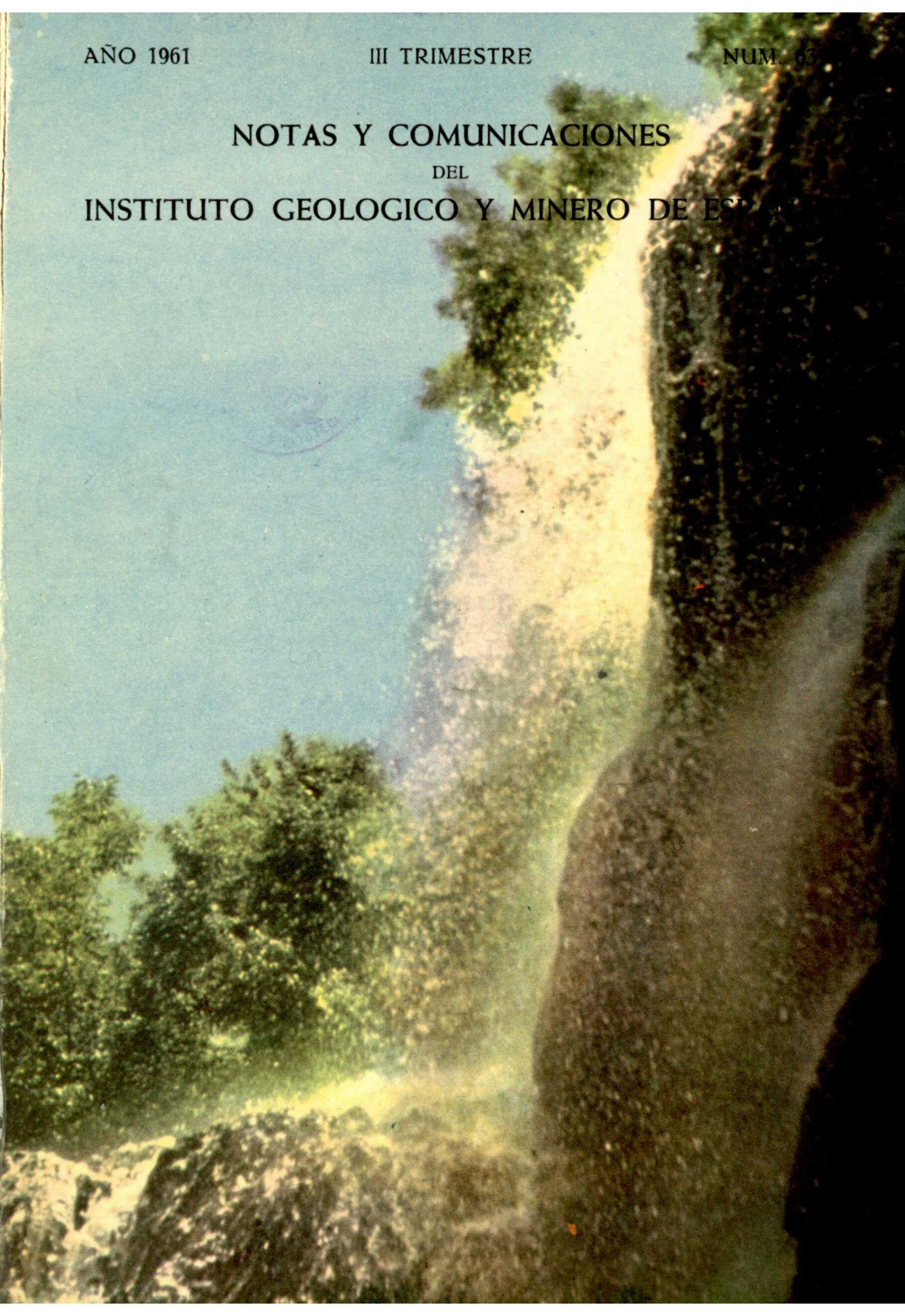


AÑO 1961

III TRIMESTRE

NUM. 63

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

63

TERCER TRIMESTRE

M A D R I D

1 9 6 1

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

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

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

NUESTRA PORTADA

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

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

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

Depósito Legal M. 1.882.-1968

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

Dr. J. MARCET RIBA

ESTUDIO MINERALÓGICO DE LAS AUGITAS EGIRÍNICAS DEL VALLE DE ALFARA (TARRAGONA)

RESUMEN

En este trabajo se estudian los piroxenos alcalinos sódicos de las rocas doleríticas que se encuentran entre los productos explosivos del volcán estrombólico del Castillo de Carles, de Alfara, en la provincia de Tarragona, y en el seno de la interesante y poco conocida región volcánica tarraconense.

Los piroxenos alcalinos sódicos de dichas rocas doleríticas los hemos agrupado en dos series: en la serie augítica titanada egirínica se examinan las augitas titanadas egirínicas; en la serie egirínica-acmitica se estudian las augitas egirínicas propiamente dichas o egirínicas.

De todos ellos se hace un minucioso estudio mineralógico por los métodos teodolíticos o universales de Fedoroff, que el autor practica desde 1922, completándose las determinaciones con estudios sintéticos y gráficos de los mismos, y con gran número de figuras, láminas y cuadros de determinación de constantes.

El estudio gráfico de las constantes ópticas ha puesto en evidencia grandes variaciones de las mismas, en íntima relación con las variaciones de la composición química, corroborando nuestras propias investigaciones anteriores por los métodos teodolíticos o universales de Fedoroff, y permitiendo la atribución de los piroxenos estudiados a diversas series y especies egirínicas.

RÉSUMÉ

Dans cet travail on étudie les pyroxènes alcalins sodiques des roches doleritiques qu'on trouve au milieu des matériaux explosifs du volcan Stromboli du Château de Carles dans la vallée d'Alfara, dans la province de Tarragone, et au milieu de Pintres-sou, et peu connue région volcanique qu'il y a dans cette province.

Les pyroxènes alcalins sodiques de ces roches doleritiques ont été réunis dans deux séries: dans la série augitique avec titane, égirinique, on examine les augites égiriniques titanées; dans la série égirinique-acmitique on étudie les augites égiriniques acmitiques et les augites égiriniques proprement dites ou égirines.

On fait de tous ces pyroxènes un précis étude minéralogique par la méthode théodolitique ou universelle de Fedoroff, que l'auteur emploie depuis 1922, et on complète les recherches avec des études synthétiques et graphiques et avec un grand nombre de figures, planches et tableaux de recherche des constantes.

L'étude graphique des constantes optiques a montré des grandes variations, et leur

intime relation avec les variations de la composition chimique, confirmant nos recherches précédentes par la méthode théodolitique ou universelle de Fedoroff, et permettant l'attribution des pyroxènes étudiés à diverses séries et espèces égiriniques.

Una de las zonas más interesantes para el geólogo es, sin duda, el valle de Alfara, en la provincia de Tarragona. La Institución Catalana de Historia Natural, en ocasión de su Reunión Extraordinaria de 1935 en dicha provincia, visitó el mismo, justificándose con ello su notable interés geológico y en especial el de sus manifestaciones volcánicas. Las impresiones de dicha visita fueron publicadas por el Dr. J. R. Bataller, en el Boletín de dicha Institución y en la revista «Ibérica», de Barcelona, en el mismo año.

Sus manifestaciones volcánicas, tan variadas, han atraído la atención de algunos de nuestros geólogos desde 1887, en que Mallada publicaba su *Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona* y daba a conocer el afloramiento eruptivo del Castell de Carles, que, como los demás de dicho valle, consideraba ofítico, probablemente por el color rojo de sus materiales, debido a la alteración de los mismos. Gonzalo Tarín estudió al microscopio varias de estas rocas, considerándolas también erróneamente diabasas.

De este afloramiento proceden los interesantes bloques de dolerita alcalina, con augita égirínica, que se encuentran entre los productos explosivos del mismo y que son objeto de estudio en este trabajo.

Sus erupciones basálticas no fueron descubiertas hasta 1923, en que los doctores M. Faura y Sans, director del Mapa Geológico de Cataluña, y J. R. Bataller, facilitaron al Dr. M. San Miguel de la Cámara varias rocas recogidas para su estudio y clasificación, que encontró afines a las de la región volcánica gerundense.

Este eminente petrógrafo mostró el notable interés de las rocas estudiadas, ya que, además de aumentar nuestros conocimientos sobre el volcanismo y la petrografía española, facilitaban preciosos datos para el estudio de la geología histórica y la paleogeografía de la zona de Levante, y aún podríamos añadir de todo el Nordeste de España, contribuyendo al conocimiento de una nueva región volcánica catalana.

En 1924, el Dr. M. San Miguel de la Cámara publicaba el fruto de sus primeros estudios petrográficos sobre las rocas que le facilitaron dichos geólogos en el trabajo *Nuevas localidades de basalto en Cataluña* y en la *Nota petrográfica de algunas rocas de la provincia de Tarragona*, dando a conocer otra región volcánica en Cataluña: la región volcánica tarraconense.

El estudio completo de estas rocas volcánicas de la provincia de Tarragona lo publicó en su monumental obra *Las rocas eruptivas de España*, premiada en 1933 por la Academia de Ciencias de Madrid. En esta publica-

ción dio a conocer las rocas que contienen las augitas égirínicas que estudiaremos, que refiere a primera vista a la augita titanada.

En su nota *Las erupciones mesozoicas en España*, publicada en 1941, habla de nuevo de las rocas del volcán del Castell de Carles (Alfara) y de las del valle de Alfara, contribuyendo a la geología y petrografía del mismo.

El Dr. Alfredo San Miguel Arribas, en su tesis doctoral *Estudio de la región volcánica del Bajo Ebro*, publicada en el año 1950, dedica gran atención a todas estas formaciones, enriqueciendo con sus nuevos datos de observación el conocimiento de tan rica región volcánica.

* * *

En el afloramiento volcánico estrombólico del Castell de Carles (Alfara), el Dr. J. R. Bataller recogió en el seno de sus materiales explosivos diversamente fragmentados y pulverizados, además de numerosos fragmentos de caliza triásica de la covertera sedimentaria, lapilli, peperinos, bombas y bloques de gran capacidad y dureza, de color negro intenso, repletos de grandes oquedades tapizadas de ceolitas de color claro. Uno de estos bloques, considerado como basalto, enriquece la colección petrográfica del Mapa Geológico de Cataluña, hoy incorporada al Museo Municipal de Geología de Barcelona.

El estudio de este bloque ha revestido gran interés, ya que el Dr. M. San Miguel de la Cámara, después de una detenida investigación, llegó a la conclusión que algunos de los bloques debían referirse a las coladas basálticas, pero otros bloques debieron proceder de las zonas del fondo de la chimenea volcánica, siendo arrancados del mismo y arrojados con gran violencia en el curso de la explosión estrombólica.

Según los estudios del citado petrógrafo, la composición y estructura de las dos clases de bloques que aparecen dispersos en el seno de los productos estrombólicos es muy diferente.

Los bloques de origen profundo tienen un marcado interés, por no haberse encontrado en la región, e incluso son rarísimos en el complejo volcánico del Nordeste de España.

Estos bloques fueron estudiados al microscopio por el Dr. San Miguel de la Cámara, refiriéndolos a las monzonitas alcalinas, y en ellos observó numerosos y grandes cristales de titanaugita. En su citada Memoria *Las rocas eruptivas de España*, publicada en 1936, da una amplia descripción de las mismas, que ilustra con bellas microfotografías, en las que destacan los cristales de piroxeno alcalino citados, y cuyo estudio por los métodos teodolíticos o universales de Fedoroff se hará en el presente trabajo.

Dicho petrógrafo, correspondiendo al notable interés petrográfico y geológico de aquellas rocas, nos confió el estudio minucioso de sus minerales integrantes, que todavía no se ha publicado.

Además de los métodos clásicos de determinación utilizados se han aplicado los métodos teodolíticos o universales citados; dedicamos a su estudio larguísimo tiempo, recopilando numerosísimos datos en vista del creciente interés de dicho estudio.

Gracias a estas determinaciones, los bloques arrojados por el volcán estrombólico del Castell de Carles, de Alfara, deben referirse, según nuestro parecer, a las doleritas alcalinas theralíticas-tescheníticas.

Estas rocas debieron ser arrancadas de la zona inferior de la chimenea volcánica al producirse la explosión estrombólica, siendo proyectados con suma violencia al exterior. Así se comprende que tan singulares rocas no se hayan encontrado en ningún otro punto del Nordeste de España.

Nuestros estudios han contribuido a conocer estas rocas, sus caracteres químicos y los elementos mineralógicos integrantes e incluso su papel petroectónico, gracias a lo cual se han podido deducir sus relaciones con las otras rocas eruptivas de nuestra región.

* * *

El presente trabajo se dedica al estudio de los piroxenos alcalinos sódicos de dichas rocas, que hemos referido a las augitas egirínicas. La observación detenida de los mismos permite deducir, sin embargo, que los diversos cristales estudiados, así los de mayor tamaño como los menores, pertenecen a dos series principales íntimamente relacionadas:

a) *Serie titanada egirínica* = Augita titanada egirínica.

b) *Serie egirínica-acmitica* = Augita egirínica-acmitica, en la que se comprende la augita egirínica propiamente dicha.

Las constantes ópticas de las diversas constantes estudiadas, como tendremos ocasión de ver, sufren grandes variaciones, en íntima relación con la variación de la composición química. Los resultados obtenidos corroboran de nuevo las observaciones de gran número de petrógrafos, confirmando ya nuestras observaciones de 1923, registradas en nuestro trabajo *Variaciones de las constantes ópticas de algunos minerales petrográficos por los métodos universales de Fedoroff*, que publicó la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona en su serie «Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales», ilustrado con numerosas figuras.

Al aplicar de nuevo los métodos universales de Fedoroff hemos podido deducir nuevamente dichas variaciones y deducir las diferentes especies mineralógicas correspondientes a una misma familia mineralógica y las sucesivas fases de su alteración.

Estos resultados, en general, confirman las ideas que en 1927 expusimos en nuestra tesis doctoral, de que las investigaciones petrográficas modernas exigirían el estudio dinámico de las diversas especies minerales de una roca, determinando las variaciones y las condiciones de realizarse.

Han confirmado las deducciones de Duparc y Pearce de que en una roca pueden existir diversos tipos minerales como resultado de las mezclas en proporciones diferentes de los términos extremos de una serie isomorfa. Solamente un estudio minucioso de las constantes ópticas puede separar estos tipos que, por general, son muy parecidos.

MÉTODOS ADOPTADOS

La determinación de las constantes ópticas de los minerales estudiados se realizó en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona y en el Laboratorio de Petrografía de la Universidad, utilizando a dicho fin, respectivamente, un microscopio teodolítico Fuess, y en algunas ocasiones la platina teodolítica de Berek de la Casa Leitz, gracias a la amabilidad del Dr. F. Pardiño, director de dicho Museo y del Instituto Mineralógico de la Universidad.

Los accesorios de Wright, los diagramas de Fedoroff, Nikitin, Boldireff y la regla de cálculo rindieron señalados servicios en la determinación de los constantes.

A menudo fueron determinadas también por los métodos usuales, utilizando a dicho fin un microscopio Leitz y el compensador de Berek, del Instituto Geológico de la Universidad, que puso a nuestra disposición su director, Dr. M. San Miguel de la Cámara. Estas determinaciones permitieron comparar y comprobar los resultados obtenidos con los diferentes aparatos.

La determinación de las constantes se realizó en dichos Centros de investigación, agradeciendo por ello las facilidades dadas por sus directores.

Para aumentar la precisión de las medidas se ha procurado repetirlas cinco veces, hallando luego las medias aritméticas.

La determinación del espesor de las secciones y del índice de refracción medio del mineral se realizó en lo posible en cinco puntos diferentes de cada cristal estudiado, calculando luego también el promedio aritmético. En general, se siguió el método de Nikitin, y solamente en casos especiales se determinó el espesor por el método clásico del duque de Chaulnes.

Las demás constantes fueron determinadas también por los métodos universales de Fedoroff, directos o indirectos, completándolos o comprobándolos a menudo con los métodos usuales. En ciertas ocasiones se recurrió al método de Nikitin-Berek de determinación de la birrefringencia de las secciones principales perpendiculares al eje J de Fedoroff o eje de comprobación.

Para cada especie o serie de piroxenos hemos obtenido los promedios geométricos de las constantes ópticas medidas en diferentes cristales, y calculando la amplitud de sus variaciones, reuniendo todos los datos en cuadros. Estos han facilitado el trazado de los diversos diagramas de variación de cada una de las series de piroxenos encontrados.

Uno de los diagramas da las curvas de variación de las birrefringencias principales de los cristales examinados y los promedios geométricos de estas; en otros se ha trazado la curva de variación del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y se da el promedio geométrico de los valores encontrados; en otra gráfica se observan las curvas de variación de las extinciones principales ε_x y ε_y respecto la línea directriz [001], indicando también los promedios geométricos de las mismas; finalmente, se ha dibujado la curva de variación del índice medio de refracción, dando el promedio geométrico de los valores hallados y la amplitud de las variaciones. En los casos de cristales zonares, o con sectores diversamente coloreados, se manifiestan, respectivamente, las variaciones en el núcleo y en la periferia y en aquellas diversas zonas.

Otro diagrama muestra la dispersión de las bisectrices y de los ejes ópticos en el plano (010) y con ello se manifiesta la variación del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y su signo; la variación de la extinción y de la oblicuidad del elipsoide; la variación del alargamiento. Todo ello lo mismo en cristales homogéneos como en los zonares o con zonas diversamente coloreadas.

Todos estos diagramas permiten sorprender las variaciones señaladas, acusando cambios de composición química, y distinguir las diversas series de cristales o especies de augitas egirínicas que integran la familia de piroxenos alcalinos sódicos estudiados.

Como síntesis, hemos dibujado los diferentes diagramas generales de variación de las diversas constantes correspondientes a la familia de piroxenos alcalinos sódicos encontrados (augitas egirínicas), destacando las series o especies que la integran (augita titanada egirínica, augita egirínica-acmitica y augita egirínica propiamente dicha).

Antes de terminar, señalaremos que las preparaciones microscópicas estudiadas nos fueron facilitadas por el director del Instituto Geológico de la Universidad, Dr. M. San Miguel de la Cámara, y forman parte de la Colección de Preparaciones microscópicas del Museo Municipal de Geología de Barcelona, en el cual se conservan las rocas originales que encontró el Dr. J. R. Bataller, en 1923, en el afloramiento volcánico estrombólico del Castell de Carles, en Alfara.

ESTUDIO DESCRIPTIVO

La investigación metódica de los piroxenos alcalinos sódicos del Castell de Carles, de Alfara, ha permitido agrupar los diversos cristales de augita egirínica que se han observado en dos series principales, que hemos denominado *Serie titanada egirínica* y *Serie egirínica-acmitica*.

El estudio analítico de doce cristales ha permitido dar a conocer los caracteres de dichas series y ha facilitado la representación gráfica de los mismos, permitiendo el estudio general de tan variados e interesantes piroxenos.

A. *Piroxenos alcalinos sódicos de la serie augítica titanada egirínica*

En esta serie se comprenden los notables cristales de augita titanada egirínica que estudiaremos en primer lugar, examinando a dicho fin cua-

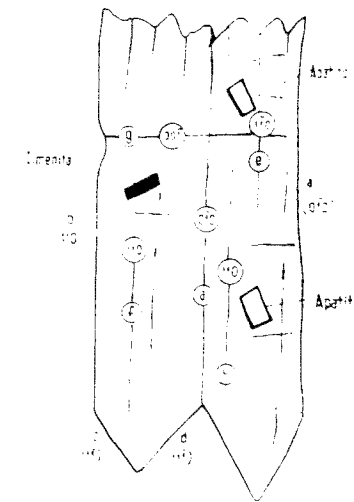


Fig. 1.—Augita titanada egirínica de Alfara. Determinación número 1, Sección (100); Bo (z) y Ba (y).

tro cristales diferentes. Sus datos han permitido el estudio sintético y gráfico que expondremos a continuación.

1. *Augita titanada egirínica.*

a) *Determinación núm. 1.*—Prep. núm. 3396, Sección (100); Bo (z) y Ba (y) (Figs. 1, 2, 3 y 4).

Nuestros estudios comenzarán examinando una magnífica sección de augita titanada egirínica de color pardo claro, bien conservada, paralela al primer pinacoide (100), en la que aparecen inclinadas las bisectrices obtusa, negativa, Bo (z), y aguda, positiva, Ba (y). Presenta inclusiones de ilménita y de apatito.

La primera sección estudiada presenta un idiomorfismo muy pronunciado y aparece junto a otra, yuxtapuesta, en asociación paralela, mostrando ambas las trazas de las caras (010), (110), y (111), (111), y, además, se mues-

tran evidentes las líneas de exfoliación de las caras (110) y (001). Hemos determinado las coordenadas de todos estos elementos geométricos, obteniendo los valores correspondientes a las caras a(010), b(110), c($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) y d(111), y de las exfoliaciones e(110), f(110), g(001) y h(110). (Fig. 1).

En la proyección estereográfica se pueden medir los ángulos de los diversos elementos geométricos: (110) (110), ($\bar{1}\bar{1}\bar{0}$) (010), (110) (010); (100) [001], (100) (110), (100) ($\bar{1}\bar{1}\bar{0}$), (001) (100) y ph'(001) (100), cuyos ángulos pueden ser comparados con los ángulos reales del mineral. (Fig. 2).

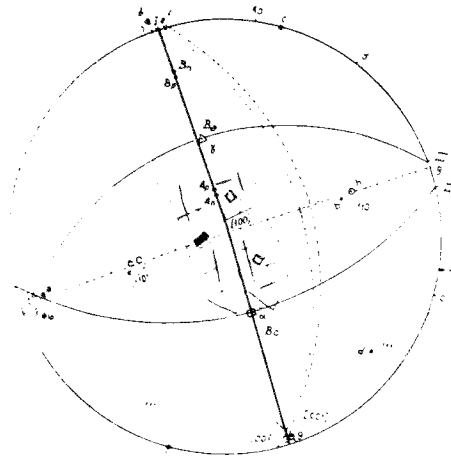


Fig. 2.—Proyección estereográfica de la *Augita titanada egirínica* de Alfara. Determinación número 1. Sección (100); Bo (α) y Ba (γ).

Aplicando el método de Nikitin se ha investigado el espesor de la sección siete veces, con el fin de hallar la media y evitar los errores de determinación. Los valores encontrados oscilan entre 0,0178 y 0,0246 mm., que da un promedio $E = 0,0212$ mm.

El índice de refracción ha sido obtenido siguiendo también el método de Nikitin, como media de tres determinaciones, que ha variado entre 1,65 y 1,66, que da el valor $N = 1,66$. Este índice se deduce indirectamente por el relieve que presenta la sección. Con los datos obtenidos se obtuvo un cuadro de valores que facilita el cálculo del índice medio del mineral.

Una vez obtenidos estos datos se ha procedido a la investigación de las constantes ópticas del elipsoide. Por los métodos directos, se ha obtenido su característica óptica, anisótropa y biáxica.

Mediante la platina universal se ha determinado la posición de los planos del elipsoide principales, registrándose las coordenadas en un cuadro, en el

cual se indica el carácter óptico del eje J de Fedoroff, observando su gran inclinación.

La investigación de la posición de los ejes ópticos, de sus bisectrices, del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, y el signo óptico del mineral se ha tenido

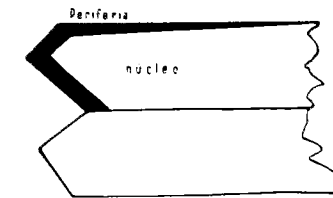


Fig. 3.—Zonas nuclear y periférica de la *Augita titanada egirínica* de Alfara, con distintas constantes ópticas.

que realizar independientemente en la zona central o nuclear de la sección, y en la zona periférica, debido a la variación de las constantes ópticas al variar la composición química de dichas zonas (Fig. 3). En el núcleo se ha

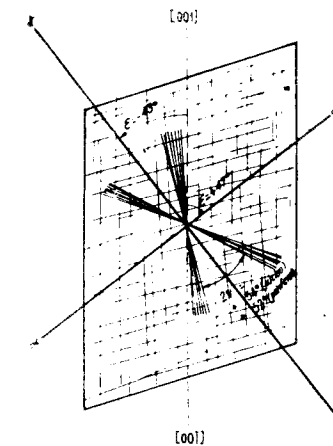


Fig. 4.—Orientación del elipsoide de la *Augita titanada egirínica* de Alfara y sus constantes ópticas.

obtenido un ángulo $2V$ de los ejes ópticos $+54^\circ$, mientras que en la periferia, solamente, $2V = +52^\circ$. En estas investigaciones se aprecia fuerte dispersión, que ocasiona que las determinaciones muestren poca precisión. Los datos de la determinación se anotaron en un cuadro, que permite deducir los errores debidos a la dispersión del mineral. Los ejes del elipsoide y en especial las bisectrices obtusa Bo (α) y aguda Ba (γ) aparecen muy inclinadas.

El pleocroísmo es notable, de acuerdo con las características de las augitas titanadas de la serie egirínica. En la sección normal a la bisectriz aguda, positiva, Ba (γ), los colores son: α , pardo; β , pardo intenso. En la sección normal a la bisectriz obtusa, negativa, Bo (α): β , pardo fuerte; γ , pardo claro. Estos datos permiten deducir que los colores del pleocroísmo son: α , pardo; β , pardo fuerte; γ , pardo claro.

En la proyección estereográfica pueden determinarse las direcciones de extinción, y los ángulos de extinción de las secciones β (010), respecto las líneas directrices [001] y el signo de las direcciones de extinción: respecto la dirección positiva, $\gamma = -43^\circ$; respecto la dirección negativa, $\alpha = +47^\circ$. El alargamiento de las secciones es positivo.

Los datos anteriores permiten la determinación de la orientación del elipsoide y con ello deducir su simonía monoclinica (Fig. 4).

Hemos reunido en un cuadro los diversos resultados obtenidos en la investigación de la especie mineralógica, destacando el alargamiento positivo del mineral, y valores $2V$ del ángulo de los ejes ópticos, y de la extinción, análogos a los de la augita normal, lo que no se observa en los demás cristales que estudiaremos.

Como resultado de estas investigaciones ofrecemos a continuación el resumen siguiente:

Color	pardo claro.
Estado de alteración	bien conservado.
Inclusiones	ilmenita y apatito.
Índice medio de refracción	$n\beta = 1.66$.
Espesor de la sección	0.0212 mm.
Idiomorfismo	bastante marcado.
Elementos geométricos	caras: (010), (110), (111), (11 $\bar{1}$); exfoliaciones: (110), (001).
Carácter óptico	anisótropo: biáxico.
Índices principales	$n\beta = 1.66$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	núcleo = $+54^\circ$; periferia = $+52^\circ$; (fuerte dispersión).
Pleocroísmo	α = pardo; β = pardo fuerte; γ , pardo claro.
Ángulos de extinción	$\varepsilon\gamma = -43^\circ$; $\varepsilon\alpha = +47^\circ$.
Alargamiento	positivo.
Orientación del elipsoide	[001] $\wedge\gamma = -43^\circ$; [001] $\wedge\alpha = +47^\circ$; $\beta = (010)$.
Simonía del cristal	monoclinica.

En la proyección estereográfica se muestran muchos de los datos anteriores, y se pueden deducir las principales características del cristal.

b) Determinación núm. 2.—Prep. núm. 3396, Sección (100) \wedge [001]; Ba (γ). (Figs. 5, 6 y 7).

La siguiente sección muestra color también pardo claro, presentando buen estado de conservación y encierra igualmente inclusiones de ilmenita.

La sección se presenta inclinada respecto la dirección cristalográfica (100) y [001] y entre ellas hay la bisectriz aguda positiva, Ba (γ).

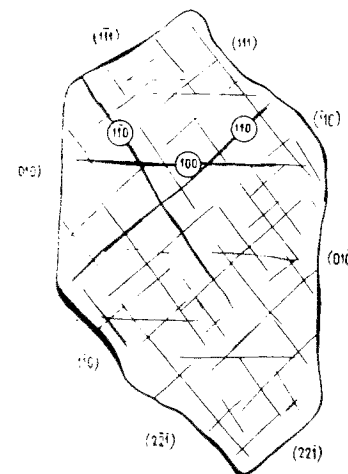


Fig. 5. Augita titanada egirínica de Alfara. Determinación número 2. Sección (100) \wedge [001]; Ba (γ).

El idiomorfismo de la sección está bastante marcado, mostrando las trazas de las caras (010), (110), (111), (11 $\bar{1}$), (221); y las trazas de los planos de exfoliación (100) y (110). (Fig. 5).

Hemos anotado en un cuadro las coordenadas de los planos de exfoliación (110), (100) y (110). Las caras observadas son: (11 $\bar{1}$), (111), (010), (010 $\bar{0}$), (110), (110), (22 $\bar{1}$), (221); pero las determinaciones son deficientes. En la proyección estereográfica se han podido medir los ángulos de los elementos geométricos siguientes: (110) (110), (110) (010), (100) [001], (100) (110), (100) (110), cuyos valores observados y reales han sido comparados entre sí. (Fig. 6).

El espesor de la sección se ha medido por el método de Nikitin en cinco puntos diferentes, variando entre 0.0148 y 0.032 mm., obteniendo el promedio $E = 0.0216$. Un valor análogo ha sido obtenido por el método del duque de Chaulnes.

El índice de refracción reducido ha variado entre 1,67 y 1,72 (éste, defectuoso), aceptando como promedio $N = 1,68$, de acuerdo con el relieve o rugosidad del cristal observado.

Se ha confirmado el carácter anisótropo y biáxico del cristal.

Al determinar las coordenadas de los planos principales del elipsoide se ha observado que cuando el eje J, de Fedoroff, coincide con β hay dispersión, apareciendo amarillo en las posiciones extremas de extinción; cuando el que coincide es α , en las posiciones extremas aparecen los colores azul y amarillo. Gracias a la poca inclinación de la bisectriz aguda, positiva.

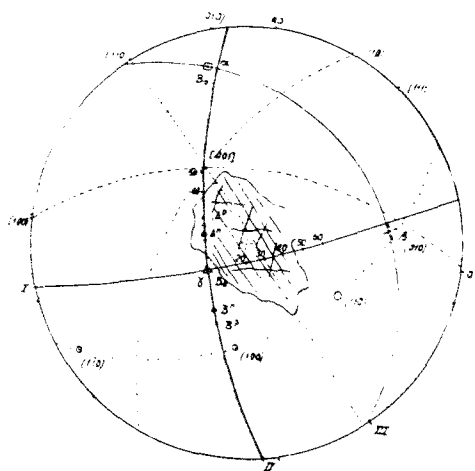


Fig. 6.—Proyección estereográfica de la *Augita titanada egirimita de Alfara*. Determinación número 2.
Sección $(100) \perp [001]$; $Ba (\gamma)$.

$Ba (\gamma)$, será posible la determinación de la birrefringencia principal perpendicular a dicha dirección.

La investigación del ángulo $2V$ de los ejes ópticos debe hacerse también en el núcleo y en la periferia, por sus diferentes valores. En el núcleo se obtiene $2V = +38^\circ$, mientras que en la periferia se alcanza $2V = +54^\circ$, aunque este valor es incierto. En el núcleo, los valores obtenidos oscilan entre $2V = 50^\circ$, en la posición de dispersión azulada, y $2V = +30^\circ$, en la posición rojiza.

Se ha podido determinar la birrefringencia de la sección perpendicular a la bisectriz aguda, que es 0,003; por el método usual de Berek, se encuentra 0,0055. Las demás secciones principales aparecen demasiado inclinadas para lograr el valor de la birrefringencia respecto J.

Esta misma sección ha permitido la determinación del pleocroísmo: se-

gún α , pardo; según β , pardo más oscuro. Tampoco se han podido determinar más datos por la inclinación de la otra sección principal.

En vista de esta dificultad se han aplicado métodos indirectos de determinación de los retardos, de las birrefringencias principales y del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y su signo, hallándose en el núcleo $2V = +38^\circ$ y $+54^\circ$ en la periferia, siguiendo la técnica de Fedoroff. La birrefringencia principal de la sección normal a la bisectriz aguda, positiva, $Ba (\gamma)$, es de 0,003, en el núcleo, por la misma técnica; la de la bisectriz obtusa, negativa, $Ba (\alpha)$, es 0,026, en el núcleo por la técnica de Boldireff, y la sección normal a (β) , o paralela al plano de los ejes ópticos, es 0,029, en el núcleo, por la misma técnica. En general, se observa ligera variación de propiedades en el núcleo y en la periferia.

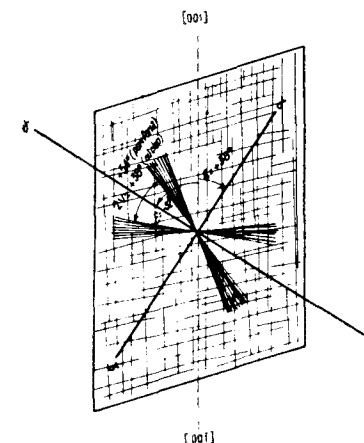


Fig. 7.—Orientación del elipsoide de la *Augita titanada egirimita de Alfara* y sus constantes ópticas.

Hemos aplicado el método de Nikitin-Berek para la determinación del retardo y de la birrefringencia de las secciones perpendiculares al eje J de Fedoroff, tomando como sección fundamental $Sf = Ba (\gamma)$, logrando valores comprendidos entre 0,0115, en la sección auxiliar Sa , formando un ángulo de 30° con la sección fundamental indicada y 0,0165 en la sección Sa , cuyo ángulo es de 60° . Esta birrefringencia debe aproximarse a la que debe mostrar la sección normal a la bisectriz aguda, positiva, $Ba (\gamma)$, que muestra dispersión.

Otra determinación ha dado los valores 0,008 a 40° , y 0,0105 a 50° , inferiores a los antes obtenidos, más exactos.

En la proyección estereográfica obtenemos las extinciones en (010) , respecto la línea directriz $[001]$; es de -52° respecto la dirección de extinción γ ; $+38^\circ$, respecto α , siguiendo la técnica de Fedoroff. El alargamiento es negativo.

un cuadro. El eje z no puede ponerse en coincidencia con el eje J de Fedoroff.

Los ejes ópticos no aparecen, por lo que no se puede medir directamente el ángulo $2V$ de los mismos, que, aproximadamente, debe ser de unos $+50^\circ$, por la técnica de Nikitin. La determinación se ha hecho en la periferia de la sección. En cambio se ha podido determinar bien la birrefringencia principal de la sección normal de la bisectriz obtusa, negativa, $Bo(z)$, así en el núcleo como en la periferia, obteniendo, respectivamente, los valores $0,021$ y $0,022$. Hay dispersión, notando una franja de compensación. Por el método usual de Berek se obtiene $0,023$.

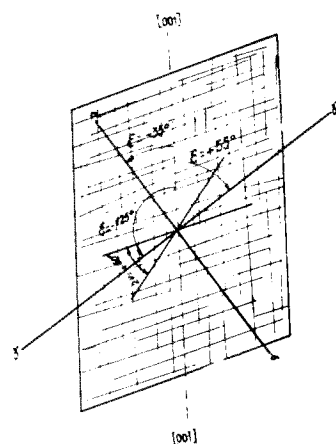


Fig. 10.—Orientación del elipsoide de la Augita titanada egirínica de Alfara y sus constantes ópticas.

Esta sección permite determinar bien el pleocroísmo, observando las características siguientes: β = pardo oscuro; γ = pardo claro.

Utilizando los métodos indirectos de Fedoroff, los valores encontrados para la birrefringencia de la sección $Bo(z)$ han sido los mismos que por los métodos directos, notándose la variación de las constantes en el núcleo y en la periferia.

Se ha realizado la determinación de la sección principal perpendicular al eje J de Fedoroff por el método de Nikitin-Berek, a base de la sección fundamental $Sf = Bo(z)$, con dispersión notable, y birrefringencia $0,021$ y secciones auxiliares Sa diversamente inclinadas, deduciendo a 30° la birrefringencia $0,008$, que desciende a $0,0035$ cuando la inclinación de la sección auxiliar es de 40° .

Por el mismo método se ha determinado la birrefringencia máxima, variando de $0,024$ a unos 30° , a $0,027$ en 40° .

En la proyección estereográfica se han determinado los ángulos de extinción en la sección (010) respecto la línea directriz [001]; respecto la dirección $\gamma = +55^\circ$; respecto $z = -35^\circ$, por el método de Fedoroff. El alargamiento es negativo.

Con los datos obtenidos hemos determinado como de ordinario la orientación del elipsoide y su singonia monoclinica. (Fig. 10).

Hemos reunido todos los datos en un cuadro para comparar los valores obtenidos, deduciendo la gran variación de las constantes en la periferia y en el núcleo, y su fuerte dispersión.

Resumiendo, tenemos:

Color	pardo claro.
Estado de alteración	bien conservado.
Inclusiones	ilmenita.
Índice medio de refracción	$n_g^z = 1,68$.
Espesor de la sección	$0,0167$ mm.
Idiomorfismo	bastante marcado.
Elementos geométricos	caras: (110). exfoliaciones: (110), (010).
Carácter óptico	anisótropo: biáxico.
Índices principales	$n_g^z = 1,68$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	-50° (fuerte dispersión).
Birrefringencias principales	$Bo(z)$, núcleo, $0,021$; periferia, $0,022$.
Pleocroísmo	β = pardo oscuro; γ = pardo claro.
Ángulos de extinción	$\epsilon^z = -35^\circ$; $\epsilon^\gamma = +55^\circ$ (-125°).
Alargamiento	negativo.
Orientación del elipsoide	$[001] \parallel z = -35^\circ$; $[001] \parallel \gamma = +55^\circ$ (-125°); $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monoclinica.

En la proyección estereográfica pueden observarse muchos de estos datos y relacionarse entre sí.

d) *Determinación mín. 4.*—Prep. num. 3396. Sección (100) \parallel [001]; $Bo(z)$ (Figs. 11, 12 y 13).

Como de ordinario, el color de la sección es pardo claro, y se presenta bien conservada y contiene inclusiones de ilmenita. Su idiomorfismo es marcado, mostrando las trazas de las caras (100), (110) y (010) y las exfoliaciones (110) y (100). La sección es muy interesante, ya que el polo de la misma se halla situado entre la dirección cristalográfica (100) y la [001], y es casi paralela a la sección normal de la bisectriz obtusa, negativa, $Bo(z)$.

Se han localizado las caras (100), (110), (110), (010), (010) y (110), esta última, dudosa, y los planos de exfoliación (110), (110), irregulares, y (100),

De acuerdo con lo expresado en líneas anteriores, los caracteres de este cristal son los siguientes:

<i>Color</i>	pardo claro.
<i>Estado de alteración</i>	bien conservado.
<i>Inclusiones</i>	ilmenita.
<i>Índice medio de refracción</i>	$n_D = 1,68$
<i>Espesor de la sección</i>	0,015 mm.
<i>Idiomorfismo</i>	bastante marcado.
<i>Elementos geométricos</i>	caras: (100), (110) y (010). exfoliaciones: (110) y (100).
<i>Carácter óptico</i>	anisótropo: biáxico.
<i>Índices principales</i>	$n_D = 1,68$.
<i>Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico</i>	$2V = + 46^\circ$ (fuerte dispersión).
<i>Birrefringencias principales</i>	$B_o(x) = 0,0216$.
<i>Pleocroísmo</i>	$\xi =$ pardo oscuro: $\gamma =$ pardo claro.
<i>Ángulos de extinción</i>	$\varepsilon^x_z = - 35^\circ$; $\varepsilon^y_\gamma = + 55^\circ$ ($- 125^\circ$).
<i>Alargamiento</i>	negativo.
<i>Orientación del elipsoide</i>	$[001]^x_z = - 35^\circ$; $[001]^y_\gamma = + 55^\circ$ ($- 125^\circ$); $\xi = (010)$.
<i>Singonia del cristal</i>	monoclinica.

En la proyección estereográfica se destacan los principales datos indicados y se pueden relacionar fácilmente unos con los otros.

c) *Estudio sintético.* - (Cuadro I, figs. 14 y 15.)

El estudio comparado de las cuatro determinaciones permite formar idea de las variaciones de las constantes ópticas de las augitas titanadas egirínicas de los piroxenos alcalinos sódicos del Castell de Carles (Alfara) en relación con las variaciones de la composición química, tan notoria cuando los cristales presentan una zona nuclear rodeada de otra periférica (cuadro I).

Con todos los datos encontrados hemos compuesto la siguiente síntesis:

<i>Color</i>	pardo claro.
<i>Estado de alteración</i>	bien conservado.
<i>Inclusiones</i>	ilmenita y apatito.
<i>Índice medio de refracción</i>	$n_D = 1,67 \pm 0,01$.
<i>Espesor de la sección</i>	0,0183 mm. $\pm 0,0033$.
<i>Idiomorfismo</i>	bastante marcado.
<i>Elementos geométricos</i>	caras: (110), (010), (111), (111), (111) (100), (221). exfoliaciones: (110), (100), (010), (001).
<i>Carácter óptico</i>	anisótropo: biáxico.
<i>Índices principales</i>	$n_D = 1,67 \pm 0,01$.

CUADRO I

Familia: Pirroxenos alcalinos sódicos Augita tritana e girínica de Alfara Sare augítica tritana e girínica	Nº 3396 : 1 Sección (100) : Ba (←) ; Ba (x).	Nº 3396 : 2 Sección (100)^(001) : Ba (x)	Nº 3396 : 3 Sección (100)^(001) : Ba (←)	Nº 3396 : 4 Sección (100)^(001) : Ba (←)	Promedio
<p>Color</p> <p>Estado de alteración</p> <p>Inclusiones</p> <p>Índice medio de refracción</p> <p>Espesor de la sección</p> <p>Idiomorfismo</p> <p>Elementos geométricos</p> <p>Carácter óptico</p> <p>Índices principales</p> <p>Ángulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico</p> <p>Birefringencias principales</p> <p>Dicroísmo</p> <p>Ángulos de extinción</p> <p>Alargamiento</p> <p>Orientación del elastoide</p> <p>Singonia</p> <p>Leyes de macla</p>	<p>Pardo claro.</p> <p>Bien conservado.</p> <p>Ilmenita y apatito.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$.</p> <p>0.0212 mm.</p> <p>Bastante marcado.</p> <p>Caras: (010), (110), (111), (112); Exfoliaciones: (110), (001)</p> <p>Anisótropo, biaxico.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$</p> <p>Núcleo = +54°, periferia = +52°; (fuerte dispersión).</p> <p>—</p> <p>← : pardo, β : pardo fuerte, γ : pardo claro.</p> <p>$\epsilon^{\alpha} = -43^{\circ}$, $\epsilon^{\beta} = +47^{\circ}$</p> <p>Positivo.</p> <p>$[001]^{\wedge} \alpha = -43^{\circ}$; $[001]^{\wedge} \beta = +47^{\circ}$</p> <p>β : (010)</p> <p>Monoclínica</p> <p>—</p>	<p>Pardo claro.</p> <p>Bien conservado.</p> <p>Ilmenita.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$</p> <p>0.0216 mm.</p> <p>Bastante marcado.</p> <p>Caras: (010), (110), (111), (112); Exfoliaciones: (100), (110).</p> <p>Anisótropo, biaxico.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$</p> <p>Núcleo = +38°, periferia = +34°; (fuerte dispersión).</p> <p>Ba (x) = 0.003, Ba (←) = 0.026, (b) = 0.029.</p> <p>← : pardo, β : pardo oscuro.</p> <p>$\epsilon^{\alpha} = +38^{\circ}$; $\epsilon^{\beta} = -52^{\circ}$.</p> <p>Negativo.</p> <p>$[001]^{\wedge} \alpha = +38^{\circ}$; $[001]^{\wedge} \beta = -52^{\circ}$</p> <p>β : (010)</p> <p>Monoclínica</p> <p>—</p>	<p>Pardo claro.</p> <p>Bien conservado.</p> <p>Ilmenita.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$.</p> <p>0.0167 mm.</p> <p>Bastante marcado.</p> <p>Caras: (110); Exfoliaciones: (110), (010).</p> <p>Anisótropo, biaxico.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$.</p> <p>+50° (fuerte dispersión).</p> <p>Ba (←), núcleo, 0.021, periferia, 0.022.</p> <p>β : pardo oscuro; γ : pardo claro.</p> <p>$\epsilon^{\alpha} = -35^{\circ}$, $\epsilon^{\beta} = +55^{\circ}$ (-125°).</p> <p>Negativo.</p> <p>$[001]^{\wedge} \alpha = -35^{\circ}$; $[001]^{\wedge} \beta = +55^{\circ}$ (-125°).</p> <p>β : (010)</p> <p>Monoclínica</p> <p>—</p>	<p>Pardo claro.</p> <p>Bien conservado.</p> <p>Ilmenita.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$</p> <p>0.0165 mm.</p> <p>Bastante marcado.</p> <p>Caras: (100), (110), (111); Exfoliaciones: (110), (100).</p> <p>Anisótropo, biaxico.</p> <p>$n_{\beta} = 1.68$.</p> <p>+46° (fuerte dispersión).</p> <p>Ba (←) = 0.0216.</p> <p>β : pardo oscuro; γ : pardo claro.</p> <p>$\epsilon^{\alpha} = -35^{\circ}$, $\epsilon^{\beta} = +55^{\circ}$ (-125°).</p> <p>Negativo.</p> <p>$[001]^{\wedge} \alpha = -35^{\circ}$; $[001]^{\wedge} \beta = +55^{\circ}$ (-125°).</p> <p>β : (010)</p> <p>Monoclínica</p> <p>—</p>	<p>Pardo claro.</p> <p>Bien conservado.</p> <p>Ilmenita y apatito.</p> <p>$n_{\beta} = 1.67 \pm 0.01$.</p> <p>0.0183 mm. ± 0.0033</p> <p>Bastante marcado.</p> <p>Caras: (100), (110), (111), (112); Exfoliaciones: (110), (100), (010), (001).</p> <p>Anisótropo, biaxico.</p> <p>$n_{\beta} = 1.67 \pm 0.01$.</p> <p>+46° ± 8° (Dispersión notable).</p> <p>Ba (x) = 0.004 ± 0.001; Ba (←) = 0.023 ± 0.003; β = 0.027 ± 0.002</p> <p>← : pardo, β : pardo fuerte; γ : pardo claro</p> <p>$\epsilon^{\alpha} = +6^{\circ} \pm 41^{\circ}$; $\epsilon^{\beta} = -84^{\circ} \pm 44^{\circ}$</p> <p>Positivo-negativo (este, predominante).</p> <p>$[001]^{\wedge} \alpha = +6^{\circ} \pm 41^{\circ}$; $[001]^{\wedge} \beta = -84^{\circ} \pm 44^{\circ}$</p> <p>β : (010)</p> <p>Monoclínica</p> <p>Macla (100)</p>

Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = + 46^\circ \pm 8^\circ$ (dispersión notable).
Birrefringencias principales	Ba (γ) = 0.004 ± 0.001 ; Bo (α) = 0.023 ± 0.003 ; (β) = 0.027 ± 0.002 .
Pleocroísmo	α = pardo; β = pardo fuerte; γ = pardo claro.
Ángulos de extinción	$\epsilon^{\wedge}\alpha = + 6^\circ \pm 41^\circ$; $\epsilon^{\wedge}\gamma = - 84^\circ \pm 41^\circ$.
Alargamiento	positivo-negativo (éste, predominante).
Orientación del elipsoide	$[001]^{\wedge}\alpha = + 6^\circ \pm 41^\circ$; $[001]^{\wedge}\gamma = - 84^\circ \pm 41^\circ$; $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monoclínica.
Leyes de macla	macla (100).

