hay límite: el líquido puede, en efecto, ser homogéneo, heterogéneo, etc. Se trata, pues, al menos en la aceptación italiana, de un fluido que discurre sobre una superficie inclinada y corresponde en el sentido genérico a «flow».

Rittmann reconoce que si el término «lava» puede cubrir una gran variedad de fenómenos, no será aplicable a las ignimbritas. Gezé (Francia) señala que en el curso de una reunión del Comité Francés de Vulcanología, el término ignimbrita fue examinado, y que con esta ocasión ha notado una cierta confusión de significación. Según él, sería fácil que se abordara una definición descriptiva del término y en segundo lugar una definición desde el punto de vista genético. Sería, por otra parte, aconsejable que las sugerencias sean comunicadas a los Comités Nacionales. Está de acuerdo con Rittmann y con aquellos que distinguen como dos clases completamente diferentes las nubes ardientes y las ignimbritas. Kuno (Japón), objeta la proposición de Géze que, según él, los Comités Nacionales no tienen ningún poder para probar o desaprobado el término relativo al su-

jeto científico especificado. Sugiere emplear el término ignimbrita sin limitación, sea por erupciones de fisuras laterales, sean centrales, sean submarinas.

Rittmann estima que los depósitos marinos no pueden ser considerados como del «tuffs soridés», pero recuerda lo que él mismo ilustró durante el Simposio de Catania en 1961, eventualmente las ialoclastas. Es preferible que el término ignimbrita sea empleado para indicar un material «piroclástico» que es «vomi» y no como «flow», pero eventualmente, como «overflow». En efecto, el término «flow» puede ser empleado por cualquier sustancia que cuela en una dirección precisa; en el caso de la ignimbrita, al contrario, no hay colada en una sola dirección, pero la superficie interesada por la erupción ignimbrita es extremadamente vasta y extendida.

Pugh (USA), propone el empleo de tres términos: «tefre», «lave» e «ignimbrite». Branch (Australia), precisa que la ignimbrita representa solamente un modo de deposición, mas no una génesis particular. Powers (USA) recuerda, el sujeto de la extensión del producto ignimbritico, que la nube ardiente de la Montaña Pelée tenía una gran extensión: en cuanto a Rittmann, responde que el mecanismo que ha producido la nube ardiente ha sido diferente del que produce una ignimbrita, siendo dado que hay una pretuberancia sólida seguida de una explosión.

En la discusión toman parte Pough (USA), Rittmann, Taylor (Australia) y Bailey (USA), sobre los diversos sentidos dados a los términos «flow», «overflow», «épanchements», etcétera. Decker recuerda que en inglés el término «lava-flow» designa también las efusiones sobre pendiente de las coverturas de las mesetas, mientras que en Italia, precisa Rittmann, se emplea «épanchement» o «Covertura» puede designar los últimos. Penta también indica que entre «covertura» y «coulée» hay una diferencia en las características hidrodinámicas de la masa fundida. Evrard (Bélgica), dice que en francés no hay una diferencia entre covertura y colada. Y dice, en efecto, «nappe» o «emplacement». El término «débordement» corresponde a «overflow». Yagi (Japón) estima que la ignimbrita puede también ser comprendida entre las «pyroclastic flows». Selon Morimoto (Japón), ignimbrita significa solamente «material piroclástico»; para poder definir el tipo, es necesario definir la orientación del magnetismo de productos sólidos (o solidificado). Marinelli (Italia) está de acuerdo con Healy sobre la distinción entre lava, materias piroclásticas e ignimbritas, pero él no comparte el escepticismo de Smith en cuanto a la posibilidad de encontrar una definición clara del término. No encuentra justo el abolir el término solamente por que tiene diferencias de interpretación. Penta lo aprueba y recuerda que la tradición en el lenguaje científico está contra la abolición del término.

Rittmann ruega a los presentes se pongan de acuerdo y les recuerda que el término ignimbrita no debe ser substituido por otros términos, pero sólo debe representar alguna cosa particular. Al levantar la sesión, se aconsejó a los científicos presentes a que vean la manera de encontrar una definición exhaustiva en general de la palabra «ignimbrita».

RESERVAS MINERAS

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO, EN LA PROVINCIA DE CORDOBA

Por Orden del Ministerio de Industria de fecha 20 de mayo de 1963, 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 «Cerro Gordo», del término municipal de Pozoblanco, de la provincia

de Córdoba, de 15 pertenencias, con el nombre de «Córdoba Segunda». Punto de partida: un monjón de mampostería de 30 centímetros de lado, que sobresale 20 centímetro del terreno sito a unos 120 metros en dirección Este 31° 57' S., del cruce de los arroyos «Tomillos» y «Tie mblos», cuyas visuales referidas por la Jefatura del Distrito Minero a graduación sexagesimal son las siguientes: desde el punto de partida a la esquina NO. del Cortijo del Cantador, S. 39° 21' O. Desde el punto de partida a la esquina NE de la Casilla de La Vana, S. 1° 36' E. Desde el punto de partida al eje de las poleas del castillete mina «Lolita» N. 13° 57' O. El punto de partida queda establecida por la designación que se hace en esta Orden y la demarcación, según la Orden Ministerial de 24 de julio de 1957, publicada en el «B. O. E.» de 4 de septiembre del mismo año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona, si bien los rumbos han sido referidos igualmente a grados sexagesimales, correspondientes a los centesimales que establecía la citada Orden.