En la gráfica general de los piroxenos alcalinos sódicos del Castell de Carles, de Alfara (fig. 14), correspondientes a la serie de las augitas titanadas egrínicas, se representan gráficamente las pequeñas variaciones de las birrefringencias principales en los diversos cristales estudiados, apreciándose la variación de la birrefringencia de la sección normal a la bisectriz obtusa en el núcleo y en la periferia, que es mayor que en aquél. En dicha gráfica se observa claramente que las birrefringencias principales no sufren grandes variaciones, apartándose poco de los valores medios: Ba = 0.004 ± 0.001 ; Bo = 0.023 ± 0.003 ; y (β) = 0.027 ± 0.002 , destacando la poca diferencia de las dos primeras birrefringencias.

También hemos dado la variación del ángulo $2V$ de los ejes ópticos que se apartan poco del promedio, $2V = + 46^\circ \pm 8^\circ$, destacando que en la periferia el ángulo $2V$ es mayor.

Es notable la precisión obtenida también en la investigación del índice medio de refracción, cuyos valores han sufrido pequeñísimas variaciones: $N = 1.67 \pm 0.01$.

En la misma figura 14 se muestran gráficamente las grandes variaciones de la extinción y de la oblicuidad del elipsoide respecto la dirección cristalográfica [001], apreciándose que estos valores son $\epsilon^{\wedge}\alpha = + 6^\circ \pm 41^\circ$ y $\epsilon^{\wedge}\gamma = - 84^\circ \pm 41^\circ$; estas grandes variaciones provocan a veces cambios de signos en la extinción.

En la otra figura general (fig. 15) se expresan gráficamente las variaciones de la orientación del elipsoide y de las constantes ópticas en los diversos cristales estudiados, al variar la composición química en ellos, y en sus zonas central y periférica. Se aprecia que las extinciones y la oblicuidad del elipsoide desde $\epsilon^{\wedge}\gamma = - 43^\circ$ varía ordenadamente pasando a $\epsilon^{\wedge}\gamma = - 52^\circ$ y $\epsilon^{\wedge}\alpha = - 125^\circ$ ($\epsilon^{\wedge}\gamma = - 55^\circ$); $\epsilon^{\wedge}\alpha = + 47^\circ$ pasa a $\epsilon^{\wedge}\alpha = - 38^\circ$ y a $\epsilon^{\wedge}\alpha = - 35^\circ$.

Debido a las variaciones de la posición de los ejes del elipsoide, se observa que el alargamiento también se modifica y que de positivo, que es el normal en la mayoría de los piroxenos, pasa a negativo en la mayoría de los

cristales, acreditando la naturaleza egirínica de estos piroxenos alcalinos sódicos.

También se observa la modesta pero ordenada variación del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, que de $2V = +54^\circ$ pasa a $+50^\circ$ o $+46^\circ$, variación debida a la diversa posición de los ejes ópticos. Se aprecia que el signo óptico de todas las secciones es siempre positivo, coincidiendo la bisectriz aguda con la dirección γ .

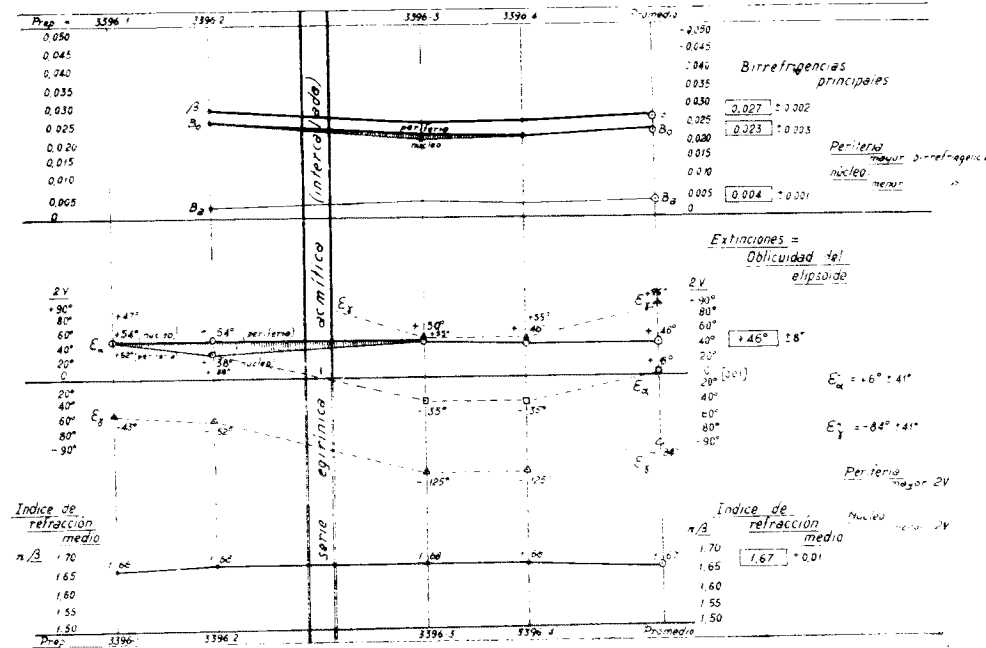


Fig. 14. Piroxenos alcalinos sódicos: Augita llamada egirínica de Alfara. Serie angítica titanada egirínica.

Las variaciones de posición de los ejes ópticos queda confirmada en los cristales con una zona nuclear y otra periférica, en las cuales se observa que el valor del ángulo $2V$ de los ejes ópticos desde la zona periférica decrece hacia la zona central.

B. Piroxenos alcalinos sódicos de la serie egirínica-acmitica

Esta notabilísima serie encierra gran variedad de cristales, que hemos referido a las augitas egirínicas-acmiticas y a las augitas egirínicas propiamente dichas. De las primeras se analizan seis cristales; de las segundas solamente dos de ellos. Todos los cuales pertenecen a una misma serie, como evidencian sus caracteres fundamentales, pero veremos la conveniencia de estu-

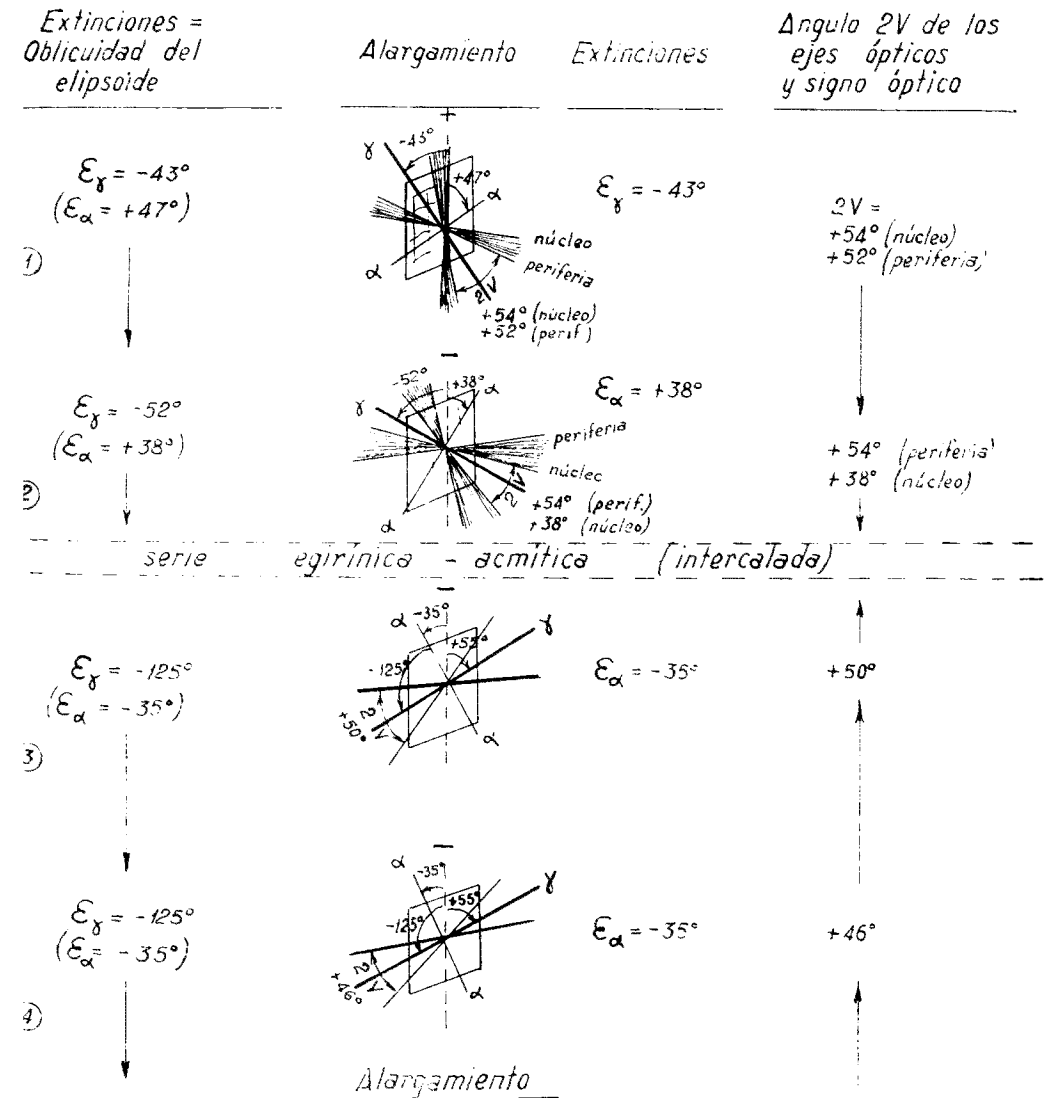


Fig. 15.—Piroxenos alcalinos sódicos: Augita titanada egirínica de Alfara. Serie angítica titanada egirínica.

diarlos por separado, en principio, dejando para luego el estudio gráfico de los diversos grupos de augitas egirínicas. De cada uno de los grupos se hará un estudio analítico y sintético para formarse buena idea de los mismos.

1. Augita egirínica-acmítica

a) *Determinación núm. 1.*—Prep. núm. 3246. Sección (001); Bo (z). (Figuras 16, 17 y 18).

Las secciones de augitas egirínicas-acmíticas presentan una facies diferente a las titanadas egirínicas, siendo sus cristales alargados y aciculares, de

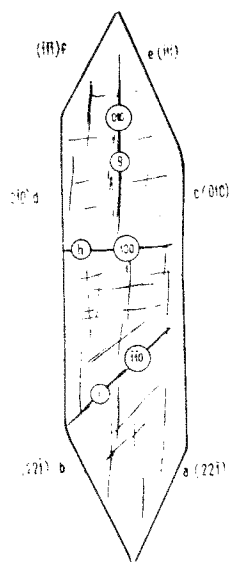


Fig. 16.—Augita egirínica-acmítica de Alfara. Determinación número 1. Sección (001); Bo (z).

ordinario. Su color es también pardo claro y principian a alterarse.

La sección estudiada es basal y en el centro emerge la bisectriz obtusa.

Presenta marcado idiomorfismo, mostrando las trazas de las caras (010), (221), (111) y (111); y las trazas de los crucesos (100), (010), y (110). Se determinaron los elementos geométricos siguientes: Caras: a(221), b(221), c(010), d(010), e(111), f(111); planos de exfoliación de g(010), dudoso; h(100) e i(110). (Figs. 16 y 17.)

Se determinó el espesor en cinco puntos, variando entre 0,0095 a 0,0239, obteniendo un promedio de $E = 0,0167$ mm.

El índice medio de refracción varió de 1,56 a 1,68, dando un promedio de $N = 1,60$; se realizaron cinco determinaciones. Mediante observaciones dobles se obtuvieron los valores 1,595 y 1,62. El relieve es de piroxeno, pero menor que en otras placas de augitas egirínicas.

Característica óptica anisótropa; biáxica. Se fijaron los planos principales del elipsoide con precisión, localizando bien la bisectriz obtusa, negativa, Bo (z), que apareció casi en el centro de la proyección.

Los ejes ópticos no son visibles, pero por la técnica de Nikitin se deduce que, aproximadamente, el ángulo $2V$ de los mismos debe ser $2V = < +80^\circ$.

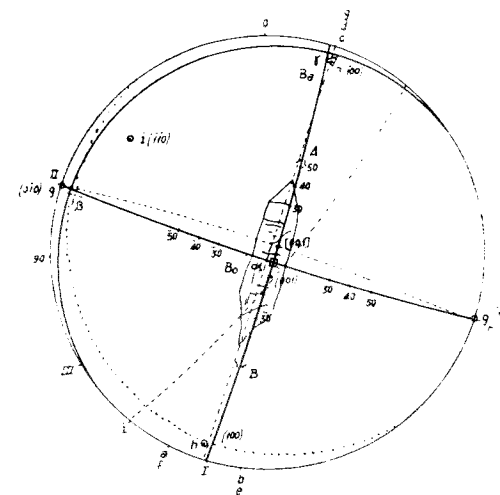


Fig. 17.—Proyección estereográfica de la Augita egirínica-acmítica de Alfara. Determinación número 1. Sección (001); Bo (z).

La birrefringencia de la sección perpendicular a la bisectriz obtusa, negativa, Bo (z) es de 0,005, difícil de precisar por el color del mineral. El pleocroísmo da los siguientes resultados: β = pardo oscuro; γ = pardo.

Por los métodos indirectos de determinación de las birrefringencias principales, del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y su signo hemos obtenido la birrefringencia principal Ba (z) = 0,0034, por el método de Boldireff; la birrefringencia principal Bo (z), 0,005, por el de Fedoreff; la birrefringencia máxima, por el método de Boldireff, 0,0084, y el ángulo $2V$ de los ejes ópticos, por el método de Fedoroff y Nikitin, $2V = < +80^\circ$.

La determinación de la birrefringencia principal de la sección perpendicular al eje J de Fedoroff, por el método de Nikitin-Perek, correspondiente a la birrefringencia máxima, varía de 0,0055, cuando la sección auxiliar está a 30° de la fundamental Bo (z), a 0,007, cuando la inclinación de aquella es de 50° . La determinación es dificultosa, sin gran precisión. Por el mismo

método, la birrefringencia de la sección Ba (γ) varía de 0,002, si la sección auxiliar está a 30° de la fundamental, a 0,0028 ó 0,0032, si es de 50°.

Los ángulos de extinción en (010), respecto [001] son: -9° , si la dirección de referencia es α , y $+81^\circ$, si es γ , siguiendo el método de Fedoroff. El alargamiento es negativo.

Con estos datos hemos obtenido la orientación del elipsoide, y la singonia monoclinica del mineral (fig. 18).

Hemos reunido todos los datos en un cuadro de valores, para razonar los

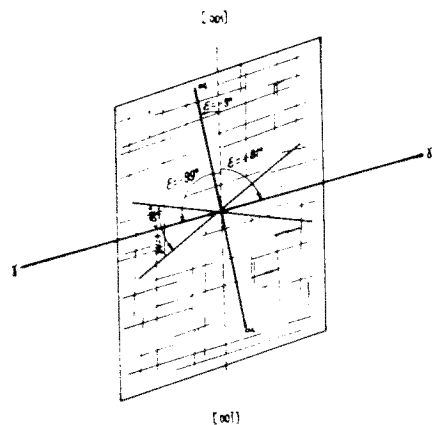


Fig. 18.—Orientación del elipsoide de la *Augita egirínica-acmitica* de Alfara y sus constantes ópticas.

mismos. La variación de las constantes en las diversas partes del cristal ha dificultado la precisión de los resultados.

Resumiendo, tenemos los resultados siguientes:

Color	pardo claro.
Estado de alteración	principios.
Inclusiones	nulas.
Índice medio de refracción	$n\beta = 1.60$.
Espesor de la sección	0.0167 mm.
Idiomorfismo	marcado.
Elementos geométricos	caras: (010), ($\bar{2}21$), ($\bar{1}11$), (111). exfoliaciones: (100), (010) y (110).
Carácter óptico	anisótropo; biáxico.
Índices principales	$n\beta = 1.60$.
Ángulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = + < 80^\circ$.
Birrefringencias principales	Ba (γ) = 0.0034; Bo (α) = 0.005; (β) = 0.0084.
Pleocroísmo	β = pardo oscuro; γ = pardo.

Ángulos de extinción	$\epsilon^{\alpha\alpha} = -9^\circ$; $\epsilon^{\gamma\gamma} = -81^\circ$ (-99°).
Alargamiento	negativo.
Orientación del elipsoide	[001] $\alpha = -9^\circ$; [001] $\gamma = +81^\circ$ (-99°); $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monoclinica.

Con los datos que anteceden, se ha trazado la proyección estereográfica, en la que se ven las relaciones de los diversos elementos.

* * *

Las determinaciones se hicieron en colaboración con don Maximino San Miguel Arribas, utilizándose la platina Berek y la platina teodolítica.

* * *

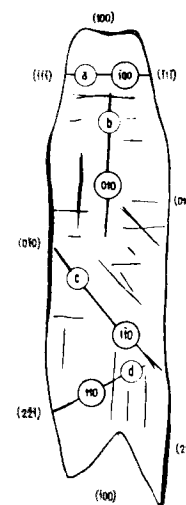


Fig. 19.—*Augita egirínica-acmitica* de Alfara. Determinación número 2. Sección (001); Bo (α).

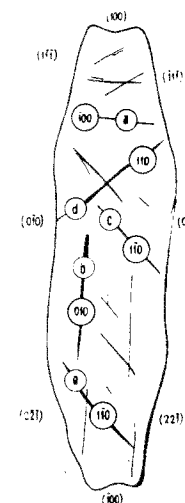


Fig. 19 bis.—*Augita egirínica-acmitica* de Alfara. Determinación número 2 bis. Sección (001); Bo (α).

b) Determinación núm. 2.—Prep. núm. 3395. Sección (001); Bo (α). (Figuras 19, 20 y 21; 19 bis, 20 bis y 21 bis).

Esta sección presenta color pardo subido, que raya en el rojo. Empieza a alterarse. Las inclusiones son de limonita, en las grietas; además, hay ilmenita.

El idiomorfismo está poco marcado. Se observan las trazas de (100), (010), ($\bar{2}21$) y (111), y los planos de exfoliación de (010), (100) y (110). Hemos observado las caras antes indicadas, pero solamente se han podido determinar las posiciones de los planos de exfoliación a($\bar{1}00$), b($0\bar{1}0$), c($\bar{1}10$) y d(110). Se

han medido en la proyección los ángulos $(0\bar{1}0)$ $(1\bar{1}0)$ y $(0\bar{1}0)$ (110) , para compararlos con los valores reales. (Figs. 19 y 20.)

Característica óptica anisótropa, biáxica.

Los planos del elipsoide se han determinado con cierta dificultad. La bisectriz obtusa, negativa, $B_o(z)$, es casi normal a la sección. Los ejes ópticos no aparecen, pero se deduce que $2V = +80^\circ$; por el método de Nikitin se obtiene $2V = 50^\circ$. En esta sección normal a la bisectriz obtusa se ha medido la birrefringencia $B_o(z) = 0,0158$, que se ha obtenido también difícilmente. Para el pleocroísmo tenemos: β = pardo oscuro; γ = pardo.

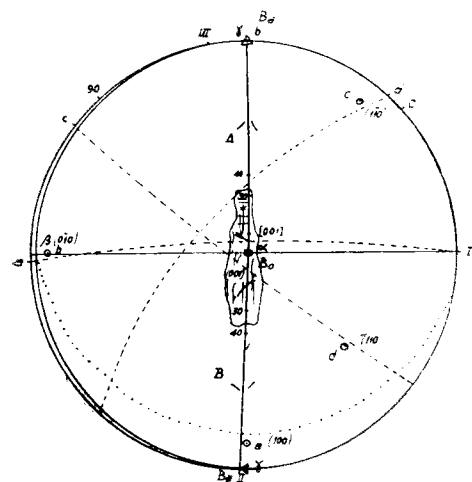


Fig. 20.—Proyección estereográfica de la Augita egirínica-acmítica de Alfara. Determinación número 2. Sección (001): $B_o(z)$.

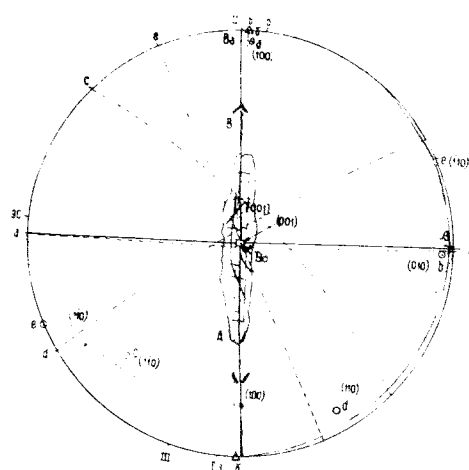


Fig. 20 bis.—Proyección estereográfica de la Augita egirínica-acmítica de Alfara. Determinación número 2 bis. Sección (001): $B_o(z)$.

Aplicando los métodos indirectos se ha encontrado $2V = +50^\circ$, siguiendo el método Nikitin. La birrefringencia $B_a(\gamma) = 0,0034$, por el método de Boldireff; $B_o(z) = 0,0158$, por el de Fedoroff; y la birrefringencia máxima $(\beta) = 0,0192$, por el de Boldireff.

De nuevo hemos aplicado el método de Nikitin-Berek para determinar la birrefringencia de la sección principal perpendicular al eje J de Fedoroff, que para (β) varía de 0,001, a 30° ; a 0,0102, a 40° ; y 0,0125, a -30° , que son valores aceptables.

En la sección β (010) los ángulos de extinción respecto $[001]$ son: -10° , referente a x , y $+80^\circ$, si el índice de la dirección de extinción es γ . Hemos seguido el método de Fedoroff. Alargamiento negativo.

La orientación del elipsoide se deduce de los datos anteriores, y lo propio su singonia monoclinica. (Fig. 21.)

En un cuadro hemos reunido los valores encontrados. El color propio del mineral dificulta la precisión: la presencia de laminillas contribuye a aumentar las dificultades.

Estudiando en conjunto los datos anteriores podemos dar los siguientes resultados:

Color	pardo subido a rojizo.
Estado de alteración	principios.
Inclusiones	limonita; grietas impregnadas; ilmunita.
Índice medio de refracción	$n\beta = 1.63$.
Espesor de la sección	0.0152 mm.

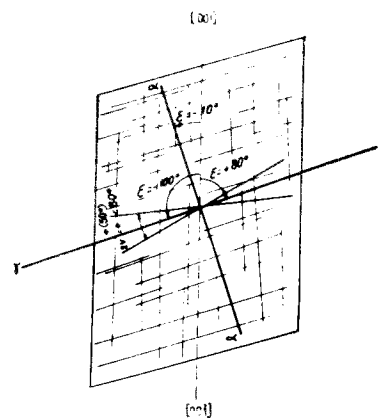


Fig. 21.—Orientación del elipsoide de la Augita egirínica-acmítica de Alfara y sus constantes ópticas.

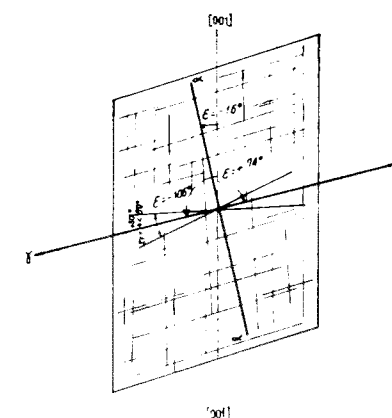


Fig. 21 bis.—Orientación del elipsoide de la Augita egirínica-acmítica de Alfara y sus constantes ópticas.

Idiomorfismo	poco marcado.
Elementos geométricos	caras: (100), (010), (221), (111) exfoliaciones: (010), (100) y (110).
Carácter óptico	anisótropo; biáxico.
Índices principales	$n\beta = 1.63$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = + < 80^\circ (+ 50^\circ)$.
Birrefringencias principales	$B_a(\gamma) = 0.0034$; $B_o(z) = 0.0158$;
Pleocroísmo	γ = pardo; β = pardo oscuro (β) = 0.0192.
Ángulos de extinción	$\varepsilon^{\alpha}x = -10^\circ$; $\varepsilon^{\alpha}z = +80^\circ (-100^\circ)$.
Alargamiento	negativo.
Orientación del elipsoide	$[001]^{\alpha}x = -10^\circ$; $[001]^{\alpha}\gamma = +80^\circ$ (-100°); $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monoclinica.

do aquélla es 40°. Como se observa, los valores son diferentes en la parte roja y amarilla del cristal.

Las extinciones en (010), que es la sección de birrefringencia máxima, referida a [001] es de $- (9^\circ) - 11^\circ$, cuando α es el índice de la dirección de extinción, y $+ (81^\circ) + 79^\circ$, cuando aquélla es γ . Estos valores se han obtenido por el método de Fedoroff. Los valores encontrados se han rectificado. Alargamiento negativo.

Se ha investigado la orientación del elipsoide con los datos anteriores; la singonia es monoclinica. (Fig. 24.)

Como de ordinario hemos reunido todos los datos en un cuadro en que se muestran los caracteres del piroxeno estudiado. Conviene recordar que

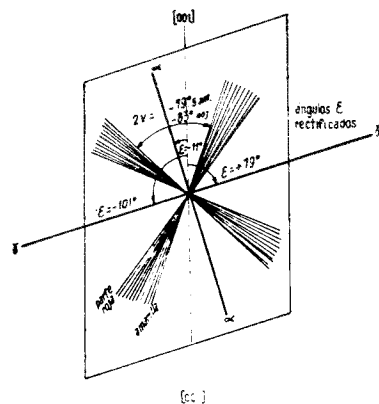


Fig. 24.—Orientación del elipsoide de la Augita egirínica-acmítica de Alfara y sus constantes ópticas.

es difícil precisar los datos por la variación de las constantes en la parte roja y en la parte amarilla del mineral.

Resumiendo, tendremos:

Color	pardo fuerte, rojo, en unas partes; y pardo amarillento en otras.
Estado de alteración	bien conservado.
Inclusiones	fisuras impregnadas de limonita.
Índice medio de refracción	$n_\beta = 1.71$.
Espesor de la sección	0.0138 mm.
Idiomorfismo	poco marcado.
Elementos geométricos	caras: (010), (001), (111), ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) y ($2\bar{2}\bar{1}$), exfoliaciones: (001), (010), (110), ($1\bar{1}\bar{1}$) y ($1\bar{1}\bar{1}$).
Carácter óptico	anisótropo; biáxico.
Índices principales	$n_\beta = 1.71$.

Ángulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico	2V = 83°, en la parte roja; 2V = 79.5°, en la parte amarilla.
Birrefringencias principales	Ba (α) = 0.0195, en la parte roja, y 0.0118, en la amarilla; Bo (γ) = 0.024, en la parte roja, y 0.0168, en la amarilla; β = 0.0435, en la parte roja, y 0.0286, en la amarilla.
Pleocroísmo	β = pardo oscuro; γ = pardo claro.
Ángulos de extinción	$\varepsilon^\alpha x = - (9^\circ) - 11^\circ$; $\varepsilon^\alpha \gamma = + (81^\circ) + 79^\circ$, $- (99^\circ) - (101^\circ)$.
Alargamiento	negativo.
Orientación del elipsoide	[001] $\alpha = - (9^\circ) - 11^\circ$; [001] $\gamma = + (81^\circ) + 79^\circ$, $- (99^\circ) - (101^\circ)$; $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monoclinica.

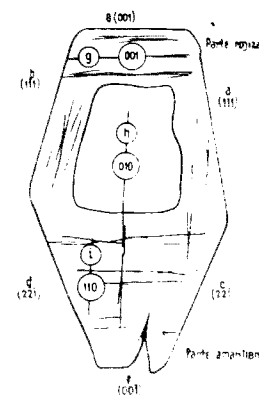


Fig. 25 Augita egirínica-acmítica de Alfara. Determinación número 4. Sección (100); Bo (γ).

En la proyección estereográfica hemos indicado varios de los elementos citados permitiendo el estudio de las constantes ópticas del piroxeno investigado.

d) Determinación núm. 4. — Prep. núm. 3396. Sección (100); Bo (γ). (Figuras 25, 26 y 27.)

También es notable esta sección por su color pardo rojizo, en una parte, pasando a amarilla hacia otra. Como antes, su estado de alteración es nulo, estando bien conservada. Las fisuras están llenas de limonita.

Los contornos cristalográficos que presentan evidencian su idiomorfismo bastante acusado. Se observan las trazas de las caras (001), (111) y ($2\bar{2}\bar{1}$), y las exfoliaciones (001), (110) y (010). Se han determinado las coor-

denadas de $a(111)$, $b(\bar{1}\bar{1}1)$, $c(22\bar{1})$, $d(2\bar{2}\bar{1})$, $e(001)$ y $f(00\bar{1})$, todas ellas dudosas. Los planos de exfoliación $g(001)$ se han localizado bien; no, en cambio (010) , que es dudoso. En la proyección se han medido los ángulos $(001) [001]$. (Figs. 25 y 26.)

El espesor de la sección se ha determinado cinco veces, variando de 0,0112 a 0,0182 mm., siendo la media $E = 0,0147$ mm.

Por los métodos usuales se ha obtenido $e = 0,0177$ mm.

El índice medio de refracción se ha medido dos veces por el parecido de los valores hallados, que varían de 1,65 a 1,66, siendo el promedio $N = 1,66$. Las grietas se presentan impregnadas de óxido de hierro, lo que

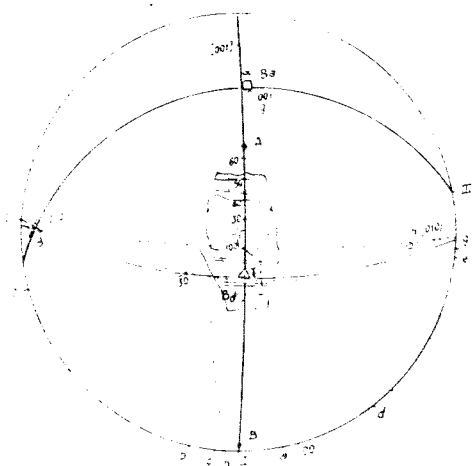


Fig. 26. Proyección estereográfica de la Augita egirínica acmitica de Alara. Determinación número 4. Sección (100). Bo (γ)

puede perjudicar las medidas practicadas en la investigación del índice de refracción.

Característica óptica anisótropa, biáxica.

Se han localizado los planos del elipsoide con dificultad; la bisectriz obtusa (γ) aparece algo inclinada respecto la normal a la sección. La sección normal a la misma deja emerger uno de los ejes ópticos, por lo que se ha podido determinar el ángulo $2V$ de los mismos, $2V = -48^\circ$, aunque esta determinación no es muy precisa.

La birrefringencia de la sección normal a la bisectriz obtusa es 0,020, que ha sido obtenida con dificultad.

El pleocroísmo ofrece los siguientes datos: α = pardo claro; β = pardo oscuro.

Se han aplicado métodos indirectos de determinación, obteniendo $2V = -48^\circ$, por el método de Fedoroff; $Ba(\gamma) = 0,001$, por el de Boldireff, $Bo(\gamma) = 0,020$, por el de Fedoroff, y $(\beta) = 0,021$, por el de Boldireff.

Hemos intentado la aplicación del método de Nikitin-Berek, obteniendo para la sección perpendicular al eje J de Fedoroff, $Ba(\gamma)$, la birrefringencia 0,008, en una sección auxiliar inclinada 30° respecto la fundamental $Bo(\gamma)$. La aplicación del método ha resultado dificultosa. Para la sección β , en cambio, hemos obtenido 0,008, en la sección 30° , variando a 0,016, en la sección 60° ; de todos modos, la determinación ha resultado poco precisa.

Los ángulos de extinción en (010) , respecto $[001]$ han sido: -14° , cuando la dirección de extinción es α ; $+76^\circ$, cuando es γ ; habiendo obtenido estos valores por el método de Fedoroff. Alargamiento negativo.

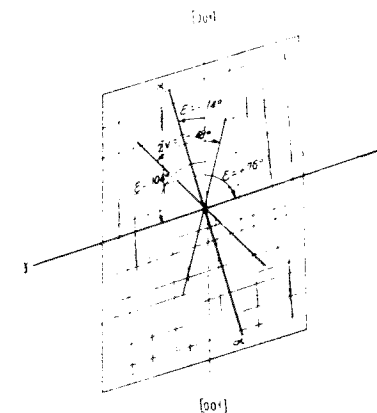


Fig. 27. Orientación del elipsoide de la Augita egirínica acmitica de Alara y sus constantes ópticas.

Se ha determinado la orientación del elipsoide con los citados datos y la simonía monoclinica del cristal. (Fig. 27.)

Hemos de nuevo reunido los datos en su cuadro correspondiente, debiendo tenerse en cuenta, sin embargo, que por la presencia del color rojo de la sección los resultados obtenidos han resultado a veces poco precisos.

A continuación exponemos las características del cristal investigado:

Color	pardo rojizo pasando a amarillo.
Estado de alteración	bien conservado.
Inclusiones	limonita, en las fisuras.
Índice medio de refracción	$n_D = 1,66$.
Espesor de la sección	0,0117 mm.
Idiomorfismo	bastante marcado.
Elementos geométricos	caras: (001) , (111) , $(\bar{2}21)$ exfoliaciones: (001) , (110) , (010) .
Carácter óptico	anisótropo: biáxico.
Índices principales	$n_D = 1,66$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = -48^\circ$.

mínimas de oligisto. También han resultado dificultosas, por la misma razón, las determinaciones por el método de Nikitin-Berek para Ba (z), que ha dado valores de 0,001, a 50° de la sección fundamental, a 0,0095, a 40° de la misma.

En la sección (010) se han obtenido las extinciones respecto la línea directriz [001], siendo de -21°, respecto la dirección de extinción z, y +69°, respecto la dirección γ. Alargamiento negativo.

Hemos fijado la orientación del elipsoide y la simonía monoclinica del mineral. (Fig. 30.)

En un cuadro se han reunido los datos obtenidos aplicando los diversos

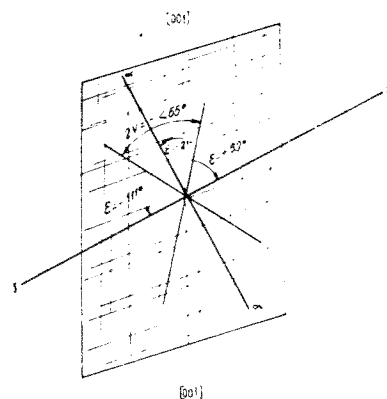


Fig. 30.—Orientación del elipsoide de la Augita egirínica acutica de Utrera y sus constantes ópticas.

métodos, debiendo notar de nuevo que las laminillas de oligisto producen extinciones en mosaico que perjudican la precisión de las determinaciones.

Reuniendo los datos, y resumiendo, tenemos:

Color	pardo subido.
Estado de alteración	principios.
Inclusiones	apatito, limonita y oligisto en plaquitas.
Índice medio de refracción	$n_g = 1,57$.
Espesor de la sección	0,0222 mm.
Idiomorfismo	bastante marcado.
Elementos geométricos	caras: (010), (221), (221), (111), (010); laminillas (010).
Carácter óptico	exfoliaciones: (010), (110) y (001).
Índices principales	anisótropo: biáxico.
Ángulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico	$n_g = 1,57$.
	$2V = < 65$

Birrefringencias principales	Ba (z) = 0,0045; Bo (γ) = 0,011; (β) = 0,0155.
Pleocroísmo	z = pardo claro; β = pardo oscuro.
Ángulos de extinción	$\varepsilon^z = -21$; $\varepsilon^y = -69$ (= -111°).
Alargamiento	negativo.
Orientación del elipsoide	[001] z = -21°; [001] γ = -69° (= -111°); β = (010).
Sígonia del cristal	monoclinica.

Muchos de estos caracteres se deducen en la proyección estereográfica que hemos trazado.

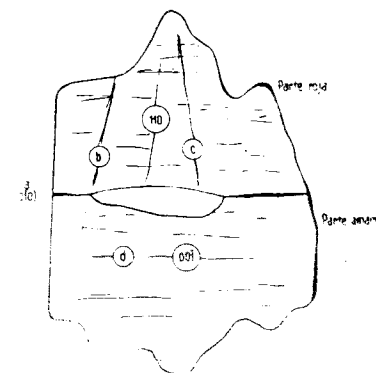


Fig. 31. Augita egirínica acutica de Utrera. Determinación número 6. Sección (100) (001); Ba (γ).

f) Determinación núm. 6. --Prep. núm. 3396. Sección (100) (001); Ba (γ) (Figs. 31, 32 y 33.)

Otra sección de gran interés es la que vamos a analizar. Su color es también pardo intenso a rojo, en una parte, variando a amarillo en otra. Se conserva muy bien, ya que no hayan indicios de alteración. Las inclusiones son de ilmenita.

No se observa gran idiomorfismo, ya que tan sólo vemos las trazas de la cara a(010) y de los planos de exfoliación (001) y (110). Se ha localizado la cara a(010), poco precisa, con contornos irregulares, y los planos de exfoliación b, c(110), dudosos, irregulares, y d(001), menos marcados, con láminas de limonita e impregnaciones. (Figs. 31 y 32.)

El espesor de la sección ha variado entre 0,0153 a 0,0182 mm., siendo el promedio de cinco determinaciones $E = 0,0168$ mm.; por los métodos usuales, $e = 0,0168$.

El índice de refracción ha mostrado valores 1,62 a 1,73 en tres deter-

minaciones, dando un promedio $N = 1,675$; en observaciones dobles, 1,685. El relieve es el usual en los piroxenos.

Característica óptica anisotrópica y biáxica.

Los planos del elipsoide se precisan con dificultad, pero se determina bien la posición de la bisectriz aguda $Ba (\gamma)$ y de los ejes ópticos, obteniendo $2V = +58^\circ$, en la parte roja, y $+50^\circ$ en la parte amarillenta; mayor pues en aquella.

La birrefringencia de la sección normal a $Ba (\gamma)$ es 0,011, en la parte roja, y 0,0066 en la parte amarilla; por el método de Berek, 0,005.

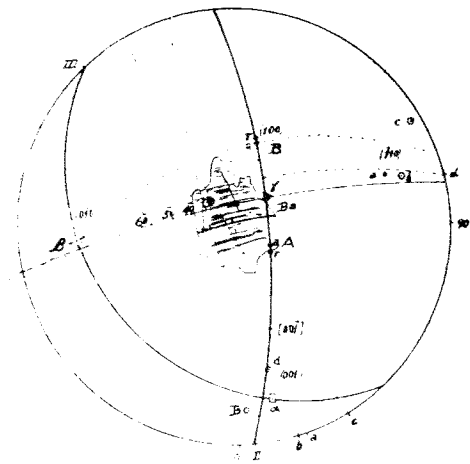


Fig. 32. Proyección estereográfica de la *Augita egirínica acmítica* de Alfara. Determinación número 6. Sección $(100) \cdot (001)$, $Ba (\gamma)$.

El pleocroísmo: α = pardo claro; γ = pardo oscuro.

Por los métodos indirectos obtenemos en la determinación de las birrefringencias principales y del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y su signo óptico: $2V = +58^\circ$, en la parte roja, y $+50^\circ$, en la amarilla, según el método de Fedoroff; $Ba (\gamma)$, 0,011, en la parte roja, y 0,0066, en la amarilla, por el método del mismo autor; $Bo (\alpha) = 0,037$, en la parte roja, y 0,0219, en la amarilla, por el método de Boldireff; $(\beta) = 0,048$, en la parte roja, y 0,0285, en la amarilla, por el método del mismo. Se observan valores diferentes en la parte roja y en la amarilla del mineral, siendo mayores en la primera.

Aplicando el método de Nikitin-Berek obtenemos para $Bo (\alpha)$ 0,009 en la parte roja y 0,0055 en la amarilla, cuando la sección auxiliar es 30° , que sube a 0,0155 en la parte roja y 0,0045 en la amarilla, en la sección 50° . Las laminillas de limonita dificultan la precisión de las determinaciones.

CUADRO II

Familia: Proxenos alcalinos sódicos Augita egiírica-acmítica de Alfara Serie egiírica-acmítica	Nº 3246 : 1 Sección (001) : Bo (α)	Nº 3395 : 2 Sección (001) : Bo (α)	Nº 3396 : 3 Sección (100) : Bo (β)	Nº 3396 : 4 Sección (100) : Bo (β)	Nº 3396 : 5 Sección (100) : Bo (β)	Nº 3396 : 6 Sección (100) ^ [001] : Bo (β)	Promedio
<p>Color: Estado de alteración Inclusiones Índice medio de refracción Espesor de la sección Dídimorfismo Elementos geométricos Carácter óptico Índices principales Ángulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico Birrefringencias principales Pleocroísmo Ángulos de extinción Alargamiento Orientación del elipsoide Simfonía del cristal</p>	<p>pardo claro. principios. nulas. $n_{\beta} = 1.60$ 0.0167 mm. marcado caras: (010), (221), (111), (111); exfoliaciones: (010), (100) y (110). anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.60$ $2V = + < 80^{\circ}$ $Ba(\beta) = 0.0034; Bo(\alpha) = 0.005; (\beta) = 0.0084$ β = pardo oscuro; α = pardo. $E^{\alpha} = -9^{\circ}; E^{\beta} = +81^{\circ}(-99^{\circ})$. negativo. [001]^{\alpha} = -9^{\circ}; [001]^{\beta} = +81^{\circ}(-99^{\circ}); $\beta = (010)$ monoclínica.</p>	<p>pardo subido a rojizo. principios. limonita, grietas impregnadas: limonita $n_{\beta} = 1.63$ 0.0152 mm. poco marcado caras: (100), (010), (221), (111); exfoliaciones: (010), (100) y (110). anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.63$ $2V = + < 80^{\circ} (+50^{\circ})$ $Ba(\beta) = 0.0034; Bo(\alpha) = 0.0158; (\beta) = 0.0192$ β = pardo; β = pardo oscuro. $E^{\alpha} = -10^{\circ}; E^{\beta} = +80^{\circ}(-100^{\circ})$. negativo. [001]^{\alpha} = -10^{\circ}; [001]^{\beta} = +80^{\circ}(-100^{\circ}); $\beta = (010)$ monoclínica.</p>	<p>pardo fuerte, rojo, en unas partes; y pardo amarillento en otras bien conservado fisuras impregnadas de limonita. $n_{\beta} = 1.71$ 0.0138 mm. poco marcado. caras: (010), (001), (111), (111), (221); exfoliaciones: (001), (010), (110), (111), (111). anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.71$ $2V = -83^{\circ}$ en la parte roja; $2V = 79.5^{\circ}$ en la parte amarilla. $Ba(\alpha) = 0.0195$ en la parte roja; y 0.0118 en la amarilla; $Ba(\beta) = 0.024$ en la parte roja; y 0.0188 en la amarilla; $(\beta) = 0.0435$ en la parte roja; y 0.0288 en la amarilla. β = pardo oscuro; α = pardo claro. $E^{\alpha} = -11^{\circ}; E^{\beta} = +79^{\circ}, -(101^{\circ})$. negativo. [001]^{\alpha} = -11^{\circ}; [001]^{\beta} = +79^{\circ}, -(101^{\circ}); $\beta = (010)$ monoclínica.</p>	<p>pardo rojizo pasando a amarillo bien conservado. limonita, en las fisuras. $n_{\beta} = 1.66$ 0.0147 mm. bastante marcado. caras: (001), (111), (221); exfoliaciones: (001), (110), (010), * anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.66$ $2V = -46^{\circ}$ $Ba(\alpha) = 0.004; Bo(\beta) = 0.020; (\beta) = 0.024$ α = pardo claro; β = pardo oscuro. $E^{\alpha} = -14^{\circ}; E^{\beta} = +76^{\circ}(-104^{\circ})$. negativo. [001]^{\alpha} = -14^{\circ}; [001]^{\beta} = +76^{\circ}(-104^{\circ}); $\beta = (010)$ monoclínica.</p>	<p>pardo subido. principios. apatito, limonita, y oligisto en plaquitas $n_{\beta} = 1.57$ 0.0222 mm. bastante marcado. caras: (010), (221), (221), (111), (012); laminitas (010); exfoliaciones: (010), (110) y (001). anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.57$ $2V = - < 65^{\circ}$ $Ba(\alpha) = 0.0045; Bo(\beta) = 0.011; (\beta) = 0.0155$ α = pardo claro; β = pardo oscuro. $E^{\alpha} = -21^{\circ}; E^{\beta} = +69^{\circ}(-111^{\circ})$. negativo. [001]^{\alpha} = -21^{\circ}; [001]^{\beta} = +69^{\circ}(-111^{\circ}); $\beta = (010)$ monoclínica.</p>	<p>pardo subido, rojo, en una parte, que pasa a amarillo en la otra. bien conservado limonita. $n_{\beta} = 1.675$ 0.0168 mm. poco marcado. caras: (010); exfoliaciones: (001) y (110). anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.675$ $2V = +36^{\circ}$ en la parte roja; $+90^{\circ}$ en la parte amarilla. $Ba(\beta) = 0.011$ en la parte roja; 0.0066 en la amarilla; $Bo(\alpha) = 0.037$ en la parte roja; y 0.0219 en la amarilla; $(\beta) = 0.046$ en la parte roja; y 0.0285 en la amarilla. α = pardo claro; β = pardo oscuro. $E^{\alpha} = -26^{\circ}; E^{\beta} = +84^{\circ}(-116^{\circ})$. negativo. [001]^{\alpha} = -26^{\circ}; [001]^{\beta} = +84^{\circ}(-116^{\circ}); $\beta = (010)$ monoclínica.</p>	<p>pardo rojizo a amarillo principios de alteración: en vas de transformación. limonita, limonita, oligisto, apatito. $n_{\beta} = 1.64 \pm 0.07; \beta$, parte roja $> \beta$, parte amarilla. 0.0176 ± 0.006 bastante marcado. caras: (100), (010), (001), (221), (111), (111), (012), (221); exfoliaciones: (110), (010), (001), (001), (111), (111); laminitas: (010). anisótropo; biáxico. $n_{\beta} = 1.64 \pm 0.07$ $2V = \pm 90^{\circ} \pm 40^{\circ}$; $2V$, parte roja $> 2V$, parte amarilla. $Ba = 0.0202; Bo = 0.021 \pm 0.016; B = 0.0412$; gran variación. α = pardo claro; β = pardo oscuro. $E^{\alpha} = -17.5^{\circ} \pm 8.5^{\circ}; E^{\beta} = +72.5^{\circ}(-107.5^{\circ}) \pm 8.5^{\circ}$. negativo. [001]^{\alpha} = -17.5^{\circ} \pm 8.5^{\circ}; [001]^{\beta} = +72.5^{\circ}(-107.5^{\circ}) \pm 8.5^{\circ}; $\beta = (010)$ monoclínica.</p>

Las direcciones y ángulos de extinción se han determinado en la proyección estereográfica, por el método de Fedoroff, encontrando que en (010) la extinción α referida a [001] es -26° , mientras que la extinción referida a la dirección de extinción γ es $+64^\circ$. Alargamiento negativo.

Se ha determinado la orientación del elipsoide y la singonia monoclinica del mineral, (Fig. 33.)

Hemos reunido los datos encontrados en un cuadro, recordando de nuevo que las determinaciones resultan perjudicadas por las laminillas de oli-

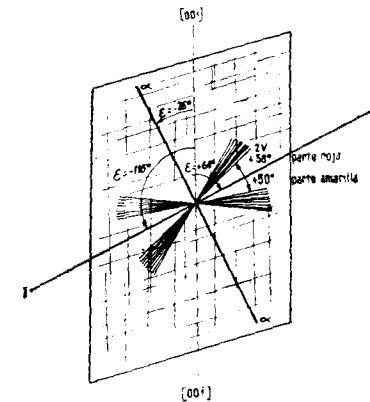


Fig. 33. -Orientación del elipsoide de la Augita egirínica acmítica de Alfara y sus constantes ópticas.

gisto que originan extinciones en mosaico y por los dos colores propios del mineral en partes diferentes del cristal.

A continuación vamos a exponer, resumidamente, las constantes obtenidas en este cristal:

Color	pardo subido, rojo, en una parte, que pasa a amarillo en la otra.
Estado de alteración	bien conservado.
Inclusiones	ilmenita.
Índice medio de refracción	$n_g = 1.675$.
Espesor de la sección	0.0168 mm.
Polimorfismo	poco marcado.
Elementos geométricos	cara: (010); exfoliaciones: (001) y (110).
Carácter óptico	anisótropo y biáxico.
Ángulos principales	$n_g = 1.675$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = +58^\circ$, en la parte roja; $+50^\circ$, en la parte amarilla.

<i>Birrefringencias principales</i>	Ba (γ) = 0.011, en la parte roja, 0.066, en la amarilla; Bo (α) = 0.037, en la parte roja, y 0.0219, en la amarilla; (β) = 0.048, en la parte roja, y 0.0285, en la amarilla.
<i>Pleocroísmo</i>	α = pardo claro; β = pardo oscuro.
<i>Angulo de extinción</i>	$\epsilon^{\alpha x} = -26^{\circ}$; $\epsilon^{\alpha y} = +64^{\circ}$ (-116°).
<i>Alargamiento</i>	negativo.
<i>Orientación del elipsoide</i>	$[100]^{\alpha x} = -26^{\circ}$; $[100]^{\alpha y} = +64^{\circ}$ (-116°); $\beta = (010)$.
<i>Singonia del cristal</i>	monocínica.

Resulta interesante observar la proyección estereográfica de este cristal, comparándola con las anteriores, observándose las variaciones de las constantes ópticas.

g) *Estudio sintético.*—(Cuadro II.)

Examinando el conjunto de seis determinaciones realizadas en los piroxenos alcalinos sódicos del Castell de Carles, de Alfara, correspondientes a la serie egirínica-acmitica, se llegan a deducir las variaciones de las constantes ópticas de aquellos minerales, que guardan estrecha relación también con las variaciones de la composición química, que de manera análoga a la observada al estudiar los piroxenos de la serie de la augita titanada egirínica, se aprecian también en los cristales, con zonas de diversa coloración.

Sintetizando los valores deducidos estableceremos los correspondientes a los de la serie egirínica-acmitica.

<i>Color</i>	pardo rojizo a amarillo.
<i>Estado de alteración</i>	principios de alteración; en vías de transformación.
<i>Inclusiones</i>	ilmenita, limonita, oligisto, apatito.
<i>Índice medio de refracción</i>	$n_{\beta} = 1.64 \pm 0.07$; β , parte roja $>$ β , parte amarilla.
<i>Espesor de la sección</i>	0.0176 ± 0.005 .
<i>Idiomorfismo</i>	bastante marcado.
<i>Elementos geométricos</i>	caras: (100), (010), (001), ($\bar{2}21$), ($\bar{1}11$), (111), (012), ($\bar{2}21$); exfoliaciones: (110), (010), (001), (100), ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$); laminillas: (010).
<i>Carácter óptico</i>	anisótropo; biáxico.
<i>Índices principales</i>	$n_{\beta} = 1.64 \pm 0.07$.
<i>Angulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico</i>	$2V = \pm 90^{\circ} \mp 40^{\circ}$; $2V$, parte roja $>$ $>$ $2V$, parte amarilla.

<i>Birrefringencias principales</i>	Ba = 0.0202; Bo = 0.021 ± 0.016 ; (β) = 0.0412; gran variación.
<i>Pleocroísmo</i>	Ba = pardo claro; Bo = pardo oscuro; β = pardo.
<i>Angulos de extinción</i>	$\epsilon^{\alpha x} = -17.5^{\circ} \pm 8.5^{\circ}$; $\epsilon^{\alpha y} = +72.5^{\circ}$ (-107°); $\pm 8.5^{\circ}$.
<i>Alargamiento</i>	negativo.
<i>Orientación del elipsoide</i>	$[100]^{\alpha x} = -17.5 \pm 8.5^{\circ}$; $[100]^{\alpha y} = +72.5^{\circ}$ ($-107.5^{\circ} \pm 8.5^{\circ}$); $\beta = (010)$.
<i>Singonia del cristal</i>	monocínica.

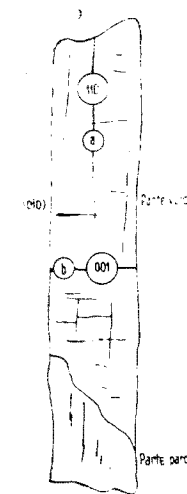


Fig. 34. Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara. Determinación número 1. Sección (100); Bo (γ).

2. *Augita egirínica propiamente dicha.*—Egirina.

a) *Determinación núm. 1.*—Prep. núm. 3396, Sección (100); Bo (γ). (Figuras 34, 35 y 36.)

En íntima relación con los cristales de la serie egirínica-acmitica se encuentran a veces algunos cristales que presentan caracteres tan singulares que obligan a estudiarlos aparte, refiriéndolos a la augita egirínica propiamente dicha. (Egirina).

El color de la primera sección estudiada es verdoso-amarillento y parduzco, presentando variados estados de alteración. Las inclusiones son de ilmenita.

Se presenta en forma de placas alargadas, aciculares, con exfoliación notoria y alargamiento (110), fracturas (001). Se ha intentado la determina-

ción de las coordenadas del plano de exfoliación a(110), sin conseguirlo enteramente; en cambio, se ha obtenido la de b(001), cuyas trazas son irregulares y por ello dudosas. (Figs. 34 y 35.)

El espesor de la sección ha variado entre 0.0145 a 0.0192, obteniendo un promedio $E = 0,0164$ mm.

El índice medio de refracción no ha variado mucho en las dos determinaciones realizadas, variando de 1.58 a 1.60. El promedio aceptado es $n = 1,59$. Algunos de estos valores corresponden a la zona parda, no alterada.

La característica óptica es anisótropa y biáxica.

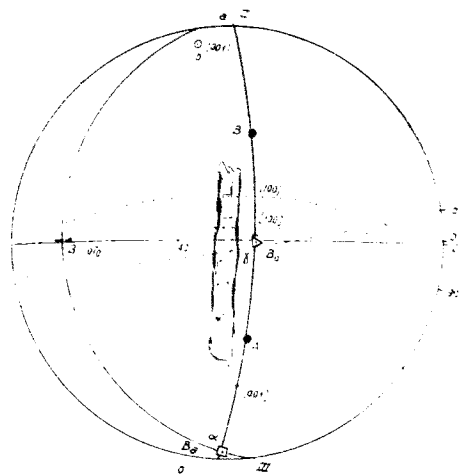


Fig. 35.—Proyección estereográfica de la Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara, Determinación número 1. Sección (100); Bo (γ)

A pesar del reducido tamaño de las agujas estudiadas se han localizado bastante bien los planos principales del elipsoide. La bisectriz obtusa (γ) es casi normal a la sección. Localizados los ejes ópticos se ha podido determinar su ángulo $2V = -84^\circ$.

La birrefringencia de la sección Bo (γ) ha variado poco, de 0,011 a 0,0115, en la parte verde de la sección, y 0,006, en la parda, aceptando valores, respectivamente, de 0,0112 y 0,006, siendo mayores en la parte verde.

El pleocroísmo acredita a la egirina en las partes verdes, ya que $\alpha =$ amarillo verdoso; $\beta =$ verde; y $\gamma =$ verde o verdoso. En cambio, en las partes pardas, los colores han sido siempre pardos.

Por los métodos indirectos de determinación de las birrefringencias principales y del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y su signo se han obtenido los

resultados siguientes: $2V = -84^\circ$, por el método de Fedoroff; $Ba (\alpha) = 0,009$, en la parte verde, y 0,005, en la parda, por el método de Boldireff; $Bo (\gamma) = 0,0112$, en la parte verde, y 0,0006, en la parda, por el método de Fedoroff; finalmente, $(\beta) = 0,020$, en la parte verde, y 0,011, en la parda, por el método de Boldireff.

Se ha aplicado además el método de Nikitin-Berek, obteniendo para la birrefringencia de la sección $Ba (\alpha) = 0,0095$, en la parte verde, y 0,007, en la parda, cuando la sección auxiliar estaba a 40° de la fundamental $Bo (\gamma)$.

En la proyección estereográfica se han medido las extinciones de la sección (010), paralela al plano de los ejes ópticos, respecto de la línea

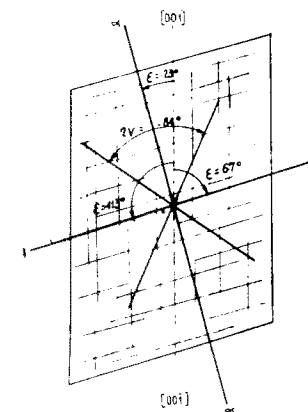


Fig. 36. Orientación del elipsoide de la Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara y sus constantes ópticas.

directriz [001], siendo de $(-3^\circ) - 23^\circ$, cuando el índice de la dirección de extinción es α , y $(+87^\circ) (-93^\circ) + 67^\circ (-113^\circ)$, cuando es γ . Los valores fueron rectificadas. Alargamiento negativo.

La singular orientación del elipsoide aparece claramente en la proyección estereográfica, así como su singonia monoclinica. (Fig. 36.)

Los datos se han reunido en un cuadro para su estudio sintético. Las determinaciones han sido difíciles por la estructura fibrilar del cristal y la apretada exfoliación.

Resumiendo, tenemos:

Color	verdoso, amarillento a parduzco.
Estado de alteración	variado.
Inclusiones	ilménita.
Índice medio de refracción	$n\beta = 1,59$.
Espesor de la sección	0,0164 mm.
Idiomorfismo	placas alargadas.
Elementos geométricos	exfoliaciones: (110), (001) y fracturas.
Carácter óptico	anisótropo; biáxico.

Indices principales	$n_D = 1.59$.
Angulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = -84^\circ$.
Birrefringencias principales	$P_a (x) = 0.009$, en la parda, y 0.005 , en la verde; $B_o (\gamma) = 0.0112$, en la verde, y 0.006 , en la parda; $(\beta) = 0.020$, en la verde, y 0.011 , en la parda.
Pleocroísmo	$x =$ amarillo verdoso; $\beta =$ verde; $\gamma =$ verde.
Angulos de extinción	$\varepsilon^x = -23^\circ$; $\varepsilon^\gamma = +67^\circ$ (-113°).
Alargamiento	negativo.
Orientación del elipsoide	$[001] \wedge x = -23^\circ$; $[001] \wedge \gamma = +67^\circ$ (-113°).
Singonia del cristal	monoclínica.

La proyección estereográfica muestra los caracteres tan diferentes de este cristal, que han motivado se haya referido a la augita egirínica propiamente dicha (egirina).

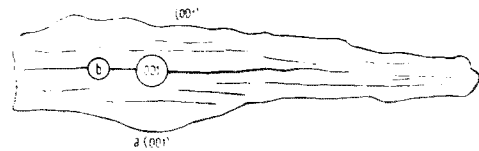


Fig. 37.—Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara. Determinación número 2. Sección (100); Bo (γ) — Ba (a).

b) Determinación núm. 2.— Prep. núm. 3396. Sección (100): Bo (γ) — Ba (x). (Figs. 37, 38 y 39.)

Finalmente analizaremos una sección verdosa y amarillenta, con estado de alteración variado, a partir de la augita acmítico. Las inclusiones son de ilmenita.

Se presenta en forma de placas alargadas, fibrosas, con muestras evidentes de proceder del piroxeno alcalino acmítico. Exfoliación según (001). Se han determinado las coordenadas de la cara a(001) y de los planos de exfoliación, b, dudosos (001). (Figs. 37 y 38.)

El espesor de la sección se ha determinado cuatro veces, variando entre 0.0113 y 0.0153 mm., siendo su promedio $E = 0.0136$ mm.

El índice de refracción ha variado poco, de 1.58 a 1.60, aceptando el promedio $N = 1.59$.

Característica óptica anisótropa y biáxica.

Los planos del elipsoide se han determinado bastante bien, localizando las bisectrices y uno de los ejes ópticos, $2V = -26^\circ$. El eje óptico A se

presenta muy inclinado, sin separarse mucho del otro eje, testimonio de un ángulo $2V$ pequeño, característico de la egirina.

Se hace imposible determinar la birrefringencia por la estructura fibrosa de la sección y el pequeño espesor de la placa; no obstante hemos obtenido: $B_o (\gamma) = 0.0202$.

Pleocroísmo característico de la egirina. $x =$ amarillento-verdoso; $\beta =$ verde; $\gamma =$ verde a verde oscuro.

Por los métodos indirectos obtenemos: $2V = -26^\circ$, por el método de Fedoroff; $B_a (x) = 0.0012$, por el de Boldireff; $B_o (\gamma) = 0.0202$, por el de Fedoroff, y $(\beta) = 0.0214$, por el de Boldireff.

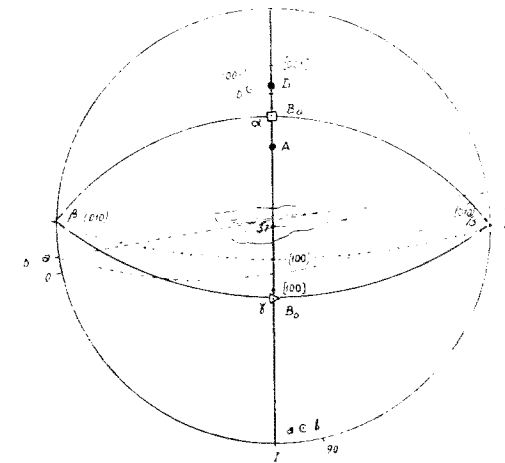


Fig. 38.—Proyección estereográfica de la Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara. Determinación número 2. Sección (100); Bo (γ) — Ba (a).

Hemos intentado también aplicar el método de Nikitin-Berek, sin resultados aceptables.

En la sección (010) (β), los ángulos de extinción obtenidos son: (-26°) (-116°) -19° , cuando el índice de la dirección de extinción es x ; ($+61^\circ$) $+71^\circ$ (-109°), cuando es γ . Se han debido rectificar los valores. Alargamiento positivo al parecer, probablemente por tratarse de un fragmento de cristal primitivo.

Se han determinado las características tan particulares de la orientación del elipsoide, en este mineral tan curioso, con singonia monoclínica. (Fig. 39.)

Con todos los datos hemos formado el cuadro de valores; la exfoliación irregular del mineral ha perjudicado la exacta determinación de las constantes.

Terminaremos dando un resumen de las deducciones hechas:

Color	verde a amarillento.
Estado de alteración	variado, a partir de la augita acmítica
Inclusiones	ilmenita.
Índice medio de refracción	$n\beta = 1.59$.
Espesor de la sección	0.0136 mm.
Idiomorfismo	placas alargadas, fibrosas.
Elementos geométricos	exfoliación: (001).
Carácter óptico	anisótropo; biáxico.

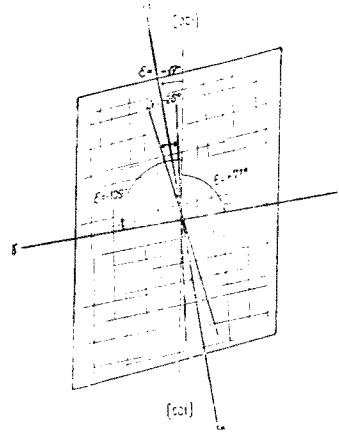


Fig. 39.—Orientación del elipsoide de la Augita propiamente dicha (Egirina) de Alfara y sus constantes ópticas.

Índices principales	$n\beta = 1.595$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y sig. no óptico	$2V = -26^\circ$.
Birrefringencias principales	$Ba (\alpha) = 0.0012$; $Bo (\gamma) = 0.0202$; $(\beta) = 0.0214$.
Pleocroísmo	$\alpha =$ amarillo verdoso; $\beta =$ verde oscuro; $\gamma =$ verde.
Ángulos de extinción	$\epsilon^\alpha \alpha = -19^\circ$; $\epsilon^\alpha \gamma = +71^\circ (-109^\circ)$.
Alargamiento	positivo.
Orientación del elipsoide	$[001]^\alpha \alpha = -19^\circ$; $[001]^\alpha \gamma = +71^\circ (-109^\circ)$; $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monoclínica.

La proyección estereográfica muestra la diferencia de este cristal con los de la serie egirínica-acmítica.

CUADRO III

Familia Piroxenos alcalinos sódicos Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara Serie egirínica acimítica	Nº 3398 ; 1 Sección (100) - Ba (x)	Nº 3398 ; 2 Sección (100) ; Ba (x) - Ba (α)	Promedio
Color Estado de alteración Inclusiones Índice medio de refracción Espesor de la sección Idiomorfismo Elementos geométricos Característica óptica Índices principales Angulo 2V de los ejes ópticos y signo óptico Birrefringencias principales Pleocroísmo Ángulos de extinción Alargamiento Orientación del elipsoide Singonia del cristal	verdoso, amarillento a parduzco variado Ilmenita. $n_{\omega} \beta = 1.59$ 0.0164 mm placas alargadas exfoliaciones: (110), (001) y fracturas anisótropa, biáxica $n_{\omega} \beta = 1.59$ 2V = -84° $Ba(\alpha) = 0.009$, en la parte verde, y 0.005, en la parda, $Ba(\beta) = 0.012$, en la verde, y 0.008, en la parda; $(\beta) = 0.020$, en la verde, y 0.011, en la parda $\alpha =$ amarillo verdoso, $\beta =$ verde, $\gamma =$ verde $E^{\omega} \alpha = 23^{\circ}$ - $E^{\gamma} \beta = +67^{\circ}$ (115°) negativo $[001]^{\omega} \alpha = -23^{\circ}$, $[001]^{\gamma} \beta = +67^{\circ}$ (-113°), $\beta = (010)$ monoclinica.	verde a amarillento variado, a partir de la augita acimítica Ilmenita $n_{\omega} \beta = 1.59$ 0.0136 mm placas alargadas, fibrosas exfoliación (001) anisótropa, biáxica $n_{\omega} \beta = 1.59$ 2V = -28° $Ba(\alpha) = 0.0012$; $Ba(\beta) = 0.0202$, $(\beta) = 0.0214$ $\alpha =$ amarillo verdoso, $\beta =$ verde oscuro, $\gamma =$ verde $E^{\omega} \alpha = 19^{\circ}$ - $E^{\gamma} \beta = +71^{\circ}$ (-109°) positivo $[001]^{\omega} \alpha = -19^{\circ}$, $[001]^{\gamma} \beta = +71^{\circ}$ (-109°), $\beta = (010)$ monoclinica	verde, verdoso a amarillento variado, a partir de la augita acimítica Ilmenita $n_{\omega} \beta = 1.59$ 0.015 mm \pm 0.0014 placas alargadas y fibrosas. exfoliaciones: (001), (110), y fracturas anisótropa, biáxica. $n_{\omega} \beta = 1.59$ 2V = -55° \pm 29° $Ba(\alpha) = 0.0045 \pm 0.004$; $Ba(\beta) = 0.0161 \pm 0.005$; $(\beta) = 0.0206 \pm 0.001$ $\alpha =$ amarillento verdoso; $\beta =$ verde oscuro, $\gamma =$ verde $E^{\omega} \alpha = -21^{\circ} \pm 2^{\circ}$; $E^{\gamma} \beta = +69^{\circ}$ (+111°) $\pm 2^{\circ}$ negativo, positivo? $[001]^{\omega} \alpha = -21^{\circ} \pm 2^{\circ}$; $[001]^{\gamma} \beta = +69^{\circ}$ (+111°) $\pm 2^{\circ}$; $\beta = (010)$ monoclinica

c) *Estudio sintético.*—(Cuadro III y figura 40.)

Las placas analizadas son suficientes para venir en conocimiento de estos singulares cristales de la serie egirínica que se identifican con la egirina, destacando las variaciones de las constantes ópticas en relación con las de la composición química, bien patentes en las zonas de diversa coloración, y en las secciones procedentes de los cristales de egirina acmítica.

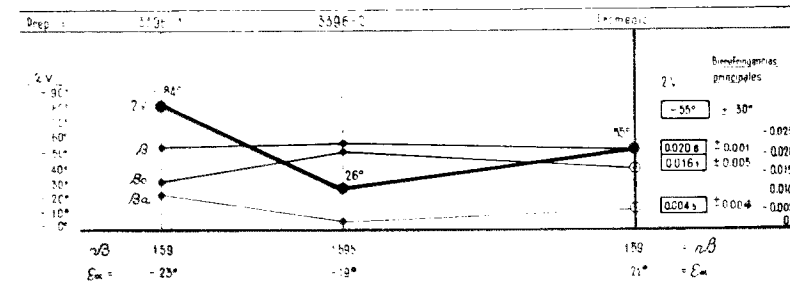


Fig. 40. Piroxenos alcalinos sodícos: Augita egirínica propiamente dicha (Egirina) de Alfara. Serie egirínica acmítica.

De este examen llegaremos a la síntesis siguiente:

Color	verde, verdoso a amarillento.
Estado de alteración	variado, a partir de la augita acmítica.
Inclusiones	ilmenita.
Índice medio de refracción	$n\beta = 1.59$.
Espesor de la sección	0.015 ± 0.0014 .
Idiomorfismo	placas alargadas y fibrosas.
Elementos geométricos	exfoliaciones: (001) y (110); fracturas.
Carácter óptico	anisótropo: biáxico.
Índices principales	$n\beta = 1.59$.
Ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico	$2V = -55^\circ \pm 30^\circ$.
Birrefringencias principales	$Ba \ (\alpha) = 0.0015 \pm 0.001$; $Bo \ (\gamma) = 0.0161 \pm 0.005$; $(\beta) = 0.0206 \pm 0.001$.
Pleocroísmo	$(\alpha) =$ amarillento verdoso; $(\gamma) =$ verde; $(\beta) =$ verde oscuro.
Ángulos de extinción	$\epsilon\alpha = -21^\circ \pm 2^\circ$; $\epsilon\gamma \ (+ \ 111^\circ) = +69^\circ \pm 2^\circ$.
Alargamiento	negativo; positivo.
Orientación del elipsoide	$[001] \ \alpha = -21^\circ \pm 2^\circ$; $[001] \ \gamma = +69^\circ \ (+ \ 111^\circ) \pm 2^\circ$; $\beta = (010)$.
Singonia del cristal	monocínica.

En la figura 40 se manifiestan las variaciones de las birrefringencias principales y del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, expresando al propio tiempo los promedios.

3. *Estudio gráfico de la augita egirínica-acmítica y de la augita egirínica propiamente dicha (Egirina). (Figs. 41 y 42.)*

A base de los datos expuestos hemos estudiado gráficamente las variaciones de las diversas constantes de los piroxenos alcalinos sódicos del Castell de Carles, de Alfara, que forman parte de la serie egirínica-acmítica y egirínica propiamente dicha.

En las gráficas se incluyen los datos de estas últimas, ya que ellas están íntimamente relacionadas con las augitas egirínicas-acmíticas.

Se expresan, ante todo, las variaciones de las birrefringencias principales, apreciándose la gran amplitud de las mismas, especialmente las de las augitas egirínicas-acmíticas, cosa que no sucede con las augitas titanadas egirínicas. (Fig. 41.)

Algunas de estas secciones muestran acentuadas diferencias en las partes rojizas y amarillas de los cristales, siendo mayor la birrefringencia de las primeras. En los cristales de egirina, las variaciones no son tan acentuadas y, por lo general son más bajas que las de la serie egirínica-acmítica; en los cristales de egirina se observa también gran diferencia entre las birrefringencias de sus zonas verde y parduzca, siendo mayor en la primera.

Las birrefringencias de las secciones egirínicas se muestran más bajas, por lo general, que las de la egirina-acmítica, y los valores de las diversas birrefringencias no son tan irregularmente distanciadas entre sí como en aquellas.

En la gráfica se muestra el tipo promedio, caracterizado por las análogas birrefringencias de las secciones normales a las bisectrices aguda, $0,0202$, y obtusa, $0,021 \pm 0,016$, muy diferentes de las secciones de birrefringencia máxima, $0,0112$. Las zonas de color rojizo o verdoso presentan mayores birrefringencias que las amarillas y pardas.

Comparando las birrefringencias medias de los piroxenos alcalinos sódicos de la serie egirínica-acmítica y egirínica, con los de la serie titanada egirínica se observa gran contraste, ya que mientras las primeras son más altas, y además los valores de las diversas birrefringencias son muy diferentes, en las otras no ocurre tal cosa.

El examen de la representación gráfica del ángulo $2V$ de los ejes ópticos resulta sumamente interesante y muy diferente de la de la augita titanada egirínica, ya que además de variar mucho y siendo a menudo muy alto, $2V = \pm 90^\circ \pm 40^\circ$, se muestran alteraciones de cambio de signo que provoca el cambio de signo óptico del mineral. Se observa que en los cristales

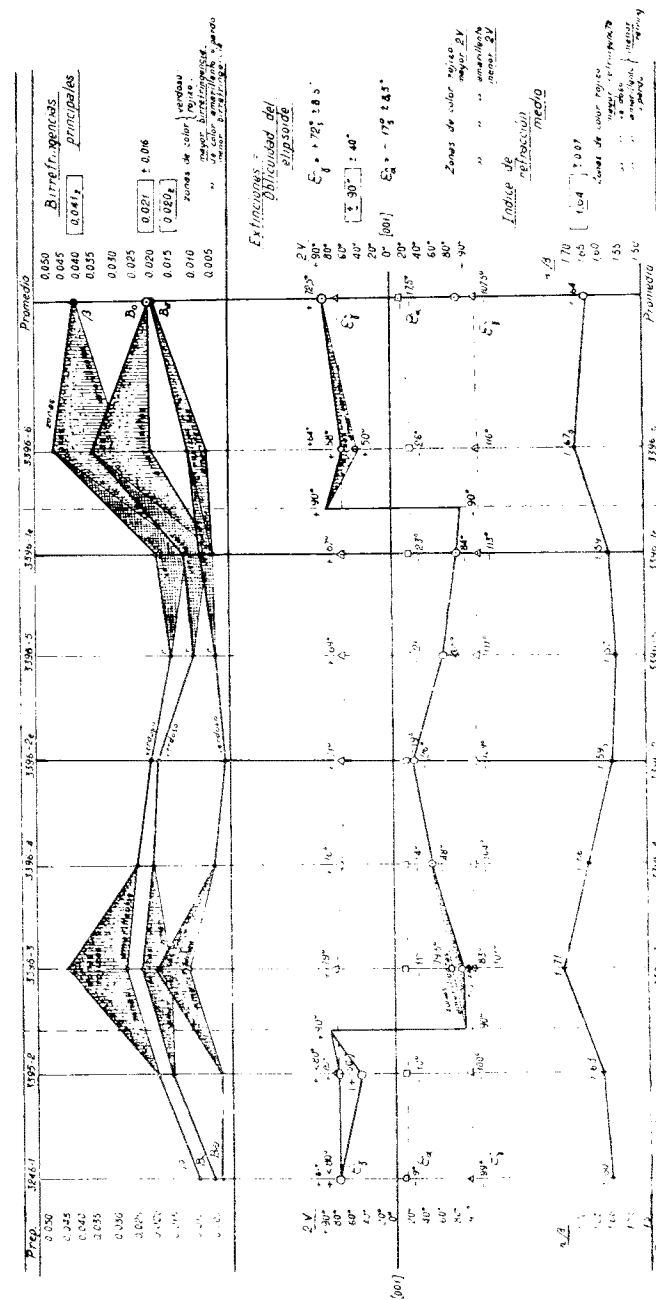


Fig. 41 - Piroxenos alcalinos sódicos: Augita egirínica acmítica de Alfara, e = Augita egirínica propiamente dicha (Egirina). Serie augita egirínica acmítica.

de egirina-acmitica con zonas rojas y amarillentas, el ángulo $2V$ de los ejes ópticos es algo mayor en las primeras. Notamos que los cristales de esta serie con signo óptico positivo pasan a negativo, cuando el ángulo $2V$ del ángulo de los ejes ópticos es próximo a 90° y los ejes ópticos varían su ángulo; los cristales de la serie egirínica propiamente dicha todos presentan signo óptico negativo, a pesar de variar mucho el ángulo $2V$ de los ejes ópticos. Estos caracteres contrastan con los de las augitas titanadas egirínicas, en las que el ángulo $2V$ de los ejes ópticos sufre pocas variaciones, y su valor es, por lo general, mucho más bajo que en los otros piroxenos. En los piroxenos de la serie egirínica-acmitica y egirínica el promedio es $\pm 90^\circ \pm 40^\circ$, enteramente teórico, por la gran amplitud de las variaciones.

La representación gráfica de las extinciones principales y de la oblicuidad del elipsoide respecto de la dirección cristalográfica [001], en los cristales de la serie egirínica-acmitica y egirínica, contrasta con la de la serie egirínica titanada, por la poquísima variación, ya que los medios son:

$$\varepsilon\gamma = + 72.5^\circ \pm 8.5^\circ; \quad \varepsilon\alpha = - 17.5^\circ \pm 8.5^\circ.$$

En la serie augítica titanada egirínica las grandes variaciones provocan curiosos cambios de signo en las extinciones. De las diversas constantes ópticas éstas son las que han presentado menos variaciones, encontrando casi siempre los mismos ángulos de extinción o de oblicuidad del elipsoide.

El índice de refracción no muestra tampoco el mismo comportamiento que en la serie augítica titanada egirínica, ya que su valor medio es $1,64 \pm 0,97$. Sus variaciones son paralelas a las de las birrefringencias principales, notando que la curva de los índices de refracción se eleva al elevarse también la birrefringencia, como se observa especialmente en los cristales de egirina-acmitica. Por ello, los cristales de egirina son los que presentan menores índices de refracción. En las zonas de color rojo, el índice de refracción es mayor que en las zonas de color amarillento o pardo.

Nos proponemos ahora comentar la representación gráfica de las variaciones de la orientación del elipsoide y de las constantes ópticas en los cristales de egirina acmitica y de egirina que hemos analizado anteriormente, debidas a las variaciones de composición química. (Fig. 42.)

Destacan de nuevo las oscilaciones de los ejes ópticos, y por ello las variaciones del ángulo $2V$ de los ejes ópticos de las zonas rojizas y amarillentas de los cristales de augita egirínica-acmitica.

La gráfica muestra magníficamente que las extinciones principales y la oblicuidad del elipsoide desde $\varepsilon\gamma = (- 99^\circ) - 81^\circ$ varía paulatinamente a $\varepsilon\gamma = (- 116^\circ) + 64^\circ$ y por ello $\varepsilon\alpha = - 9^\circ$ varía poco a poco hasta $\varepsilon\alpha = - 26^\circ$. Las secciones de egirina propiamente dichas quedan intercaladas en la gráfica, sin alterar la normalidad de las oscilaciones indicadas.

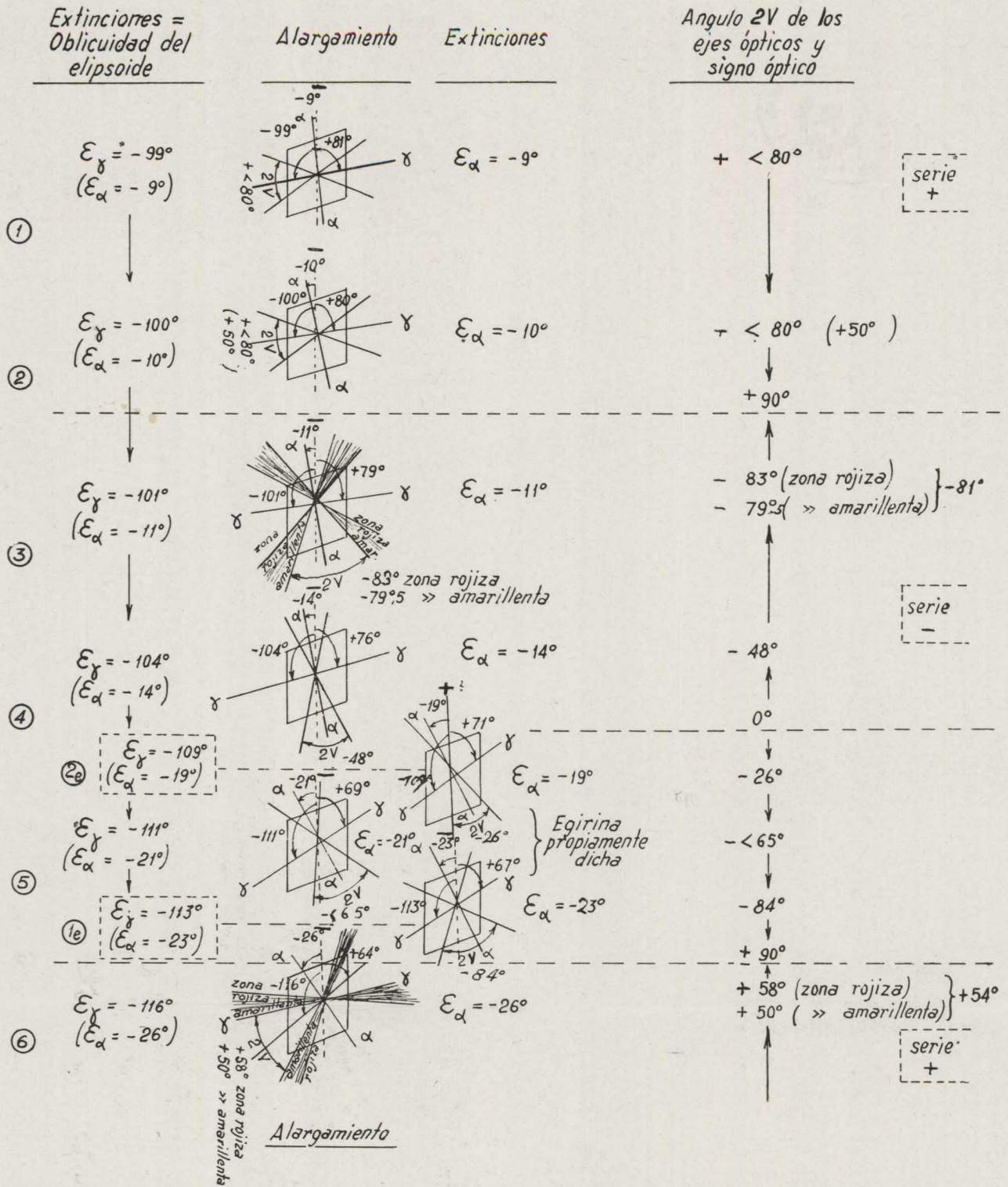


Fig. 42.—Piroxenos alcalinos sódicos: *Augita egrinica-acmítica* de Alfara, e = *Augita egrinica propiamente dicha* (*Egrina*).
Serie augítica egrinica-acmítica.

El alargamiento se manifiesta siempre negativo, tan característico en las egirinas. Como se vio, en las augitas titanadas egirínicas, el alargamiento es positivo a veces, cuando el ángulo de extinción respecto la dirección α es algo superior a 45° , pasando a negativo, que es el signo dominante, de acuerdo con la naturaleza egirínica de dichas augitas.

El comportamiento del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y signo óptico es digno de especial atención. Obsérvese que debido a las sucesivas posiciones de los ejes ópticos, el ángulo $2V$ de los mismos, de $2V = + 80^\circ$ aumenta hasta $\pm 90^\circ$, formando parte de una serie +; después, decrece poco a poco, con signo negativo, hasta $2V = 0^\circ$; y luego crece de nuevo hasta $2V = \pm 90^\circ$, conservando igual signo, constituyendo una serie —; finalmente, el ángulo $2V$ de los ejes ópticos decrece de nuevo hacia $2V = + 58^\circ$, en la parte rojiza, y $2V = + 50^\circ$, en la parte amarilla, formando parte de una serie +.

Estas oscilaciones de los ejes ópticos se manifiestan, oportunamente, a veces en un mismo cristal, cuando muestran zonas rojizas y amarillentas, ya que se observa que el ángulo $2V$ de los ejes ópticos desde la zona roja decrece, mostrando por ello la parte amarilla un ángulo $2V$ algo menor. Gracias a ello quedan confirmadas las sucesivas posiciones de los ejes ópticos en los diferentes cristales, y por ello las variaciones del ángulo $2V$ de los ejes ópticos.

Estas grandes variaciones del ángulo $2V$ de los ejes ópticos en la serie de la augita egirínica-acmitica y egirínica contrastan con las de la serie augítica titanada egirínica, que eran muy pequeñas, y con un ángulo $2V$ de los ejes ópticos medianos.

Debido a estas variaciones de los ejes ópticos, el signo óptico de la augita egirínica-acmitica y de la egirina propiamente dicha varía del positivo al negativo; este, característico de las secciones egirínicas propiamente dichas, mientras que las augitas titanadas egirínicas son constantemente positivas, como la mayoría de los piroxenos corrientes.

C. Representación gráfica de los piroxenos alcalinos sódicos de Alfara

Estudio general de las augitas titanadas egirínicas, de las augitas egirínicas-acmiticas y de las augitas egirínicas propiamente dichas (Egirinas). - Clávulas I y II.

Analizados ya por separado los diversos piroxenos alcalinos sódicos del Castell de Carles, de Alfara, correspondientes a las series augítica titanada egirínica, augítica egirínica-acmitica y egirínica propiamente dicha, cabe ahora estudiarlos en conjunto, y nada más oportuno que hacerlo gráficamente

para que resalten las características de las diversas series y las relaciones entre ellas. (Lám. I.)

La escala horizontal muestra los diversos cristales estudiados, que se han ordenado por su creciente oblicuidad del elipsoide y de extinción respecto la dirección γ ($\epsilon\gamma$); mientras que en las gráficas antes analizadas, los diferentes cristales se espaciaban igualmente para mayor simplicidad. Por ello, el aspecto de las curvas es tan sólo parecido. La escala vertical se ha exagerado para que destaquen las características de las diversas curvas, lo que contribuye también a que las curvas se muestren más exageradas que en las gráficas antes analizadas.

Como se observa en la gráfica, la serie de augitas titanadas egirínicas es la de mayor desarrollo, e intercalada en ella vemos la interesante serie de las augitas egirínicas-acmíticas, en la cual se halla también la modalidad egirínica.

Hemos dedicado un gráfico a las birrefringencias principales, observando las grandes variaciones de las mismas, especialmente en la serie egirínica-acmítica.

El comportamiento de la birrefringencia en las diversas series ya se ha comentado anteriormente por separado, por lo que nos abstenemos de insistir sobre el particular. Solamente haremos notar que en la serie de la augita egirínica-acmítica alcanza por lo general valores más altos que en la serie de la augita titanada egirínica.

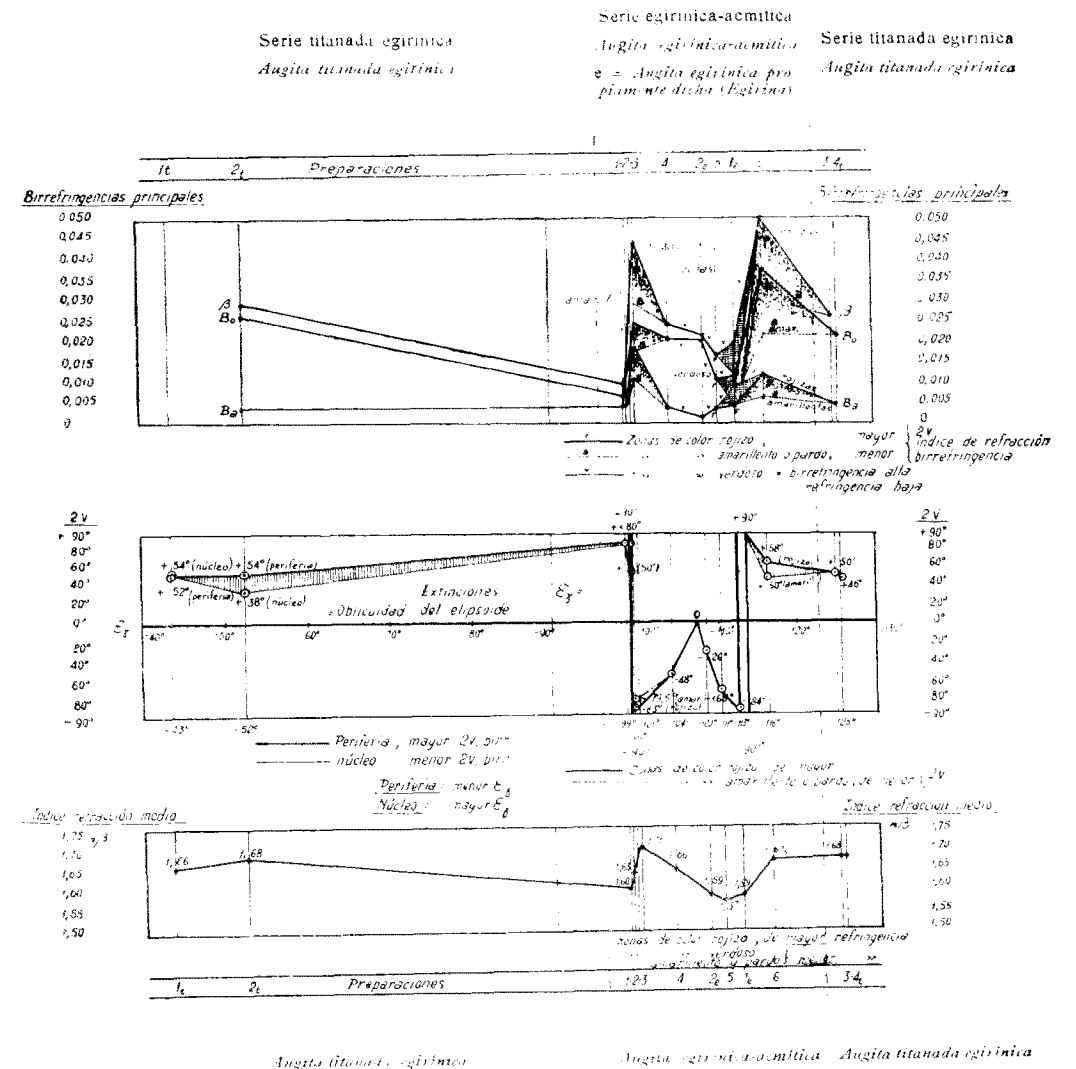
Puede deducirse que en los cristales de la serie egirínica-acmítica, con zonas de diverso color, en las de color rojizo, los valores del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, de los índices de refracción y los valores de las birrefringencias principales son mayores que en las zonas amarillas y pardas. Las zonas verdosas presentan una birrefringencia más alta, pero, en cambio, su refringencia es más baja que en las otras zonas coloreadas.