RESERVA EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 7 de junio de 1963, 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 «La Breñilla», del término municipal de Trujillo, provincia de Cáceres, de 45 pertenencias, con el nombre de «Cáceres veintinueve». Punto de partida, la esquina más al norte de la casa de «La Breñilla». Desde este punto de partida al punto auxiliar en dirección E. dos grados 22 minutos S. se miden 100 metros y se situará el punto auxiliar «A», cuyas visuales, en grados centesimales y referidas al Norte verdadero, son las siguientes: A la veleta de la iglesia barriada Huerta de Animas, E. 29° 8' S. A la veleta de la iglesia Santa María la Mayor, de Trujillo, S. 25° 00' E. A la chimenea de la casa de «La Breña», N. 17° 92' O. El punto de partida queda establecido por la designación que se hace en esta Orden, y la demarcación, según la Orden ministerial de 10 de junio de 1961, publicada en el «B. O. del E.» de fecha 24 del mismo mes y año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

RESERVA EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 7 de junio de 1963, 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 «Cerca del Espino», del término municipal de Trujillo, provincia de Cáceres, de 18 pertenencias, con el nombre de «Cáceres veintisiete». Punto de partida, el poyete más al Este del portillo de la cerca de «La Espina», sito en el cruce de los caminos de Huertas de Animas a Castillas y de Huertas de Magdalena a la carretera de Plasencia. Desde este punto de partida al punto auxiliar en dirección E. 28° 20' s. se miden 17,50 m. y se situará el punto auxiliar «a», cuyas visuales en grados centesimales y referidas al Norte verdadero, son las siguientes: A la veleta de la iglesia Santa María la Mayor, en Trujillo, S. 3° 62' E. A la esquina S E., zahurda cercado Arroyo de la Huerta S. 49° 06' O. y 43,80 m. Al eje, puerta casa de Calderón N. 8° 60' O. El punto de partida queda establecido por la designación que se hace en esta Orden, y la demarcación, según la Orden ministerial de 5 de junio de 1961, publicada en el «B. O. del E.» de fecha 24 del mismo mes y año y rectificación en el del día 5 de julio siguiente, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

RESERVA EN LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 5 de junio 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 «Cerca Nueva» y «Terruco», del término municipal de Trujillo, de la provincia de Cáceres, de 40 pertenencias, con el nombre de «Cáceres veintiocho», punto de partida la esquina más al E. de la casa del «Terruco», propiedad de don Enrique Dalias Cuenca. Desde este punto de partida al punto auxiliar en dirección E. $40^{\circ} 96'$ S. se miden 168 metros y se situará el punto auxiliar «A», cuyas visuales en grados centesimales y referidas al N. verdadero, son las siguientes: A la veleta de la iglesia Santa María la Mayor, de Trujillo, E. $45^{\circ} 90'$ S. A la esquina N-E. casa-tinado del «Terruco», N. $46^{\circ} 50'$ O. y 174 metros. Al eje de la torre de la iglesia barriada Huerta de las Animas, E. $7^{\circ} 58'$ N. El punto de partida queda establecido por la designación que se hace en esta Orden, y la demarcación, según la Orden ministerial de 5 de junio de 1961, publicada en el «B. O. del E.», de fecha 24 del mismo mes y año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

FE DE ERRATAS

En el número 69 de NOTAS Y COMUNICACIONES, trabajo «*La apófisis mangerítica de Lozana*».

Página 127, línea 34.

Dice: Yo la encuentro en la mangerita y en los lamprófidos mangeríticos como accesorio.

Debe decir: La encuentro en la mangerita y en los lamprófidos mangeríticos como esencial y en la espesartita como accesorio.

Notas bibliográficas

AGUAS SUBTERRANEAS

G. CASTANY: *Traité pratique des eaux souterraines*, Dupod, Editeur, 92, calle Bonapart Paris, 6^o, XXXIV, V 648 págs., 16 x 25, 410 figuras, 1963. Precio, 108 F.

La prospección y el estudio de las aguas subterráneas, la evaluación de las reservas y de los recursos acuíferos, así como su explotación racional y su conservación, son de una importancia capital en el desarrollo industrial, económico y agrícola de una región.

Por ello, en esta obra se da una importancia preponderante a la descripción de numerosos datos concretos. Comienza la obra por unos elementos generales de hidrología superficial, en la que considera la precipitación, evaporación y transpiración, evapotranspiración, escorrentía, déficit de escorrentía, infiltración y balance hidrológico. La segunda parte la consagra a las aguas en el suelo y en el subsuelo: para ello estudia el complejo sólido-aire, porosidad, la fase líquida, el complejo sólido agua-aire, y la distribución del agua en el suelo y en el subsuelo y zonas de humedad. La tercera parte está dedicada a la circulación de aguas subterráneas, y en ella trata de la circulación vertical de las aguas subterráneas en los casos teóricos, vertedero lateral y en forma de lámina. La cuarta parte trata del desplazamiento de las aguas subterráneas hacia las obras de captado, por ello tiene en cuenta el régimen de equilibrio o régimen de derrame permanente, régimen en desequilibrio, estudio experimental de las capas para los ensayos del bombeo en los pozos y perforaciones. La quinta parte corresponde a la superficie piezométrica de las capas acuíferas y en ella considera los tipos de superficies piezométricas superficie de depresión, morfología de superficies, curvas isopiezas, variación de niveles de las superficies piezométricas, relación entre las capas y la superficie de agua libre, variación de las reservas de las capas acuíferas. La última parte que es la sexta, está consagrada a la hidrología cárstica y a las aguas termominerales, y por ello, en sus capítulos se desarrollan los temas correspondientes a las aguas subterráneas en las calizas, hidrogeología cárstica y aguas termominerales.

En la obra se da un lugar preponderante a la descripción de numerosos casos concretos. Los datos teóricos indispensables para comprender los fenómenos de aguas en el suelo y en el subsuelo, son desarrolladas con el objeto de prever los límites de aplicación y su validez en las condiciones naturales del yacimiento de las aguas subterráneas. Una abundante ilustración, ya mencionada, aclara el texto; como hemos visto, figuran las nociones esenciales de hidrología y superficie indispensable al hidrogeólogo, las cuales son objeto de un desarrollo esencialmente orientado hacia la evaluación de los papeles de balance hidrológico. El agua en el suelo y en el subsuelo, es estudiado desde un punto de vista estático y dinámico; el movimiento de las aguas subterráneas, sea en capas, sea hacia las obras de captado; se le da una atención particular. El objeto esencial práctico de la obra se traduce en la redacción del estudio experimental de terrenos acuíferos por el ensayo de los caudales o de los métodos modernos de aplicación de fórmulas de equilibrio; son ampliamente desarrollados, dando lugar a soluciones gráficas. El estudio de superficies piezométricas de capas, es orientado hacia el establecimiento y la interpretación de mapas de curvas isopiezas y al análisis de variaciones de niveles.

fases esenciales de hidrología regional. La evaluación de las reservas en aguas está considerada por diferentes métodos, donde las curvas de tarado y las relaciones de niveles piezométricos, llaman particularmente la atención. Termina la obra con una bibliografía, así como un índice alfabético de materias y un índice de fórmulas.