Otra de las gráficas expresa las variaciones del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, y de la extinción $\epsilon\gamma$ respecto la dirección γ , igual a la de la oblicuidad del elipsoide. La escala horizontal, como hemos dicho, expresa los valores de la extinción y de la oblicuidad del elipsoide $\epsilon\gamma$ apreciándose la ordenada variación de dichas constantes al variar también regularmente las otras constantes.

En los cristales de la serie titanada egirínica se observa que su periferia presenta mayor ángulo $2V$ de los ejes ópticos, y mayor birrefringencia que en el núcleo; en cambio, en la periferia, la extinción y la oblicuidad del elipsoide $\epsilon\gamma$ es menor que en el núcleo. En la serie egirínica-acmítica, los cristales con zonas de diverso color, la zona de color rojizo presenta mayor ángulo $2V$ de los ejes ópticos que la amarilla o parda.

Las variaciones de posición de los ejes ópticos ocasionan cambios de signo óptico del mineral, como ya se comentó en el estudio particular de

Lámina I. Proxenos de egirinos solíticos de Alfara



Augita titanada egirínica Augita egirínica-acmítica Augita titanada egirínica

cada serie. Obsérvese que este hecho lo mismo se advierte al analizar la periferia y el núcleo de los cristales de la serie augítica titanada egirínica, como en las zonas diversamente coloreadas de la serie augítica-acmítica.

Las grandes variaciones del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, y valores próximos a 90° , caracterizan a la serie egirínica-acmítica, mientras que en la titanada egirínica se observan valores medios.

Para terminar, hemos dibujado también la gráfica de las variaciones de los índices de refracción, observando que las oscilaciones de la curva del índice medio de refracción es parecida a las de las birrefringencias principales.

En la serie egirínica-acmítica, con zonas coloreadas, las zonas de color rojizo presentan mayor índice de refracción que las verdosas, amarillentas o pardas. Las grandes variaciones del índice medio de refracción caracterizan también a la serie augítica egirínica-acmítica.

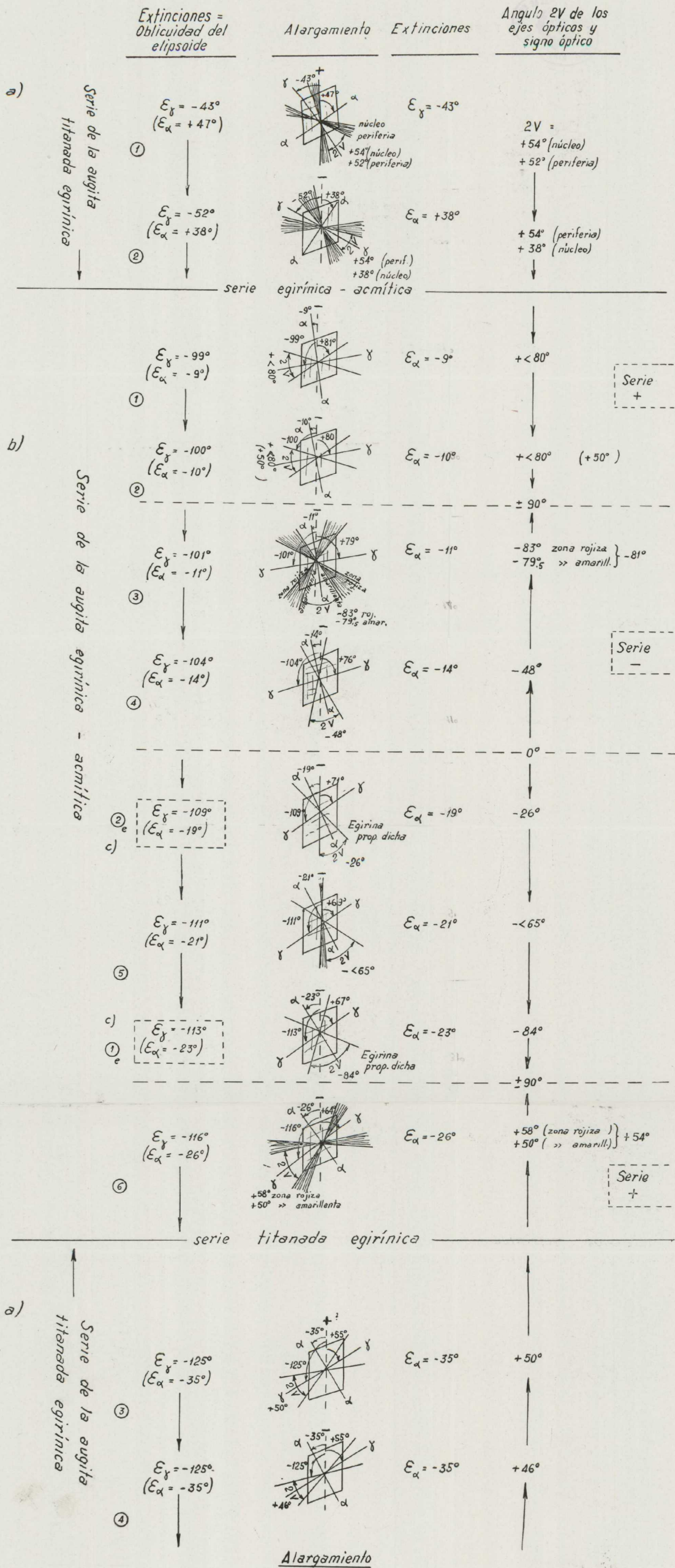
Como culminación de este estudio, examinaremos las variaciones de la orientación del elipsoide y, en general, de las constantes ópticas del elipsoide de todos los cristales estudiados de piroxeno alcalino sódico analizados, que reflejarán las diversas variaciones de la composición química. (Lámina II.)

Observando los doce cristales de augita egirínica en sus series titanada egirínica, egirínica-acmítica y egirínica propiamente dicha, notamos las frecuentes oscilaciones de los ejes ópticos, ya en ciertos cristales de la serie titanada egirínica, en la periferia y en el núcleo, bien en las zonas rojiza y amarillenta de algunos de los cristales de la serie egirínica-acmítica. La dispersión es, a veces, muy grande.

Las extinciones y la orientación del elipsoide desde $\varepsilon\gamma = -43^\circ$, al principio de las augitas titanadas egirínicas, pasa a $\varepsilon\gamma = (-99^\circ) + 81^\circ$ al ser la augita egirínico-acmítica, y $\varepsilon\gamma = (-125^\circ) + 55^\circ$, al revestir otra vez los caracteres de la augita titanada egirínica. Respectivamente, $\varepsilon\alpha = +47^\circ$, pasa a $\varepsilon\alpha = -9^\circ$ y $\varepsilon\alpha = -35^\circ$. Obsérvese de nuevo que los cristales de egirina verdes, a pesar de su diferente color, aparecen intercalados en el sistema, adaptándose a la ordenada variación de las constantes ópticas.

Conforme la naturaleza egirínica de los cristales estudiados, el alargamiento ha sido constantemente negativo, y solamente hemos encontrado una excepción al principio de las augitas titanadas egirínicas, por ser el ángulo de extinción referido a x algo superior a 45° , lo que ha determinado el cambio de signo del alargamiento, al deber referirse la extinción a la dirección γ .

Las variaciones del ángulo $2V$ de los ejes ópticos y del signo óptico es el resultado de las oscilaciones de dichos ejes, como se aprecia claramente en la gráfica; véase que en los cristales de augita titanada egirínica, de $2V = +54^\circ$ desciende a $2V = 0^\circ$, formando una serie positiva, luego, en las augitas egirínico-acmíticas, de $2V = 0^\circ$ aumenta a $2V = \pm 90^\circ$, con signo



positivo, para decrecer luego, con signo negativo, hasta $2V = 0^\circ$; de nuevo aumenta hasta $2V = \pm 90^\circ$, con signo negativo, para decrecer a $2V = 0^\circ$, con signo positivo. Finalmente, al revestir nuevamente los caracteres de la augita titanada egirínica, el ángulo $2V$ de los ejes ópticos aumenta hasta $2V = +50^\circ$, con signo positivo.

Estas notables dispersiones de los ejes queda comprobada, como hemos dicho, en los cristales compuestos de una zona nuclear y otra periférica, como ocurre en ciertos cristales de la serie augítica titanada egirínica, o en las augitas egirínico-acmiticas, con zonas rojas y amarillentas, en todos cuyos casos se aprecia claramente la dispersión en un mismo cristal. Recuérdese que en la periferia, el ángulo $2V$ de los ejes ópticos es mayor que en el núcleo, en las augitas titanadas egirínicas, y que en las zonas rojizas de las egirínicas-acmiticas, es también mayor que en las amarillas.

Obsérvese en conjunto el comportamiento del ángulo $2V$ de los ejes ópticos, destacando las grandes variaciones en las augitas egirínicas-acmiticas, y los valores intermedios en las titanadas egirínicas.

Respecto el signo óptico, al variar la composición química, vemos que en la serie egirínica-acmitica el signo varía, al variar el ángulo $2V$ de los ejes ópticos, mientras que en la serie augítica titanada egirínica es siempre positivo su signo, como en las augitas habituales.

BIBLIOGRAFÍA

- FATALLER, J. R.: *Reunión extraordinaria de la «Institució Catalana d'Història Natural» en Tortosa*. «Ibérica», 28 págs. Tortosa, 1935.
- BURRI, C. u. PARGA-PONDAL, I.: *Beiträge zur Kenntnis einiger juagulkanischer Gesteine Spaniens*. «Schw. Min. Petr. Mitt.», XV, núms. 20-22, págs. 266-288. Zürich, 1935.
- BURRI, C. u. NIGGLI, P.: *Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens. Der Chemismus der postphiolitischen Eruptivgesteine*. 206 págs., 3 láms., 4 figs. Zürich, 1949.
- CALDERÓN, S., CAZURRO, M., y FERNÁNDEZ NAVARRO, A.: *Formaciones volcánicas de la provincia de Gerona*. «Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», VI, núm. 5. Madrid, 1907.
- INSTITUCIÓ CATALANA D'HISTÒRIA NATURAL: *Reunió extraordinària a la Comarca de Tortosa*. «Inst. d'Est. Cat.», 32 págs., 19 figs., 1 carta. Mapa del Baix Ebre, a 1:200.000. Topografía y geología por C. CLOSAS. Barcelona, 1935.
- — *Reunió extraordinària de l'Institució a la Comarca de Tortosa*. «Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.», XXXV, seg. trim., 69-74. Barcelona, 1935.
- LOEWINSON-LESSING, F.: *Quelques considérations sur les laves basaltiques de la région volcanique d'Olot*. «Géol. de la Médit. Occid.», vol. II, part. IV, núm. 24, 5 págs. Barcelona, 1931.
- MALLADA, J.: *Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona*. «Bol. Com. Mapa Geol. Esp.», XVI, 1-175. Madrid, 1887.
- — *Explicación del Mapa Geológico de España*. Madrid, 1895.
- MARCEP RIBA, J.: *Descripción de un procedimiento gráfico para representar la composición mineralógica de las rocas*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XVIII, núm. 5, pág. 248. Madrid, 1918.

- — Resultados obtenidos con su procedimiento gráfico para representar la composición mineralógica de las rocas. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XVIII, núm. 6, pág. 295. Madrid, 1918.
- — Representación gráfica del análisis mineralógico petrográfico, y consideraciones petrogenéticas que del mismo pueden deducirse. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XVIII, número 10, 496-504, 6 láms., 1 fig. Madrid, 1918.
- — Resultados del análisis mineralógico cuantitativo de las rocas eruptivas de la serie calco-alcalina. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XIX, núm. 4, 205-211, 2 cuadros. Madrid, 1919.
- — Nuevos elementos mineralógicos de la zona metamórfica de Toledo. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XX, núms. 3-4, pág. 105. Madrid, 1920.
- — Estudio petrográfico de las rocas metamórficas de los alrededores de Toledo. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XX, núms. 3-4, pág. 116. Madrid, 1920.
- — Nuevos minerales y rocas de la zona metamórfica de Toledo. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 3.ª época, III, núm. 7, 137-138. Barcelona, 1920.
- — Variaciones de las constantes ópticas de algunos minerales petrográficos determinados por los métodos universales de Fedorow. «Publ. Secc. Cienc. Nat. Bare., Fac. Cienc. Nat. Bare.», núm. XV, 137-170, 25 cuadros, y 27 figs. Barcelona, 1923.
- — Las leyes de macla de los feldespatos de varias rocas de Camarena, Bagur, Ferragut e Ibiza, determinadas por los métodos universales de Fedorow. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., III, núm. 9, 166-187, 6 láms., 9 figs. Barcelona, 1923.
- — Los diagramas estereográficos en la determinación de los feldespatos y sus maclas, por los métodos universales de Fedorow. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., IV, número 9, pág. 174. Barcelona, 1924.
- — El método natural en Petrografía. «Bol. R. Acad. Cienc. y Art. Bare.», 3.ª época, V, núm. 2, pág. 95. Barcelona, 1925.
- — Los datos cristalográficos obtenidos por los métodos universales de Fedorow. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., V, núm. 2, cap. I, II, III, 54-59; núm. 6, cap. IV, V, VI, 157-162; núm. 8, cap. VII, 211-216; núm. 9, cap. VII, VIII, IX, 251-260. Barcelona, 1925.
- — El Método Natural en Petrografía. Rocas eruptivas intrusivas de la serie calco-alcalina. «Mem. R. Acad. Cienc. y Art. Bare.», 3.ª época, XIX, núm. 10, 245-420, 178 págs., 64 figs., y gráf., 7 cuadros. Barcelona, 1925.
- — La determinación cristalográfica de los minerales petrográficos. «Ciencia. Rev. Cat. Cat. Cienc. y Técn.», I, núm. 3, 113-115. Barcelona, 1926.
- — Sobre la zona metamórfica de Toledo. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., VI, número 8, 145-146. Barcelona, 1926.
- — Los datos cristalográficos obtenidos por los métodos universales de Fedorow. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., VI, núm. 8, cap. X, 147-150. Barcelona, 1926.
- — † Domingo de Oruña y las investigaciones de petrografía cuantitativa. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., VI, núm. 9, 178-182. Barcelona, 1926.
- — Los datos cristalográficos obtenidos por los métodos universales de Fedorow. «Bol. Inst. Cat. Hist. Nat.», 2.ª ser., VII, núm. 5, cap. X, 71-75; núms. 6-7, cap. XI, 88-105, 2 cuadr.; núm. 9, cap. XII, 125-151, 4 láms. Barcelona, 1927.
- — Nuestros métodos estereográficos de determinación cristalográfica de los minerales de las rocas en preparación microscópica. (Tesis Doctoral). «Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XIII, Mem. 4.ª, 249-368, 25 figs., 5 láms., 6 gráficas, 7 cuadr. Madrid, 1927.
- — Impresos para la determinación mineralógica por los métodos universales teodolíticos de Fedorow. Colección de 13 impresos. Palamós, 1927.
- — Métodos universales de Fedorow. Diagrama estereográfico sintético de los Feldespatos y sus maclas. Barcelona, 1927.
- — Estudio petrográfico de la zona metamórfica de los alrededores de Toledo. «Mem. R. Acad. Cienc. y Art. Bare.», 3.ª época, XX, núm. 16, 496-608 (180 págs.), 49 + 6 grafs., 4 láms., 4 cuadr. Obra laureada por la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, con motivo del concurso al Premio Agell, correspondiente al bienio de 1924-1926. Barcelona, 1928.
- — Métodos gráficos de investigación de las constantes ópticas de los minerales petrográficos. «Inst. Geol. Top. Prov.», IV, 18 págs., 7 figs. Barcelona, 1930.
- — Graphie method in microscopical Petrography. «The Pan-American Geologist», LIV, número 4, 275-280. Des Moines, Iowa, 1930.
- — Región Volcánica Catalana: Olot-Gerona. Expedición C-4 del XII Congreso Geológico Internacional. Acto conmemorativo. Prólogo por O. Mengel. Editado por «Revista de Olot y Gerona», 88 págs. (Edición y Colaboración). Olot y Barcelona, 1931.
- — Sobre la zona cordillerana de Toledo. «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», XXII, núm. 8, página 374. Madrid, 1932.
- — El método universal de Fedorow en el estudio de los feldespatos españoles. «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», XXX I, núm. 8, pag. 426. Madrid, 1932.
- — Communications faites sur la Région Catalane à l'occasion des excursions du XIV^e Congrès Géologique International. Quatrième Partie: Région Volcanique. «Géol. Méd. Occid.», II, 4.ª part., núms. 18-25 b, 30 págs., 19 figs., 5 láms. Barcelona, 1933.
- — La determinación de los minerales petrográficos por vía óptica. I. La orientación cristalográfica de las secciones practicadas en los minerales petrográficos. «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. «José de Acosta», Secc. de Petrogr.», 166 págs., 13 láms., 74 figs., Madrid, 1941.
- — Colección de impresos para la investigación óptica de los minerales petrográficos por los métodos usuales y por los métodos universales teodolíticos de Fedorow. «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. «José de Acosta», Secc. de Petr.», 14 impresos. Barcelona, 1942.
- — Gráficas y Diagramas para la investigación óptica de los minerales petrográficos por los métodos universales o teodolíticos de Fedorow. «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. «José de Acosta», Secc. de Petr.», 7 láms. Barcelona, 1942.
- — Rocas eruptivas de Las Gabarras y de la zona adyacente de la Costa Brava Catalana. «Publ. Inst. Min. Cienc. Nat. Bare.», Nueva Serie Geológica, núm. 1, 76 págs., 4 figs. (láms.). Museo Cienc. Nat. Bare. Barcelona, 1947.
- — Mapa Geológico de España, 1:50,000, Hoja núm. 392, Sabadell. Capítulo Petrografía. (Descripción petrográfica de las rocas eruptivas y metamórficas de la Hoja de Sabadell, del Dr. N. Lopés Lladó). «Inst. Geol. Min. Esp.», págs. 81-85. Madrid, 1947.
- — Mapa Geológico de España, 1:50,000, Hoja núm. 216, Bellver. Capítulo Petrografía. (Descripción petrográfica: datos sobre las rocas eruptivas y metamórficas de La Cerdaña, de la Colección de A. San Miguel Arribas). «Inst. Geol. y Min. Esp.», 71-83. Madrid, 1947.
- — Periodos eruptivos de la provincia de Gerona (Gabarras y Ampurdán). «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. de Invest. Geol. «Lucas Mallada», Estudios Geológicos», núm. 9, 189-204. Madrid, 1948.
- — Provincias petrográficas gerundenses (Gabarras y Ampurdán). «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada», Est. Geol.», núm. 9, 205-210. Madrid, 1948.
- — Mudanzas magmáticas gerundenses (Gabarras y Ampurdán). «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada», Est. Geol.», núm. 9, 211-218. Madrid, 1948.
- — Edad geológica de los periodos eruptivos de Las Gabarras y de la Costa Brava Catalana. «Mem. R. Acad. Cienc. y Art. de Bare.», XXIX, núm. 13, 3.ª época, núm. 601, 60 págs., 7 láms. Barcelona, 1948.
- — Mapa Geológico de España, 1:50,000, Hoja núm. 334, Gerona. Con la colaboración del Dr. L. Solé Sabaris. Editado en colaboración con la Exema. Diput. Prov. de Gerona.

- 140 págs., 19 figs., 13 lám., (43 fotogr.), 1 lám. de cortes geológ., a 1:50.000, 1 mapa geológico a 1:50.000. Explicación de la Hoja núm. 334. Publ. 119. H. «Inst. Geol. de España». Madrid, 1949.
- — *La postunidad de los movimientos varísticos en el NE. de España.* «Libro Jubilar», II, «Inst. Geol. y Min. Esp.», 112 págs., 1 lám. pleg. Madrid, 1951.
- — *Ciclos geotectónicos y magnéticos de Iñui y su relación con los del Anti-Atlas (Marrocos meridional).* «Congr. Geol. Intern., Comptes Rendus de la Dix-neuv. Sess., Alger, 1952, Sect. XV, La Paléovolcanologie et ses rapports avec la tectonique», XVII, 117-125, 3 figs. Alger, 1954.
- — *Los esferulitos de calcedonia, cuarzo y luteína de Iñui.* Revista «Ibérica», núm. 299, 2.ª época, 15 febr., 8 págs. Barcelona, 1955.
- — *El problema de los esferulitos de calcedonia, cuarzo y luteína.* «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada», Est. Geolog.», núms. 23-24, 371-374. Madrid, 1955.
- — *Los esferulitos de calcedonia, cuarzo y luteína de las rocas epusivas de Iñui.* Tomo Homenaje al Prof. Dr. F. Pardillo Vaquer. «Univ. de Barc., Secc. Publ., Fac. Cienc.», 10 págs., 2 cuadr., 2 figs. Barcelona, 1956.
- — *Dacitoides y andesitas ácidas de Iñui.* «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada», tomo extr., Homenaje al Dr. M. San Miguel de la Cámara, XV, 257-268, 3 figs. Madrid, 1959.
- — *Los melafidos andesíticos de Iñui.* «Mem. R. Acad. Cienc. y Art. Barc.», 3.ª época, número 675, XXXIII, núm. 11, 28 págs. Barcelona, 1960.
- — *Las rocas eruptivas filonianas de Iñui.* «Not. y Comun. Inst. Geol. y Min. Esp.», número 60, 165-188, Madrid, 1960.
- — *El parentesco petrográfico de las rocas eruptivas de Iñui, en el Atlas occidental de Marrocos.* «XX Congreso Geol. Int. México», 1956, 23 págs., 3 figs. México, 1960.
- — *Los granates de la Punta del Faro de Palamós.* Revista «Proa», Casa de Cultura, número 50, 8-12, 2 figs. Palamos, 1960.
- NEKLIJAZ, N.: *La sanidine du volcan Puig de Mar des environs de Santa Pau (Catalogne).* «Géol. de la Médit. Occid.», II, part. IV, núm. 27, 6 págs., 1 fig. Barcelona, 1931.
- FARGA PONDAL, I.: *Quimismo de las manifestaciones cenozoicas de la Península Ibérica.* «Junta para Ampl. de Est. e Inv. Cient., Trab. Museo Nac. Cienc. Nat., Serie Geol.», número 39, 174 págs., 56 figs. Madrid, 1935.
- SAN MIGUEL ARRIBAS, A.: *Estudio de la región volcánica del Bajo Ebro.* «Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada», 224 págs., 60 láms. Madrid, 1950.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: *Nota petrográfica sobre dos diabasas y una ofita de Segorbe (Castellón).* Colaboración de J. Marcet Riba (óptica), y con el método Marcet de representación gráfica del análisis mineralógico-petrográfico. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XIX, núm. 7, 385-394, 1 lám., 6 figs. Madrid, 1919.
- — *Estudio petrográfico de tres hachas neolíticas pulimentadas, de la colección de don Luis Mariano Vidal, procedentes de Villahermosa (Ciudad Real).* Con la colaboración de J. Marcet Riba. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XVIII, núms. 3-4, 156-161, 1 lám. y 3 figs. Madrid, 1918.
- — *Estudio petrográfico de siete hachas neolíticas pulimentadas.* Con la colaboración de J. Marcet Riba. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XIX, núm. 3, 115. Madrid, 1919.
- — *Estudio petrográfico de siete hachas neolíticas pulimentadas, de la colección de don Luis Mariano Vidal.* Con la colaboración de J. Marcet Riba. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XIX, núm. 4, 170-178, 2 láms., 8 figs. Madrid, 1919.
- — *Nota petrográfica sobre algunas ofitas de la provincia de Santander.* Con la colabora-

- ción de J. Marcet Riba. «Publ. Secc. Cienc. Nat. Barc.», XIII, 105-110, 6 figs. Barcelona, 1922.
- — *Algunas rocas nuevas para España.* Colaboración de J. Marcet Riba. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», XXIV, núm. 2, 65-75, 3 láms. Madrid, 1924.
- — *Notas petrográficas III.* Colaboración de J. Marcet Riba. «Trab. Mus. Cienc. Nat. Barc., Publ. Junt. Cienc. Nat. Barc.», VI, núm. 5, 16 págs., 6 láms. Barcelona, 1924.
- — *Nuevas localidades de basaltos en Cataluña.* «Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.», IV, núm. 1, 24-28, 1 lám., 3 figs. Barcelona, 1924.
- — *Nota petrográfica sobre algunas rocas de la provincia de Tarragona.* «Mem. R. Acad. Cienc. Barc.», XVIII, núm. 14, 8 págs., 3 láms. Barcelona, 1924.
- — *Région volcanique d'Olot.* XIX Congrès Géologique international, Madrid, 1926. Colaboración de J. Marcet Riba. Extrait du Livret-Guide «Cataluña», 136 págs., 29 láms., 3 mapas. Barcelona, 1926.
- — Hay una traducción española de la Guía del Congreso citada.
- — *Estudio de las rocas eruptivas de España.* «Academ. Cienc. Exact. Físicas y Nat.», tomo VI de la serie de Cienc. Nat. de la colecc. de Mem. Memoria premiada en 1933, 600 págs. y numerosísimas ilustraciones. Madrid, 1936.
- — *Las erupciones mesozoicas en España.* «Asoc. Esp. Progr. Cienc.», XII, Congr. de Zaragoza, 15 págs., dic. 1940. Madrid, 1941.
- SORIANO GARCÉS, V.: *Datos para la mineralogía española. Determinación de unos nódulos feldespáticos hallados entre las escorias volcánicas próximas a Santa Pau (Olot, Gerona).* «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», XXXIV, 423-431, 3 figs. Madrid, 1934.
- WASHINGTON, H. S.: *The Catalan volcanoes and their rocks.* «Americ. Jour. of Science.», página 217, Washington, 1907.
- WISCHELL, A. N.: *Elements of optical Mineralogy.* 3 partes. New York, 1947.

J. M.ª RIOS

RELACION DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES PARA
INVESTIGACION DE HIDROCARBUROS, LLEVADAS A
CABO EN ESPAÑA DURANTE 1960

RESUMEN

En este trabajo se resumen las actividades más importantes llevadas a cabo durante el año 1960 para la investigación de hidrocarburos. Se inicia con una exposición de las principales directrices de la nueva ley y de su mecanismo. A continuación se exponen las diversas actividades de las diferentes Compañías en forma sistemática, y tanto para la Península como para las provincias africanas. En tres cuadros sucesivos se muestra, primero, cuáles son las principales asociaciones organizadas entre Compañías para estos fines; segundo, en qué zonas trabajan y cuáles son las áreas de sus permisos; tercero, cuáles son las afiliaciones y características de esas Compañías. Una bibliografía y mapas de las zonas de concesiones completan el trabajo. En un apéndice final se expresa una relación de sondeos llevados a cabo en España desde 1939. Esta relación había sido publicada anteriormente, pero se habían deslizado en ella algunas erratas, sobre todo por lo que se refiere a las coordenadas de posición, pero estos datos han sido revisados con extremo cuidado por don W. G. Nancarrow, quien amablemente ha puesto la relación, completada y corregida por él, a nuestra disposición.

SUMMARY

In this work we present an abstract of the main activities developed in Spain during 1960 in the oil exploration. It begins with an exposition of the main characteristics of the new oil law and its mechanism. Follows a systematic exposition of the activities developed by each company during 1960, both in the Peninsular and African territories. In three successive tables are shown first the main associations established between the different Companies to achieve that purpose; second, the zones they are active in and the areas of their permits; lastly the affiliations and characteristics of the different companies. A bibliography and maps of the permits complete the information.

I. PREÁMBULO

Hace poco tiempo publiqué, en otro tomo de esta misma serie (*), una relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo desde 1939 hasta marzo de 1960. Entonces estaba surtiendo sus principales efectos, por lo que se refiere a nuevas concesiones de permisos, la Ley de 26 de diciembre de 1958, de la misma manera que ahora comienza a surtirlos por lo que se refiere a la actividad de nuevas perforaciones. Manifesté, en aquella publicación, mi intención de abandonar mi tarea de recopilación, tan pesada, pensando que alguno de los organismos oficiales relacionados con la investigación se ocuparía de la materia de manera también oficial.

Mientras tanto, la American Association of Petroleum Geologists me pidió que preparase, para su Boletín de julio (tradicionalmente dedicado a exponer las actividades mundiales de investigación de petróleos) de 1961 una exposición de lo hecho en España durante 1960. No obstante mi anterior decisión no me pude negar a tan honroso requerimiento, por razón también de que merecía la pena de que la información acerca de España siguiese procediendo de fuente española, como había ocurrido hasta ahora en que, de forma tan competente se había ocupado de ello E. Dupuy de Lôme.

Cuando estas líneas aparezcan ya se habrá publicado la información en inglés en el Boletín de la A. A. P. G. Aquella versión difiere de ésta por necesidades de formato, y de acoplamiento y uniformidad de características con respecto a los trabajos procedentes de otros países. En ésta, por ejemplo, se resumen las actividades en los territorios españoles y africanos en un solo conjunto, y se orienta la información en la forma más interesante para el público español. Toda ella procede directamente de las Compañías, las cuales han prestado su colaboración con toda generosidad y prontitud.

Gracias a ellas, por consiguiente, puede conocer el público español lo más saliente de las actividades de investigación de hidrocarburos en España durante 1960.

(*) I. M. Ríos: *Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo desde 1939 hasta marzo de 1960*. NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, número 59, Madrid, 1960.

II. INTRODUCCIÓN

A. *Concesión de Permisos con arreglo a la nueva Ley de Hidrocarburos*

Las actividades de investigación petrolífera empezaron a mostrar, en 1960, el aumento esperado, como consecuencia de la promulgación de la nueva Ley de Hidrocarburos, que fue aprobada el 26 de diciembre de 1958 y publicada en el «Boletín Oficial del Estado» el 29 de dicho mes. Sus principios básicos, en cuanto se refiere a investigaciones, son los siguientes: El Estado se reserva un máximo de 3.500.000 hectáreas para investigaciones y confía este trabajo al Instituto Nacional de Industria (INI). El INI podrá operar con esta reserva, o parte de ella, bien por sí mismo o asociándose con compañías nuevas o antiguas, en cuyo caso se reserva una mayoría de acciones y, como consecuencia, la decisión. El resto del área peninsular, liberada de la anterior reserva para el Estado, se ofrece a la iniciativa privada en términos liberales, incluso con el 100 % de participación de capital extranjero.

Se dan facilidades a los tenedores de permisos existentes con anterioridad a la nueva ley para adaptarlos a las nuevas modalidades. Estos podrían escoger, dentro de ciertos límites en relación con su importancia, entre adaptarlos a las condiciones de la nueva Ley de Hidrocarburos o conservar los permisos de acuerdo con la antigua ley minera con arreglo a la cual fueron concedidos. Todos los grandes tenedores de permisos (CAMPSA, CIEPSA y VALDEBRO) han preferido adaptarlos a las modalidades de la nueva ley. Los pocos tenedores de pequeños permisos han optado por no alterar su estatuto legal. La nueva ley mantiene la división, tradicional en España, en dos clases de permisos, de investigación y explotación, cada uno por un periodo limitado de tiempo, y también se impone una reducción de la extensión de los permisos después de periodos fijos de tiempo, revertiendo al Estado las áreas abandonadas.

El Estado se reserva el derecho de selección, entre los peticionarios de permisos, de aquéllos que ofrezcan las máximas garantías, tanto en lo que se refiere a competencia técnica como a una situación sólida, tanto financiera como administrativa. Se establecen inversiones mínimas, pero los peticionarios pueden mejorarlas. La ley fija límites máximos y mínimos respecto al número y extensión de los permisos concedidos a cada peticionario. Esta norma no se refiere a los permisos concedidos con anterioridad a la nueva ley, pero sí a las asociaciones del INI con nuevos participantes. La ley fija también límites mínimos para las inversiones y actividades de investiga-

ción. El resto de la ley se refiere a condiciones fiscales o de otra índole no relacionadas directamente con la investigación.

La ley divide el territorio nacional, para la concesión de permisos, en tres zonas diferentes: Zona I, territorios peninsulares e insulares; Zona II, territorios de Guinea y Zona III, territorios africanos. Existen diferencias de detalle en la reglamentación referente a cada zona, pero los principios fundamentales son los mismos para todas ellas. En la Zona I los permisos necesitan únicamente estar adaptados a coordenadas geográficas (paralelos y meridianos), con algunas restricciones en cuanto a forma y tamaño, pero son, por otra parte, libres de adaptarse a las condiciones geológicas. La Zona II está dividida en 30 cuadrículas, y la Zona III, en 108, constituyendo cada una de éstas un permiso. Los límites de la Reserva Nacional se publicaron en el «Boletín Oficial» del 11 de junio de 1959.

La ley básica se completó con un reglamento aplicable a la Zona I (1 de junio de 1959). Como consecuencia de las diferencias de sistema de concesión de permisos, se publicó otro reglamento que correspondiese a las circunstancias especiales de las Zonas II y III (25 junio, 1959).

El registro de peticiones de permisos comenzó el 10 de julio de 1959 y la mayor parte de las peticiones fueron presentadas el mismo día. Durante un período de treinta días fueron examinados por la Dirección de Minas, y las que se aceptaron se publicaron en el «Boletín Oficial del Estado» de 4 de septiembre de 1959. Se concedió un período adicional de treinta días para presentar otras proposiciones que pudieran competir con las ya publicadas. Terminado este plazo todas las ofertas fueron leídas en sesión pública, a la que se invitó a todas las Compañías interesadas.

El mismo procedimiento se aplica a todas las peticiones posteriores de permisos. Algunas más fueron solicitadas en 1960.

La Administración de la nueva ley para las Zonas II y III está encomendada a la Dirección General de Plazas y Provincias Africanas (D. G. de P. P. A.).

B. *Resumen general de circunstancias geológicas del Sahara Español*

Los afloramientos en los territorios del Sahara Español están distribuidos en tres unidades principales: Formaciones Arcaicas (Precambriano) muy deformadas y muy metamorfizadas con intenso volcanismo, sin interés petrolífero. Gran discordancia. Formaciones paleozoicas (desde el Infra Cambriano hasta el Carbonífero), sometidas a deformaciones de suaves a casi violentas del Herciniano medio. Formaciones de Hamada (Cretáceo, Eoceno y Neógeno) poco deformadas, que descansan discordantes sobre los otros terrenos. El primer grupo se extiende principalmente hacia el Sur del terri-

torio, en una franja que va del SO. al NE. El segundo constituye una larga faja, relativamente estrecha, que limita hacia el O. con el primer grupo, hasta que llega a quedar cubierta, todavía más al O., por las formaciones de Hamada. El segundo grupo, es el que atrae un interés máximo en razón del mayor espesor de sus sedimentos y de la estratigrafía y tectónica de sus estructuras.

El interés de la Zona de Hamada, que se extiende principalmente a lo largo de la costa atlántica de SO. a NE., es enigmático y depende aparentemente de las condiciones existentes bajo la discordancia que separa las formaciones de Hamada de las infrayacentes. Es posible que el basamento (grupo Precambriano) se levante hacia el O., lo que significaría la eliminación de una parte mayor o menor de las formaciones paleozoicas entre el basamento y las formaciones de Hamada. Por el contrario, pudiera acontecer que existan hacia el O., bajo la Hamada, algunas depresiones que contengan considerables espesores de formaciones paleozoicas. Apenas si poseemos claves o información acerca de la situación en la superficie, pues la Hamada cubre realmente toda el área, sin que existan afloramientos conocidos de las formaciones subyacentes.

Para resolver este enigma la Dirección de Plazas y Provincias Africanas decidió realizar una investigación aeromagnética del territorio, que se llevó a cabo por dos compañías, mediante aviones dotados de control automático (Doppler), volando a una altura media de 600 ms.

El trabajo fue realizado en el período estipulado de tres meses, y los resultados se expresaron en un mapa a escala de 1:200.000, que fue vendido a veinte compañías. Los resultados fueron satisfactorios. Se estableció la posición y profundidad del basamento y se mostraron las depresiones y las principales líneas de fallas. El espesor de los sedimentos varía de 2.000 a 5.000 ms.

Como la cartografía del territorio es insuficiente, la Dirección General de Plazas y Provincias Africanas llevó a cabo la fotografía aérea de la zona. Este trabajo se realizó por contrata, cubriendo todas las áreas sedimentarias y no-metamórficas. Está terminado en la actualidad, y cubre un área de 180.000 km².

C. *Resumen general de circunstancias geológicas de España Peninsular*

La geología de la Península es complicada y bastante bien conocida, para la mayor parte de su superficie, en líneas generales. La cartografía topográfica básica a escala 1:50.000 está completa (disponible también la de 1:25.000), así como la fotografía aérea a una escala aproximada de 1:10.000 en visión estereográfica.

Hay diferentes cuencas sedimentarias, y son las más importantes la del Ebro y la del Guadalquivir. Los sedimentos que afloran en la parte central de las cuencas son oligo-miocenos y el espesor es grande, especialmente en la cuenca del Ebro, aunque muy variable. Las sierras que enmarcan estas cuencas están constituidas por sedimentos eocenos y mesozoicos. La sucesión estratigráfica de estas series son muy variables tanto en composición como en espesor. En algunas zonas son muy completas, mientras que en otras hay grandes y pequeños hiatos.

Hay dos principales episodios orogénicos: el primero es suave y tiene lugar en la transición del Jurásico al Cretáceo, y el segundo y más importante es intra-oligoceno. Los indicios petrolíferos son múltiples pero distribuidos irregularmente. El basamento está constituido por Paleozoico, que comprende hasta la parte superior del Carbonífero. El Permo-Estefaniense, o el Permo-Trías, donde estén presentes, son posteriores a la fase principal herciniana, y se consideran para todos los efectos como pertenecientes al grupo mesozoico. La tectónica en las formaciones paleozoicas oscila entre intensa y violenta. Hasta ahora el interés de los investigadores ha sido restringido a las posibilidades post-hercinianas.

III. ACTIVIDADES DE LAS COMPAÑÍAS (*)

1. *Península*

VALDEBRO (INI-GAOC)

Actividades Geológicas:

Cuatro meses de equipo en trabajos de geología detallada de superficie.

Actividades Geofísicas:

Diez meses de equipo de gravimetría y veinticuatro meses de equipo sísmico.

Actividades de Perforación:

Veinticuatro meses de trabajo.

Todas estas actividades fueron distribuidas con bastante igualdad entre muchas áreas que ofrecían interés petrolífero en la parte Norte-central. Nor-

deste y Suroeste de España. Todo el trabajo fue realizado por los equipos de Valdebro.

Trabajos de Perforación:

Se terminaron cinco sondeos durante el año 1960, y dos estaban todavía perforando al terminar el año. Estos nuevos sondeos, todos estériles, pueden resumirse en la forma siguiente:

Número	Nombre	Fecha de comienzo	Fecha de terminación	Pies perforados
Valdebro 23	Monesma núm. 1	25 mayo 1959	29 febrero 1960	1.884
» 24	Pamplona núm. 3	7 octubre 1959	16 junio 1960	7.803
» 25	Bujaraloz núm. 1	13 mayo 1960	26 agosto 1960	9.268
» 26	Pamplona núm. 4	22 junio 1960	30 agosto 1960	5.627
» 27	Zaragoza núm. 1	3 sepbre. 1960	9 novbre. 1960	7.391
» 28	Cerro Gordo núm. 3	10 sepbre. 1960	Perforando	8.118
» 29	San Pedro núm. 1	28 novbre. 1960	Perforando	5.245
				<u>45.336</u>

Monesma número 1.—Para reconocer un anticlinal de superficie en la zona de Tremp (Lérida), del NE. de España. Abandonado a los 15.584' T. D.

Sin indicios de petróleo. En varias zonas por debajo de 7.500' se registraron pequeños indicios de gas, con escasa porosidad y permeabilidad.

Eoceno inferior	0' - 2.900'	Clásticas y calizas.
Cretáceo Superior	2.900' - 13.704'	Margas y calizas.
» Inferior y Jurásico	13.704' - 15.368'	Margas, calizas y dolomitas.
Triásico Superior	15.368' - 15.584'	Evaporitas.

Pamplona número 3.—Reconocimiento del flanco Sur de un diapiro que había dado pequeños indicios de petróleo y gas en dos sondeos anteriores. Abandonado a los 14.548' T. D.

Eoceno inferior	0' - 2.838'	Margas y calizas.
Paleoceno inferior	2.838' - 3.422'	Calizas dolomíticas.
Cretáceo Superior	3.422' - 10.712'	Areniscas, margas y calizas compactas.
» Inferior y Jurásico	10.712' - 14.470'	Limolitas y margas.
Triásico Superior	14.470' - 14.548'	Evaporitas.

(*) Para explicación de las siglas, afloraciones y asociaciones véanse Apéndices.

Se considera ésta como la sección normal, y su espesor prueba la tremenda intrusión vertical del Triásico, que aflora a solamente 600 metros del sondeo. Sistemas de fracturas a 5.000' inundadas de agua dulce. Muchos indicios de gas a partir de 8.500' en el Turonense, continuando hasta el fondo. Un pequeño indicio de petróleo en el Cenomanense. Ninguna porosidad efectiva. Las pruebas dieron solamente 40.000 pies cúbicos de gas metano por día.

Bujaraloz número 1.—Reconocimiento del flanco de un anticlinal oculto en el área SE. del Ebro (Sísmica).

Terciario	0' - 2.421'	Principalmente margas. Posiblemente tendida.
Discordancia	- 2.421'	
Cretáceo Inferior y Triásico	2.421' - 9.268'	Areniscas en el Triásico Inferior.

Pequeños indicios asfálticos en una delgada zona del Aptense. Pequeños indicios de petróleo en dos zonas dolomíticas de «Muschelkalk» del Triásico Medio. Porosidades muy reducidas en todos los casos.

Pamplona número 4.—Situado a unos 1.300' al Nordeste de Pamplona número 1 (situación axial).

Eoceno	0' - 2.540'	Principalmente margas.
Triásico	2.540' - 3.930'	Materiales intrusivos diapíricos.
Cretáceo Superior Paleozoico	3.930' - 5.627'	

Parado en un bloque invertido de Cretáceo Superior y Paleozoico dentro del diapiro. Demostró que la acumulación de gas dentro de un bloque Cenomanense existente en el Pamplona número 1 era demasiado pequeña para ser comercial.

Zaragoza número 1.—Reconocimiento del eje de un anticlinal oculto (sísmica) a 18 km. de Zaragoza en la cuenca central del Ebro.

Terciario	0' - 5.502'	Margas y evaporitas. Serán probablemente horizontal.
Discordancia	- 5.502'	
Jurásico	5.502' - 6.916'	Emppezó con calizas. Agua salada.
Triásico Superior	6.916' - 7.391'	Evaporitas.

Un pequeño indicio de petróleo en la parte superior del Mesozoico. Falta de porosidad efectiva. Aumento del buzamiento hasta 40'.

Cerro Gordo número 3.—Domo reconocido por gravimetría, sísmica y geología de fondo. Al Norte de Gibraltar, a 2,3 km. al Este de Cerro Gordo número 1, que dio muchos indicios de petróleo y gas, pero que también dio agua en todas las zonas permeables.

Terciario	0' - 3.584'	Clásticas.
Cretáceo	3.584' - 3.957'	Calizas y margas.
Jurásico	3.957' - 8.118'	Facies variada de rocas carbonatadas y clásticas.

(Sigue la perforación).

La parte superior del Jurásico no presenta indicios ni porosidad importante, mientras que de las cavidades fluyeron 50.000 barriles diarios de agua salfurosa salada, a 5.300'. Algunos indicios de gas y petróleo, en rocas desprovistas de porosidad hasta una profundidad de 8.118', a final de año.

San Pedro número 1.—Reconocimiento estratigráfico del flanco de un anticlinal oculto (sísmica). Noroeste de Burgos.

Terciario	0' - 4.440'	Margas y areniscas.
Cretáceo Superior	4.440' - 5.215'	Calizas del Danés y senonenses.

(Sigue la perforación).

Al final del año 1960 se alcanzó la profundidad de 5.215' sin haber encontrado indicios de hidrocarburos.

CIEPSA - SPANGOC - DEILMANN

Actividades Geológicas:

Zona de Vitoria: Treinta meses-equipo de investigación geológica de superficie.

Zona Catalana: Dieciocho meses equipo, de investigación geológica de superficie.

Actividades Geofísicas:

Zona de Vitoria: Diez meses equipo de investigación gravimétrica y doce de sísmica (reflexión y refracción).

Zona Catalana: Ocho meses-equipo de investigación gravimétrica y cuatro de sísmica.

Se ha comenzado la confección de mapas fotogeológicos de sus permisos.

Operaciones de Perforación

Número	Nombre	Fecha del comienzo	Fecha de terminación	Metros perforados
CIEPSA 15	Urbasa núm. 1	3 agosto 1959	15 agosto 1960	1.665
» 16	Castillo núm. 1	1 novbre. 1959	En pruebas	4.390
» 17	Zufia núm. 1	1 febrero 1960	29 abril 1960	1.057
» 18	Corres núm. 1	13 sepbre. 1960	Perforando	2.285

Urbasa número 1.—Este de Vitoria.

Eoceno	0 - 100 m.	Calizas.
Maestrichtense	100 - 146 »	Arenoso.
Campanense	146 - 455 »	
Santonense Superior	455 - 920 »	
Santonense Inferior Coniacense	920 - 1940 »	
Cenomanense	1.940 - 2.030 m.	
Albo-Aptense	2.030 - 3.835 »	
	a 2.170 m. en 1 de	
	enero 1960	

Pérdida completa de circulación hasta 303 m. Pérdidas constantes de circulación desde 1.550 m. hasta 1.759 m., con pequeños indicios de gas en ocho niveles diferentes. Algo de gas entre 1.805 m. y 1.970 m. en seis niveles diferentes, y también entre 2.459 m. y 2.468 m. Las pruebas mostraron que se trataba de pequeñas bolsas de gas.

Castillo número 1.—Al Sur de Vitoria.

Campanense-Santonense	0 - 1.475 m.
Coniacense	1.475 - 2.615 »
Cenomanense	2.615 - 3.670 »
Albo-Aptense	3.670 - 4.349 »

Desde 1.000 m. hasta cerca de los 4.000 m. el sondeo ha dado gas metano de una pureza de 99,5 por 100 seco, sin dióxido de carbono ni azufre. La presión ha excedido frecuentemente de 300 atmósferas en la superficie y de 600 a los 4.000 m. de profundidad.

Al final del año se plantearon varias pruebas de producción, pero que se han demorado en espera de la llegada de material de cierre.

La evaluación de tan extenso campo de gas (100 km² en estima) con

una columna productiva de 3.000 m. no puede lograrse teniendo en cuenta únicamente los resultados de un sondeo.

Zufia número 1.—Pueblo de Zufia (Navarra).

Albo-Aptense
 0 - 840 m. | Margas arcillosas silíceas. || Triásico Superior | 840 - 1057 » | Margas, yeso y anhidritas. |

Corres número 1.—En la provincia de Alava y no lejos de la margen Sur del diapiro de Maeztu. (Longitud 1° 13'25" E., Latitud 42° 11'00" N., Cota 696,30 m.).

Campanense-Cenomanense
 0 - 2.285 m. | (Continúa la perforación). |

Comenzando en las areniscas del Campanense, al final del año alcanzó la profundidad de 2.285 metros en las margas grises cenomanenses.

CAMPSA - AMOSPAIN*Actividades Geológicas:*

Se realizó algún trabajo de superficie en los permisos del Sur de Santander y Norte de Burgos.

Actividades Geofísicas:

Un total de cinco meses y medio de trabajo de equipo gravimétrico se llevó a cabo en los permisos de Pinar, Ucero, Aldehuela, Nafría la Llana y Fuentetoba (Soria), Arnedo (Logroño), Tafalla y Dos Hermanas (Navarra) y Graus (Huesca).

Se realizó una corta campaña de sísmica de reflexión al final del año.

Operaciones de Perforación:

Un sondeo comenzó en 1960 y otro estaba en preparación en el permiso Orduña - Zuazo (Alava) al final del año.

Número	Nombre	Fecha del comienzo	Fecha de terminación	Metros perforados en 1960
Campsas 12	Villalta núm. 1	6 sepbre. 1960	Perforando	1.250

Villalta número 1.—En la provincia de Burgos, Permiso de Ubierna. Longitud 0° 04' 55". E. (Meridiano de Madrid), Latitud 42° 42' 41,5" N.

Al final del año estaba perforando margas y calizas, habiendo aparecido interesantes indicios de petróleo.

ESSO IBERIA

Actividades Geológicas:

Diez meses de equipo de trabajo geológico de superficie en sus permisos del Este del valle del Ebro, llevados a cabo por los equipos de la compañía, compuestos de cinco geólogos.

Actividades Geofísicas:

Un mes de equipo de investigación sísmica en los citados permisos llevado a cabo por un equipo de la compañía, compuesto por ocho geofísicos. Seis meses de trabajos magnéticos y gravimétricos con equipos contratados.

Trabajos de Perforación:

Ninguno.

RICHFIELD, CITIES SERVICE

Actividades Geológicas:

Tres meses-equipo de investigaciones geológicas.

Actividades Geofísicas:

Dos meses y medio de trabajo de investigaciones gravimétricas contratadas con PROLESA.

Operaciones de Perforación:

Ninguna.

PHILLIPS

Actividades Geológicas:

Cinco meses-equipo de trabajos geológicos de superficie en sus permisos de la cuenca del Duero al Sur de Burgos.

Nueve meses de trabajos fotogeológicos adicionales, realizados tanto en el laboratorio como en el campo.

Actividades Geofísicas:

Dos meses de trabajos de reflexión sísmica en los citados permisos.

Trabajos de Perforación:

Ninguno.

C. P. I. S. A. (Petrolífera Ibérica-Schachtbau)

Actividades Geológicas:

Trabajos de reconocimiento general en sus permisos. Mapa fotogeológico (1:50.000) de algunos de sus permisos.

Actividades Geofísicas:

Nueve meses-equipo de trabajos gravimétricos en sus permisos del Norte de Burgos y Vascongadas.

Operaciones de Perforación:

Un sondeo terminado durante 1960, en la parte Norte de la provincia de Burgos (Longitud 0° 20' 36" E., Latitud 43° 04' 20" N.).

Número	Nombre	Fecha del comienzo	Fecha de terminación	Metros perforados
C. P. I. S. A. 15	Sopeñano núm. 4	12 febrero 1960	3 julio 1960	1.850

Sopeñano número 4.—En el flanco Suroeste del diapiro de Villasana de Mena, Norte de la provincia de Burgos.

Cuaternario	0 - 9 m.	
Keuper	9 - 247 "	Calizas cavernosas.
Keuper	247 - 788 "	Margas, y yeso anhidritas.
Keuper	788 - 792 "	Brecha del borde del diapiro.
Albense	792 - 931 "	Areniscas y arenas.
Aptense	931 - 1502 "	Calizas principalmente.
Aptense	1502 - 1571 "	Brecha en el borde del diapiro.
Keuper	1571 - 1850 "	Margas, yeso y anhidrita.

PAHOC (Pan American)*Actividades Geológicas:*

Un mes-equipo de trabajos de reconocimiento de superficie en las provincias de Lérida y Huesca; lo mismo en las de Valencia, Alicante y Albacete; medio mes en las de Castellón y Teruel.

Actividades Geofísicas:

Ninguna hasta ahora.

Trabajos de Perforación:

Ninguno hasta ahora.

Solicitudes de Permisos:

100.900 hectáreas en la provincia de Valencia pendientes de concesión.

SIPSA*Actividades Geológicas:*

Estudios geológicos de superficie y fotogeológicos de los permisos Olot y Montserrat.

Actividades Geofísicas:

Ninguna.

Trabajos de Perforación:

Se preparó un sondeo durante 1960, en el permiso Pennsylvania de la provincia de Gerona. El sondeo «Gerona número 1» comenzó el 21 de noviembre de 1960 y perforando a 2.106 pies en capas del Eoceno Medio al terminar el año.

UNION

La Unión Oil Company of Spain ha solicitado permisos de investigación en la Península, que cubren una extensión de 99.960 hectáreas. Pendiente de concesión.

TIDEWATER - SOHIO*Actividades Geológicas:*

Estudio de los datos obtenidos en los permisos de Andalucía, tanto de la geología de superficie como del subsuelo.

Actividades Geofísicas:

Estudio de la información sísmica y gravimétrica obtenida durante el último trimestre del año 1960.

Trabajos de perforación:

No se inició ninguno en 1960.

ENPASA*Actividades Geológicas:*

Dos equipos trabajaron continuamente desde enero a abril, en cuya fecha empezó a colaborar otro equipo más, haciendo un total de treinta y dos meses-equipo durante 1960. El equipo número 1 trabajó al Suroeste de Zaragoza, en los bordes de la Cordillera Ibérica de la cuenca del Ebro. El equipo número 2 en las montañas de Cataluña y el número 3 en los permisos de los Pirineos, donde los trabajos habían sido ya comenzados en 1959.

Actividades Geofísicas:

En abril de 1960 se abrió una oficina en Zaragoza para reinterpretación y valoración de los sismogramas obtenidos por Valdebro en zonas que más tarde fueron permisos de ENPASA. Se ha realizado un trabajo de interpretación de nueve meses de equipo.

Se llevó a cabo una prueba, con el método magnético, en el área Monegrillo - Bujaraloz con resultados poco alentadores respecto a las posibilidades de aplicación del sistema.

Se realizó un trabajo gravimétrico de medio mes de equipo, casi a finales del año 1960, como comienzo de una campaña, contratada con el Instituto Geológico y Minero de España, para los permisos de Lérida.

Trabajos de Perforación:

Ninguno hasta ahora.

ENPENSA*Actividades Geológicas:*

Empezaron en marzo de 1960. Diez meses del equipo número 1 de reconocimientos geológicos de superficie en los permisos de las Provincias Vascongadas. Tres meses y medio del equipo número 2, que empezó a trabajar en septiembre, en el mismo sitio.

Ocho meses, del equipo número 3, que media secciones en el mismo lugar, y estudió también las zonas colindantes del Valle del Ebro.

Tres meses del equipo número 4, que empezó a trabajar en julio en partes del mismo permiso.

Tres meses del equipo número 5, que empezó en julio y se dedicó principalmente a estudios estructurales. También veintisiete meses y medio de trabajos de detalle de superficie concentrados la mayoría en los Montes Cantábricos, provincias vascas del Oeste.

Actividades Geofísicas:

Ninguna hasta ahora.

Trabajos de Perforación:

Ninguno hasta ahora.

2. *S a h a r a***EPESSA - CALSPAIN - TEXSPAIN***Actividades Geológicas:*

Cinco meses-equipo de trabajos de superficie.

Actividades Geofísicas:

Dos meses-equipo de trabajos sísmicos (Método de Stomper), al final del año.

Una corta campaña de investigación marina de refracción en la plataforma marina de la cuadrícula 22.

Trabajos de Perforación:

Ninguno hasta ahora.

**CAMPSA - RICHFIELD - CITIES
SERVICE-BANESTO***Actividades Geológicas:*

Diez meses-equipo, dos equipos trabajando.

Actividades Geofísicas:

Siete meses-equipo de investigaciones gravimétricas contratadas con GEOPROSCO.

Seis meses de investigación sísmica, que continúan aún, contratada con la Western Geophysical Company of America (tanto en la costa como mar adentro).

Trabajos de Perforación:

Ninguno.

UNION IBERICA DE PETROLEOS*Actividades Geológicas:*

Siete meses-equipo de trabajos geológicos de campo, midiendo columnas estratigráficas en las áreas de la cuenca de Tindouf y Guelta Zemmur. Servicio contratado con el Instituto Geológico y Minero. Mientras tanto el Instituto ha instruido al personal español contratado por Union.

Actividades Geofísicas:

Nueve meses-equipo de un equipo sísmico (cinco perforadoras) trabajando desde abril en los permisos del Sahara, contratado con la United Geophysical Co.

Operaciones de Perforación:

Ninguna durante el año 1960.

Los trabajos geológicos y geofísicos dieron por resultado la ubicación del que será primer pozo profundo en el Sahara español: situado en la cuadrícula número 1, a dos millas del océano. (Los trabajos de perforación empezaron el 23 de enero de 1961).

PHILLIPS*Actividades Geológicas:*

Tres meses-equipo de estudios geológicos de superficie de la zona Oeste y de la zona al Oeste de la cuenca del Tindouf. El trabajo completó una interpretación fotogeológica llevada a cabo previamente.

Actividades Geofísicas:

Tres meses de trabajos de reflexión sísmica.

Trabajos de Perforación:

Dos pozos poco profundos con objeto de encontrar agua, con resultado negativo. Una perforación en cada cuadrícula.

TIDEWATER - SOHIO - URQUIJO*Actividades Geológicas:*

Doce meses de trabajos en los permisos del Sahara. La mayoría de ellos concentrados en las cuadrículas 24, 52, 53, 56 y 60. También se realizó algún trabajo en la 13.

Actividades Geofísicas:

Seis meses y medio de trabajos sísmicos realizados por contrata con Geophysical Service Inc., concentrados principalmente en las cuadrículas 24 y 60. Nueve meses de trabajos gravimétricos realizados por contrata con Robert H. Ray en las cuadrículas 24, 13, 52, 56 y 60.

Trabajos de Perforación:

Ninguno durante el año 1960.

CHAMPLIN - SUN - PURE - IBERICA DE PETROLEOS*Actividades Geológicas:*

Un equipo trabajando en la geología de superficie de las cuadrículas 15 y 23.

Actividades Geofísicas:

Dos equipos de reflexión sísmica en las cuadrículas 15 y 23 (Registro Widco), y otros dos trabajando conjuntamente en investigaciones gravimétricas. Se ha terminado ya el trabajo sísmico de la costa en el litoral atlántico de la cuadrícula 15 y adyacente a la 22.

Operaciones de Perforación:

Ninguna hasta ahora.

ATLANTIC*Actividades Geológicas:*

Tres meses de estudios fotogeológicos de la cuadrícula 12 y un perímetro adicional de 25 km. alrededor de ella, realizado en la oficina de la Atlantic en Las Palmas.

Tres meses de trabajos geológicos de superficie en la cuadrícula 12, realizados por tres geólogos. Se estableció una base en Edcheiria (Talha) con una pista de aterrizaje, un pozo de agua dulce y comunicación por radio con Las Palmas.

Se ha realizado el reconocimiento aéreo de las cuadrículas 67 y 77, donde se ha empezado ya el estudio fotogeológico.

Actividades Geofísicas:

Se ha llevado a cabo una campaña de investigación astrofís. contratada con la Compañía de Prospección Geofísica, S. A.; también una comproba-

ción de la investigación aeromagnética proporcionada por la Dirección General de Plazas y Provincias Africanas, y una campaña sísmica (Método Stomper) contratada con «Independent Exploration Company» en la cuadrícula 12, y también un estudio sísmico marítimo de la plataforma costera próxima a la cuadrícula 77.

VALDEBRO

Actividades Geológicas:

Tres meses-equipos de trabajos geológicos de superficie en los permisos.

Actividades Geofísicas:

Programa para empezar a principios de 1961.

Trabajos de Perforación:

Ninguno hasta ahora.

IV. RESUMEN DE ACTIVIDADES

La nueva Ley de Hidrocarburos ha dado un gran impulso a la investigación en España. Los resultados tangibles no se perciben todavía debido al hecho de que la mayor parte de los esfuerzos de las compañías durante el año 1960 fueron dedicados a los trabajos necesarios preliminares de reconocimiento, tanto geológicos como geofísicos. El objeto de estos estudios se dirige sobre todo a localizar sondeos y también para liberar las áreas menos codiciables según las condiciones de la ley (Reversión al Estado del 25 % del terreno en seis años para la Península y del 50 % en las zonas II y III). Por consecuencia hay aún poco de los trabajos más espectaculares, las operaciones de sondeo, y más actividad en lo que se refiere a la tarea más callada y menos visible de obtención de datos de geología de la superficie y subsuelo.

Las compañías tradicionales de antigua actividad, CAMPSA, CIEPSA, CPISA y VALDEBRO, han continuado sus programas de sondeos bajo el reciente estatuto con los nuevos asociados, con más o menos actividad durante 1960.

CAMPSA.—Empezó su sondeo Villalta número 1, que todavía está tra-

bajando a final de año y estaba preparada para empezar, en esa fecha, el sondeo de Zuazo, que ha proporcionado desde entonces gas metano.

CIEPSA.—Ha terminado sus sondeos Urbasa número 1 y Castillo número 1, iniciados ya en 1959; acabado el Zuña número 1 y comenzado el sondeo de Corres número 1.

C. P. I. S. A.—Terminó el sondeo de Sopenano 4.

SIPSA.—Empezó el sondeo de Gerona 1.

VALDEBRO.—Terminó sus sondeos Monesma 1 y Pamplona 3. Completó Bujaraloz 1, Pamplona 4 y Zaragoza 1 y comenzó Cerro Gordo 3 y San Pedro 1, todavía en curso de perforación al final del año 1960.

Todas las compañías, bien en la Península o en las provincias africanas, han desarrollado una gran actividad en trabajos geológicos, geofísicos y fotogeológicos de investigación relacionados con sus permisos. En un futuro próximo todo esto cristalizará en la localización y abertura de perforaciones.

V. PRINCIPALES ASOCIACIONES QUE TRABAJAN EN LA ZONA I (PENÍNSULA)

Compañías y Asociaciones	Operadores
EXPENSA (INI, PETROREP, RAP, REP, RAPGA, SNPA).	
EXPASA (INI, PETROREP, RAP, REP, SNPA, GA, SNPA).	
CIEPSA, DEILMANN, SPANGOC.	CIEPSA
CITIES SERVICE, RICHFIELD.	RICHFIELD
	PHILLIPS
CPISA, DEUTSCHE SCHACHTBAU.	CPISA
CPISA, UNION.	UNION
TIDEWATER, SOHIO, URQUIJO.	TIDEWATER
AMOSPAIX, CAMPSA.	AMOSPAIX
ESSO.	ESSO
SIPSA.	SIPSA
GAOC, INI.	VALDEBRO
INI, PAHOC.	PAHOC

PRINCIPALES ASOCIACIONES QUE TRABAJAN EN LA ZONA II (GUINEA)

Compañías y Asociaciones	Operadores
CEPSA, GULF.	GULF
PRINCIPALES ASOCIACIONES QUE TRABAJAN EN LA ZONA III (SAHARA)	
INI, PAHOC.	PAHOC
GAOC, INI.	GAOC
CALTEN, INI (CALSPAIN, TEXSPAIN, EPESSA).	AMOSPAIN
BANESTO, CAMPSA, CITIES SERVICE, RICHFIELD.	RICHFIELD
PHILLIPS.	PHILLIPS
SOHIO, TIDEWATER, URQUIJO.	TIDEWATER
CEPSA, UNION.	UNION
CEPSA, CHAMPLIN, SUN, PURE.	CHAMPLIN
ATLANTIC.	ATLANTIC
MAGELLAN.	
CEPSA, GULF.	GULF

VI. PRINCIPALES COMPAÑÍAS CONCESIONARIAS DE PERMISOS ZONA I (PENÍNSULA)

Nombre	Superficie (en ha.)	Fecha de publicación en el «B. O.»	Áreas de sus principales actividades (Véase también mapa)
ENPENSA.	622.210	19-X-1960	Cuatro permisos en las Provincias Vascaas, NO, y Centro de la margen N. de la cuenca del Ebro y uno en el centro de la margen S.
ENPASA.	623.387	18-X-1960	Tres permisos en las partes E., Centro y O. de la margen N. de la cuenca del Ebro.
TIDEWATER SOHIO.	75.783	25-III-1960	Provincias de Sevilla y Huelva en el valle del Guadalquivir.

Nombre	Superficie (en ha.)	Fecha de publicación en el «B. O.»	Área de sus principales actividades (Véase también mapa)
ESSO-IBERIA.	356.334	6-II-1960 12-V-1960	Pirineos Orientales y Provincias de Logroño, Zaragoza y Navarra.
CAMPSA (Alspain Texspan).	471.861	22-II-1960 26-IV-1960 12-V-1960	Norte de Burgos, O. de Soria, Centro-O. del Valle del Ebro, N. de la provincia de Huesca.
SIPSA.	25.922	26-IV-1960 18-VIII-1960	Provincia de Gerona.
RICHFIELD - CITIES SERVICE.	97.187	2-III-1960	Provincia de Huesca.
CEPSA - SPANGOC-DEILMANN.	894.650 (632.664 antiguas de CEPSA) (261.986 nuevas de SPANGOC)	22-II-1960 7-III-1961 26-IV-1960	Zona de Vitoria, O. de Cataluña, Orillas NO y NE. de la cuenca del Ebro, Zonas de Vitoria y Cataluña.
CEPSA.	434.285	26-IV-1960	Zona O. de las provincias vascas, Zona O. de los Pirineos.
PHILLIPS.	441.160	3-III-1960	Provincias de Burgos, Palencia, Soria, Segovia y Valladolid.
INI-GAO, VALDEBRO.	796.113	16-VIII-1960	Cinco permisos a lo largo de la margen S. de la cuenca del Ebro, dos en la provincia de Santander, uno en Pamplona, cuatro en la orilla NE. de la cuenca del Ebro, uno en la provincia de Cuenca y dos en la de Cádiz.

ZONA II (GUINEA)

CEPSA.	64.632	23-II-1960	Cuadrícula 1.
SPANGOC.	51.986		2.

ZONA III (SAHARA)

CAMPSA.	161.500	13-II-1960	cuadrícula 30.
CITIES-SERVICE.	217.500		39.
RICHFIELD.	246.931		40.
BANESTO.	274.000		43.
Y plataforma submarina de las cuadrículas 30, 34 y 43.			
ATLANTIC.	244.083	13-II-1960	32.
	250.952	14-IV-1960	37.
	309.320		77.

Nombre	Superficie en ha.)	Fecha de publicación en el «B. O.»	Áreas de sus principales actividades (Véase también mapa)
UNION.	262.500	7-III-1960	1.
IBERICA PETR.	243.350	»	2.
	257.400	»	8.
CEPSA.	243.350	17-VIII-1960	3.
SPANGOC.	244.083	13-II-1960	9.
	244.083	»	10.
	240.807	»	16.
	310.500	»	47.
	242.000	»	51.
	126.053	17-VIII-1960	65.
	251.270	»	66.
	257.645	»	97.
EPESSA.	227.400	13-II-1960	22.
TEXPAIN.	246.231	»	31.
CALSPAIN.	246.231	»	32.
	246.931	»	41.
	247.623	»	45.
	249.646	»	57.
INI-VALDEBRC.	244.807	24-III-1960	17.
GAO.	247.623	»	44.
INI.	243.350	24-III-1960	5.
PAHOC.	243.350	»	6.
SUN.	312.000	7-III-1960	15.
CHAMPLIN.	245.523	»	23.
IBERICA PETR. (CIPSA).			
FURE OIL.	243.350	13-II-1960	4.
PHILLIPS.	244.083	»	11.
TIDEWATER	243.350	25-III-1960	7.
SOHIO.	244.083	»	13.
B. URQUIJO.	244.083	»	14.
	245.523	»	24.
	248.305	»	48.
	248.980	»	52.
	248.980	»	53.
	249.646	2-VI-1960	
	308.500	25-III-1960	60.
MAGELLAN (IPESA).	Pendiente de concesión		18.

SOLICITUDES EN 1960 PENDIENTES DE CONCESIÓN

ZONA I

ESSO.	269.686	19-VIII-1960	226 - 20-IX-60
PAHOC.	100.900	20-IX-1960	246 - 13-X-60
GAO.	39.038	5-V-1960	128 - 28-V-60
CIPSA-UNION	101.224	3-IX-1960	227 - 21-IX-60
CIEPSA.	43.141	17-X-1960	262 - 1-XI-60

ZONA III

Nombre	Superficie (en ha.)	Fecha de publicación en el «B. O.»	Áreas de sus principales actividades (Véase también mapa)
MAGELLAN.	170	16-X-1960	280 - 23-XI-59.

VII. DESIGNACIONES Y AFILIACIONES DE LAS COMPAÑÍAS

Nombre abreviado	Nombre completo	Afiliaciones y Actividades Principales
Amospain.	American Overseas Petroleum (Spain) Ltd.	Filial de Amoseas, organización de Caltex para actividades fuera de los Estados Unidos.
Atlantic.	Atlantic Exploration Company.	Filial de Atlantic Refining Co. de Philadelphia, Pa.
Banco Urquijo.	Banco Urquijo.	Sociedad bancaria española que dirige y participa en importantes negocios industriales y económicos. Tiene su oficina central en Madrid.
Banesto.	Banco Español de Crédito.	Sociedad bancaria española que dirige y participa en importantes negocios industriales y económicos. Tiene su oficina central en Madrid.
Calspain.	California Oil Co. of Spain.	Una filial de la Standard Oil Co. de California, San Francisco, Cal. para actividades en la Península y Sahara.
Caltex.	California Oil Co. N. Y.	Compañía que interviene en investigaciones en España a través de su filial Amoseas.
CAMPSA.	Ca. Arrendataria del Monopolio de Petróleos, S. A.	Compañía española por acciones, concesionaria de la administración del monopolio de la distribución y ventas de petróleo en la Península. Se ha dedicado a investigaciones petrolíferas en la Península desde hace muchos años. Oficina central en Madrid.
CEPSA.	Ca. Español de Petróleos, S. A.	Compañía española por acciones. Propietaria de refinerías y una flota de petroleros. Oficina central en Madrid.

Nombre abreviado	Nombre completo	Afiliaciones y Actividades Principales
IEPSA.	Cia. de Investigaciones y Explotaciones Petrolíferas, S. A.	Compañía española por acciones filial de C. E. P. S. A. Ha realizado todas las investigaciones de la Península, para C. E. P. S. A., durante muchos años
CIPSA.	Cia. Ibérica de Petróleos S. A.	Compañía española por acciones, propiedad del Banco Ibérico (Grupo Fierros) y del Tesoro Español.
CITIES SERVICE.	Spain Cities Service Petroleum Corp.	Una filial de Cities Service Company N. Y. para actividades en el Sahara y la Península española.
CHAMPLIN.	Champlin Oil and Refining, C.º Sucursal.	Sucursal en España de Champlin Oil and Refining Co., de Fort Worth Texas.
IPISA.	Cia. Petrolífera Ibérica, S. A.	Compañía española, con intereses españoles y alemanes (Deutsche Schachtbau und Tiefbohr Gesellschaft m.b.H. Lingen, Ems). Oficina central en Madrid.
DEILMANN.	Deilmann Española, S. L.	Una filial de C. Deilmann G. m. b. H., propietaria de campos de gas y petróleo en Memama y permisos de investigación en Alemania, Yemen, etc. Deilmann Española se ocupa de las actividades en España. Oficina central en Vitoria.
D. G. de P. P. A.	Dirección Gral. de Plazas y Provincias Africanas.	Un departamento de la Presidencia para la administración (política y económica) de las provincias africanas.
ENPASA.	Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, Sociedad Anónima.	Una asociación del INI, REPGA, RAP, SNPA y PETROREP.
ENPENSA.	Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, Sociedad Anónima.	Una asociación del INI, REPGA, RAP, SNPA y PETROREP.
EPSSA.	Exploraciones Petrolíferas del Sahara, S. A.	Una organización fundada por Caltex para investigaciones en el Sahara, que pasó posteriormente al INI.

Nombre abreviado	Nombre completo	Afiliaciones y Actividades Principales
ESSO IBERIA.	ESSO IBERIA Inc.	Filial de la Standard Oil Co. N. J. (N. Y.).
GAOC.	G. A. O. C. of Spain Inc	Filial de la General American Oil Co. de Texas. Dallas. Ha estado trabajando en España conjuntamente con el INI, a través de Valdebro, en la Península.
INI.	Instituto Nacional de Industria.	Empresa paraestatal, que funciona como empresa particular, para el desarrollo de la industria, especialmente en campos que ofrecen poco atractivo a la iniciativa privada.
IPESA.	Investigaciones Petrolíferas, S. A.	Asociación de Magellan Petroleum Corp. and Oil Investment Inc. Panamá (grupo Buckley) para investigación conjunta en el Sahara
MAGELLAN.	(Referencia IPESA).	
PAHOC.	Panamericano Hispano Oil Co.	Filial de Panamerican Petroleum Co. (Agencia de la Standard Oil Co de Indiana.
PETROREP.	Société de Recherches Petrolíères dans la région Parisienne.	Compañía francesa por acciones dedicada a investigaciones petrolíferas y de producción en Francia (grupo Nalmias). Oficina central París.
PHILLIPS.	Phillips Oil Co. of Spain.	Filial de la Phillips Petroleum Company, Bartlesville, Oklahoma, para España.
PURE OIL.	Pure Oil Co. de España.	Una filial de Pure Oil Co. de Chicago, Ill. y Columbus Ohio.
RAP.	Regie Autonome de Petroles.	Empresa paraestatal de la Administración estatal francesa para investigaciones y actividades de producción en Francia y en el Sahara (a través de CREPS). Oficina central en París.
REPGA.	Recherches d'Exploitations de Petrole et de Gaz.	Compañía francesa (filial del Grupo Schneider) con permisos de explotación en Francia e intereses en el Sahara. Oficina central en París.

Nombre abreviado	Nombre completo	Afiliaciones y actividades principales
RICHFIELD.	Richfield Sahara Petroleum Co.	Filial de Richfield Oil Corp. Los Angeles, Cal. para actividades en la Península y África Española.
SIPSA.	Sociedad de Investigaciones Petrolíferas, S. A.	Compañía española dedicada hace varios años a investigaciones petrolíferas en las provincias catalanas. Oficina central en Barcelona. SIPSA se ha hecho cargo de los intereses de la mayoría de los tenedores de pequeños permisos de Cataluña.
SNPA.	Societe Nationale des Petroles d'Aquitaine.	Compañía francesa dedicada a la investigación y explotación de petróleo en Francia y Sahara. Oficina central en París.
SOHIO.	Sohio Iberian Oil Co.	Filial de Standard Oil Co. De Ohio, Cleveland, Ohio.
SPANGOC.	Spanish Gulf Oil Co.	Filial de Gulf Oil Corp. de Pittsburgh, Pa. para trabajos en España.
SUN.	Hispanic Sun Oil Co.	Filial de Sun Oil Co. de Philadelphia Pa. para trabajos en España.
TEXSPAIN.	Texaco (Spain) Incorporated.	Filial de Texaco Inc. N. Y.
TIDEWATER.	Tidewater Oil Co. of Spain.	Filial de Tidewater Oil Co. Los Angeles, Cal. para actividades españolas.
UNION.	UNION Oil Co. de España.	Filial de Unión Oil Co. de California. Los Angeles, Cal. para actividades españolas.
VALDEBRO.	Comisión de Investigaciones Petrolíferas «Valdebro».	Comisión conjunta formada por el INI, General American Oil Co. of Texas y asociadas, para la investigación de la Reserva del Estado hasta la nueva Ley y de sus permisos, después de la nueva con GAOC, dedicada desde 1953 a una intensa investigación en la Península.

VIII. RELACIÓN DE SONDEOS POR COMPAÑÍAS

Num. de orden de la Compañía	Num. de orden de la clasificación general	S O N D E O	Coordenadas	Epoca de perforación	Profundidad alcanzada en metros	RESULTADO g: gases. l: hidrocarburos líquidos. s: asfaltos.
V A L D E B R O						
1	15	Marcella.	1° 58' 58" E. 42° 20' 17" N.	1953	3.415,3	Negativo.
2	20	Castilfro.	1° 22' 48" E. 41° 56' 39" N.	1954	2.200,7	Negativo.
3	24	San Lorenzo.	1° 19' 47" E. 39° 51' 49" N.	1955	2.589,4	Negativo.
4	25	Iglesias.	0° 16' 10" O. 42° 18' 35" N.	1955-56	2.180,2	Negativo.
5	26	Pulgreig.	5° 34' 30" E. 41° 58' 30" N.	1956	3.191,2	Negativo.
6	27	Bornos.	2° 03' 58" O. 36° 50' 08" N.	1956	3.029,7	Negativo.
7	30	Matienco.	0° 06' 10" E. 43° 18' 36" N.	1956	1.949,8	Negativo.
8	32	Almarchal	2° 07' 00" O. 36° 08' 40" O.	1956-57	3.462,5	(g).
9	36	Asperillo.	2° 57' 40" O. 37° 04' 38" N.	1957	3.307	Negativo.
10	37	Isla Mayer.	2° 27' 39" O. 37° 09' 33" N.	1957	2.372,9	Negativo.
11	38	Moguer.	3° 06' 53" O. 37° 09' 21" N.	1957	2.472,9	Negativo.
12	39	Almunte.	2° 47' 09" O. 37° 15' 45" N.	1957	1.344,2	Negativo.
13	41	Ojén.	1° 56' 46" O. 36° 09' 17" N.	1957-58	1.750,8	(g).
14	43	Cerro Gordo 1.	1° 40' 20" O. 36° 21' 15" N.	1958-59	3.538,5	Indicios (g, l).
15	44	Quintana Redonda.	1° 07' 55" E. 41° 39' 01" N.	1958	2.156,4	Negativo.
16	46	Gormaz.	0° 38' 06" E. 41° 29' 22" N.	1958	2.200,1	Negativo.
17	47	Monegrillo.	3° 15' 22" E. 41° 37' 18" N.	1958	1.446,3	Negativo.
18	48	Pamplona 1.	1° 57' 20" E. 42° 51' 05" N.	1958-59	2.788,3	Indicios (g, l).

Núm. de orden de la Compañía	Núm. de orden de la clasificación general	S O N D E O	Coordenadas	Epoca de perforación	Profundidad alcanzada en metros	RESULTADO g: gases. l: hidrocarburos líquidos. s: asfaltos.
19	49	La Zafra.	3° 16' 22" E. 41° 19' 39" N.	1958	1.698,3	Negativo.
20	51	Retuerta.	0° 02' 51" E. 43° 00' 47" N.	1958-59	3.390,6	Indicios (g, l)
21	55	Pamplona 2.	1° 59' 10" E. 42° 49' 35" N.	1959	1.809,6	Indicios (l, g).
22	56	Cerro Gordo 2.	1° 42' 10" O. 36° 22' 10" N.	1959	3.377,2	Indicios (l, g).
23	59	Monesma	4° 15' 15" E. 42° 14' 42" N.	1959-60	4.750,0	(g).
24	62	Pamplona 3.	1° 56' 43" E. 42° 50' 52" N.	1959-60	4.464,2	(g, g.) (s.) (a.).
25	66	Bujaraloz.	3° 34' 03" E. 41° 25' 22" N.	1960	2.824,9	Indicios.
26		Pamplona 4.	1° 57' 37" E. 42° 51' 11" N.	1960	1.715,1	Negativo.
27		Zaragoza 1.	2° 49' 03" E. 41° 49' 11" N.	1960	2.252,8	Indicios (l).
28		Cerro Gordo 3.	1° 38' 48" O. 36° 21' 10" N.	1960-61	2.831,6	Indicios (l, g).
29		San Pedro 1.	0° 12' 28" O. 42° 26' 59" N.	1960-61	2.350,0	Negativo.
30		San Pedro 2.	0° 12' 05" O. 42° 28' 36" N.	1961	1.737,4	Negativo.
31		San Pedro 3.	0° 11' 59" O. 42° 29' 09" N.	1961	826,3	Negativo.
32		Villanueva 1.	1° 23' 18" E. 40° 01' 44" N.	1961		

C I E P S A

1	5	Oliana.	4° 59' 36" E. 42° 04' 13" N.	1947-48	2.223,18	Negativo.
2	8	Burgo de Osma.	0° 37' 05" E. 41° 34' 26" N.	1948-50	2.211	Negativo.
3	9	La Marina.	3° 01' 40" E. 38° 08' 40" N.	1950-51	1.610	Negativo.
4	11	Rojales.	2° 58' 18" E. 38° 04' 30" N.	1951-52	1.581,5	Negativo.
5	13	Boltaña.	3° 43' 00" E. 42° 28' 00" N.	1952-54	2.124	Negativo.

Núm. de orden de la Compañía	Núm. de orden de la clasificación general	S O N D E O	Coordenadas	Epoca de perforación	Profundidad alcanzada en metros	RESULTADO g: gases. l: hidrocarburos líquidos. s: asfalto.
6	21	Zuñiga 1.	1° 23' 25" E. 42° 43' 16" N.	1954-56	3.127,6	(g).
7	23	Apodaca 1.	0° 57' 37" E. 42° 55' 03" N.	1955-56	2.533,06	Negativo.
8	31	Alda 1.	1° 21' 38" E. 42° 44' 54" N.	1956-59	5.024,25	Indicios (g).
9	29	Laño 1.	1° 05' 10" E. 42° 39' 36" N.	1956-57	3.501	Indicios (g, l, s).
10	33	Treviño 1.	0° 57' 20" E. 42° 43' 20" N.	1957	2.505,6	Indicios (g).
11	40	Treviño 2.	0° 59' 53" E. 42° 43' 02" N.	1957-58	1.998,90	(g).
12	42	Laño 2.	0° 59' 56" E. 42° 39' 48" N.	1958	2.190,65	Indicios (g).
13	45	Treviño 3.	0° 59' 09" E. 42° 43' 25" N.	1958-59	3.133,8	Indicios (g).
14	52	Alloz.	1° 42' 49" E. 42° 42' 12" N.	1958	3.231	Negativo.
15	60	Urbasa.	1° 24' 43" E. 42° 48' 37" N.	1959-60	3.835,5	Indicios (g)
16	63	Castillo.	1° 00' 56" E. 42° 48' 04" N.	1959-61	4.349,0	(g).
17	64	Zufia.	1° 34' 43" E. 42° 39' 58" N.	1960	1.057,0	Negativo.
18		Corres 1.	1° 13' 25" E. 42° 41' 00" N.	1960-61	4.458	(g).
19		Castillo 2.	1° 00' 47" E. 42° 47' 06" N.	1961		
20		Gastiaín 1.	1° 24' 45" E. 42° 43' 51" N.	1961		

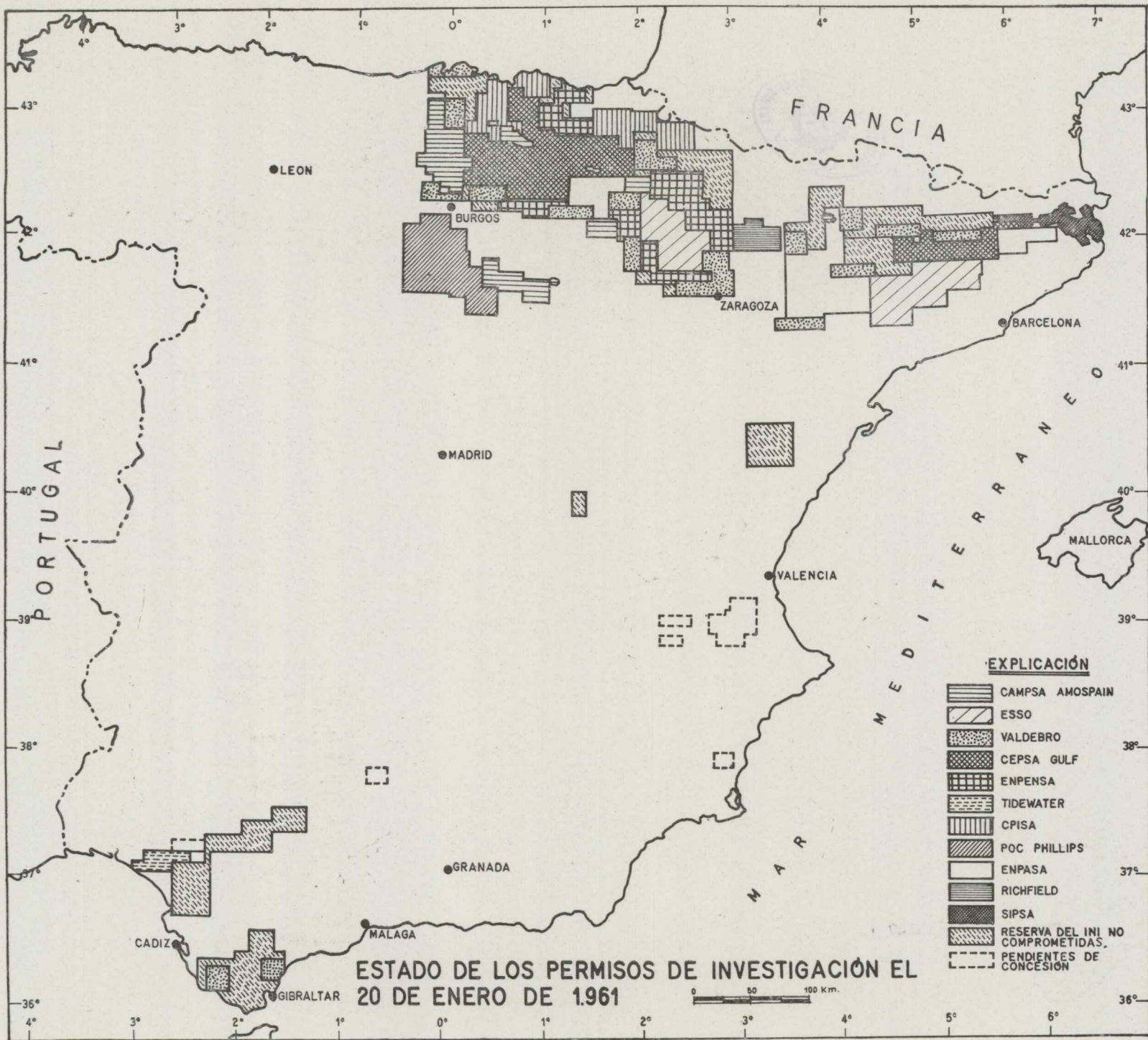
C A M P S A

1	1	Tudanca.	0° 01' 22" O. 42° 51' 33" N.	1941-43	445	Negativo.
2	2	Zamanzas 1.	0° 02' 46" O. 42° 50' 35" N.	1942	602	Indicios (g, l).
3	3	Zamanzas 2.	0° 02' 30" O. 42° 50' 32" N.	1944	820	Indicios (g, l).
4	4	Zamanzas 3.	0° 02' 48" O. 42° 50' 38" N.	1945	917	Indicios (g, l).

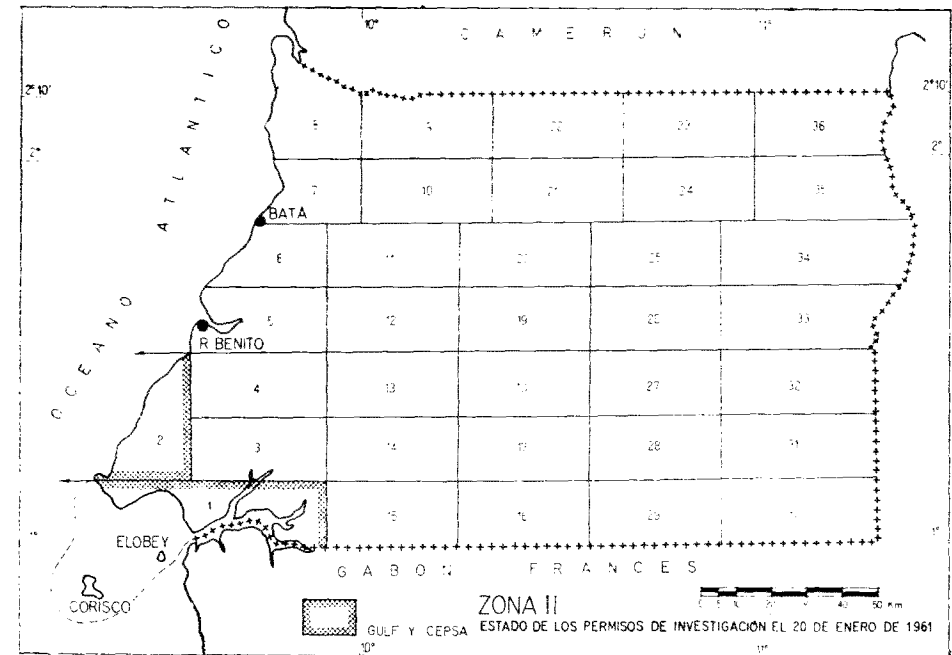
Núm. de orden de la Compañía	Num. de orden de la clasificación general	S O N D E O	Coordenadas	Escala de penetración	Profundidad alcanzada en metros	RESULTADO g: gases. l: hidrocarburos líquidos. s: asfalto
5	5	Peña Omita.	0° 04' 34" O. 42° 52' 08" N.	1949-50	1.264	Indicios (g.).
6	6	Dolgo.	0° 02' 37" E. 42° 49' 29" N.	1950-51	1.221	Negativo.
7	12	Villaveva de Rempalay.	0° 02' 20" O. 42° 50' 26" N.	1952-53	2.177	Indicios (g.).
8	19	Delfea.	0° 42' 08" E. 42° 57' 43" N.	1953-54	540	Negativo.
9	28	Leva 1.	0° 02' 14" O. 42° 56' 54" N.	1956	1.512	Indicios (f.).
10	35	Leva 2.	0° 02' 40" O. 42° 56' 37" N.	1957-58	2.219	Negativo.
11	54	Guernica.	1° 01' 08" E. 43° 19' 48" N.	1958-59	1.640	Negativo.
12		Villalta.	0° 04' 55" E. 42° 42' 41,5" N.	1960-61	1.775	(g.).
13		Zuazo.	0° 42' 11,7" E. 42° 54' 22,5" N.	1961	5	(g.).