Esta obra, destinada a los hidrólogos e hidrogeólogos, es sumamente interesante para los ingenieros de minas, agrónomos, caminos y en general todos aquellos técnicos a quienes les pueda interesar los problemas relacionados con las aguas, entre ellos los correspondientes al alumbramiento de las aguas subterráneas.—L. DE A.

ANÁLISIS MINERAL

F. E. VICKMAN: *The amount of material necessary for a trace element analysis*, «Arkiv För Mineralogi och Geologi», tomo 3, núm. 6, págs. 131 a 139, 1962.

Algunos elementos químicos se concentran principalmente en un mineral o una roca, tal ocurre con el circonio en los circones. Establece el autor dos ecuaciones, después de una serie de hipótesis simplificantes, que relacionan la cantidad de muestra necesaria para la determinación de un elemento, el tamaño del grano del mineral, el número de partes por millón del elemento en la roca, y una constante función de los límites de precisión y sensibilidad. Esta constante A, la tabula para 30 valores de los parámetros. Discute los límites de utilización de las ecuaciones en las diversas condiciones naturales y estudia dos ejemplos; uno de oro nativo en las rocas, y el otro de circones en los granitos.—L. A.

J. S. HARRINGTON y J. J. LE R. CILLIERS: *A possible origin of the primitive oils and amino acids isolated from amphibole asbestos and banded ironstone*, «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. 27, núm. 5, págs. 411 a 418, mayo 1963.

Presentan datos para evidenciar que los aceites primitivos y aminoácidos extraídos de la crocidolita, así como los aceites de la amosita y sideritos, se derivan probablemente de los primitivos organismos en el momento de la deposición de los sideritos, en que se forma los asbestos anfibólicos.—L. A.

CRIADEROS

PER GEIJER: *On the Association of magnesium and sulphide ores in metasomatic mineralization*, «Arkiv För Mineralogi och Geologi», Bº 3, núm. 8, págs. 153 a 164, 1962.

Revisa y compara dos tipos de mineralización de sulfuros: el tipo común de sustitución en calizas acompañado por una elevada dolomitización, y el «metasomatismo mgnesiano» en Svecofennian de Suecia Central y zonas adyacentes de Finlandia (Falun-Orijärvi). La naturaleza de la solución activa en estos dos tipos, es la misma esencialmente, incluyendo las enormes cantidades introducidas de magnesio. En ambos tipos, también se hacen indicaciones, de que estas soluciones de una gran extensión pueden haber sido concentradas previamente por sus fuentes a profundidades considerables debajo de las de deposición. Esto puede razonar la gran proporción de material que interviene en el proceso. Se destaca que los procesos que han tenido geológicamente un curso similar en los dos tipos, son radicalmente diferentes.—L. A.

GEOLOGIA

PIERRE ELOUARD: *Etude géologique et hydrologique des formations sédimentaires du Guébla mauritanien et de la Vallée du Sénégal*, «Bureau de Recherches Géologiques et Minières», núm. 7, 1962.

El límite de este estudio son: al S., el Macizo del Ferlo, estudiado por R. Degallier; al O., el Océano Atlántico; al NO., el Ndrhamcha; al N., la Meseta de Taffoli y las formaciones de Trarza, situadas al S. de Akjout. En fin, al E. las formaciones precambrianas que han sido objeto de una tesis presentada por L. Reanud, en 1958.

El conjunto de la región cartografiada corresponde a una superficie de 70.000 Km². Las regiones naturales incluidas en este estudio, son consideradas en el correspondiente capítulo de geografía; así mismo tiene capítulos de petrografía y estratigrafía. La segunda parte está consagrada a la hidrología, y la tercera a la paleontología. Acompañan a la memoria varias fotografías, láminas y figuras.—L. DE A.

LEFAVRAIS-RAYMONDI: *Contribution a l'étude géologique de la Bresse d'après les sondages profonds*, «Bureau de Recherches Géologiques et Minières», núm. 16, 1962.

Los estudios geológicos de Bresse corresponden a dos períodos. El primero al estudio de los afloramientos, estos últimos siendo raros y de poca importancia, la estratigrafía del Terciario de Bresse corrientemente es poco fosilífera y particularmente difícil de establecer. En los trabajos antiguos se encontraban a costa de observaciones precisas, las hipótesis aventuradas que arrastraban errores en las correlaciones de terrenos. No fue hasta fines del siglo XIX cuando Delafond y Depéret, establecieron una estrecha síntesis estratigráfica de interés del Terciario de Bresse. Estas escalas, basadas sobre las sucesiones de faunas de Moluscos y de Mamíferos, dieron para el Plioceno, al menos, el punto de partida de los estudios de Bresse.

El segundo corresponde a las exploraciones recientes con sondeos profundos efectuados en varios puntos de Bresse, por las Minas Domaniales de Potasa de Alsacia, estos sondeos han hecho progresar rápidamente la geología de Bresse, dando a conocer el substrato Jurásico y Cretácico y las series inferiores del Terciario, y aportando novedad sobre la tectónica y la paleogeografía de esta región.

En el texto se efectúan detenidos estudios estratigráficos del sustrato Secundario; en él se consideran el Jurásico superior, el Cretáceo; al que sigue unas conclusiones generales, después, la aportación terciaria, en el que tienen en cuenta el Eoceno, el Oligoceno, el Mioceno y el Plioceno, con unas conclusiones generales. La tercera parte está dedicada al estudio tectónico, terminando el trabajo con unas conclusiones y la Bibliografía, con sus correspondientes figuras y cortes de los sondeos.—L. A.

J. K. CHARLESWORT: *Historical geology of Ireland*, Oliver and Boyd, Edinburgh and London 845, 565 págs. y varias láminas, 1963.

Editado por Oliver and Boyd de Edinburgo y Londres, acaba de aparecer un tratado sobre Geología histórica de Irlanda, cuyo autor es J. K. Charleswort, de la Queen's University of Belfast, ayudado, como ya es norma modernamente en esta clase de obras, por un numeroso grupo de colaboradores.