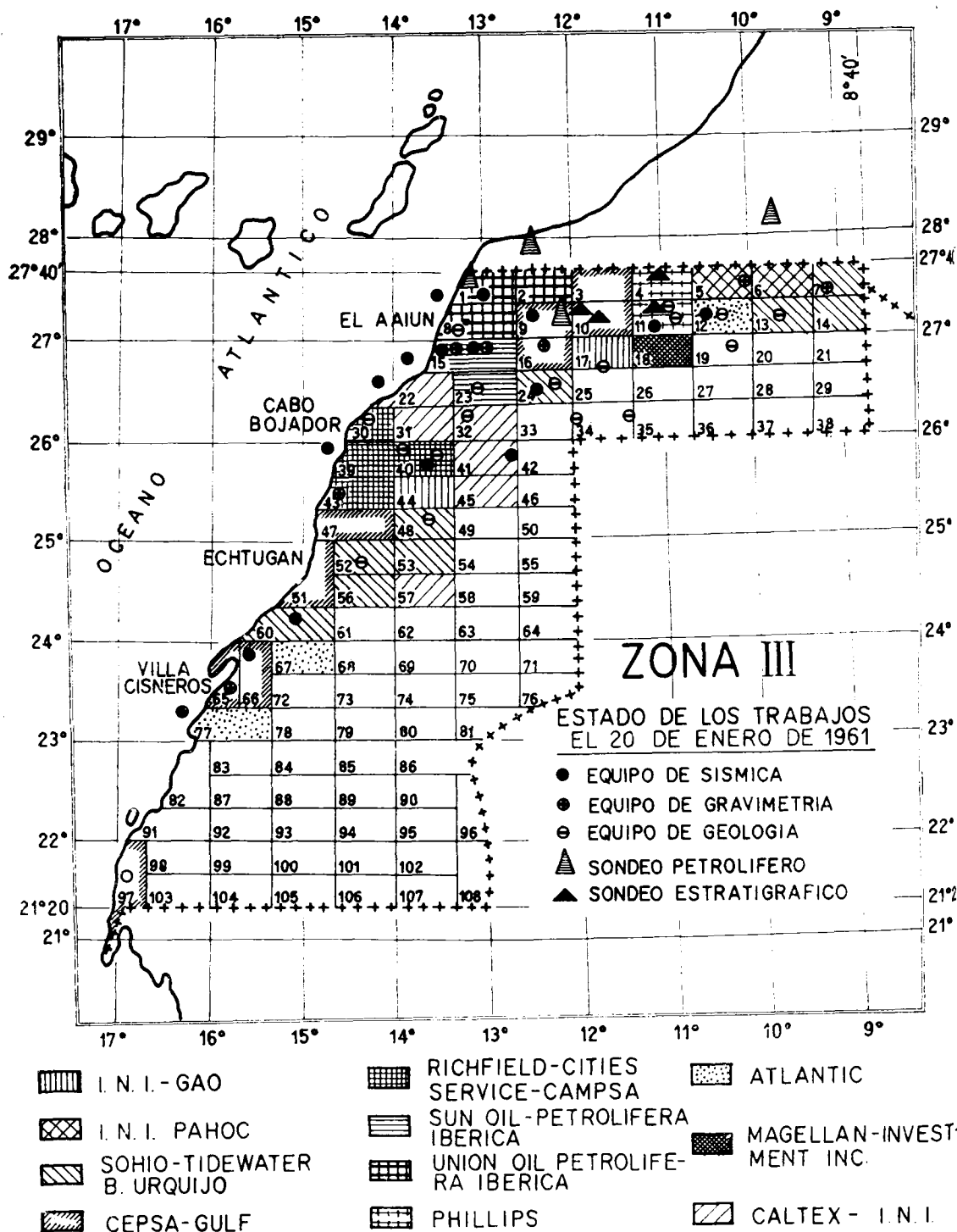
COMPANIA PETROLIFERA ELIVIRICA

1	29"	Elvira 1.	0° 42' 11" E. 42° 57' 55" N.	1956	140,5	Estratigráfico.
2	29"	Elvira 2 a.	0° 42' 02" E. 42° 58' 03" N.	1956	171,8	Estratigráfico. (g).
3	32"	Elvira 3.	0° 42' 05" E. 42° 58' 06" N.	1956	271,5	Estratigráfico. (g).
4	32"	Elvira 4 a.	0° 41' 59" E. 42° 58' 14" N.	1956	340,1	Estratigráfico. Indicios (g.).
5	33"	Elvira 2 b.	0° 42' 14" E. 42° 58' 02" N.	1957	309,2	Estratigráfico. (g).
6	33"	Elvira 4 b.	0° 41' 51" E. 42° 58' 15" N.	1957	505,5	Estratigráfico.
7	34"	Encarnación 1.	0° 20' 18" E. 43° 04' 19" N.	1957	438,5	Estratigráfico. Indicios (g.).
8	62"	Tabiega 1.	0° 14' 12" E. 43° 00' 28" N.	1958	482	Estratigráfico.
9	51"	Aloria 1.	0° 42' 21" E. 42° 59' 34" N.	1958-59	841	Estratigráfico.
10	51"	Sopeñano 1.	0° 21' 11" E. 42° 04' 43" N.	1959	510	Negativo.



Núm. de orden de la Compañía	Núm. de orden de la clasificación general	S O N D E O	Coordenadas	Epoca de perforación	Profundidad alcanzada en metros	RESULTADO g: gases. l: hidrocarburos líquidos. s: asfalto.
11	56	Elvira 5.	0° 41' 44" E. 42° 58' 18" N.	1959	648	Estratigráfico.
12	57	Sopeñano 2.	0° 20' 53" E. 43° 04' 36" N.	1959	465	Negativo.
13	59	Laloz 1.	0° 26' 57" E. 42° 52' 58" N.	1959	701	Estratigráfico.
14	61	Sopeñano 3.	0° 20' 50" E. 43° 04' 37" N.	1959	1.913	Negativo.
15	64	Sopeñano 4.	0° 20' 36" E. 43° 20' 36" N.	1960	1.850,0	Indicios.





IX. BIBLIOGRAFIA

ALMELA, A.: *Las investigaciones petrolíferas en la vertiente Sur Pirenaica*, «Pirineos», números 31-32, Zaragoza, 1954.

BENTZ, A.: *Petróleo en Alemania* (Introducción por J. M. Ríos), N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 15, Madrid, 1946.

CAMPSA: *Prospección petrolífera*, Folleto de Información, Madrid, 1953.

DUPUY DE LÔME, E.: *Las investigaciones de petróleo en España*, «Bol. del I. G. y M. de España», t. III, Madrid, 1937.

— — *Terranos petrolíferos españoles*, «B. O. de la Dirección General de Minas», año XXI, número 237, febrero-marzo.

— — y SÁNCHEZ LOZANO: *Un aspecto de las investigaciones petrolíferas en España*, CLXXV aniversario de la Escuela de Minas, Madrid.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS: *Conferencias de diversos autores en el Curso de Hidrocarburos, 1960-61*.

GARRIDO, J.: *La prospección de petróleos en España*, «Combustibles», año VII, núms. 45 y 46, Zaragoza, 1948.

JAVALA, J.: *Regiones petrolíferas en Andalucía*, «Bol. Com. del Mapa Geológico de España», t. XXXVII, Madrid, 1916.

— — *Yacimientos de petróleo en Huidobro (Burgos)*, «Bol. Com. del Mapa Geológico de España», t. XXXVII, pág. 265, segunda serie, tomo XVII, Madrid, 1916.

— — y J. M. RÍOS: *Actividades de Adaro y Valdebro en la investigación de hidrocarburos*, N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 38, pág. 121, Madrid, 1955.

GIL RUIZ, R.: *El camino a seguir para el descubrimiento de los combustibles sólidos y líquidos en España*, «B. O. de Minas y Metalurgia», núm. 108, pág. 457, Madrid, 1926.

GIMÉNEZ AGUILAR, J.: *El yacimiento petrolífero de Cuenca*, «Bol. R. S. E. de H. H.», tomo 28, pág. 39, Madrid, 1928.

GONZÁLEZ LASALA, J.: *Areniscas bituminosas petrolíferas del Puerto del Escudo, en los confines de las provincias de Santander y Burgos*, «Bol. Com. del Mapa Geológico de España», t. III, pág. 235-291, Madrid, 1876.

HERNÁNDEZ SAMBAYO, P.: *Noticias sobre los petróleos de Garrocha (Almería)*, «Revista Minera», t. 82, 35, Madrid, 1933.

— — *Investigaciones petrolíferas en España*, «Revista Minera», serie C., pág. 1, Madrid, 1935.

— — *Aportación a la biblioteca del petróleo en España*, N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 15, Madrid, 1946.

HEVIA, T.: *Pizarras bituminosas de la Sierra de Bodes (provincia de Oviedo)*, N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 12, Madrid, 1944.

JORGE, E. DE: *Registros de petróleos en Santander*, «B. O. de Mineralogía y Metalurgia», número 88, pág. 966, Madrid, 1924.

MARÍN, A.: *El petróleo en España*, Discurso de inauguración del curso académico en la Real Academia de Ciencias de Madrid, noviembre 1947.

— — *El petróleo en España*, «Revista Combustibles», núms. 41 y 42, Zaragoza, 1948.

MAZARRASA, J. M.: *Estudio de las sustancias bituminosas de la provincia de Santander. El problema del petróleo en España...* «B. O. de Minería y Metalurgia», núm. 75, 1923.

— — *Estudio de yacimientos petrolíferos y sustancias bituminosas*, «Catálogo Descriptivo de Criaderos Minerales de España», Consejo de Minería, t. 2, fase 29, Madrid, 1934.

- MIR, N.: *Estudio de la zona petrolífera de Pirineo catalán en las provincias de Barcelona y Gerona*. «B. O. de Minería y Metalurgia», núms. 49 y 50. Madrid, 1921.
- MONTESINOS, L.: *Los combustibles líquidos nacionales*. «Bol. del Instituto Geológico y Minero de España», t. I.I, pág. 323. Madrid, 1929.
- NOVO DE P.: *La investigación del petróleo en la Península*. «Revista Minera», pág. 405, 1925.
- — *Les gisements de pétrole en Espagne*. Congreso Geológico Internacional. C. R. de la XII ses., tercero, pág. 1349. Leija, 1926.
- O'SHEA, G.: *Informe del Instituto Geológico y Minero de España sobre las pizarras bituminosas de la provincia de Soria*. «Boletín Oficial de Minas», núm. 8, 1918.
- RÍOS, J. M.: *Las investigaciones del petróleo en España*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 19. Madrid, 1949.
- — *Breve noticia del estado actual de las investigaciones del petróleo en España*. VII Congreso Nazionale del Metano e del Petrolio Sezione I. Palermo, 1952.
- — *Comentarios al artículo de H. D. Hedberg: Perspectivas petrolíferas mundiales desde un punto de vista geológico*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 39. Madrid, 1955.
- — *Marcha de las investigaciones de petróleo en España, 1952-55*. «Revista Combustibles», año XV, núms. 78 y 79. Zaragoza, 1955.
- — *La búsqueda del petróleo en España*. «Minería y Metalurgia».
- — *The Search for Oil in Spain*. «World Petroleum», Nueva York, octubre, 1956.
- — *Recent petroleum activities in Spain*. «World Petroleum», pág. 53. Nueva York, marzo 1958.
- — *Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo en España desde 1939*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 50, 1958.
- — *Comentarios acerca de las consecuencias geológicas de los sondeos de investigación de petróleos*. «Min. y Met.», año XIX, núm. 214. Madrid, febrero 1959.
- — *Algunas consideraciones acerca del enjuiciamiento del Valle del Ebro en sus posibilidades petrolíferas*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 53. Madrid, 1959.
- — *Problemas que plantea la investigación de petróleos en España*. Revista «ARBOR», número 160. Madrid, abril 1959.
- — *Algunas áreas especiales de las zonas sub-pirineicas y de la Cuenca del Ebro*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA. Madrid, 1960 (en prensa).
- — *Criterios cartográficos en prospección de petróleos*. Curso de petróleo de la Escuela de Minas. Madrid, 1960-1.
- — *Posibilidades petrolíferas del subsucio español en su relación con el origen del petróleo y sus condiciones del yacimiento*, ed. Alhambra. Madrid, 1960.
- — *Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo desde 1939 hasta mayo 1960*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 59. III trimestre, año 1960. Madrid, pp. 133-166. Un cuadro, cinco láminas.
- SANZ, R.: *El petróleo en España*. «Mem. del I. G. y M. de España», Madrid, 1948.
- — *Datos para el conocimiento de los yacimientos primarios de petróleo en las regiones ibero-cantábricas*. «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», t. LXIII, pág. 325. Madrid, 1949.
- SONDEOS (Comité Nacional de): *Catálogo provincial de los sondeos efectuados en España*. Madrid, 1929-32.
- VALLE DE LERSUNDI, A. DEL: *Investigaciones de petróleo en España*. «Revista Minera», tomo LXXV, Madrid, 1934.
- VARIOS AUTORES: *Núm. 38 de N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, dedicado a las investigaciones de petróleos*. Madrid, 1955.
- VIDAL, L. M.: *Yacimientos petrolíferos. Los afloramientos*. «Miner. y Metalurgia». Madrid, 1923.

BOU, J. y J. P. GRAUDET

ESTUDIO PRELIMINAR DEL CORTE DEL RIO FARFAÑA

RESUMEN

El estudio de la microfaua y microfacies del corte del río Farfaña, ha permitido definir una serie estratigráfica que va desde el Liás hasta el Ypresiense. No ha sido posible determinar con certeza la edad de la base de esta serie, solamente mediante analogías de facies podemos presumir una edad liásica para ésta.

Por el contrario, en el Cretáceo superior, la abundancia de la microfaua ha conducido a la determinación de dos pisos: Santoniense y Maestrichtiense.

Después de las facies garumnenses, principalmente margosas, el corte se termina por calizas paleocenas e ypresienses, perfectamente caracterizadas.

R É S U M É

L'étude des microfaua et microfaciès de la coupe du rio Farfaña a permis de définir une série stratigraphique allant du Liás à l'Yprésien. Aucune certitude n'a pu être obtenue quant à l'âge de la base de la série, seules des analogies de faciès permettent d'avancer un âge liásique pour celle-ci.

Par contre au Crétacé supérieur l'abondance de la microfaua a conduit à la détermination de deux étages: Santonien et Maestrichtien.

Après des faciès garumniens principalement marneux la coupe se termine par des calcaires paléocène et yprésien bien caractérisés.

El estudio que nos ocupa se sitúa en la parte meridional de las cadenas sub-pirineicas entre los ríos Noguera Ribagorzana y Noguera Pallaresa (provincia de Lérida).

El corte estudiado atraviesa el flanco Norte del sinclinal de Os de Balaguer y recorre el río Farfaña, aguas arriba del pueblo.

Al Norte, la base de la serie está vuelta hacia el Sur. Se levanta progresivamente hasta la vertical en el cuarto superior del corte. Más al Sur, el buzamiento permanece normal.

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

La serie comprende, de abajo a arriba, las formaciones siguientes:

1.º *Caliza dolomítica, sublitográfica, a veces guijosa*, cuya potencia no excede de 35 metros.

Allí encontramos fragmentos indeterminables de Moluscos, Equinodermos, Ostrácodos, y un nivel con coprolitos de Crustáceos.

2.º *Margas grises y blancas* con raras intercalaciones de caliza dolomítica, de pasta fina, a veces guijosa u oolítica. El espesor no ha podido ser medido a causa de la tectónica y de las lagunas de visibilidad.

3.º *Caliza guijosa, masiva, mal estratificada, muy fisurada*, de una potencia de 188 m.

a) La base, más margosa, (47 m.), ha suministrado la siguiente fauna: Rudistos, Dictyopsellas, Vidalinas, Valvulamminas, Coskinolinas, Cyclopsinas, Nummifallotias y Lacazinas.

b) Los horizontes supra-yacentes (17 m.) son siempre ricos en Rudistos, acompañados de: Lepidorbitoides nov. sp., Vidalinas y Dicyclinas.

c) El vértice de la formación (87 m.), comporta una rica microfauna: Siderolites calcitrapoides, Lepidorbitoides socialis, Orbitoides media, Omphalocyclus macroporus y algunos macrofósiles y algas: Lamelibranquios, Equinodermos, Gasterópodos, Bryozoarios y Melobesias.

4.º *Formación lacustre y continental*, comportando de abajo a arriba los términos siguientes: *Caliza lacustre* con Charáceos y Microcodiums, 34 metros. Arcillas rojas y amarillas con raras intercalaciones de calizas-arenosas. Conglomerado de elementos decimétricos y cemento arenoso muy reducido, 7 metros. *Caliza margosa blanquecina*, 8 metros. (Laguna de observación, 17 metros). *Caliza lacustre* con Charáceos, Microcodiums, Ostrácodos y algunas raras capas con Girvanellas, 24 metros. (Laguna de observación, 51 metros). Margas amarillas con pasajes calizos, 16 metros. *Caliza «beige»*, con pasta fina, grumosa, con Charáceos, Microcodiums, Ostrácodos y Girvanellas, 50 metros.

En el último cuarto de la formación, se intercala una caliza marina con Miliolos: Globorotalia aff. angulata y pequeños arenáceos.

5.º *Conglomerado* de una potencia de 24 metros, poco cimentado, conteniendo en el cemento: Alveolina subpirenaica.

Los elementos son decimétricos y provienen sobre todo del Cretáceo, pero también del Lias y del Triás sub-yacentes.

6.º *Caliza*, guijosa, rosa, generalmente más estratificada con microfauna muy abundante: Alveolina subpirenaica, Opertorbitolites, Orbitolites, Flosculinas y Miliolos.

ESTRATIGRAFÍA

La formación caliza (1) no está caracterizada por ningún fósil. Las microfácies de esta caliza pueden ser comparadas a las del Lias o del *Infralias* de las Cadenas Ibéricas o de Aquitania. No se trata, por supuesto, más que de una analogía de facies.

La formación margosa (2) corresponde a una facies de emersión. Algunas finísimas intercalaciones de calizas marinas, presentan el mismo carácter que las calizas de la formación sub-yacente y están intercaladas en estas formaciones continentales.

Sobre estos depósitos continentales viene una caliza margosa (3 a), cuya rica microfauna es característica del *Santonense*.

A este Santoniense sigue una caliza de Rudistos (3 b), cuya microfauna no es característica. Estas capas están encuadradas por Santoniense y Maestrichtiense caracterizados. El vértice de la formación (3) lleva una abundante microfauna del *Maestrichtiense superior*.

Al final del Maestrichtiense, depósitos de arcillas rojas, de conglomerados, de calizas lacustres de *facies Garumniense* (4), corresponden a una nueva emersión.

En los últimos bancos calizos hay intercalado un paso de microfauna *paleocena*.

Sobre estos depósitos garumnienses, el Eoceno comienza por un conglomerado de cemento ypresienne. Sus elementos provienen del Lias, del Cretáceo superior, del Garumniense y del Ypresienne. Podemos, pues, afirmar la edad ypresienne de este término.

Si tratamos de relatar la paleogeografía de la región estudiada, llegamos a las conclusiones siguientes:

El Lias es transgresivo sobre el Keuper. Muy rápidamente pasa en su parte superior a formaciones que testimonian un régimen continental lagunar, que se continúa hasta el Cretáceo superior.

En el Santoniense, una nueva transgresión nos trae de nuevo facies carbonatadas ricas en Foraminíferos, Rudistos y después en algas, testimonios de que las condiciones batimétricas poco profundas se continúan hasta el Maestrichtiense superior, periodo durante el cual el mar se retira progresivamente.

A este episodio marino sigue un periodo de emersión durante el cual se han depositado las facies continentales y lacustres garumnienses.

La transgresión Ypresienne se ha efectuado sobre una superficie continental muy erosionada. El conglomerado de base contiene, en efecto elementos que provienen de todos los terrenos anteriores incluido el Triás

Nuestro estudio finaliza en las calizas de Alveolinas del Ypresienne.

MANUEL MARIA DE ALVARADO Y ARRILLAGA

FOTOGEOLOGIA

VII. DIVERSAS CLASES DE FOTOGRAFÍAS

ABSTRACT

Although the photogeologist will normally deal with vertical prints in black and white, it is interesting to know something about other kinds of photographs, like those got with infrared film, or the colour photographs, which have wonderful possibilities. Even in the case of black and white prints, there are several factors, as the flight conditions or the scale, or later processes as the «dodging» affecting greatly to the photographs, and which must be considered for a correct interpretation.

RESUMEN

Aunque, normalmente, el fotogeólogo trabajara con fotografías verticales en blanco y negro, es muy interesante tener una idea sobre otras clases de fotografías, como las obtenidas con películas infrarrojas, o las fotografías en color, cuyas posibilidades son magníficas. Aún en el caso de fotografías en blanco y negro, existen varios factores, como las condiciones de vuelo, o a la escala, o procesos posteriores como el «suavizado», que afectan grandemente a las fotografías, y que deben ser considerados para una correcta interpretación.

Aunque anteriormente ya hemos dicho algo sobre algunos tipos especiales de fotografías, como las ortofotografías, o los mapas de sombras, sin embargo, vamos a dedicar este capítulo a las diferentes clases de fotografías aéreas que pueden ser presentadas al fotogeólogo para su interpretación, discutiendo un poco sus posibilidades, ventajas e inconvenientes.

Oblicuas y verticales

Fotografías aéreas oblicuas son aquellas obtenidas con el plano de la lente de la cámara no paralelo a la superficie terrestre, y verticales aquellas otras obtenidas con el plano de la lente de la cámara sensiblemente paralelo a la superficie de la tierra.

No cabe duda que las fotografías oblicuas constituyen una aportación más a la Fotogeología, y cuantas más armas poseamos para la interpretación, más fácil será hallar la solución correcta y menos probable la pérdida de algún detalle: no obstante, desde el punto de vista geológico, no nos parecen demasiado interesantes, presentando además dificultades para el traslado de las anotaciones hechas sobre dichas fotografías a un mapa. Por ello, y porque lo normal es disponer de fotografías verticales, nos hemos referido siempre, y nos referiremos, a estas últimas.

Las nuevas cámaras, cuya distancia focal es de 3'', en vez de las clásicas de 6'', tienen la ventaja, entre otras, de evitar el empleo de fotografías oblicuas en algunos casos. En efecto, si se trata de una zona de muy poco relieve relativo, y la cámara es de 6'', puede ser necesario obtener fotografías convergentes, con las cámaras dispuestas con unos 20' de desvío, para apreciar mejor el relieve. En cambio, si utilizamos una cámara de 3'', como la exageración vertical depende inversamente de la distancia focal (ver Capítulo II), habremos aumentado la impresión de relieve y, por tanto, quizá, nos baste con fotografías verticales.

Brillantes, semimates y mates

Según la reflectibilidad de las fotografías pueden dividirse en brillantes, semimates y mates. Las primeras, que son las que más luz reflejan, son indiscutiblemente las que más ventajas ofrecen para la interpretación, tanto en lo que se refiere a la apreciación del pequeño detalle como al contraste de tonos. Sin embargo, sobre las fotografías brillantes, sólo se puede dibujar con un lápiz grueso de trazo grueso, y sobre todo presentan el gran inconveniente de que pueden hacer daño a la vista. Por esto, para trabajar durante largos periodos de tiempo, nosotros preferimos las semimates.

Fotografías suavizadas

Son aquellas sometidas a un proceso ulterior por el cual se disminuye el contraste de tonos. En inglés este proceso se conoce con el nombre de «Dodging», y consiste en hacer mover sobre la fotografía una célula fotoeléctrica con un movimiento análogo al de la ventana AB del ortofotocopio (fig. 39, Capítulo VI). Dicha célula fotoeléctrica capta la luz reflejada en la fotografía, y de acuerdo con la mayor o menor claridad de la zona sobre la que está pasando, produce una corriente eléctrica de mayor o menor intensidad, la cual actúa inversamente sobre una fuente de luz que impresiona la parte correspondiente de una placa de dimensiones aná-

logas a la fotografía original. Las fotografías suavizadas son denominadas en inglés «log etronic prints».

Hay fotografías tan claras o tan oscuras que apenas se ve nada, y en ellas el suavizado es indiscutiblemente conveniente, lográndose a veces resultados sorprendentes; pero otras muchas veces la situación no es ésta, y, a pesar de ello, se practica el «Dodging». Queremos dejar establecido que, en general, desde el punto de vista geológico, no somos partidarios del suavizado de las fotografías. Creemos que es enmascarar aquello que con todo afán tratamos de comprender: el efecto de la luz sobre la naturaleza, y disminuye el valor de la principal arma con que cuenta el fotogeólogo para la interpretación, que es el contraste de tonos. Hemos visto cómo netas diferencias tonales de ciertas fotografías desaparecían al realizar el «Dodging».

Como puede comprenderse, el proceso inverso al del suavizado; es decir, el aumento de contraste tonal, es perfectamente factible. En la práctica se ha hecho poco en este sentido, pero no cabe duda que las posibilidades teóricas que dicho método ofrece son interesantísimas, aunque huelga decir que es peligroso, ya que la interpretación puede ir demasiado lejos al aumentar los contrastes.

Siendo uno de los elementos fundamentales de la interpretación fotogeológica la comparación de diferencias, es casi imprescindible que todas las fotografías de la zona a estudiar sean homogéneas; es decir, todas suavizadas, o todas sin suavizar, o todas sometidas al proceso contrario al suavizado. Si las fotografías están suavizadas, aunque lo estén todas, el fotogeólogo debe tenerlo también en cuenta para la evaluación de tonalidades absolutas, criterio que puede tener valor, sobre todo si el intérprete tiene un conocimiento previo del aspecto fotográfico de las formaciones sin suavizar.

Según las condiciones de vuelo

Las condiciones atmosféricas deben ser cuidadosamente elegidas al efectuar el vuelo, pues la calidad de las fotografías depende, en gran parte, de ellas.

La existencia de vientos es mala cosa, ya que el avión, para conservar un rumbo constante, que es la característica fundamental del vuelo, tendrá que ir inclinado, produciéndose en consecuencia en las fotografías «tilt» y «tip» (ver Capítulo II). Asimismo, la inestabilidad atmosférica le puede obligar a frecuentes cambios de altura, con las consiguientes variaciones en la escala.

Hay que evitar, como es lógico, las nubes y tener cuidado con la posición del sol. Cuando éste, después de reflejarse en la tierra, penetra en la cámara, se produce en la fotografía lo que se llama «halo solar»; es decir, una zona ovalada, casi blanca, en la cual apenas se ve nada. En la foto-

grafía contigua dicha zona aparece desplazada, puesto que el avión se encontraba en otra posición (este criterio es muy útil para probar si cualquier mancha o raya es debida al terreno o a la cámara), y con ello comprobamos que no se trata de ninguna mancha propia del terreno. Para elegir la hora del día habrá de tenerse en cuenta la cantidad de humedad existente en la atmósfera y de nuevo la posición del sol; esto último es especialmente interesante en regiones de gran relieve, donde pueden obtenerse muchas sombras y algunos barrancos demasiado oscuros.

En las fotografías debe figurar la hora, el día y mes en que fueron hechas para que sean consideradas por el observador. A veces, por ejemplo, de la simple inspección de la fecha se deduce la imposibilidad de la existencia de nieve, siendo necesario buscar otra interpretación para ciertas manchas de aspecto níveo.

Otra cuestión muy importante es la de la altura de vuelo. Existe la idea, bastante generalizada, de que cuanto mayor sea la escala de la fotografía, mejor será la interpretación, y nosotros discrepamos profundamente de esta opinión. Siendo el principal avance de la Fotogeología el poder lograr certeramente el ideal del conjunto, creemos que en la fotografía de gran escala se pierde esta ventaja fundamental a costa de poder apreciar más detalles, los cuales son mucho mejor detectados mediante la geología de cam-

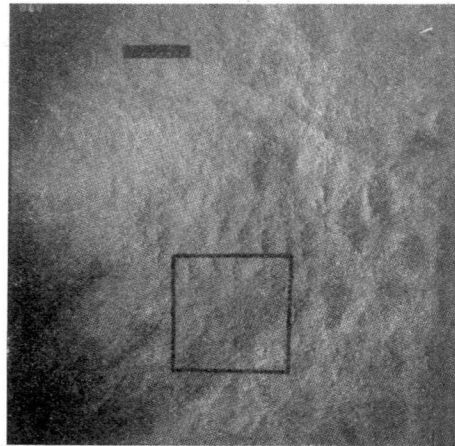


Fig. 40.

De «Photogrammetric Engineering», sept. 1958.

po. William R. Hemphill, en un artículo publicado en el número de septiembre de 1958 de «Photogrammetric Engineering», pone de manifiesto las grandes ventajas de la fotografía aérea de pequeña escala, dando numerosos ejemplos. Entre ellos tenemos el representado en las figuras 40 y 41. La

figura 40 muestra una parte de los montes de Kanuku, de la Guayana Inglesa, en la cual las formaciones de granito y gneis están cubiertas por espesa vegetación. La figura 41 es la parte enmarcada en la figura 40, a una escala tres veces mayor. En la primera de estas fotografías puede apreciarse claramente cómo la red de drenaje adopta un patrón netamente lineal, adaptándose probablemente a los diferentes sistemas de diaclasas del substratum, cosa que en la figura 41 es imposible captar. Otro ejemplo es el de las figuras 42 y 43. En la 42, el fotogeólogo ha marcado una línea negra cruzando la fotografía, que representa el contacto entre una zona caliza al sur y otra más joven de andesita volcánica al norte. El criterio de separación se basa en diferencias topográficas y de vegetación. En la andesita apa-



Fig. 41.

De «Photogrammetric Engineering», sept. 1958.

recen grupos de árboles aislados, y la topografía es irregular. En la caliza se observan grandes árboles, probablemente coníferas, cubriendo de modo uniforme todo el terreno. También la costa caliza es más suave, menos angular que la de andesita. Estereoscópicamente es, asimismo, posible observar diferencias en los sistemas de drenaje y en los de fracturas. La figura 42 muestra, aproximadamente, el área cubierta por una fotografía de 9" x 9", escala 1:40.000, en una zona del SE de Alaska. La figura 43 es parte de la 42 a una escala cuatro veces mayor, y en ella la línea negra de separación está trazada, únicamente ateniéndose a diferencias en la vegetación. Este criterio aislado tiene poco valor, y el observador no puede estar seguro de haber marcado un contacto geológico, sino que puede temer que dicha diferencia de vegetación se deba a un pequeño factor local meteorológico de perturbación. En cambio, en la figura 42, de menor escala, la se-

rie de criterios citados nos permiten asegurar la existencia de un cambio litológico.

La divisoria entre fotografías de grande y pequeña escala puede ser marcada, aproximadamente, alrededor de 1:50.000, y muchas veces echamos de menos escalas tan pequeñas como la 1:100.000. Como no es corriente disponer de fotografías de escalas menores de 1:60.000, existe un estereoscopio de tipo Ryker modificado de manera que la distancia visual es doble, y tal que colocando debajo de este estereoscopio dos tiras de fotografías perpendiculares a la línea de vuelo, formando cada tira un mosaico, y constituyendo cada dos fotografías de diferente tira un par estereoscópico,

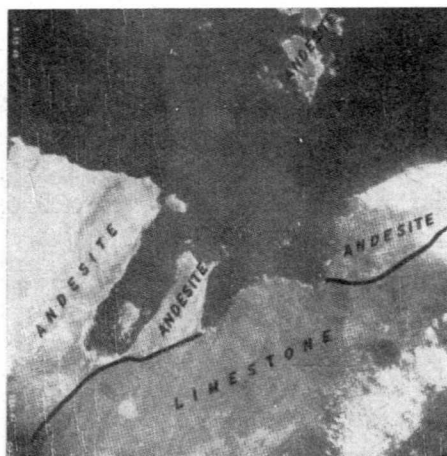


Fig. 42.

De «Photogrammetric Engineering», sept. 1958.

es posible ver en relieve la cuarta parte de un cuadrángulo de quince minutos, si las fotografías eran de escala 1:50.000.

Por supuesto, lo ideal es disponer de un par de escalas diferentes, digamos, en líneas generales, una alrededor de 1:60.000 y otra alrededor de 1:20.000 para seguir la marcha, siempre fundamental en Geología, de ir resolviendo los problemas de mayor a menor, sin perder nunca la idea de conjunto. Si ello fuere posible, manejaríamos varias escalas para estudiar una misma región, empezando incluso por una escala tan pequeña que toda el área estuviera comprendida en un solo modelo estereoscópico, y luego iríamos ampliando poco a poco, completando el estudio. Algo de esto intentamos hacer cuando, antes de comenzar el examen estereoscópico de las fotografías dos a dos, construimos un mosaico para realizar una primera y rápida interpretación; pero de esta manera tropezamos con varias dificultades, como son: falta de visión en relieve, condiciones de vuelo distintas

para unas y otras fotografías, gran pérdida de tiempo en la realización del mosaico, etc.

Las fotografías aéreas de mínima escala son obtenidas desde los proyectiles espaciales, y algunas de ellas, en las que se aprecia claramente la curvatura de la Tierra, son verdaderamente impresionantes. No dudamos que el estudio a fondo de estas fotografías puede dar lugar a conclusiones morfológicas de gran interés y extensión.

En vuelos normales de rutina no se suelen alcanzar más de 6.000 metros de altura ni bajar a menos de 500. A los vuelos de gran altura se oponen varios factores, entre los que tenemos: la necesidad de una condiciones at-

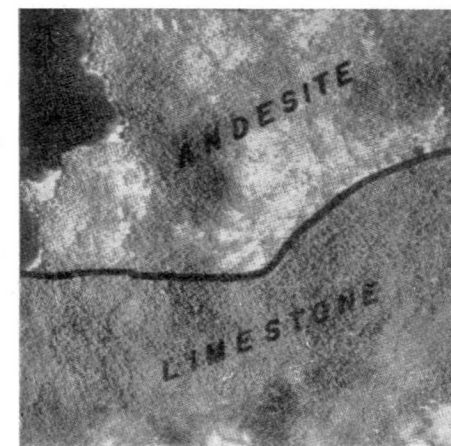


Fig. 43.

De «Photogrammetric Engineering», sept. 1958.

mosféricas excepcionales con la mínima cantidad posible de nubes y de vapor de agua en un espesor considerable de atmósfera; la excesiva presencia de luz azul, aunque utilizemos filtros apropiados, y la obigatoriedad de conservar cierto poder resolutivo en la fotografía. Se llama poder resolutivo a la distancia más corta a la cual dos puntos diferentes de la fotografía pueden ser discernibles como tales. Esta distancia es, aproximadamente, de 0,05 milímetros, de manera que si nos interesa reconocer objetos de 2 metros de tamaño necesitaremos, por lo menos, fotografías de una escala 1:40.000. Si la lente de la cámara es muy buena, o el grano de emulsión fotográfica es muy fino, la distancia 0,05 milímetros puede disminuir, aunque las emulsiones más finas suelen ser menos sensibles; es decir, más lentas, lo que quiere decir que, fijado el tiempo de exposición, necesitan o bien más luz atmosférica o más apertura de objetivo. Las fotografías aéreas de normal calidad suelen admitir una ampliación de unas cinco veces

antes de perder la claridad, influyendo también a este respecto el tamaño de grano de la emulsión.

El vuelo a menos de 500 metros de altura presenta también obvias dificultades y además es peligroso. Requiere una estabilidad atmosférica grande para que no se produzcan laches, que alterarían considerablemente la escala de las fotografías; es muy importante conservar la altura de vuelo lo más constante posible; el tiempo de exposición de la cámara debe ser muy pequeño para que no salga la imagen movida, etc.

Las cámaras normales para fotografía aérea tienen un campo angular de 60°, pero también las hay con un campo de 90°.

Fotografía en color

Con la fotografía aérea en color ocurre algo semejante a lo que sucede con las de gran escala. Es opinión muy extendida entre los geólogos que la fotografía en color es siempre mejor que aquella otra en blanco y negro para la interpretación, y ello no es cierto. Esto proviene de que no conociendo a fondo el problema, y no teniendo suficiente experiencia en la interpretación fotogeológica, parece, a primera vista, que cuantos más medios tengamos a nuestra disposición, más fácil será la tarea, sin darse cuenta de que a veces un exceso de datos superfluos da lugar al enmascaramiento de los verdaderamente importantes. Así, pues, en zonas donde la expresión topográfica es el criterio interpretativo fundamental, o en aquellas otras, tropicales, donde el enorme desarrollo de los suelos produce análoga vegetación sobre diferentes rocas, la fotografía en color no suele tener mucho objeto.

No obstante, la interpretación geológica de las fotografías en color ofrece posibilidades magníficas, y el futuro desarrollo de esta técnica creemos que será muy brillante. Por otra parte, el precio de la fotografía en color viene a ser menos del doble que en blanco y negro, y ambos insignificantes con respecto al coste de la geología de campo.

Un orden lógico de actuación es obtener, primero, fotografías en blanco y negro, y a continuación visitar el terreno, observando si hay algunos interesantes cambios de tonalidades con significado geológico que no queden detectados en la fotografía en blanco y negro, en cuyo caso se encarga la fotografía en color. En algunas ocasiones puede ser aconsejable seguir un procedimiento más científico, analizando en un colorímetro muestras frescas o meteorizadas de las formaciones más importantes, y, a la vista de los resultados, elegir la clase de película que debemos utilizar.

Sobre una buena fotografía, un buen ojo humano puede distinguir alrededor de doscientos tonos diferentes en blanco y negro y unos veinte mil en color.

Se llama temperatura de un color aquella a que es necesario calentar un cuerpo negro para obtener dicho color. Cuando más alta es la temperatura, más azul es el color; pero, sin embargo, decimos que el color es más frío. Cuando la cantidad de humedad en la atmósfera es excesiva, se obtienen demasiados tonos azules, en cambio cuando hay bruma sucede lo contrario. Cuanto más alto es el vuelo, más azul es la fotografía, y con vuelos bajos se logran tonos amarillentos o cálidos. Los colores son más cálidos después del mediodía, y más azules por la mañana. Todas estas propiedades se basan en las diferentes refracciones pronunciadas en la atmósfera, según el ángulo de incidencia de los rayos y según las diversas longitudes de onda.

Las lentes generalmente usadas para fotografía aérea son las llamadas «metrogon», y existen también otras denominadas «pleogon» con las que se consiguen fotografías en color con la misma dispersión de luz en los bordes de la fotografía que en el centro. Las cámaras de 3" de distancia focal en vez de 6" permiten fotografías de pequeña escala sin necesidad de volar muy alto, evitándose así el exceso de tonos azules.

Existen numerosas clases de películas, siendo muy usadas la Anskochrome y la Superanskochrome, de las cuales la segunda es más rápida y produce un bello fondo de colores cálidos. La casa Kodak ha lanzado, o está a punto de lanzar, otra película en color aun más rápida.

La técnica del empleo de filtros abre nuevos panoramas al ya de por sí amplio de la fotografía en color. Supongamos dos formaciones que por su extensión, su importancia geológica o minera, etc., nos interesa diferenciar lo mejor posible. Tomando muestras frescas o meteorizadas de ambas formaciones, y llevándolas al colorímetro, obtenemos curvas de respuesta de cada una de ellas; es decir, curvas que indican la cantidad de luz reflejada de cada longitud de onda. A la vista de estos diagramas podemos determinar en qué parte del espectro dichas formaciones son más diferenciables, o sea, para qué longitudes de onda las respuestas son más distintas, y así, mediante los filtros apropiados, trabajar en la zona de dichas longitudes. De esta forma dos paquetes de tonalidades parecidas pueden adquirir una diferencia de color asombrosa.

No es, sin embargo, el caso que acabamos de citar el más frecuente. Normalmente, habremos de estudiar la geología de una zona, en la cual tendremos que señalar numerosas formaciones y estructuras, y la elección de los filtros apropiados dependerá de factores de carácter general que beneficien al conjunto de la interpretación. Un filtro muy usado es el «minus blue», que absorbe radiaciones azules, disminuyendo la sensibilidad de la película para estos tonos y proporcionando una escala de colores más real. También aumenta el poder de penetración a la bruma. Un filtro verde reduce la sensibilidad al rojo y al azul y aumenta el contraste en los tonos verdes, por lo que es útil para realzar las diferencias de vegetación.

De gran importancia es también el empleo de la fotografía de rayos infrarrojos. Durante la última guerra tuvo una intensa aplicación, tanto por sus óptimas propiedades de penetración a la niebla como para detectar camuflajes de vegetación muerta, cuya diferencia de tonalidad con la vegetación viva, en este tipo de fotografía, es notable. En Fotogeología su principal aplicación es, asimismo, la separación de distintas clases de vegetación. Laurence H. Lattman opina que la fotografía infrarroja, con ciertas modificaciones, es, en general, el arma más eficaz para el fotogeólogo interesado en el estudio de tonalidades.

La posibilidad de la utilización de filtros no se reduce exclusivamente al momento de impresionar la placa, sino que también se puede filtrar en el laboratorio. En un futuro muy cercano, si es que no se ha hecho ya, será posible lograr diferentes positivos a partir del mismo negativo, eligiendo después, de acuerdo con los objetivos que se persigan. La aparición de estereoscopios con filtros es también cuestión inminente. Como podemos ver, unos descubrimientos establecen la posibilidad de que se verifiquen otros, y estos últimos se llevan a cabo rápidamente, y la velocidad del progreso en cualquier campo de la técnica aumenta velozmente, y cuando se vuelve la vista atrás, el camino recorrido en poco tiempo es enorme.

Actualmente, el campo en el que la fotografía en color obtiene mejores resultados es en el de la localización de depósitos minerales, campo del máximo interés económico. A continuación transcribimos unas palabras de Prilip A. Laylander, aparecidas en el número de diciembre de 1956 de «Photogrammetric Engineering»:

«En el estudio de docenas de áreas mineralizadas se ha encontrado que prácticamente no hay ninguna que no presente cambios de color en las rocas circundantes, reflejando zonas mineralizadas. Por ejemplo, en el Pioche, distrito de Nevada, que posee un importante depósito estratificado de cinc y plomo cerca de la base del Cambriano, las fotografías en color mostraron áreas de manganosiderita oscura, y alteración pirítica, a lo largo de fracturas, 1.700 pies más arriba estratíficamente. Estas alteraciones están confinadas a las zonas mineralizadas. Del mismo modo, alteraciones debidas a depósito de cobre pueden ser vistas en las fotografías en color. En ambos casos las distintas alteraciones y su intensidad zonal son muy difíciles de ver en la fotografía en blanco y negro o sobre el terreno. Se puede generalizar diciendo que no hay ningún yacimiento mineral importante que no implique alteraciones, tanto amplias como específicamente locales, fáciles de detectar en las fotografías de color e imposibles de diferenciar en la fotografía en blanco y negro.

En el «Colorado Plateau», un estudio por medio de fotografía en color, de unas dos mil millas cuadradas de una zona productora de uranio, indicó que era frecuente encontrar débiles alteraciones en las rocas, reflejando

zonas mineralizadas que en su mayor parte estaban sin señalar en los estudios de campo. En la región de Big Indian, una película infrarroja con una combinación especial de filtros mostró en la formación Chinle un cambio de color de rojizo en amarillento cerca de las zonas de mineralización, que no pudo ser visto ni sobre el terreno ni en la fotografía en blanco y negro.

Ciertos tipos de vegetación, en muchas áreas, son bastante sensibles a pequeñas concentraciones de elementos raros, y las anomalías producidas en dichos tipos de vegetales son una ayuda para descubrir depósitos minerales. Por ejemplo, en un radio aproximado de una milla de un yacimiento de cinc y plomo, donde las soluciones hidrotermales o las aguas subterráneas contengan pequeñas cantidades de cinc o manganeso, puede haber un considerable cambio en el tipo de vegetación. Estas variaciones en la vegetación pueden ser detectadas hasta cierto punto en la fotografía en blanco y negro, pero la película infrarroja producirá, generalmente, mucho mayor contraste.»

Aunque quizá Laylander supervalore un poco las fotografías en color con respecto a las obtenidas en blanco y negro, ya que creemos que estas últimas son también, a veces, útiles para el descubrimiento de depósitos minerales subsuperficiales: sin embargo, hay que tener en cuenta la experiencia de este autor, basada en el estudio de unas 40.000 fotografías de gran escala, en color, en gran número de distritos mineros.

Los resultados de una investigación, en California, Nevada y Utah, respecto al color de las formaciones geológicas y sus variaciones son verdaderamente interesantes:

1) Los colores de las muestras de rocas, tomadas a mano y vistas de cerca, son más vivos que los colores de áreas más extensas de las mismas vistas a distancias de más de 300 pies.

2) Distintos observadores, usando el sistema de Munsell de tabulación de colores, pueden obtener diferentes determinaciones bajo las mismas condiciones.

3) Lograr la verdadera representación de un color no es necesariamente esencial para el uso de la fotografía en color con fines geológicos.

4) Una pérdida de percepción cromática y de agudeza visual ocurre cuando aumenta la distancia de visión. Sin embargo, el principal motivo de estas pérdidas es la bruma existente en la atmósfera y no la distancia en sí.