El libro es principalmente útil para geólogos y estudiantes avanzados que necesiten adquirir ideas de conjunto sobre la geología irlandesa. Contiene numerosas figuras e ilustraciones y su mayor parte está dedicada al Paleozoico, y que las formaciones irlandesas de tal edad son muy abundantes. La bibliografía que da al final es muy interesante para todo aquel que trabaje en ese país.—M. M.^a A.

Carte géologique du Sahara (Echelle 1/500.000 Massif du Hoggar), 1962.

El Bureau de Recherches Géologiques et Minières, acaba de publicar el Mapa Geológico de Hoggar (Sahara Central) a escala 1:500.000. El trabajo consta de nueve mapas geológicos y una memoria explicativa de 96 páginas. Los estudios geológicos de esta región se iniciaron ya en el año 1920 por C. Kilian y fueron continuados durante los años 1938-48 por M. Lelubre, quien publicó en el año 1952 su tesis «Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental» sobre esta zona. Con posterioridad se efectuaron los estudios sobre vulcanismo de esta región.

En el año 1953 el Bureau de Recherches Géologiques et Minières inicia la prospección de Hoggar. Los trabajos de campo se realizaron entre los años 1955 y 1960, y fruto de todos estos trabajos es la publicación por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières de este mapa geológico.

Este estudio se centra principalmente en los terrenos precambrianos de aquella zona, divididos en dos ciclos orogénicos: el Suggarien muy metamorfozados y el Pharusien. A los terrenos sedimentarios que rodean esta zona precambriana, objeto de la segunda parte de la memoria explicativa, se les dedica una menor atención, puesto que ya ha sido objeto, con anterioridad, de estudios muy detallados.

Este trabajo viene dividido en dos partes: Primera parte: I.—Précambrien et séries intermédiaires por C. Reboul. I.—Série pourprée de l'Ahnet por H. Moussu. Segunda parte: Couverture sédimentaire (série primaire des Tassilis Ouan Ahaggar). Région d'la Azaoua. Tim Misaou, In Guezzam, por L. Lessard. D. S. P.

Der tiefere Untergrund der Niederrheinischen Bucht. Ein Symposium. 1962, 462 S. 59 Taf., 59 Abb., 16 Tab. Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen, Band 6. (El substrato profundo de la Bahía renana inferior. Un simposio. Tomo 6 de «Avances en la geología de Renania y Westfalia»).

Editado por el «Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen» (Servicio Geológico del Norte de Renania y Westfalia), este simposio se destina al estudio de los terrenos más profundos que pueden alcanzarse en la región abarcada bajo el concepto morfológico y geológico de «Bahía renana inferior». Es así la continuación de otros simposios que tratan por extenso de series sedimentarias diferentes de la misma región: el tomo cuarto describe las formaciones pliocenas y pleistocenas; en los tomos que abarca el volumen 1 y 2 se estudia con detalle la formación de los lignitos, por lo cual aquí, en el tomo presente, sólo se dedican pocas páginas a su descripción.

El Terciario, sobre todo gracias a los sondeos y pozos que lo atraviesan para alcanzar las cuencas carboníferas, ofrece abundante material de estudio. H. J. Anderson presenta sus «Observaciones paleontológicas sobre la estratigrafía del Oligomioceno de la Bahía renana inferior. J. Indas (con una contribución de H. J. Anderson) describe las «faunas de foraminíferos del Mioceno» de esta región. Además de los foraminíferos, se describen los moluscos miocenos hallados por los sondeos. E. Diesel y J. Grossteinbeck describen la

tectónica del «bloque de Colonia», extremo oriental de la cuenca terciaria del Bajo Rin, que merced a un hundimiento epirogénico de su parte central se convirtió en un sinclinal, luego estabilizado al paso del Oligoceno al Mioceno. La importancia de su estudio se comprende al ver que esta cuenca, cubierta por las gravas del Rin, constituye un depósito de aguas subterráneas del ámbito comprendido por Colonia y sus contornos. H. Dietzner, M. y R. Teichmüller describen una arcilla carbonosa y caolinifera de dos a tres centímetros de espesor, compuesta por caolinita pura, en la que se comprueba que lo mismo en su constitución que en su textura no ha influido el grado de diagénesis.

El Lias y el Dogger son objeto del capítulo segundo. K. Hoffmann estudia ambas series en la parte que forma el substrato de la Bahía renana inferior. Los sondeos han permitido reconocer estas series e incluso descubrir en ellas faunas nuevas de ammonites. F. Gramann describe los ostrácodos rugosos del Liásico obtenidos por los sondeos. R. Thienhaus describe la estratigrafía, tectónica y yacimiento ferruginosos de la fosa sinclinal liásica de Bislich (Rin inferior). Los sondeos y las investigaciones sismológicas han precisado la estructura tectónica y la extensión de los depósitos liásicos de Bislich, determinando la distribución de un horizonte de hasta diez metros de potencia, de oolitas ferruginosas en las capas inferiores del Liás γ. Se reconoce que este depósito es debido a una transgresión típica: las soluciones portadoras del hierro han debido proceder de un geanticlinal situado hacia el sur de la región. Se reconoce la influencia ejercida por la dislocación marginal en el régimen sedimentario y aún después. En el Terciario se han definido hundimientos de la cuenca y lagunas estratigráficas importantes. W. Knauff estudia la microfaua obtenida mediante sondeos en el Liásico medio de la cuenca renana inferior. W. Knauff y E. Schröder, merced a una amplia red de sondeos, demuestran la considerable extensión que tienen los depósitos liásicos, ocultos bajo el manto de terrenos terciarios, en la zona alrededor de Drove, situada al borde norte de la región del Eifel.