5) Los efectos de la bruma atmosférica son más pronunciados en los valles que en las tierras altas. (En valles, algunas diferencias de color son ya imposibles de apreciar a una distancia de unas dos millas.)

6) Los elementos causantes de la bruma atmosférica parecen confinados a una capa relativamente delgada junto a la Tierra. Así, la bruma tiene mayor influencia sobre los colores vistos por un observador terrestre, mi-

rando a través de la mayor dimensión de esta capa, que sobre estos mismos colores registrados por una cámara aérea, mirando a través de la menor dimensión de dicha capa.

7) Se pueden obtener buenas fotografías en color, sobre todo de zonas altas, volando a más de 10.000 pies de altura, entendiéndose por buenas fotografías aquellas que muestran buena diferenciación de tonos y casi verdadera representación de los colores reales.

8) Los colores varían en lo que pudiéramos llamar su «fuerza» con respecto a la intensidad con que impresionan la película. El amarillo, por ejemplo, es un color fuerte, y las fotografías de áreas en las que predomina dicho color tienden a aparecer como con demasiada exposición. Así, pues, al fijar los tiempos de apertura conviene tener en cuenta este factor.

* * *

Lamentamos que razones económicas nos impidan publicar algunas fotografías en color, mostrando de un modo sorprendente ciertas alteraciones producidas por depósitos minerales que no pueden ser detectadas en la fotografía en blanco y negro, y menos aún sobre el terreno

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

UN SIGLO DE APLICACION DE LA ESPECTROQUIMICA A LA GEOQUIMICA ESPAÑOLA

RESUMEN

Se consideran en este trabajo las aplicaciones del análisis espectroquímico en el campo de la Geoquímica y Ciencias Conexas; como la Geonucleónica y Paleobioquímica publicadas en España durante el período 1860-1960, por el se aprecia el interés que desde el primer momento despertaron estas aplicaciones entre los científicos españoles y la gran labor realizada en dicho período. El número de publicaciones catalogadas es de 80 y en el conjunto de ellas se aprecia una importante aportación de la escuela española de análisis por arco con corriente continua, en el campo de la Geoquímica.

ABSTRACT

We study up in this work the applications of the spectrochemical analysis in the field of Geochemistry and related sciences as Geonucleonic and Paleobiochemistry published in Spain during the period 1860-1960 and through which may be appreciated the interest waked from the first moment, among Spanish scientists and the great work carried out during the period cited above.

The number of publications scheduled is about 80 which is an important contribution of the Spanish School of Analysis by arc with direct current in the field of Geochemistry.

INTIACION DE ANALISIS ESPECTROQUIMICO

Podemos remontar a los descubrimientos de Gustavo Kirchhof de 1859, acerca del enigma de las rayas oscuras del espectro solar, el punto de partida de las aplicaciones prácticas de la espectroscopia a la astrofísica, siendo grande la emoción que causó al mundo científico contemporáneo de este sabio de treinta y cinco años, la Memoria presentada en la Academia de Ciencias de Berlín el jueves 27 de octubre de 1859, en la que se sientan las leyes fundamentales del análisis espectroquímico.

Pronto establece nuestro físico colaboración en este campo, con otro

investigador eminente, que es Roberto W. Bunsen, publicando ambos en 1860 el trabajo titulado «Análisis químico por medio de las observaciones espectrales». Con su lectura se aprecia haber llegado a ser una realidad la nueva técnica fisicoquímica de análisis, la espectroquímica.

INTRODUCCIÓN EN ESPAÑA

En aquellos años vivía en Santiago de Compostela un ilustre catedrático de Química General, que era Licenciado en Filosofía, en Farmacia y en Medicina y Doctor en Química D. Antonio Casares Rodríguez, nacido en Monforte de Lemos en 28 de abril de 1812, quien había comenzado su magnífica labor analítica en 1837 con el análisis de las aguas mineromedicinales de Caldelas de Reyes y de Cuntis y continuada sistemáticamente con la casi totalidad de las aguas que a mediados del pasado siglo tenían interés clínico. Creador y primer Decano de la Facultad de Farmacia de Santiago, tiene estrechas relaciones con Bunsen, investigador de aficiones y edad análogas, las cuales fueron todavía más cordiales en 1860 al recibir su publicación y ver la gran utilidad del espectroscopio para la determinación de los metales alcalino y alcalinotérreos, así como lo fácil que era la construcción de este instrumento.

Con gran ilusión comienza el montaje del milagroso aparato, con la colaboración de un destacado naturalista, su hijo mayor, el farmacéutico Fermín Casares, que posteriormente fue profesor de la Universidad compostelana. Este hecho situó a España cronológicamente en el segundo país que se dedicó al análisis espectroquímico y, por tal motivo, se celebraron en 1960 dos actos, uno organizado por la Real Sociedad de Física y Química, en 8 de marzo; y otro, por el Curso Universitario de Verano de Vigo, en 3 de septiembre, donde pronunciamos las conferencias: «Cien años de análisis espectroquímico en España» y «La Universidad de Santiago adelantada del análisis espectroquímico en Occidente».

APLICACIÓN A LA GEOQUÍMICA

El análisis espectroquímico alcanza relieve mundial en 1860, al descubrir sus fundadores el cesio, al encontrar dos líneas azules desconocidas en la emisión de los residuos de las aguas madres de las salinas de Durcheimer y el rubidio al apreciar dos líneas rojas en una lepidolita de Sajonia.

En aquella época de oro de la Universidad de Compostela, se continuaba entre los químicos, con la misma preocupación que unos años antes condujo a dos ingenieros de Minas españoles, a del Río y a F. Elluyar a descubrir

sus elementos el eritromio o vanadio y el volframio, al estudiar la composición de los cuerpos naturales. Para satisfacer esta preocupación se disponía de una magnífica materia prima gallega, consecuencia de su geología y su tectónica, las aguas minerales, composición en la que estaban interesados los médicos y pacientes, por esperar de la misma la razón de sus virtudes curativas. Al llegar a conocimiento de nuestro laboratorio compostelano, del nuevo descubrimiento, en todas las aguas que se analizan se intenta identificar el rubidio y el cesio, lográndose esta aspiración en 1865, publicándose los primeros resultados de la aplicación del análisis espectroquímico a la geoquímica española en 1866 (1), en las cuales se destaca la existencia del rubidio en las Purgas de Orense, en Verín y en Loujo, y del cesio en las dos últimas. En el mismo año describe en otra publicación (2) la aplicación del espectroscopio a este campo.

Con esta identificación todavía aumentó el ganado prestigio como analista del que fue Rector de la Universidad, y acuden a su laboratorio los propietarios de los manantiales mineromedicinales más importantes de España, para que les analicen las aguas de sus fuentes.

Después de haber sido España uno de los países donde primero se aplicó el análisis espectroquímico, su campo se mantiene únicamente en el del análisis hidrogeológico efectuado por A. Casares y su hijo menor J. Casares, nacido en Santiago en 1866, manteniéndose toda manifestación escrita en un letargo de cuarenta y tres años, salvo el discurso pronunciado por este último el domingo 10 de marzo de 1895 en Barcelona (3), con motivo de su ingreso en la Academia de Ciencias. Concedor, discípulo y amigo de Bunsen amenizó la recepción con el tema «El espectroscopio y sus principales aplicaciones». En el campo de la espectroquímica no era investigador J. Casares, pues sólo lo utilizó como continuador de las técnicas que aprendió de su padre y de su hermano, perfeccionadas con las informaciones que recibía de los científicos contemporáneos, y por ello conoce a fondo el tema, para poder decir en su discurso «Cuánto trabajo y cuánta paciencia; cuántos hombres consagrando su vida a la simple medida de rayas y a mil estudios de detalle».

PERIODO 1909 A 1936

El año 1909 es el del renacimiento en España del análisis espectroquímico, en él se publica un trabajo (4) de J. Casares, donde se recopilan las técnicas cualitativas que había perfeccionado con Fresenius, entre las que figuran las de identificación espectral del litio, cesio, rubidio, potasio, bario y estroncio, siendo ésta la segunda y última comunicación que publicó sobre espectroscopia. Por fortuna se encuentra en París el Licenciado del Campo,

formándose en la especialidad geoquímica del análisis, con el profesor Urbain, en el Laboratorio de Química Mineral de la Sorbona. Entre las técnicas que perfecciona figura la espectroquímica, que es aplicada a las blendas de Picos de Europa, identificando en ellas el germanio, comenzando con este trabajo sus actividades en nuestro campo (5).

En el año 1912 se adquiere para España el primer espectrografo de ultravioleta, es de la casa A. Hilger y se destina al Laboratorio de Investigaciones Físicas, del cual procede la Sección de Espectroquímica del Instituto Nacional de Física y Química, formando parte actualmente del Instituto de Química-Física. Iniciado analíticamente el Dr. del Campo en un laboratorio geoquímico, sus primeras aplicaciones en España de la técnica aprendida en París, están orientadas en el mismo campo, estudia los sublimados blancos procedentes de la erupción de noviembre de 1909, del volcán Chinyero (Canarias), y en ellos encuentra aluminio, magnesio, hierro, titanio, estaño, plomo y plata, siendo éste el primer análisis cualitativo que se realiza en España, tanto en zona ultravioleta como en minerales sólidos.

Continúa el Dr. del Campo sus estudios espectroquímicos con las blendas españolas, para lo que consigue 68 ejemplares, en los que estudia con todo detenimiento el germanio, el galio y el indio contenidos en ellos (7). La última publicación de nuestro autor sobre geoquímica española se refiere al estudio que hizo con García Rodeja de las aguas de mar, habiendo encontrado el galio en las de Alicante (8).

Inicia sus trabajos en 1913, el verdadero instaurador del análisis espectroquímico semicuantitativo en España, el Licenciado Piña de Rubies, en el laboratorio creado por el profesor del Campo, y bajo la dirección de éste comienza un interesante estudio sobre las dunitas de los Urales, que les había remitido el profesor Hotz de Turín, con lo que Piña también se aficiona a las aplicaciones geoquímicas de la espectrografía. Amplia sus estudios en 1914 en el Laboratorio de Mineralogía de la Universidad de Ginebra, donde asimila rápidamente las sabias lecciones del profesor Duparc y comienza sus estudios a fondo sobre la geoquímica del platino, con los que prepara su tesis doctoral apadrinada por este investigador. Establece relaciones en 1915 con el ingeniero de Minas Orueta, descubridor de las formaciones platiníferas de la Serranía de Ronda, encargándole una serie de estudios espectroquímicos para aclarar la génesis de la formación platinífera peninsular, descubriendo el Dr. Piña dos variedades minerales, una la «Orueta», mezcla de bismuto nativo y gruenlingueta y otra remitida en 1920 al profesor Doelter para su estudio a fondo, que la denominó «Rubiesita», con fórmula Bi_4TeS_2 .

Como premio a esta valiosa aportación del profesor Piña al campo de la Geoquímica, le crean en el año 1915 un Laboratorio de Espectroquímica en

el Instituto Geológico. Introduce la voz «espectroquímica» en la literatura científica española en el año 1916, en sus publicaciones sobre el platino nativo (9 y 10), en las que establece sus primeros jalones para las valoraciones semicuantitativas. Es de interés el resultado de estas investigaciones, que han conducido a la identificación en los platinos nativos, de tres metales no citados anteriormente en estas menas: el níquel, el cobalto y la plata, con lo que se da por completo en ellos el grupo VIII y el 1.º bis de la clasificación periódica. El níquel y el cobalto también lo encontró en todas las dunitas, piroxenitas, gabros y kazanskitas que estudió (11 y 12).

Otro de los minerales seleccionado para hacer un estudio sistemático fue el aragonito, hace esta investigación Castro Barea (13), en esta especie mineral de nombre y origen español, identificó la presencia del magnesio en las siete muestras españolas estudiadas, elemento no detectado con anterioridad en aragonito alguno, y el plomo en el 56 % de los españoles.

Estudia Piña los minerales de bismuto con Gila (14), estableciendo conclusiones entre el color y la composición de las bismutitas. Analiza las blendas de la Sierra de Cartagena, formando su trabajo parte del publicado por Guardiola (15), en ellas encontró arsénico, antimonio, silicio, titanio, germanio, estaño, magnesio, aluminio, calcio, manganeso, hierro, galio, níquel, cobre, cinc, cadmio, talio, plomo, plata y oro. Pasa la aplicación de sus técnicas de arco con corriente continua al análisis de los minerales de manganeso, son 95 los estudiados de la Península y Marruecos con Dorronsoro (16), y en ellos detectó por primera vez el vanadio y el titanio. El haber encontrado en más ocasiones de las esperadas el vanadio, le induce a efectuar un estudio sistemático de este catión (17), lo identifica en muchas rocas, peridotitas, basaltos, limburgitas, piroxenitas, granitos, labradoritas, cuarzitas, esquistos, en meteoritos caídos en España y, como es natural, en las arenas de mar y en las arcillas, así como en los grupos minerales estudiados anteriormente de bismuto, manganeso y estaño, destacando una correlación geoquímica paralela entre el vanadio y el titanio.

Se plantea en el Instituto Geológico un problema interesante. En unas arenas de Vizcaya, se había encontrado por dos laboratorios particulares una importante cantidad de estaño, que dio lugar a la correspondiente concesión minera. De estas mismas arenas se remite una fracción para su análisis en el Laboratorio Químico del Instituto Geológico y el resultado es negativo, pasa al de espectroquímica y da análogo resultado. Se preparan entonces unas escalas con sílice, desde el supuesto contenido en estaño, hasta el 0,01 %, y se ve cómo en los espectrogramas disminuye la intensidad de las líneas últimas y que éstas no aparecen en las arenas. Es en 1931 la primera vez que se aplica en España el análisis espectroquímico a un tema legal de

química mineral. Relacionado con los temas del estaño, efectúa un estudio de las estanninas cacereñas (19 y 22).

El análisis espectroquímico de los cationes de las aguas mineromedicinales, es de una gran importancia clínica y geoquímica, por ello un principiante en el campo de la espectroquímica presentó en la Facultad de Farmacia de Madrid, una tesis calificada en 28 de junio de 1926 con sobresaliente, en la que se daban por identificado en las diez aguas analizadas, una serie de cationes que no contenían, esta circunstancia animó a Piña a la realización del estudio sistemático de las aguas minerales españolas (20, 21 y 27), en el que colaboraron Sirvent D'Argent y Amat.

Los estudios siguientes se refieren a las platas nativas con Miláns de Bosch (23-24) y a los cobres nativos con Doetsch (25), en éste identifican con el cobre, además del silicio, los cationes siguientes: magnesio, aluminio, calcio, titanio, vanadio, manganeso, cobalto, níquel, cinc, estroncio, molibdeno, indio, antimonio, bario y el oro, y destacan que el germanio identificado por otros autores, ellos no lo encuentran en las mismas formaciones, a pesar de operar con una sensibilidad de 0,0005 %. Ambos autores investigan entre los minerales de plomo (26) los diversos cationes, con interesantes identificaciones y contenidos relacionales de algunos. Efectúa con Marín un estudio sobre la composición de las menas potásicas de Cataluña y Navarra (28), estableciendo correlaciones con la coloración, y fijan el hierro como causante de la roja y el sodio coloidal de la azul.

Por los minerales que comenzó del Campo sus trabajos, finaliza Piña su gran labor, en esta ocasión en colaboración con López de Azcona (29, 30 y 31). Se persiguen dos fines, ver qué cationes se pueden detectar en las blendas españolas, recurriendo a técnicas de concentración en arco, para evitar contaminaciones, y qué relación hay entre éstos y el color.

No hemos de olvidar que de los primeros pasos de una posible aplicación de la bioquímica a la prospección, que hoy tiene tanta importancia, fueron los dados por Piña de Rubiés en 1931 para la identificación de los cationes asimilados por diversas especies arbóreas.

PERÍODO 1939 A 1960

En 1936 cesa Piña en su labor investigadora, sólo realiza desde este momento análisis de productos metalúrgicos en serie, falleciendo en el invierno 1939-40 el científico a quien España debe el haber figurado en la primera fila del análisis espectroquímico desde 1916 a 1936.

Aguas mineromedicinales

Si la primera aplicación del análisis espectroquímico fue en muchos países el análisis elemental de los cationes de las aguas mineromedicinales con resultados afortunados, era natural no abandonar este campo y, por ello, en la primera publicación sistemática (55) aparecen los resultados de 50 muestras portuguesas entre los ríos Duero y Miño, 58 de Galicia y 36 del resto de España peninsular. Los doce elementos encontrados en todas las muestras son: aluminio, bario, calcio, cobre, hierro, potasio, litio, magnesio, manganeso, sodio, silicio y estroncio, y los catorce hallados en algunas son: plata, berilio, cobalto, cromo, galio, germanio, molibdeno, níquel, plomo, antimonio, estaño, titanio, vanadio y circonio. Con estos análisis se confirmó la opinión de que la mayor parte de las aguas se mineralizan secundariamente con estos elementos a costa de los contenidos en pequeñísimas cantidades en los terrenos que atraviesan.

Varias veces hemos insistido en el análisis espectroquímico de las aguas (51 y 52), y como modelo de estudio sistemático de aguas mineromedicinales (65), para las Memorias explicativas de las Hojas geológicas, se hizo la de Petanzos, donde existen cuatro manantiales clandestinos y cinco oficiales, criterio seguido posteriormente en otras Memorias de Hojas geológicas de Galicia.

El estudio de las aguas de la provincia de La Coruña (52), publicado en la (59) Memoria explicativa de su Hoja, se continuó con el de las aguas de Pontevedra, en las 73 consideradas, se dan cinco análisis espectroquímicos nuevos (67).

Suelos

Es de fundamental importancia agrícola y biológica la composición elemental de las tierras de cultivo, en un primer intento (42-50) se analizaron sesenta y siete muestras, apreciándose que algunos de los cationes como aluminio, bario, berilio, calcio, cobalto, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio, níquel, silicio, estroncio y titanio aparecen en todas las muestras, y otros en más del 80 %, como litio, plomo y vanadio.

Carbones

Un estudio sistemático de cenizas de carbones asturianos (56-57), tomando como base 50 muestras, nos condujo a la conclusión de que en todas las muestras había: aluminio, boro, calcio, cobre, cromo, hierro, magnesio, manganeso, sodio, silicio, titanio y vanadio y en alguna berilio, y en otras berilio, cobalto, galio, germanio, lantano, estroncio y circonio.

Aragonitos

El estudio de siete aragonitos efectuado en 1919 por Castro Barea (13) se completó con 63 muestras españolas y 8 extranjeras (60), habiéndose detectado los veinte cationes siguientes: plata, aluminio, bario, calcio, cobalto, cobre, hierro, gadolinio, mercurio, potasio, lutecio, magnesio, manganeso, sodio, niquel, plomo, silicio, estroncio, titanio e yterbio.

Silicita y sal común

Los estudios realizados en 1936 sobre las menas potásicas (28) necesitaban ser completados, y así lo fueron en 1948 (62) con dos elementos investigados detenidamente, que fueron el plomo y el manganeso.

Minerales de plomo y cinc

El trabajo publicado en 1934 sobre el estudio espectral de minerales de plomo (25) fue ampliado en 1942 a 973 muestras de procedencia muy diversa. Como consecuencia de este estudio (36) se establecieron, entre otras, las conclusiones siguientes: Presencia en casi todas las muestras de la plata (98 %) y del antimonio (78 %), asociaciones del cadmio cuando contienen cinc, del germanio en los que contienen cadmio y cinc, del vanadio en los que dan titanio, del indio en los de estaño y del berilio en los que contienen aluminio. Los elementos del grupo de las «tierras raras» sólo los encontramos en las piromorfitas, y el oro y el platino en las galenas. También se efectuó un estudio de nueve muestras de la provincia de Lugo, de plomo y cinc (49).

Los trabajos sobre el estudio de las blendas, publicados en el período 1909 a 1936, quedaron incompletos a pesar de haber sido un avance fundamental en el conocimiento de los sulfuros de cinc españoles. Para un conocimiento de los sulfuros de cinc españoles. Para un conocimiento más detallado efectuamos un estudio sistemático de las blendas de la Península con Fratle (41), utilizando dos muestras portuguesas y 115 españolas, en las que se detectaron 28 cationes y algunas asociaciones como la del indio con el estaño, la del antimonio con el plomo y la del cobalto con el hierro, el cual se completó con 16 diversos países (40), viendo que hay cinco elementos muy frecuentes en las mismas, que son plata (89 %), cadmio (90 %), galio (53 %), plomo (94 %), estaño (57 %).

Cinabrios

Para el estudio de los cinabrios (44-45) se utilizaron 67 muestras, de ellas 40 son españolas, en las cuales se encontraron 32 elementos diferentes del

mercurio, y el azufre, habiéndose encontrado entre las asociaciones existentes entre la mayoría de las muestras que contienen a sus respectivos elementos, las siguientes: cesio con rubidio, el potasio con el sodio y litio, el bario con el magnesio, el wolframio con el molibdeno, el oro con la plata y el cobre, el bismuto con el arsénico, y el antimonio y el circonio con el titanio.

Antimonitas

Del estudio espectroquímico llevado a cabo por Pérez Mateos y Gárate (64) sobre 34 muestras de antimonitas, se han identificado 22 elementos distintos, que se encuentran al estado de impureza en las antimonitas. Entre las asociaciones de elementos que observados, dan como segura la del In, encontrado solamente en ejemplares que contenían Sn, y la que parece existir entre el contenido en Ag, Cu y Pb.

Sulfuros de cobre

Consecuencia del estudio espectroquímico llevado a cabo en las muestras de sulfuro de cobre por Pérez Mateos y Gárate (63) fue la identificación de 23 elementos distintos que, en general, acompañan como «elementos secundarios» a los sulfuros de cobre analizados. La plata y el hierro se encuentran en la proporción de un 96 y un 92 por 100, respectivamente, confirmando esta observación la presencia casi constante de estos elementos en aquellos sulfuros de cobre cuya formación tiene lugar a temperaturas elevadas. Algunos elementos químicos, sólo se encuentran en cantidad sensible espectroquímicamente cuando el mineral tiene otro elemento, como ocurre, por lo general, con el antimonio en los ejemplares que contienen plomo y el indio en los que tienen estaño.

Scheelitas

La doctora Pérez Mateos estudia espectroquímicamente 13 scheelitas españolas, de la que da su composición (75).

Turmalinas

La curiosidad de relacionar la composición elemental de la turmalina con su color, se investigó en (43-47), con motivo de la tesis doctoral que dirigimos a Pérez Mateos, en ella se dedujo de las 25 muestras consideradas, que las turmalinas con valores mayores de hierro son las verdes, pardas y negras. Las de mayores proporciones de litio las rosadas azules y verde limón, en las verdes y las bicoloradas es igual o menor del 1 por 100, y las pardas y negras no lo suelen contener. Las turmalinas de mayor contenido en man-

gareso son las pardas y negras, y las bicoloreadas y verde noble son de pequeños contenidos, y en las restantes figura en proporciones menores del 0,01 por 100.

Niobitas y tantalitas

La existencia de importantes formaciones de niobio y tántalo en la provincia de La Coruña, fue descubierta en 1945 por técnicas de prospección geoquímica con ayuda de los métodos espectroquímicos, las cuales se aplican después a varios puntos de las provincias de Coruña y Orense (71). Consecuencia de estos trabajos fueron dos series de análisis que se efectuaron, uno de la zona de Boiro, con 138 muestras, en las que se valoraron plata, oro, berilio, bismuto, litio, niobio, níquel, platino, antimonio, estaño, tántalo y circonio, y en algunas de ellas: cerio, disprosio, erbio, gadolinio, holmio, lantano, neodimio, samario, tulio, terbio, e itrio, habiéndose establecido como media de ochenta y dos análisis, un valor de 14,7 para la relación atómica Nb/Ta. En la serie de análisis de la zona de Noya, con 83 muestras de menas de niobio y tántalo, en las que se determinaron los mismos elementos que en la de Boiro, el valor deducido para la relación atómica Nb/Ta fue de 11,6 (74), superiores ambos a los más modernos y ligeramente inferiores a los establecidos por Goldschmidt en 1937 (76).

Crudos petrolíferos

La composición molecular con todos sus enlaces, es uno de los principales datos que proporciona el estudio por espectroscopia de absorción de los crudos petrolíferos, la cual es fundamental para las refinerías, así como para los tanques, cisternas, oleoductos, etc., pero también tiene importancia grande la elemental, por ello se ha trabajado en este campo activamente, comenzando por el estudio de productos obtenidos de los mismos crudos, para los que era más fácil establecer técnicas, así ocurrió con la valoración del $Pb(Et)_4$ en las gasolinas, y de cationes en general en los aceites lubricantes, con ellas puestas a punto (73), como se dio a conocer en la conferencia (en prensa) del Curso de Petróleos de 1959-60 de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, se pueden efectuar estudios sistemáticos en los crudos petrolíferos, lo que estamos iniciando con las pocas manifestaciones encontradas hasta la fecha.

Meteoritos

Para poder cumplir los compromisos internacionales se hizo un estudio espectroquímico de los 21 meteoritos caídos en España, con muestra disponible de los mismos (68), el cual ha proporcionado resultados interesantes.

Estudios sistemáticos

El conocimiento de un caudal considerable de datos de análisis, se resumió en 1947, en una publicación de gran utilidad (54), y posteriormente a dicha fecha, se continuó este tipo de estudios, como se puede apreciar por los datos que figuran en esta recopilación.

Estudios esporádicos

En las publicaciones de los últimos veinte años, se encuentran algunos análisis esporádicos interesantes. Gracias al análisis espectral, pudimos identificar en una serie de preciosos ejemplares de apatito verde, que había encontrado el ingeniero Carbonell en Hornachuelos, el manganeso en cantidades que permitieron clasificarlos como manganospatitos, variedad no citada anteriormente en España (37).

Con ocasión de la intensificación de las investigaciones auríferas por el Instituto Geológico y Minero en el año 1940, se vio la necesidad de aumentar la sensibilidad de las técnicas espectrales para una posible prospección geoquímica. Se vio que las concentraciones más indicadas eran la electroquímica y la piroeléctrica, gracias a ellas se llegó a sensibilidades de: $5 \cdot 10^{-7}$ g. en el Au, Pd, Pt y Ru y de $2 \cdot 10^{-6}$ en el Ir (39), con ellas se realizaron interesantes prospecciones geoquímicas.

Al estudiar unos interesantes cristales mosaico de Pechblenda procedentes de Sierra Albarrana, por medios espectroquímicos, se pudo completar los datos que se tenían por otras técnicas y demostrar que la variedad denominada «cordubita» por Carbonell era una pseudomorfosis de berilo (34).

La determinación de los elementos en pequeñas proporciones en 40 moscovitas españoles y portugueses, fueron el tema de un trabajo de Barros en el que se hace la valoración del litio, plata, magnesio, manganeso, estaño, vanadio, cobre, calcio, titanio, plomo, níquel, hierro y cromo (80).

Paleobioquímica

En un trabajo, en prensa (79), se efectúa un estudio paleobioquímico de los seres marinos miocenos en 291 muestras pertenecientes a 28 géneros y 32 parajes. El estudio se completa con el análisis de 25 muestras actuales correspondientes a 9 de los géneros estudiados en las fósiles. Los 22 cationes identificados se consideran en su aspecto químico, biológico y paleontológico, lo que ha permitido establecer las correspondientes conclusiones y formar una tabla periódica paleobioquímica del Mioceno marino de la Península Ibérica. Se dan en la publicación las concentraciones encontradas para los distintos cationes y las posibles causas de su carencia o enriquecimiento.

Geonucleónica

Las técnicas de datación tienen en general como base la medida de una manera lo más precisa posible de los elementos cabeza y fin de serie radiactiva. Cuando no se dispone de medios para realizar la valoración isotópica que permita efectuar las correcciones por contaminaciones, la técnica se limita a valorar la pléyade de ambos elementos, así como de aquellos que geoquímicamente se consideren como asociados con posibles contaminadores del de fin de la serie. Tanto éstos como el final de serie por lo general se tienen que valorar espectroquímicamente por su pequeño contenido. La iniciación en España de estos problemas geonucleares, tuvo lugar con la datación de una pectólita de Sierra Albarrana, de una betaíta de la mina «La coma» y de una torbenita de Colmenarejo, para los que se establecieron como edades 400 m. de a., 800.000 años y 420 m. de a. (35-38).

La necesidad indicada anteriormente, obligó a un estudio sistemático de la sensibilidad espectroquímica de los elementos que intervienen en la datación, y por métodos directos se vio eran: $U...10^{-1}$, $Th...10^{-2}$, $Pb...10^{-6}$, $Rb...10^{-2}$, $Sr...10^{-5}$, $K...10^{-1}$, $Ca...10^{-1}$, $Lu...10^{-6}$, $Sm...10^{-4}$, $Ne...10^{-4}$ (32-33).

Gracias al estudio espectral efectuado en 26 turmalinas de diversas procedencias y coloraciones, se pudo establecer una interesante conclusión geonuclear, esto es, que la mayor parte del plomo contenido en todas las muestras es radiogénico (43-53).

Para la datación de minerales paleozoicos y primitivos, es de gran interés la técnica $Rb^{87}-Sr^{87}$ aplicada principalmente a las micas, por ello se estudió una técnica presentada en el Coloquio espectroquímico de Münster (67) con excitación con llama, que resultó práctica tanto por su sensibilidad como por la precisión, pero con el inconveniente, como todas las que no están basadas en separación isotópica, de que no se puede efectuar la corrección de las contaminaciones.

Con el mismo fin se estudió una técnica espectral por emisión, con excitación por arco deflagrante y encendido automático (70), presentada en el Congreso de la microquímica. Con esta técnica se hicieron las dataciones de veinte micas de pegmatitas gallegas, publicadas en la Memoria de la Hoja Geológica de Tuy (66), completado hasta 60 en el trabajo dirigido a Mingarro (78).

Técnicas

Las aplicaciones de las técnicas espectroquímicas a la geoquímica obligaron a perfeccionarlas por razones fundamentales: una la necesidad de aumento de la sensibilidad, otra el no ser conductores las rocas, así como la mayoría de los minerales, la diferente volatilidad de los componentes, etc.

Es fundamental en espectroscopia al evitar con las muestras toda clase de manipulación química, por la complicación de ésta, así como por los elementos extraños que pueden contaminar la muestra. Para conseguir mayores sensibilidades se recurrió a métodos de concentración piroléctricos, iniciados por Piña y Doetsche en 1934 y perfeccionados posteriormente al mismo tiempo que se daba entrada a la electrolisis (39). Dos técnicas de comprimidos puso en marcha la Escuela española, con fines totalmente diferentes: una consistía en hacer electrodos conductores de muestras no conductoras para su utilización en la excitación por chispa (54), la otra basada en la preparación de comprimidos adecuados para producir una excitación normal o por arco deflagrante (46-72), de manera que emitan simultáneamente cationes con puntos de volatilización muy diferentes.

Con el fin de valorar los cationes de las aguas minero-medicinales se estudió una técnica (58) de corriente enderezada, con los electrodos sumergidos en la misma, con ella se evita la obtención del agua madre o del residuo seco, pero tiene como inconveniente una disminución grande de la sensibilidad.

Estas técnicas también hubo que ampliarlas para el caso de líquidos como el de crudos petrolíferos, mencionada anteriormente, y se establecieron dos series de ellas, unas fundadas en la alimentación del líquido en el manantial excitador por chispa, por capilaridad y otros por inyección con aire (73).

En otras ocasiones, los problemas planteados se redujeron a la adaptación de técnicas, ya utilizadas en nuestros laboratorios, pero aumentando la sensibilidad y rapidez (61), o como el caso concreto de las asociaciones de uranio con níquel y cobalto Monasterio, donde estos dos cationes sirven como guía en la prospección geoquímica (78).

Efecto estructural

Como complemento del estudio del efecto de estado fisicoquímico en la emisión espectral de los productos metalúrgicos, donde se puede seguir el historial de una muestra y su cambio de propiedades físicas, se inició hace un decenio, el estudio del efecto estructural en los monocristales, cristales mosaico y cristales múltiples, tanto naturales como artificiales, habiéndose apreciado las variaciones que producen en la emisión espectral el cambio de plano de excitación por chispa, siempre que ésta se realiza en condiciones adecuadas, conclusión de gran importancia cristalográfica.

CONCLUSIÓN

De la lectura de esta recopilación, se aprecian importantes aportaciones de la Espectroquímica en el campo de Geoquímica, haciendo análisis siste-

máticos bien orientados y cuando fue necesario, estableciendo técnicas nuevas.

Es justo destacar que la técnica directa de análisis por arco con corriente continua y electrodo de carbón, de la que fue defensor Piña de Rubí durante la segunda y tercera década del siglo con las múltiples variantes, según la naturaleza de los problemas, introducidos por dicho investigador, se dan hoy como novedades en muchas comunicaciones científicas de los países más adelantados en el campo de la espectroquímica.

También es digno de mencionar, el que, diversos centros científicos han solicitado la colaboración española para el estudio de temas geoquímicos, desde las dunitas de los Urales a las aguas minerales portuguesas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CASARES RODRÍGUEZ, A. (1866): *Descubrimiento de los dos nuevos metales rubidio y cesio en varias aguas minerales de Galicia*. «Los Prog. de las Cienc. Exac. Fis. y Nat.», XVI, 16 de febrero.
- (2) — (1866): *Tratado práctico de análisis químico de las aguas minerales y potables*. Editor A. Callej. Madrid.
- (3) CASARES GIL, J. (1895): *El espectroscopio y sus principales aplicaciones*. «Mem. de la Real Acad. de Cienc. de Barc.», época 3.ª, 11, pág. 177.
- (4) — (1909): *Consideraciones acerca de algunos métodos empleados en el análisis de aguas minerales*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», VII, págs. 466-474 y «Rev. Real Acad. de Cien. Exac. Fis. y Nat.», VIII, pág. 131.
- (5) URBAIN, G. DEL C.; ANGEL Y SCAL, C. (1909): *Estudio espectrográfico de las blendas. Investigación acerca de la blenda de Picos de Europa. Presencia del Germanio en la misma*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», VII, págs. 432 a 442, y «Rev. Real Acad. de Cien. Exac. Fis. y Nat.», VIII, pág. 49.
- (6) CAMPO, A. DEL. (1912): *Los sublimados blancos del Volcán Chinyero (Camarías)*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», X, págs. 431 a 449.
- (7) — (1914): *Estudio espectrográfico de las blendas españolas*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XII, págs. 80 a 96.
- (8) — y GARCÍA RODEJA, V. (1914): *Espectrografía oceánica*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XII, págs. 78 a 80.
- (9) PIÑA DE RUBÍES, S. (1916): *La présence du nickel dans le platine natif*. «Arch. des Sc. Phys. et Nat.», págs. 475 a 478.
- (10) — (1916): *Estudio espectroquímico del platino nativo*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XIV, págs. 312 a 360.
- (11) — (1917): *Acerca de la presencia del níquel y del cobalto en las cromitas*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XV, págs. 61 a 68.
- (12) — (1917): *Acerca de la presencia del níquel y del cobalto en las cromitas y en el platino nativo*. «Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», XVII, págs. 143 a 148.
- (13) PIÑA DE RUBÍES, S. y GILA ESTEBAN, F. (1921): *Estudio químico y espectroquímico de los minerales de bismuto de España*. «An. Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XIX, págs. 347 a 386.

- (14) CASTRO BAREA, P. (1919): *Los aragonitos españoles*. «Trab. del Mus. de Cienc. Nat.», XXIV, 112 págs. Madrid.
- (15) GUARDIOLA, R. (1922): *Nota sobre la composición de las blendas de Cartagena*. «Bol. Inst. Geol. de Esp.», XLIII, págs. 157 a 195.
- (16) PIÑA DE RUBÍES, S. y DORRONSORO, J. (1929): *Estudio espectroquímico de los minerales de manganeso españoles*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXVII, págs. 778 a 786.
- (17) — (1930): *La presencia de vanadio en las rocas y minerales españoles*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXVIII, págs. 1110 a 1116.
- (18) — (1931): *Análisis espectrográfico de las arenas de Vizcaya*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, III, págs. 47 a 50.
- (19) — (1931): *La presencia de la estannina en España. Su composición*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXIX, págs. 699 a 705.
- (20) — (1931): *Determinación espectrográfica de los cationes de algunas aguas minero-medicinales españolas. 2.ª*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXIX, páginas 653 a 658.
- (21) — y SIRVENTR D'ARGENT, C. (1931): *Determinación espectrográfica de los cationes de algunas aguas minero-medicinales españolas. 1.ª*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXIX, págs. 235 a 246.
- (22) RUIJO, E. y PIÑA DE RUBÍES, S. (1931): *Criaderos con estannina de la provincia de Cáceres*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», LII, págs. 159 a 198.
- (23) PIÑA DE RUBÍES, S. y MILANS DEL BOSCH, I. (1932): *Estudio espectrográfico de las platas nativas de España*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», LIII, págs. 269 a 295.
- (24) — (1932): *Estudio espectrográfico cuantitativo de los minerales de España*. «An. Soc. Esp. Prog. de las Cienc.», págs. 35 a 43.
- (25) — *Estudio espectral de algunos de los cobres nativos*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, págs. 43 a 60.
- (26) — y DOETSCH, J. (1934): *Análisis espectral con arco de los minerales contenidos en los minerales de plomo*. IX Cong. Int. de Quím. Pura y Aplicada, VI.
- (27) — y AMAT BARGUES, M. (1935): *Espectroanálisis en arco de algunas aguas medicinales españolas*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXXIII, págs. 765 a 766.
- (28) MARÍN, A. y PIÑA DE RUBÍES, S. (1936): *Aplicación del espectro al estudio de las menas potásicas*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, VI, págs. 77 a 89.
- (29) PIÑA DE RUBÍES, S. y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1936): *Análisis espectral de la blenda por concentración piroeléctrica*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXXIV, págs. 307 a 314.
- (30) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1936): *Estudio espectral de la blenda de Alicia (Santander)*. «Bol. de Minas, Met. y Comb.», XXI, págs. 339 a 408.
- (31) PIÑA DE RUBÍES, S. y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1937): *Relación entre el color y la composición espectroquímica de la blenda de Alicia (Picos de Europa)*. «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», XXXV, págs. 180 a 185.
- (32) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. y LEAL LUNA, J. (1940): *Spectroscopic sensibility of the elements that intervene in the determination of geological age by atomic desintegration*. «Rep. of the Committee on the measurement of Geological Times», página 131.
- (33) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1941): *Spectroscopic sensibility of the elements that intervene in the determination of geological age by atomic desintegration 2nd parte*. «Rep. of the Committee on the measurement of Geological Time», pág. 114.
- (34) — y ABBAD BERGER, M. (1941): *A pseudomorph. of pitchblende after beryl, from the*

- Sierra de la Albarana (Córdoba)*. «Rep. of the Committee on the measurement of Geological Time», pág. 115.
- (35) CASARES LÓPEZ, R.; LÓPEZ DE AZCONA, J. M. y LEAL LUNA, J. (1942): *Aplicación del método del plomo a la determinación en años de la edad de minerales de Madrid y Córdoba*. «Rev. de Geol.», págs. 113-121.
- (36) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1942): *Estudio geoquímico de los minerales de plomo*. «ION», II, págs. 446 a 57.
- (37) — y ABBAD BERGER, M. (1942): *Manganoapatito de Hornachuelos (Córdoba)*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, X, págs. 159-160.
- (38) — CASARES LÓPEZ, R., y LELA LUNA, J. (1942): *Age in years of three Spanish Minerals*. «Rep. of the Committee on the measurement of Geological Time», páginas 49 a 50.
- (39) — y PARDO PARDO, P. (1942): *Valoración espectroquímica de los metales nobles en los minerales, previa concentración iocimástica o electrolítica*. «Spectrochimica Acta», II, págs. 185 a 201.
- (40) — (1943): *Estudio Geoquímico de las Biendas*. «Min. y Metal.», núm. XXI, págs. 3-13.
- (41) — y FRAILE ALCARRAZ, M.^a C. (1943): *Estudio espectroquímico de las biendas de la Península Ibérica*. «Las Ciencias», VIII, núm. 3, págs. 535-543.
- (42) DEAN GUELLENZU, M.; SANTOS RUIZ, A., y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1944): *Estudio espectroquímico de algunos suelos españoles*. «An. Inst. Esp. de Edaf. Ecol. y Físio. Veg.», III.
- (43) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1944): *Relación entre el color y la composición espectroquímica de las turmalinas*. «Alfa», núm. 3, págs. 33 a 37.
- (44) — (1944): *Estudio geoquímico de los cinabrios*. «Alfa», núm. 9, págs. 7 a 12.
- (45) — y SANCHEZ SERRANO, E. (1944): *Estudio espectroquímico de los cinabrios*. «An. de Fís. y Quím.», XI, págs. 379 a 389.
- (46) — (1944): *Preparación de electrodos con sustancias no conductoras para su análisis espectroquímico*. «An. de Fís. y Quím.», XI, págs. 791 a 93.
- (47) PÉREZ MATEOS, J. (1944): *El color en la turmalina*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., núm. 13, págs. 217 a 287.
- (48) BARCELÓ MATUTANO, J. (1945): *La presencia del titanio en las arenas negras de las Islas Canarias*. «An. R. Soc. Esp. Fís. y Quím.», XLI, págs. 280 a 83.
- (49) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1945): *Estudio espectroquímico de los minerales de plomo y cinc de la provincia de Lugo*. «Bol. R. Acad. Gallega», XXIV, págs. 220 a 224.
- (50) — y DEAN GUELLENZU, M., y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1945): *Composición elemental de las arcillas españolas*. «Bol. Inst. Geol. y Minero», LVIII, págs. 437 a 473.
- (51) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1947): *Análisis espectral de las aguas minero medicinales*. I Cong. Lus-Esp. de Hidrología, págs. 27 a 34.
- (52) — (1947): *Las aguas minero-medicinales de la provincia de La Coruña*. Cong. Lus-Esp. de Hidrología, págs. 133 a 142.
- (53) — (1947): *Is there lead of radioactive origin in tourmaline?* «Rep. of the Comm. on the Meas. of Geol. Time», págs. 60 a 62.
- (54) — (1947): *Datos estadísticos de elementos escasos en minerales y cenizas*. «O. Instituto», CX, págs. 100 a 110.
- (55) — (1947): *Composición elemental por métodos espectrales de aguas medicinales de la Península Ibérica*, núm. 1 NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., XVII, páginas 233 a 244.

- (56) — y CAMUÑAS PUIG, A. (1947): *Análisis espectroquímico de cenizas de carbones asturianos*. «Anal. de Fís. y Quím.», XLIII, págs. 48 a 50.
- (57) — (1947): *Elementos exiguos en cenizas de carbones asturianos*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», LX, págs. 391 a 402.
- (58) — y JIMENO MARTÍN, J. (1947): *Estudio del espectro de chispa con corriente enderezada y electrodos sumergidos en agua*. «An. de Fís. y Quím.», XLIII, págs. 837 a 841.
- (59) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1948): *Explicación de la Hoja Geológica núm. 21, La Coruña*, 103 págs.
- (60) — y BENEDET, A. (1948): *Composición elemental de araginites*. «An. Real Soc. Esp. de Fís. y Quím.», serie B, núm. 3, págs. 345 a 347.
- (61) LÓPEZ DE AZCONA, J. M., y SAN ROMÁN ROFAS, J. L. (1948): *Análisis espectroquímico semiquantitativo con excitación por arco de los elementos especiales Cr, Ni, Mo y V en menas de hierro*. Inst. Hierro y Acero, 1.^a Asamblea, 9 págs.
- (62) MIR AMORÓS, J., y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1948): *Sobre el contenido en plomo y en manganeso de la sílvina y de la sal común*. «Mem. R. Acad. de Cienc. y Art. de Barc.», XXIX, págs. 443 a 451.
- (63) PÉREZ MATEOS, J., y GÁRATE COPPA, M.^a T. (1948): *Estudio geoquímico de sulfuros de cobre*. «Estudios Geológicos», Inst. «Lucas Mallada» del C. S. de I. C. IX, pág. 159.
- (64) — (1948): *Composición elemental, por métodos espectrales, de las antimonitas*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., núm. 18, págs. 107 a 122.
- (65) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1950): *Aguas minero-medicinales de la Hoja Geológica de Betanzos*, págs. 111 a 122.
- (66) — y MARTÍN CARDOSO, C., y PARGA PONDAL, I. (1953): *Explicación de la Hoja Geológica núm. 261, Tuy*, 100 págs.
- (67) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1954): *Valoración espectrofotométrica de la edad de las micas con excitación por llama*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., XXXV, págs. 113 a 116.
- (68) PÉREZ MATEOS, J. (1954): *Revisión, por análisis espectroquímico, del estudio de los meteoritos españoles que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid*. «Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», tomo LIII, págs. 97-119.
- (69) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1956): *Las aguas minero-medicinales de la provincia de Pontevedra*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., XLI, págs. 3 a 20.
- (70) — (1956): *Valoración espectrográfica del rubidio y estroncio en las micas*. «Mikrochimica Acta», págs. 334 a 338.
- (71) COMBA SIGÜENZA, A., y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1956): *Investigación de niobio y tantalio en la segunda zona reservada de la provincia de La Coruña*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., XLIII, págs. 135 a 162.
- (72) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1957): *Dosage du columbium et du tantalum dans les minerais*. «Cong. de GAMS», pág. 205.
- (73) — (1958): *Nueva técnica de análisis espectral de soluciones de minerales y productos metalúrgicos*. NOT. Y COM. Y MIN., LII, págs. 109 a 115.
- (74) — y COMBA SIGÜENZA, A. (1958): *Investigación de niobio y tantalio en la zona de Noya (La Coruña)*. NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MIN., L, págs. 283 a 316.
- (75) PÉREZ MATEOS, J. (1958): *Las schreibersitas españolas*. NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN., L, págs. 333 a 348.