En el capítulo dedicado al Zechstein se presentan los siguientes trabajos. E. Malzahn y A. Rabitz estudian el testigo obtenido en un sondeo profundo y descubren una serie de capas de Pérmico superior de carácter dolomítico marginal, rica en fauna característica y con restos vegetales que permiten construir un diagrama de esporas determinables. M. E. Glaessner y E. Malzahn describen nuevos crustáceos del Pérmico superior de Renania inferior, obtenidos de sondeos y escombreras. H. Scherp describe los foraminíferos del Zechstein inferior y medio del noroeste de Alemania, sobre todo de un sondeo en Kamp-Lintfort (situado al noroeste de Duisburgo). El análisis detenido de una serie sedimentaria de 65 metros de espesor muestra la presencia de géneros de foraminíferos, nuevos para el Pérmico alemán. Cuatro de los reconocidos son de especial interés por cuanto tres de ellos se los venía considerando limitados al Mesozoico y otro al Terciario. Sorprende la riqueza en formas obtenidas en este sondeo: 103 especies y 16 subespecies. H. J. Schwitzera describe la flora del Zechstein de la Renania inferior, obtenida en los pozos de las minas del carbón subyacente. Se han podido clasificar diez especies, cuyos restos, bien conservados, aseguran su determinación segura. E. Malzahn describe la fauna hallada en los cantos rodados de caliza que forman parte del conglomerado del Pérmico superior. Se ha visto que estos cantos proceden del Viscense, Turnesiense, Devónico superior y Devónico medio. Por la facies, el autor determina la región de donde han partido hasta constituir la pudinga pérmica: los ríos los han arrastrado hasta una distancia de veinte a treinta kilómetros, en donde el mar pérmico los ha retocado y aglomerado. La fauna reconocida permite distinguir braquiópodos, corales, ostrácodos y conodontos. G. Lüttig determina la morfometría de los cantos rodados conglomerados del Zechstein, extraídos del pozo de una mina de carbón. Se ha podido obtener en parte, el ciclo al que han estado sometidos estos cantos rodados: los torrentes los han ido arrastrando desde los montes

hasta la llanura somontana: al secarse luego aquéllos, las soluciones ascendentes del subsuelo han corrido el material de que se componían, y, luego, el viento los ha tallado. Por último, durante la ingresión marina del Pérmico superior, el oleaje los ha vuelto a redondear hasta constituir el conglomerado. W. Zeigler estudia los conodontos contenidos en los cantos rodados del conglomerado del Zechstein de Rossenray, localidad situada al SO. de Rheinberg, en la Renania baja. La determinación de estos fósiles permite descubrir la procedencia de los cantos, distinguiéndose tramos carboníferos y devónicos. Además, se reconoce en los conodontos un género de diversas formas no descritos hasta ahora.

El capítulo IV está dedicado al estudio del *substrato prepérmico*. W. Elberskirch y J. Wolburg presentan un trabajo sobre la tectónica del Carbonífero en la margen izquierda del Rin, en la región de Emmerich (Renania inferior). Las medidas obtenidas por el método sismológico y los sondeos profundos, han completado el conocimiento del substrato, alterando, a la vez, parte de las ideas que tenían sobre su composición y estructura. Es de interés el hallazgo de Paleoceno y Maestrichtiense en un punto y caliza carbonífera y areniscas devónicas en otro de los perforados por los sondeos. Asimismo, se aprecia la disposición tan tendida u horizontal de los estratos prepérmicos en el anticlinal de Krefeld, el grado de la carbonificación y las alteraciones diagenéticas en esta misma zona. P. Hoyer estudia la extinción del plegamiento variscico de la Renania inferior. Los datos obtenidos figuran en un mapa a escala 1:100.000, de gran extensión, y un cuadro de correlaciones estratigráficas al final del volumen.—J. G. DE LL.

JEAN BOULIN: *Recristallisations dans la série métamorphique de Vélez-Málaga (Andalousie méridionale)*. «C. R. Acad. Sc.», t. 256, Séance du 18 mars, págs. 2652-2654, 1963.

El estudio micrográfico de los esquistos cristalinos de Vélez-Málaga demuestra la existencia de varias cristalizaciones sucesivas resultantes de la acción de por lo menos tres fases de metamorfismo: el paso de una a otra corresponde en general a una variación de los caracteres del clima metamórfico.

Estos pasos, son: a) Transformación de una serie sedimentaria original por un conjunto de impulsos orientados, metamorfismo regional que ha dado la trama fundamental de la serie. b) Migmatización diferencial de los términos inferiores de esta trama, fase estática, sucediendo a una flojedad general de los impulsos orientados. c) Neoformaciones y recristalizaciones tardías, de una fase más reciente, según las apariencias, en las condiciones aún estáticas.—F. M. M.

STEFAN DÜRR, ROLF HOEPPENER, PETER HOPPE y FRANZ KOCKEL: *Géologie des Montagnes entre le río Guadalhorce et le campo de Gibraltar (Espagne Méridionales)*. «Travaux Mémoires P. Fallot», pág. 205-227. L'évolution Paléogéographique et Structurale des domaines Méditerranéens et Alpines d'Europe. «Mém. Soc. Géol. de France», 1960-62.

Se observa, desde el punto de vista estructural, el sector Sur-Este, del Chorro hasta Caesars, dominado por movimientos horizontales de gran envergadura. Los plegamientos, escamaciones y cabalgamientos indican un fuerte empuje hacia el NW. Aparentemente los movimientos alpinos comenzarían durante el Jurásico medio: de esta época datan, por consiguiente, los bosquejos de la formación estructural y el metamorfismo. Los acarrees de edad post-flysch no son verdaderamente importantes más que al SW.

La evolución particular del sector noroeste, de Olvera a Pruna, parece explicarse, sobre todo, por las propiedades mecánicas del Trias halo-elástico y por los movimientos que le son imputables.

Entre los dos extremos se encuentra la región de Ronda-Grazalema-Cañete, con su asociación de estructuras características, tanto por la compresión de los pliegues y por las capas imbricadas, como por las distensiones locales debidas al juego del material móvil del Trias.

Evidentemente las concepciones clásicas sobre los edificios «alpinos» no pueden ser aplicadas aquí, como lo prueba la capa de Trias salino y la orogénesis jurásica con sus consecuencias.

Se ve, por lo tanto, que aún estamos lejos de conocer a fondo el carácter particular de las Cordilleras Béticas.—F. M. M.

FRANZ RADIG: *Die orbitoiden-kreide am nordrande der mulde von Villarcayo (prov. Burgos, Spain) und ihre stratigraphische und paläogeographische Stellung*. «N. Jb. Geol. Palaont. Abh.», vol. 117, págs. 251 a 264, Abril 1963.

El estudio de una serie de cortes geológicos a través del tramo de estratos calcimargosos y arenosos, que afloran en la margen norte de la cuenca terciaria de Villarcayo, muestra que la sedimentación comenzó en el Maestrichtiense superior. Esta sedimentación no fue afectada de modo sensible por el diapiro de Salinas de Rosío, situado a poca distancia de ella.—L. A.

GEONUCLEONICA

JONH A. COOPER: *The flame photometric determination of potassium in geological materials used for potassium argon dating*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. núm. 27, núm. 5, págs. 525 a 546, Mayo 1963.

Realiza una investigación de los factores que contribuyen al 5 por 100 de dispersión, que existe, en la comparación entre varios laboratorios del contenido en potasio, de las muestras usadas para dataciones por la técnica K-Ar. Llega a la conclusión de que en las determinaciones por fotometría de llama, las interferencias debidas a otros iones coexistentes en las soluciones dependen fundamentalmente del quemador usado, del combustible y también de la concentración en potasio.

Los valores de fotometría de llama, los compara con los obtenidos por dilución isotópica en el mismo laboratorio, los cuales están en perfecta concordancia.

Como comprobación hace una comparación de edades determinadas en varios minerales, incluyendo piroxenos, procedentes de las mismas rocas.

Los análisis de potasio fueron realizados por el N. B. S. y otros laboratorios importantes.

Recomienda técnicas para eliminar interferencias en los materiales analizados más comunes con fines datacionales, los cuales figuran en dos apéndices.—L. DE A.

IRVING FRIEDMAN: *Deuterium in Iceland waters*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. 27, número 6, págs. 553 a 561, Junio 1963.

Del análisis del deuterio de 149 muestras de agua tomadas en Island de aguas calientes de sondeos, frías y fuentes calientes, ríos y lluvia, se establece una distribución geográfica del deuterio en las aguas superficiales. Como consecuencia del análisis del deuterio, se deduce

que el agua de los sondeos cerca de Reykjavik no procede de la precipitación local. La variación del deuterio contenido en este agua, sugiere la posible utilización de los datos para la determinación de la duración del desplazamiento del agua y recargas de los pozos, y lugar de la superficie de recepción.—L. F.

E. PICCIOTTO y A. COPPEZ: *Bibliographie des mesures d'âges absolus en Antarctique*. «An. Geol. Belg.», t. 85, bol. núm. 8, págs. B 263-308. 1963.

Después de un breve estudio de los métodos geocronológicos y del interés de su aplicación en la Antártida, los autores resumen 15 artículos, reuniendo 180 medidas de edades absolutas correspondientes a las rocas de la Antártida oriental. Todos los resultados se presentan en un cuadro, con los datos siguientes: localidad, roca y mineral, método utilizado, edad publicada, referencias bibliográficas y edad recalculada por $\lambda_{K-40} = 5.85 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$ y $\lambda_{Rb-87} = 1.47 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$.

Se presenta también un mapa de distribución geográfica de todas las medidas.

La mayoría de las edades fueron obtenidas por el método A/K en la roca total, no obstante sólo representa probablemente los límites inferiores de las edades reales. La roca más joven datada es el basalto de Gaussberg (20 m. A.). Los diques de doleritas recortan las Series Beacon, 180 m. A. aproximadamente (Jurásico inferior). Las edades mayores son de 1.800 m. A. El grupo más importante y el más frecuente es el de 450 m. A., correspondientes al Ordoviciense. Las trazas características de magmatismo y de metamorfismo de la mayor parte de la plataforma cristalina de la Antártida oriental serán post-cambrianas. La distribución geográfica de las edades absolutas es caracterizada por la presencia de un sector antiguo, comprendido entre la longitud 70° E. y 150° E., rodeadas en cada costado por rocas de 500 m. A.—L. F.

PAUL EDWIN POTTER, N. F. SHIMP y J. WITTEBS: *Trace elements in marine and freshwater argillaceous sediments*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. 27, núm. 6, págs. 669 a 694. Junio 1963.

Han estudiado las trazas de los elementos B, Co, Cr, Cu, Ga, Ni, Pb, V y Zn en 66 muestras de modernos y antiguos sedimentos arcillosos marinos y lacustres. Muestras de cada grupo son distribuidas ampliamente desde el punto de vista geográfico, variando lugares, climas, tectónica y proceso de sedimentación. El B, Cr, Cu, Ga, Ni y V están en mayores cantidades en los sedimentos procedentes del mar que de aguas dulces.

Han establecido una función discriminadora basada en B y V, deducida de los 33 sedimentos modernos seleccionados de aguas marinas y dulces. Al aplicar esta función a los 33 sedimentos antiguos, resulta correcta para 28 de ellos.—L. F.

R. A. SCHMITT, R. H. SMITH, J. E. LASCHE, A. W. MOSEN, D. A. OLEHY y J. VASILEVSKIS: *Abundances of the fourteen rare-earth elements, scandium, and yttrium in meteoritic and terrestrial matter*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. 27, núm. 6, págs. 577 a 622. Junio 1963.

Cantidades y contenidos isotópicos determinaron los autores de los catorce elementos del grupo de las tierras raras (TR), excluido el praseodimio, mas el escandio y el itrio

por análisis con activación neutrónica en 19 meteoritos y 3 muestras terrestres. En los meteoritos investigados hay once condritas (1 carbonosa, 2 pigeoníticas, 2 hipersténicas, 3 broncíticas y 3 enstatíticas), cinco acondritas (2 ricas en calcio y 3 pobres), un mesosiderito y dos sideritos. Las muestras terrestres fueron un basalto, una peridotita y una eclogita.

La abundancia absoluta de una típica TR (La) en las condritas broncítica e hipersténica es de 0.34 p. p. m. La relativa proporción de TR, Sc e Y son idénticas en las cinco clases de condritas. En una base absoluta, las TR, Sc e Y por 10^6 átomos de silicio varían monótonicamente a través del espectro condritico. La proporción meteorítica Yb168/Yb174 está de acuerdo en ± 5 por 100 con la terrestre. El contenido absoluto de TR en las 2 acondritas ricas en calcio, Nuevo Laredo y Pasamonte, es del orden de 10 a 12 veces el valor medio condritico. Ninguna diferenciación de TR se ha encontrado en estas condritas; no obstante, el Sc es fraccionado por un factor 2 con relación a las TR. La diferenciación de las TR, Sc e Y se ha comprobado en las tres acondritas pobres en calcio, Johnstow, Shalka y Norton County, con relación a los meteoritos condriticos. Los valores absolutos de TR, Sc e Y varían de 0.05 a 0.5 veces su contenido en las condritas. El Er fue reducido en Johnstown y Norton County a la tercera o cuarta parte. El Th también fue reducido en Johnstown en el mismo grado, así como el La. Ninguna diferenciación de TR e Y han apreciado en el mesosiderito Esthetville; no obstante, el Sc fue diferenciado. El contenido absoluto de TR en los dos sideritos es del orden de 10^{-4} el de las condritas. En uno de los sideritos las TR pueden haberse fraccionado. El contenido absoluto en TR, Sc e Y en el basalto Kilauea K122, y muestras de peridotita y eclogita, son de 10 a 30 veces el de las condritas. Comparado con las condritas, las TTR luminiscentes fueron enriquecidas por un factor superior a 5, concordante con el enriquecimiento de las TTR luminiscentes de los sedimentos terrestres, rocas ígneas, etc. L.-A.

MINERALOGIA

PER GEIJER: *Some aspects of phosphorus in precambrian sedimentation*. «Arkiv för mineralogi och geologi», t. 3, núm. 9, págs. 165 a 186.

Las primeras manifestaciones de fosforita en los sedimentos, tiene lugar en la transición del Precambriano al Cambriano, coincidentes con la aparición de los primeros animales con tejidos endurecidos por contener fosfato cálcico. En dicho momento geológico tiene lugar un cambio fundamental, en cuanto se refiere al contenido en fósforo de los minerales de hierro sedimentarios, todos los del sistema Fanerozoico contiene normalmente diez veces este elemento, con relación al contenido por los precambrianos. Anteriormente, durante todo el Precambriano, el único origen posible del fósforo, en sedimentos no detriticos, es la precipitación abiótica y los procesos relacionados con la descomposición de los tejidos blandos de animales y plantas. Estos procesos no son los adecuados para producir depósitos de fosforita, como raras excepciones pueden tener lugar insignificantes formaciones de minerales de hierro, originadas también en un ambiente favorable a la deposición del fósforo. En cuanto se refiere a la precipitación abiótica, las condiciones pueden haber sido esencialmente las mismas en la sedimentación fanerozoica, como la ocurrida durante el Precambriano. Concluye que, en este caso, este origen puede tener poca importancia, a pesar de ser íntegramente aplicable al Fanerozoico. En el caso de los tejidos orgánicos como un productor de sedimentos fosfáticos, se justifica una conclusión semejante al considerar tales formas de vida como existentes cuando los sedimentos fosforosos pobres del

Precambriano se depositaron, pero es dudoso si puede ser extendida a la parte superior de la escala evolutiva.—L. F.

MINERIA

THOMAS E. FOSTER: *Asarco operates four lead-zinc-silver mines at taxo.* «World Mining», vol. XVI, núm. 5, págs. 22 a 25, mayo 1963.

Se describen en forma detallada los trabajos de la Taxco Unit, de la Cia. Minera Asarco, Sociedad Anónima, y que está ubicada a 161 kilómetros al sudoeste de la ciudad de México. Para las cuatro minas en explotación: «El Pedregal», «San Antonio», «Jesús» y «Minas de Guerrero», se describen tanto la geología general como los detalles y la geología específica de cada una. También se hace mención a la primitiva historia del distrito, de sus métodos de extracción y la planta de flotación.—L. F.

M. WAHLSTER: *Magnetic balance for iron ore beneficiation control.* «World Mining», vol. XVI, n.º 5, págs. 26 a 29, mayo 1963.

Una nueva balanza magnética, simple para valorar, da resultados con cierta precisión para ambos hierros metálicos y magnetita. Su margen de seguridad es de ± 0.3 a 0.4 por 100. Las sustancias extrañas tienen menos influencia sobre los resultados que con las técnicas tradicionales de análisis químicos. El instrumento puede ser usado ventajosamente, tanto en laboratorios como en las verificaciones de las plantas. Su uso ha sido excelente en el testado magnetizante, producción de esponja de hierro, en sinterización y en aglomeración.—L. DE A.

G. R. GRISWOLD: *Higher profit is reason why it pays to mine in Canada.* «World Mining», vol. XVI, n.º 5, págs. 30 a 32, mayo 1963.

En los Estados Unidos, los altos impuestos y la situación difícil en que se encuentra la tierra con la «expropiación» federal y el «Wilderness Bill» desaniman la exploración minera. También influye la difícil seguridad en las ventas. En cambio, en Canadá, el cateador tiene éxito, no paga el impuesto de los réditos, por la ganancia en la venta de las pertenencias, y las nuevas minas tampoco pagan ese impuesto durante los primeros tres años de producción. Las regularizaciones para la seguridad en las ventas no son gravosas. Como ejemplo, da el de una mina de cobre a cielo abierto que en Canadá da a su investigador un 4.6 por 100 más de beneficio neto, que si esa misma mina estuviera en los Estados Unidos.—L. DE A.

PALEONTOLOGIA

CARPENTER (F. M.): *A Megasecopteran from Upper Carboniferous Strata in Spain.* «Psyche», vol. 70 (1), 1963.

En 1962, el Prof. F. Stockmans, del Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, recogió cerca del pueblo de La Magdalena (León), un insecto del Carbonífero superior perteneciente a una especie nueva del Orden Megasecoptera, ya extinguido. El fósil, descrito

como *Archineura hispanica* Carp. representa un género nuevo y una familia nueva (Archineuridae). En sus características se combinan las de los Ordenes Palaeodictyoptera y Megasecoptera. Los nervios transversales y los costales y radiales son claramente megasecopteros. El borde costal muestra pilosidades prominentes y muchos de los nervios, incluso los transversales, tienen pilosidades más cortas, como en otros Megasecoptera; el borde posterior tiene un fleco de pequeñas pilosidades como en el género palaeodictyoptero *Dunbaria*.—A. A.

R. H. WAGNER: *A brief review of stratigraphy and floral succession of the carboniferous in NW. Spain.* C. R. del IVº Congrés. «Étu. de Strat. et de Geol. du Carbon», pág. 753 a 763, y 5 lám. Heerlen, 15-20, septembre 1962.

En el área cántabroasturiana del NW. de España, ha seguido el autor una sucesión, frecuentemente interrumpida, superior a 12.000 metros de estrato, cubriendo desde el Visiense al Autuniense. Las capas fueron intrincadamente plegadas y volcadas durante varias fases hercinianas, como en la «Curavacas» del Vestfaliense inferior, el postestefaniense A y el preestefaniense B en su fase «Astúrica», y la «Saaliense» del Permiano (y «Uraliense») y, más dudosamente, la fase «Leónica» del Vestfaliense D. Mayores levantamientos que tienen lugar, durante el postfameniense y la fase «Bretónica» del Previsiense. El Visiense y el Namuriense inferior fueron datados por faunas de goniatites, la casi totalidad del Carbonífero del NW. de España, puede datarse por la flora fósil. En las cinco láminas que acompañan al trabajo, se reproducen las nuevas especies de plantas fósiles más importantes.—L. F.

TECTONICA

G. FISCHER: *Überachsen.* «Geologische Rundschau», vol. 52, págs. 426 a 447, 1962.

El autor hace la proposición de definir un eje «X» por las configuraciones de elementos geométrico-geológicos que no son concordantes, en la proyección de la esfera unidad, en una circunferencia grande, sino en curvas más estrechas; quiere decir para los cuales un eje «B», en el sentido usual, no puede determinarse. Se describen ejemplos de estructuras tectónicas donde existen ejes «X». Se dan métodos de verificar estadísticamente los ejes «X» en la proyección de la esfera unidad. Además se discuten unas indicaciones de procesos geológicos que puedan producir configuraciones con ejes «X».

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-AMERICA, BRASIL Y FILIPINAS

	Ptas.
BOLETINES	
Boletines, cada tomo	200
NOTAS Y COMUNICACIONES	
Notas y Comunicaciones, cada ejemplar hasta el núm. 60	50
Desde el núm. 61	75
MEMORIAS	
GEOFISICA	
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
CRADEROS DE HIERRO	
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
VARIOS	
Estudio petrográfico de la Serranía de Ronda	50
Monografía de las melanopsis	50
Conchas bivalvas de agua dulce	50
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 mundiales de piritas, cada tomo	100
Reservas mundiales de fosfatos, cada tomo	100
Libro Jubilar (tomos I y II, cada uno)	100

	Ptas.
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península y 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 Cantábrica	200
Mapa del Hierro, con explicación	30
Mapa del Carbón, con explicación	30
Memorias Generales Anuales	25
Catálogo general de publicaciones	25

GUÍAS GEOLÓGICAS

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

BOLETINES DE SONDEOS

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

Guía y Mapa Carbón 1:2.500.000	30
Idem id. Hierro 1:2.500.000	30
Mapa Geológico de España 1:2.500.000	80
Mapa Geológico de España, escala 1:1.500.000 (entelado)	100

	Ptas.
Idem id., a 1:1.000.000 (cuatro hojas) 1955	250
Mapa Minero de España (excluidos hierro y carbón) a escala 1:1.000.000	130
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 1:1.000.000	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: Cantón Grande, 21.

Madrid.—Librería Geográfica Sucar: Joaquín M.^a López, 68.

Oviedo.—Agencia Editorial Santa Clara: Paseo de Santa Clara, 2.

Palma de Mallorca.—Libros Mallorca: Cañ, 1.

Santiago de Compostela.—Librería González: Rúa del Villar, 46-52.

Tuy (Pontevedra).—Bazar Alberto: Paseo Calvo Sotelo, 25.

Valencia.—Librería Maragat: Plaza del Caudillo, 22.

Zaragoza.—Librería General: Independencia, 8.

INDICE

	PÁGS.
Note sur le Neogène et le Quaternaire marins du Sahara espagnol, por GEORGE LECOINTRE	5
Consideraciones sobre catorce granitos químicamente no eruptivos, por JOAQUÍN MULAS SÁNCHEZ	39
Breves notas introductorias al conocimiento de los sumideros del Hoyo de Gazeran I y II, por GAIZCA UGARTE URTIAGA	47
Sobre la influencia de los «iones» de valencia múltiple en el cavernamiento, por ADOLFO ERASO	63
Primeros resultados de estudios geomorfológicos y palinológicos referentes a la cuenca de Puentes de García Rodríguez (Galicia), por H. NONN y J. MEDUS.	87
Observaciones paleoicnológicas y estratigráficas en el Flysch maestrichtense de La Pobra de Segur (provincia de Lérida), por FRANCISCO FARRÉS	95
Datos micropaleontológicos para la estratigrafía de la Hoja de Logroño, por JOSÉ L. SAAVEDRA	137
Consideraciones sobre las terrazas del Tajo en Toledo, por MÁXIMO MARTÍN AGUADO	163
Contribución al estudio geológico de la isla de Tenerife (Islas Canarias), por FRANCISCO MINGARRO MARTÍN	179
Estudio hidrogeológico de una zona de la provincia de Guadalajara, por CARLOS FELGUEROSO COPPEL y JUAN COMA GUILLÉN	213
Nuevos datos sobre la estructura de las Alpujarras occidentales (provincia de Granada, España), por JEAN BOULIN	243
Sobre las Alpujarras occidentales y sus relaciones con la capa de Málaga (Andalucía meridional), por JEAN BOULIN	247
Contribución al estudio estratigráfico del Cretáceo superior en los bordes del macizo de Turbón (provincia de Huesca, España), por PIERRE SOUQUET	257
Nota preliminar sobre la tectónica de la isla de Menorca (Baleares, España), por ROBERT BOURROUILH	261
Geología artificial, por ANTONIO DUE ROJO	265
Los signos convencionales internacionales de los mapas hidrológicos. (Anónimo.)	283
Noticias	293
Datos estadísticos	295
Cotización y Comercio	296
Criaderos	302
Novedades industriales y científicas	303
Reuniones científicas	312
Reservas mineras	330
Fe de erratas	332

	<u>PÁGS.</u>
Notas bibliográficas	333
Aguas subterráneas	335
Análisis mineral	336
Criaderos	336
Geología	337
Geonucleónica	341
Mineralogía	343
Minería	344
Paleontología	344
Tectónica	345
Instituto Geológico y Minero de España	347