- (76) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1959): *Relación atómica niobio-tántalo en la provincia de La Coruña (España)*. «Tra. Scien. de la As. de Scis. et de Phys. de l'int de la Terre», serie A, XX, págs. 199 a 201.
- (77) CAMUÑAS PUIG, A., MINGARRO MARTÍN, E. y BRU A. (1960): *Análisis cuantitativo de elementos en concentraciones mínimas*. «Anal. R. Soc. Fis. y Quím.», serie A, LXVI, págs. 121 a 124.
- (78) MINGARRO MARTÍN, E. (1960): *Edad absoluta de las pegmatitas de España*. Publicaciones del Instituto «Lucas Mallada», 120 págs.
- (79) LÓPEZ DE AZCONA, J. M., y M.^a CONCEPCIÓN. (1961): *Paleobioquímica de lamelibranchios y gasterópodos del Mioceno marino de la Península Ibérica*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», LXXII (en prensa).
- (80) BARROS, MARÍA IVONNE DE (1957): *Determinación espectroquímica de los elementos en pequeños porcentajes en moscovitas españolas y portuguesas*. Not. y Com. INST. GEOL. Y MIN. XLV, págs. 15 a 24.

Recibido 21-VI-61.

MANUEL PASTOR MENDIVIL y JOSE SUAREZ FEITO

MAPA DE LOS MINERALES DE HIERRO DE ESPAÑA

RESUMEN

El presente mapa fue confeccionado de acuerdo con las normas de la Comisión del Mapa Geológico mundial a escala 1:2.500.000. Previamente, y para mejor acoplar los datos a esta escala, se elaboró un fichero de 450 fichas, cuyos datos se pasaron a un mapa de escala 1:1.000.000.

De los dos mapas presentados a la Comisión en 1959 y 1960 se incluye este último, que es el que ha sido adoptado como definitivo por aquella, en el que se indican los criaderos clasificados por sus reservas y producción.

ABSTRACT

The present map was made according to the rules given by the Commission of the World Geological Map, scale 1:2.500.000. Previously, and with the object of a better adjustment of the data to this scale a card-index of 450 cards was prepared, the data of which were transferred to another map, scale 1:1.000.000.

Of the two maps submitted to the Commission in 1959 and 1960, the latter is included herewith, which has been adopted definitively by the Commission and in which are indicated the deposits arranged in regard, their reservations and outputs.

El mapa del hierro que ahora se publica, ha surgido como contribución de España al Mapa Metalogénico del Mundo. La Subcomisión encargada de su realización se halla encuadrada dentro de la Comisión del Mapa Geológico Mundial.

Esta Subcomisión, fue creada durante la celebración del Congreso de Méjico en 1956, y acordó en abril de 1958 solicitar de cada país la ejecución de un mapa minero en el que se indicasen de la forma más detallada posible los criaderos de minerales del mismo (con exclusión de los materiales de construcción), así como su importancia y toda aquella información que se juzgase de interés.

Se recomendaba, igualmente, que con el fin de superponer los mapas geológico, tectónico y minero, se dibujasen éstos en papel transparente y a la misma escala.

La Subcomisión indicaba la conveniencia de confeccionar por separado mapas del carbón y del hierro a escala 1:2.500.000.

Con este objeto, y de acuerdo con las normas recibidas, procedimos a la confección del mapa de los criaderos de hierro españoles, primeramente a escala 1:1.000.000, para poder ejecutar el trabajo con amplitud y poder formar mejor criterio para la reducción posterior que exigía la escala definitiva.

Con el fin de ordenar de la mejor manera posible los datos recogidos, se formó un fichero con 450 fichas, en cada una de las cuales se incluyen los datos geográficos y geológicos del criadero, tales como situación, zona minera a que pertenece, área productiva y área total, clase y ley de su metalización, tonelajes (explotado y no explotado), reservas segura y probable, génesis, ganga y roca de caja, datos geológicos en general y observaciones de interés.

Se han confeccionado dos mapas del hierro con destino a la Subcomisión antes citada. Para el primero de ellos, entregado en 1959, se adoptó una nomenclatura provisional, que habría de modificarse según las sugerencias que se fueran recibiendo de los distintos países. Esta nomenclatura consistía en clasificar los yacimientos por su importancia de la forma siguiente:

Primera categoría: Yacimientos de importancia mundial: Producción anual superior al 1 %, de la producción mundial actual.

Segunda categoría: Yacimientos importantes: Producción anual comprendida entre el 1 % y el 0,1 % de la producción mundial actual.

Tercera categoría: Yacimientos de importancia secundaria: Producción anual inferior al 0,1 %, de la producción mundial actual.

Cuarta categoría: Yacimientos de importancia dudosa y desconocida.

Para la transcripción gráfica se propuso representar la importancia del su criadero por un color que afectase a todos los símbolos del mismo. Así, negro para la primera categoría, rojo para la segunda, amarillo para la tercera y amarillo con una interrogación para la cuarta.

Los yacimientos de poca extensión se indicaron por un círculo, en línea continua para criaderos en explotación, en línea continua pero cruzada con una barra para yacimientos agotados y en punteado para los que aún no ha comenzado su explotación.

En el interior del círculo, cuyo centro corresponde al lugar del criadero, iba indicado el número correspondiente a la ficha del mismo.

En el año 1960, se recibieron nuevas normas para la confección del mapa del hierro, a la vista de las sugerencias recibidas de los distintos países.

En el nuevo mapa, que se incluye a continuación, se ha adoptado la clasificación siguiente para las reservas.

Reservas inferiores a 10 millones de toneladas

MAPA DE LOS CRIADEROS DE HIERRO DE ESPAÑA

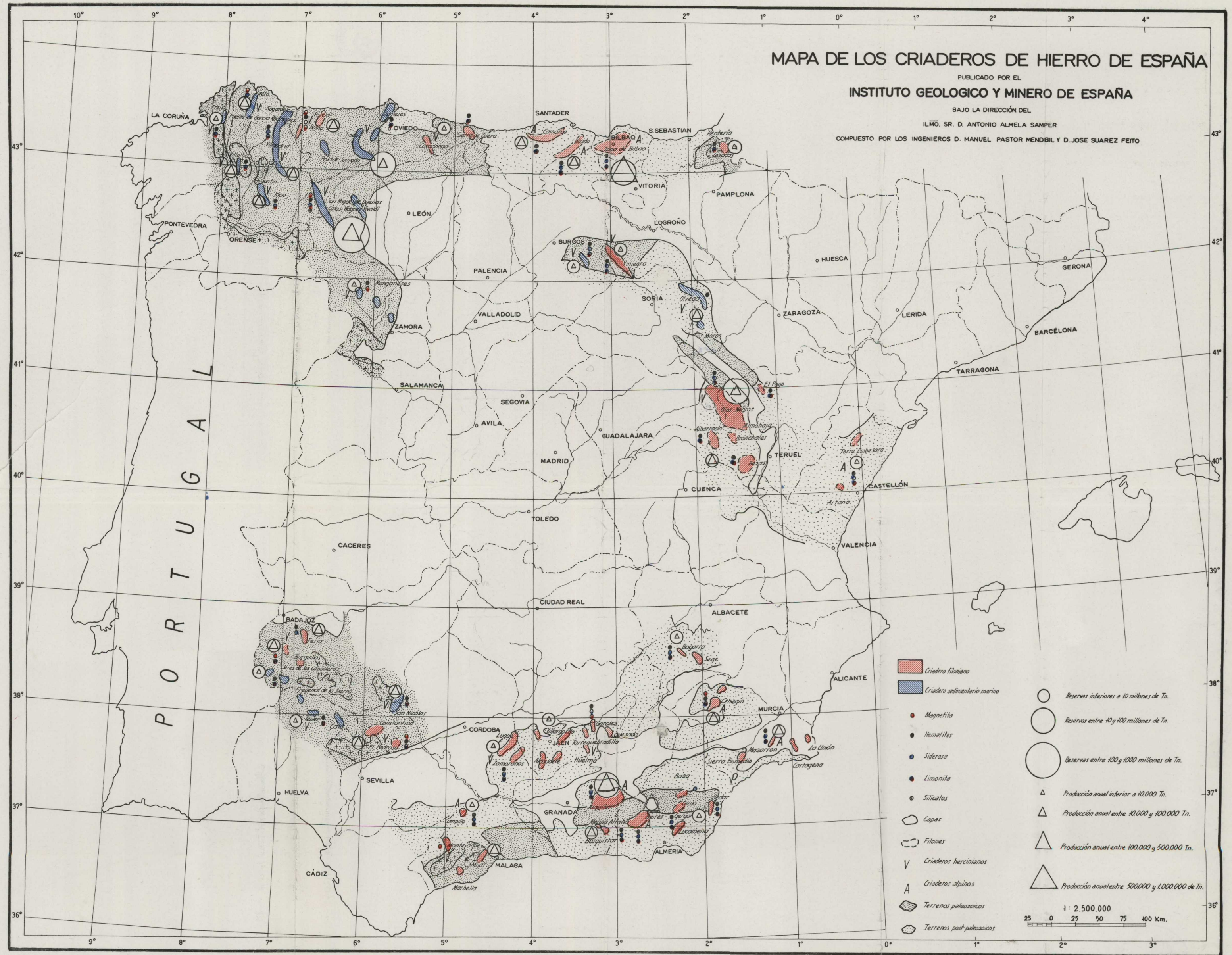
PUBLICADO POR EL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

BAJO LA DIRECCIÓN DEL

ILMO. SR. D. ANTONIO ALMELA SAMPER

COMPUESTO POR LOS INGENIEROS D. MANUEL PASTOR MENDIBIL Y D. JOSE SUAREZ FEITO



P O R T U G A L

- Criadero filoniano
- Criadero sedimentario marino
- Magnetita
- Hematites
- Siderosa
- Limonita
- Silicatos
- Capas
- Filones
- Criaderos hercinianos
- Criaderos alpinos
- Terrenos paleozoicos
- Terrenos post-paleozoicos
- Reservas inferiores a 10 millones de Tn.
- Reservas entre 10 y 100 millones de Tn.
- Reservas entre 100 y 1000 millones de Tn.
- Producción anual inferior a 10.000 Tn.
- Producción anual entre 10.000 y 100.000 Tn.
- Producción anual entre 100.000 y 500.000 Tn.
- Producción anual entre 500.000 y 1.000.000 de Tn.

1 : 2.500.000
25 0 25 50 75 100 Km.

Reservas comprendidas entre 10 y 100 millones de toneladas.

» » » 100 y 1.000 » »

Reservas superiores a 1.000 millones de toneladas.

Por lo que a producción se refiere, los límites acordados son:

Producción anual inferior a 10.000 toneladas.

» » entre 10.000 y 100.000 toneladas

» » » 100.000 y 500.000 »

» » » 500.000 y 1.000.000 »

» » superior a 1.000.000 »

Igualmente se indica si el criadero se ha formado durante los movimientos hercinianos o alpinos así como también su génesis, minerales principales y extensión.

LUIS C. GARCIA DE FIGUEROLA

LAS ROCAS DEL CAMBRICO

I. DE LOS AFLORAMIENTOS DEL CABO DE PEÑAS

RESUMEN

Se estudian al microscopio unas rocas del Cabo de Peñas pertenecientes al Cámbrico. Comprenden tres tipos petrográficos diferentes: areniscas y pudingas; peperinos, y tobas volcánicas. Por sus características se discute el origen de las mismas, aportando algunas ideas sobre las condiciones físicas de su génesis.

SUMMARY

This paper deals with the cambrian rocks of Cabo de Peñas (Asturias). The writer have determinated the following petrology units through study in thin sections: elastic sediments, peperites and latitic tuffs.

Characteristic primary, cement, autigenic minerals, residual grains, secondary structures and other sorting data aided the interpretation of the origin of these deposits.

INTRODUCCIÓN

Queremos iniciar con esta nota una serie de estudios sobre la petrografía y petrogénesis sedimentaria de las rocas consideradas como cámbricas. La presencia de sedimentos de esta época en extensas áreas de la parte occidental de Asturias, que han sufrido procesos de metamorfismo poco intensos, permite averiguar con bastante certeza el tipo de roca primitivo y deducir algunas consideraciones sobre el medio de la sedimentación y el carácter de la provincia alimentadora. Sin duda alguna estos datos han de ser de gran utilidad para el mejor conocimiento de la época cámbrica.

En un principio, pensábamos incluir en la misma nota el estudio de las rocas del Cabo de Peña y las que afloran en la cuenca media del Narcea. Pero en esta segunda zona aparecen buenos cortes naturales por el encajamiento de la red fluvial, lo que permite poder distinguir distintos tramos, algunos de ellos fosilíferos, al mismo tiempo que se encuentran atravesados

por diques de distinto quimismo. Todo ello, nos obliga a un estudio más detenido. De aquí que hayamos preferido dejarlo para más adelante, y que ahora sólo nos refiramos a las del Cabo de Peñas.

Por el grado de diagénesis que presentan han sido estudiadas al microscopio en lámina delgada y algunas mediante luz reflejada. Los ejemplares fueron recogidos por el señor Llopis y cedidos amablemente a esta cátedra. El mérito de considerarlos como cámbricos corresponde por entero a él. Nosotros aquí nos abstenemos de hacer comentarios en este sentido, así como sobre datos de campo.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS MUESTRAS

Con los ejemplares estudiados se puede hacer tres grupos. De cada uno de ellos describiremos algunos considerados como más significativos.

A) Rocas con aporte efusivo dominante

Número 1. La mayor parte de las preparaciones están constituidas por una masa isótropa, de color castaño, en la que destacan algunas laminillas muy pequeñas de sericita, así como cristalitas angulares o subangulares de cuarzo. También hay otros de plagioclasas euhedrales muy alteradas. Todos los elementos están dispersos en el vidrio que presenta en algunas partes signos de desvitrificación y formación de perlitas.

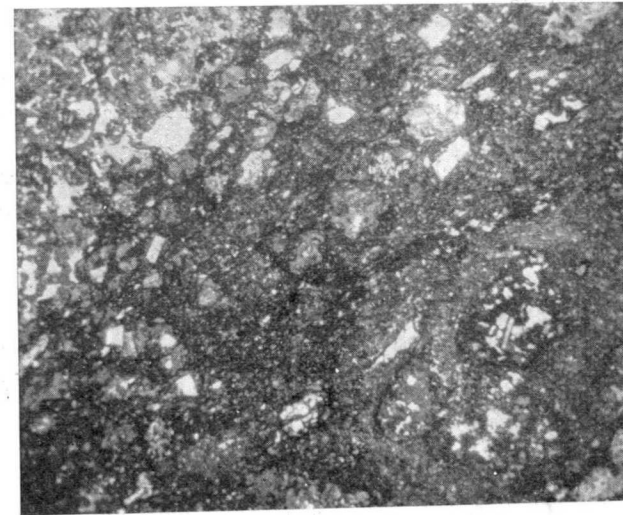
Hacia un borde de la preparación aparece una zona de mayor transparencia de contornos muy irregulares y separada del resto por un reborde de concentración de minerales opacos. Está constituida por cristalitas muy pequeñas de cuarzo, minerales opacos, vidrio y algo de calcita. Es en esta zona donde la roca adquiere una estructura vitrofidica y se originan algunos nódulos imperfectos de calcedonia. Hay también en ella tres o cuatro fenocristales de 0,8 mm. del feldespato con inclusiones de vidrio, tendencia euhedral y sustituidos en parte por calcita. En uno de ellos, más limpio, el ángulo de los ejes ópticos es de unos 45°, según medidas efectuadas sobre la cara (010), signo negativo y sin maclas polisintéticas. Lo consideramos como de sanidina. Quizás los otros también lo sean, pero parece discernirse en ellos maclas de varios individuos, por lo que es más seguro considerarlos como plaglioclasas. El estado de sustitución por la calcita impide un reconocimiento mayor (fot. 1).

En cuanto al índice de refracción del vidrio es difícil de establecer bajo el microscopio, pero es bastante similar al del bálsamo del Canadá. La cantidad de sílice sería de un 55 por 100, o algo mayor.

Número 2. El 96 por 100 de la roca está constituido por cristales bien

desarrollados y de tamaños que varían entre 2 y 0,1 milímetros. El resto es una sustancia vítrea de color verde castaño, que constituye un cemento pelicular, de relleno o casi basal, según las partes de la preparación. Cuando se hace más abundante adquiere una disposición fluidal amoldándose a los cristales. En algunos puntos, presenta evidentes signos de desvitrificación con figuras concéntricas incompletas, en las que se distinguen diferentes partes por su coloración o por la disposición radiada de sus constituyentes.

Los elementos fundamentales de este cemento, son: por una parte, el material vítreo teñido por óxidos de Fe, y, por otra, clorita mezclada con



Fot. 1.—Microfotografía de la toba volcánica vítrea. Algunos cristalitas de feldspatos y cuarzo en la masa isótropa. L. N. 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

algo de calcedonia. Todo ello en conjuntos muy desordenados. En muchos casos, este cemento se encuentra dentro de los fenocristales. También ocurre que éstos han desaparecido en gran parte, quedando restos que junto con un reborde de cemento más fémico nos da una clara idea del contorno euhedral del mineral en cuestión.

Los cristales son de dos tipos. Los bien desarrollados de cuarzo o feldspatos. En el primer caso, con bordes globulosos o fuertes entrantes típicos de los que antes se consideraban como procesos de corrosión frecuentes en lavas ácidas y pórfidos. Los feldspatos rara vez aparecen en cristales pequeños y son muy idiomórficos. La mayoría es de sanidina típica con un solo individuo o bien maclados por dos, con multitud de líneas de rotura más o menos transversales. Se conservan bastante frescos.

El otro tipo de cristales, con menos desarrollo se encuentran muy alterados, a sericita principalmente, por lo que no es probable se trate de sanidina, sino de plagioclasas, ya que de éstas también se encuentran algunos bien formados con las maclas típicas. Por su índice de refracción se trata de una oligoclasa.

La proporción calculada de ortosa a plagioclasa es igual a 0,8. Se puede considerar dentro de la típica de las latitas.

Entre los cristales hay algunas zonas de cemento más diferenciado del resto, que presenta esferulitos de calcedonia radiada, así como algunos microlitos muy pequeños. También hay granos euhedrales de magnetita y hemos encontrado uno de circón.

B) Rocas con material efusivo y carbonatos

Número 3. En lámina delgada aparece constituida por una serie de filoncillos de tendencia paralela que se amastomosan entre sí, y que vienen a formar una fina trama que engloba nódulos muy irregulares de material en gran parte opaco.

Los filoncillos están casi exclusivamente formados por cristales de calcita y dolomita pequeños e idiomórficos. La dolomita ha sido determinada microquímicamente sobre superficie pulida mediante la reacción del violeta de metilo, según Tikhomirov (23), que no permite determinar la proporción entre ambos carbonatos por que adquieren la misma coloración al cabo de poco tiempo. De una forma aproximada más al 60 por 100 es dolomita. También se encuentran algunos cristales de carbonato de hierro en contacto con los nódulos opacos.

Las masas opacas tienen tamaños de hasta 10 mm. y presentan un reborde muy fino de material clorítico, o de clorita más ceolitas, que los separa de los carbonatos. Este mismo material forma en el interior de las masas esferulitos irregulares, bien sólo de clorita, o bien de clorita más calcita. La clorita, en estos casos, tiene un marcado pleocroísmo y la consideramos como clinocloro. El resto de las partes opacas está constituido por minerales arcillosos, óxidos de hierro y pequeñas zonas de material afanítico, en las que aparecen cristallitos de feldespatos alterados y sustituidos en parte por calcita. Sólo se ha observado una pequeña laminilla de biotita.

Número 4. Igual que en el caso anterior, aquí también existen carbonatos, pero no constituyen venas o filoncillos, sino que aparecen rellenando huecos irregulares entre las partes opacas. El carbonato es principalmente de calcio en cristales idiomórficos o bien en masas criptocristalinas.

El resto de la preparación presenta una estructura vitrofídica fluidal, con gran cantidad de esferulitos repartidos irregularmente por toda la masa y rodeados de un fino agregado de óxidos de Fe. Están ocupados por un mi-

neral crorítico-fibroso, verde pálido, con $n = 1,59$ y birrefringencia menor de 0,01. A veces el anillo de óxidos de Fe se deshace y adquiere formas irregulares o alargadas envueltas por la clorita o por mezcla de clorita y calcita más algunos minerales del grupo de las arcillas. La calcita sustituye también algunos cristales que por su forma deberían ser de feldespatos. Le acompaña algo de sericita y quedan algunos pequeños restos de feldespatos que en los casos reconocibles son de plagioclasas. Independientemente hay también otros feldespatos no sustituidos, pero sí sericitizados, que además conservan en su interior masas cloríticas. En algunas partes de la preparación se encuentran



Fot. 2.—Cristal idiomórfico, roto y desplazado dentro de una masa vítrea. A su derecha aparecen una banda de carbonatos. N +, 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

zonas vítreas completamente isotropas, pardo-oscuro, con algunas vacuolas irregulares rellenas de clorita.

Número 5. De estructura vitrofídica fluidal, que a veces se hace porfídica está constituida por 82,5 % de una masa isotropa, en la que aparece de vez en cuando algunos cristales bien discernibles. En la parte vítrea se encuentra además un mineral opaco en masas alargadas, más o menos finas, que se amastomosan entre sí, o bien rodean los cristallitos o algunos esferulitos de clorita. Este último mineral también aparece en pequeñas pajarillas dispersas en el vidrio.

Los fenocristales alcanzan tamaños de hasta 3 mm. de longitud y son en su totalidad de feldespatos que están rotos, dislocados y alterados, y con inclusiones vítreas. A pesar de todo se le puede reconocer un claro idio-

morfismo. Los hay también muy pequeños que, en parte, están sustituidos por calcita. Estos segundos son de sanidina o de anortoclasa, mientras que los mayores, más abundantes, son de plagioclasas de 2V positivo e índice superior a 1,55. Las medidas de extinción sobre la traza de (010), en secciones paralelas a (001), nos dan valores comprendidos entre 5° y 10°. Todo lo cual indica una proporción de an/ab mayor de 30. Tenemos, pues, unas plagioclasas más básicas que las encontradas en las preparaciones 1 y 2, al mismo tiempo que disminuye o desaparece el feldespato potásico.

En este ejemplar son bastante abundantes los carbonatos (calcita y dolomita), que se presentan, bien en agrupaciones de cristales diseminadas

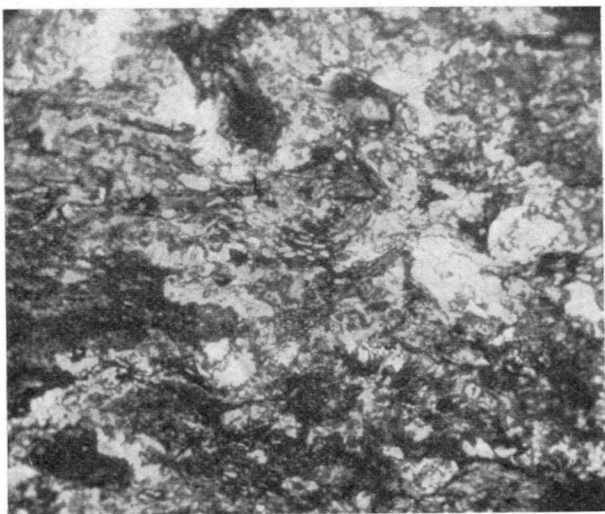


Foto 3.—Mezcla de carbonatos y parte vítrea en el peperino. En el centro de la preparación hay algunos esferulitos alargados de clorita. L. N. 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

en la pasta, o bien en agregados muy finos en zonas más amplias. También se encuentran en filoncillos que recorren la preparación cortando las estructuras vitrofídicas. Estos filoncillos son de génesis posterior a la lineación general de la roca. Y ésta, a su vez, posterior a la génesis de los fenocristales, puesto que aparecen rotos y desplazados en el mismo sentido (fot. 2).

Número 6. También es de estructura vitrofídica fluidal y de composición mineralógica similar a la anterior. En ella hemos determinado por luz reflejada, sobre superficie pulida, que el mineral opaco de la parte afanítica es un óxido de hierro amorfo o criptocristalino, al que se le asocian minerales del grupo de las arcillas en agregados muy finos.

Los carbonatos presentan una novedad. Están muy mezclados con la

parte vítrea, y por el pequeño tamaño de los cristallitos no se puede hacer una tinción selectiva (fot. 3). Al igual que en la anterior, también hay esferulitos de clorita rodeados por los óxidos de Fe. Sólo ha sido identificado como sanidina o anortoclasa un cristal. El resto pertenece a la serie de las plagioclasas con características ópticas idénticas.

Número 7. Es muy interesante, con estructura en parte vitrofídico-porfídico, y en parte detrítica. En líneas generales se la puede considerar como un microconglomerado poligénico, en el que el cemento es a veces ígneo y a veces calizo, sin que se pueda establecer una frontera entre ambos. El cemento ígneo tiene unas características similares a las descritas en las otras preparaciones para la parte vítrea. Contiene finas agujas de una clorita de birrefringencia baja (Chamosita), que muchas veces constituye también esferulitos envueltos por una película de minerales opacos. Estos elementos (principalmente de óxido de Fe), también son muy frecuentes en disposición lineal zigzagueante, que le da a la parte vítrea un aspecto fluidal concordante con la ligera estratificación de la roca. En otros puntos aparecen bordeando algunos cristales euhedrales. Generalmente, están siempre ligados a la clorita y a las arcillas.

En la zona de tránsito, entre la parte vítrea y el cemento de carbonatos, también se observan agrupaciones criptocristalinas o amorfas de arcillas. La calcita aparece en granos muy finos, o en cristales bien desarrollados, dando lugar a un mosaico basal, que probablemente es debido a una recristalización posterior a partir del agregado fino que aparece en las otras partes.

Dentro de las zonas vítreas se encuentran fenocristales hasta 5 mm. de feldespatos, con gran cantidad de inclusiones de clorita y óxidos de Fe, formando a modo de gotas del cemento dentro del cristal que llegan a tener hasta 0,2 mm. Los cristales están rotos y dislocados. Alterados y sustituidos en parte por la calcita que respeta las inclusiones de la pasta. Hay bastantes que, a pesar de la sustitución, permiten discernir las maclas polisintéticas. Otros no parecen presentarlas, ni fenómenos de alteración, aunque sí de sustitución. Los consideramos como de sanidina, aunque por su ángulo de extinción, según la cara (010), contiene un 30 por 100 de $NaAlSi_3O_8$.

Los granos detríticos empastados en el cemento, son de composición muy diferente.

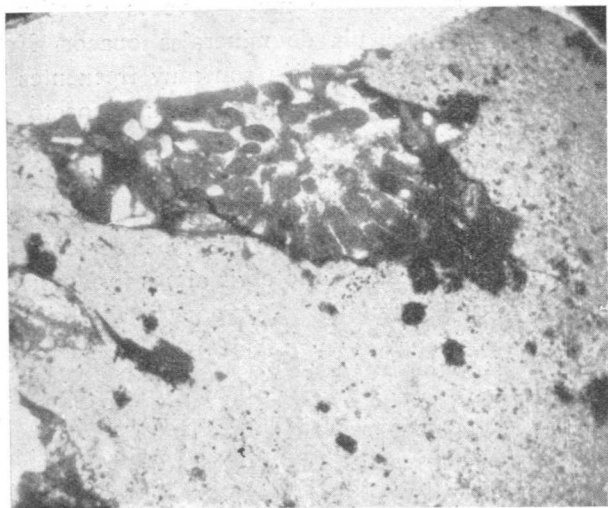
a) Efusivos, con bordes lobulados y tamaños de hasta 5 mm., alargados en el mismo sentido que las líneas de la pasta. Constituidos por material isotropo oscuro, con frecuentes vacuolas muy irregulares y rellenas de clorita y calcita. Los más opacos contienen finos microlitos, dispuestos desordenadamente y sustituidos en parte por la calcita.

b) Efusivos detríticos de bordes muy redondeados. Casi esféricos de hasta 2 mm. de diámetro, con una masa afanítica oscura cuajada de microlitos sin orientación y muy alterados a caolín. Sin vacuolas, pero con algo de

clorita repartida entre los microlitos. Hay también cristalitas euhedrales de magnetita y granos, que son claramente de óxido de Fe.

Entre estos granos detríticos y los del apartado anterior hay claras diferencias que nos obligan a considerarlos de génesis diferente.

c) Detríticos de mirmequitas y micropegmatitas. Con gran índice de esfericidad y diámetros de hasta 8 mm. Dentro de un mismo grano aparecen distintas asociaciones de los feldespatos y el cuarzo, estando el feldespato potásico muy alterado a caolín. Entre los elementos mayores, hay algunas agujas de rutilo y algo de clorita, que seguramente es proclorita (extinción recta, sin pleocroísmo, 2V pequeño y positivo).



Fot. 4.—Probable corte oblicuo de un arqueociátido de la roca núm. 7.
L. N. 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

d) Granos de arenisca con cemento arcilloso (clorita y sericita). Se trata de una arenisca cuarcífera con el cuarzo subredondeado, que presentan bordes de reacción con el cemento. También contiene algunos cristalitas redondeados de circón.

Por último, un dato interesante de esta roca es la presencia de formas que consideramos como restos fósiles (fot. 4), que han sido localizados en dos preparaciones del mismo ejemplar. Están constituidos por carbonato cálcico muy fino. Su identificación es labor de los especialistas. Quizás pueda representar un corte oblicuo de un archeocytid.

En otra preparación de un ejemplar similar, pero con pizarrosidad más marcada aparecen los mismos constituyentes y además unos cristallitos detríticos de cuarzo dispersos en el cemento, que contienen un índice de es-

fericidad pequeño. Su procedencia puede ser tanto de la arenisca como de las micropegmatitas. Aquí también hay algunos filoncillos de calcita mezclados con algo de pennina (fot. 5).



Fot. 5.—Filoncillos de carbonatos que cortan, en la parte izquierda inferior, un grano de roca efusiva. L. N. 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

C) Serie detrítica

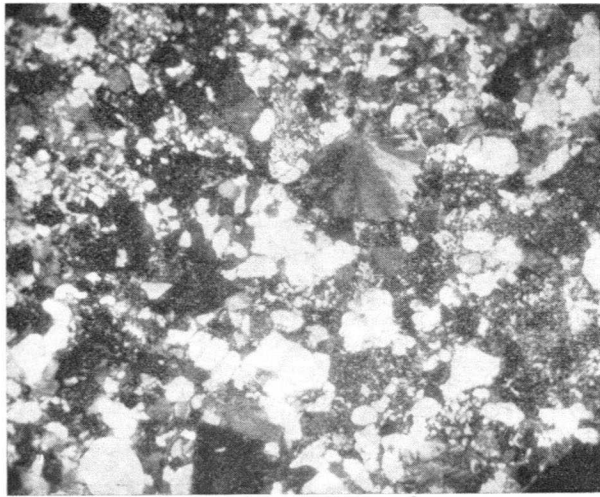
Número 8. La mayor parte de la roca está constituida por granos alotígenos de tamaño comprendido entre 0,4 y 0,05 mm. Según Rankhine (19), entra dentro de la clasificación de areniscas de grano fino. Siguiendo la escuela francesa, dependería de la proporción entre los distintos tamaños para que fuera una pelita areniscosa, o una arenisca pelítica. Si tenemos en cuenta el cemento, podemos distinguir dos partes en una preparación de esta roca:

a) De cemento extraordinariamente fino, arcilloso y/o pelítico, que da lugar a límites muy irregulares con el otro cemento. Contiene algunas pajuelas muy pequeñas de sericita, cristallitos de cuarzo de bordes difusos y alta proporción de minerales arcillosos de bajo índice de refracción. Hay también algunos opacos puntiformes no reconocibles.

Todas las zonas donde domina este cemento tienen tendencias a formar bandas o líneas con ligeros pliegues. Se pueden distinguir macroscópicamente por presentar una coloración más oscura y estar dispuestas en láminas paralelas de forma oblicua (10-20°), con la pizarrosidad del ejemplar.

b) En el resto es calizo, basal o de relleno, cristalino granudo o poiquiloblástico, con otros términos intermedios entre éstos. De la forma de presentarse el pelítico dentro del calizo, hemos de considerar a este segundo como singenético y no de sustitución. Sin embargo, ha habido removilización posterior de la calcita, puesto que aparecen algunos filoncillos que no respetan los límites entre ambos.

Los granos detríticos son en un 94,4 por 100 de cuarzo, mal redondeados y equidimensionales. El resto son de feldespato potásico, plagioclasas, mirmequitas y micropegmatitas bastante bien conservadas. También hay al-



Fot. 6.—Arenisca con granos de cuarzo, algunos de rocas efusivas y otros de micropegmatitas. En el centro un esferulito detrítico de un granofido o porfido cuarcífero. N +, 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

gunos granos redondeados de rocas efusivas e integrados por una masa vítrea con material opaco y microlitos de feldespatos alterados.

Número. 9. Se trata de una arenisca poligénica de cemento muy escaso, intergranular que en algunas partes de la preparación parece no existir. Es de composición pelítica con neof ormación de algunas pajuclas de clorita.

El tamaño de los granos está comprendido entre 0,09 y 2,5 mm. con lo que nos encontramos con una sedimentación relativamente mal clasificada. Los más pequeños son angulosos, subangulosos y equidimensionales. Casi todos de cuarzo y algunos de plagioclasas. Los primeros tienen extinción ondulante e inclusiones puntiformes, los segundos están bastante alterados igual que uno o dos de ortosa y otros de mirmequitas.

Más interesantes son los granos de tamaño grande, entre los que encontramos:

a) De mirmequitas y micropegmatitas. Abundantes y con figuras muy llamativas. La ortosa algo alterada, lo que permite distinguirla incluso con luz natural. Cada grano consta por lo general de varios cristales de estas asociaciones.

b) Granos con formas esferulíticas típicas de los pórfidos cuarcíferos y rocas similares. A veces, en cada grano sólo hay un esferulito (fot. 6), pero en otros casos se reúnen varios, o bien esferulitos con zonas micropegmatíticas, que pueden conservar una disposición radiada, signo evidente de que proceden de ellos. También se encuentran pequeños cristales de plagioclasas más o menos sericitizadas. En otros, el cuarzo está diferenciado entre esferulitos, o éstos aparecen constituidos casi exclusivamente por cuarzo con algo de clorita. Por último, también dentro de estos granos hay algunos cristallitos radiales de turmalina y cubos de pirita.

Creemos que estos granos pertenecen a un granofido en el sentido de Rosembusch (8). Es decir, una roca que ha sufrido desvitrificación y luego una ordenación micropegmática.

c) Granos de arenisca cuarcífera constituidos exclusivamente por cuarzo subangular, de 0,09 mm. y con un cemento intersticial pelítico rico en clorita.

d) De rocas efusivas, más abundantes, muy redondeados, con microlitos de plagioclasas, clorita y granos de un mineral opaco (pirita o magnetita). No presentan esferulitos ni vacuolas.

Número 10. Se trata de otra arenisca de grano pequeño o fino (inferior a 0,1 mm.), redondeados o subredondeados y equidimensionales. La mayoría son de cuarzo que presentan bordes de reacción con la fina película del cemento. Contienen algunas inclusiones de circón y agujas de rutilo. Aparecen también algunos de feldespatos alterados. Pero el hecho de que haya granos con asociación del feldespato y cuarzo, deducimos proceden del granofido, si bien por su pequeño tamaño no pueden presentar las verdaderas formaciones micropegmáticas. También hemos encontrado uno o dos de turmalina, uno de biotita y otro de circón.

En cuanto a los granos de la roca efusiva, también existen aquí, de tamaño pequeño y en menor proporción que en la roca anterior, pero con las mismas características (fot. 7).

El cemento es muy escaso, pelicular, casi inexistente en algunos puntos, clorítico, con cristallitos de pirita como mineral autógeno, bien conservado en general. Hay también laminillas de hidrómica.

Número 11. De grano comprendido entre 0,8 y 0,05 mm. (arenisca de grano fino), con cemento pelicular, clorítico o calizo. Cuando es clorítico contiene además algo de óxidos de Fe y de pirita, que en algunos puntos más amplios tiende a formar oolitos. Si es calizo aparece bien cristalizado.

Los granos detríticos más abundantes son los de cuarzo subangulares, y

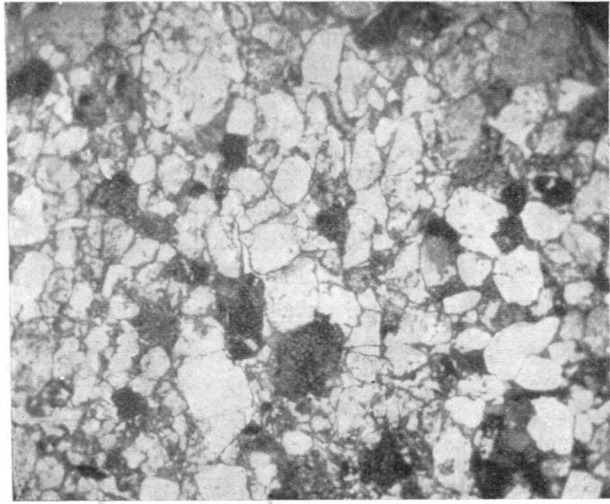
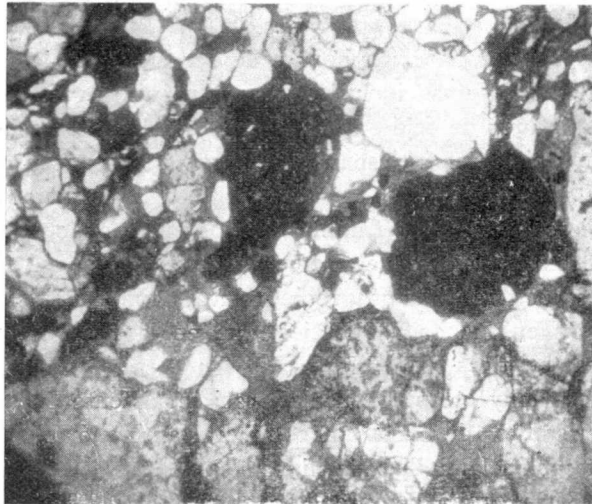


Fig. 7.—Aspecto de la roca núm. 10 en un punto en que abundan más los granos detríticos de rocas efusivas. Se pueden observar los microlitos dentro de ellas. L. N. 30 D. aprox.

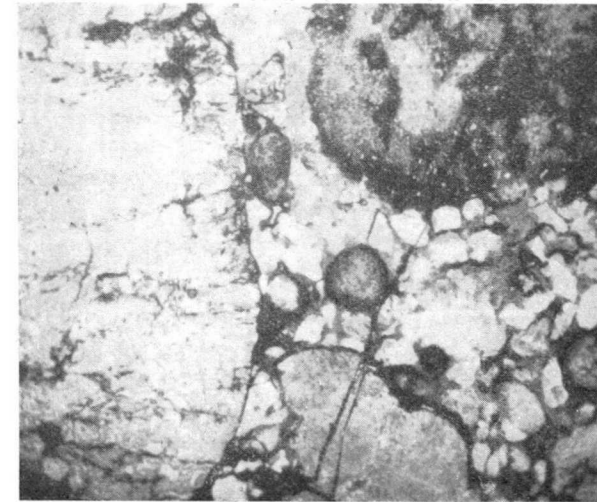
(Foto Prado.)



Fot. 8.—Dos granos mayores de roca efusiva en el núm. 11 junto con otros de cuarzo y de granofidos. L. N. 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

en general constituidos por un solo cristal, pero hay algunos casos en que están integrados por dos o tres sin bordes de interpenetración entre ellos. Algunos se pueden considerar de verdadera arenisca con algo de cemento pelítico, que incluso contienen pequeños granos bien redondeados de circón. Los hay también de micropegmatitas en formas similares a las descritas para el número 9. Es curiosa la sustitución que en algunos casos ha sufrido el feldespato potásico por la calcita, quedando las inclusiones de cuarzo con la misma orientación que tenían. También hay granos de fel-



Fot. 9.—Granos de gran tamaño de granofido y de rocas efusivas en la núm. 12. El de granofido de la parte inferior está rodeado de una fina película de óxidos de Fe. Este elemento también forma un oolito en el borde derecho de la fotografía. L. N. 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

despato potásico sueltos, no hay abundantes, que en gran parte están alterados a sericita.

Por último, existen algunos de roca efusiva, bien redondeados, con vidrio, puntos opacos, y microlitos (fot. 8). El vidrio presenta un índice de refracción mayor de 0,56, lo que da un contenido de sílice comprendido entre 50 y 55 por 100.

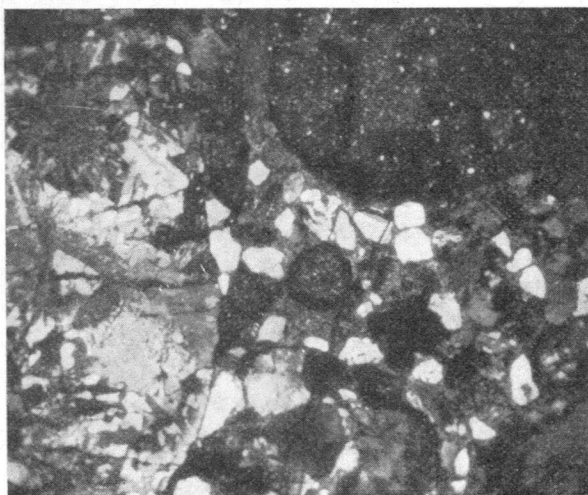
Número 12. Es una pudinga poligénica con granos que alcanzan tamaños de hasta 15 mm. El cemento es pelítico-arcilloso, muy irregularmente distribuido. Llega a ser basal. En otras partes pelicular o basal-pelicular. Hay sitios donde se forman oolitos de óxidos de Fe, mientras que en otros aparecen agujas de clorita. Los granos pequeños dispersos en el cemento son

de cuarzo y con un carácter angular o subangular (fots. 9 y 10). También los hay de mirmequitas y uno o dos de turmalina.

Los de mayor tamaño están bien redondeados, equidimensionales o alargados. Son:

a) De cuarcita típica con el cuarzo de bordes bien interpenetrados, sin casi cemento, y como mineral accesorio pequeños puntos opacos de color gris amarillento en luz reflejada.

b) De arenisca. Dentro de ella el cuarzo es subangular o subredondeado, de tamaños similares a los de la cuarcita y también con minerales opa-



Fot. 10.—El mismo campo de la anterior entre nico'es cruzados que permite observar la estructura interna del grano grande de la izquierda.
N +, 30 D. aprox.

(Foto Prado.)

cos, amarillentos con luz reflejada. Es claramente autógeno, igualmente que pequeñas cantidades de clorita. Como detríticos, juntos con el cuarzo aparecen algunos circones. Estos granos pueden considerarse de la misma serie que los de cuarcita, pero menos recrystalizados.

c) De granófidios. De tamaño y forma similar a los de cuarcita y arenisca (fot. 9). A veces con esferulitos mal definidos, mientras que en otros puntos están convertidos en mirmequitas y micropegmatitas con distintos tipos de tránsito intermedios. Hay también algo de óxidos de Fe dentro de estos granos.

d) De rocas efusivas. Alcanzan tamaños de 1,5 mm. Unos son de contornos irregulares, estructura interna vitrofídica con vacuolas de clorita y

óxidos de Fe y sin microlitos. Otros son bien redondeados y con muchos microlitos, que hemos identificado como de andesina.

CONSIDERACIONES GENÉTICAS

Todas las rocas descritas contienen conjuntos de minerales autógenos, que podemos considerar como de baja intensidad metamórfica. Podemos decir que los procesos metamórficos no se manifiestan, y todas pueden situarse, cuando más, al principio de las facies de las pizarras verdes. En realidad, únicamente encontramos la clorita, arcillas, carbonatos, óxidos de Fe y piritita como minerales indicadores autógenos. La piritita indica un medio reductor, pero su abundancia no es muy grande, y aunque parte de los óxidos de Fe pueden proceder del sulfuro, hemos de tomar este dato con precaución.

La presencia de los feldespatos en las efusivas es un fenómeno muy frecuente en tales tipos de rocas: se originan bien por desvitrificación o bien se han formado con anterioridad a su deposición. Es decir, por procesos ligados a su génesis efusiva y no por fenómenos de tipo metamórfico.

Igualmente todas han sido sometidas a procesos tectónicos que, sin embargo, no han dado lugar a fenómenos de recrystalización. Esto no significa que en otras zonas las mismas rocas no estén afectadas por fracturas y fallas. La pizarrosidad es oblicua a la sedimentación, según datos de la muestra número 8.

Las números 1 y 2 entran dentro de la categoría de rocas efusivas. Su forma de originarse presentan, sin embargo, algunas dificultades. Lo más probable es que se trate de rocas piroclásticas a partir de partículas pequeñas. Esta génesis es más clara para la número 1 que para la número 2.

La distinción entre génesis piroclástica y por manto de lava es difícil, incluso para formaciones recientes. Marshall (14, 15), Gilbert (5) y Smith (20), entre otros, dan unos cuantos criterios para estos casos. Se apoyan en datos de campo con desmuestres adecuados a la potencia de la formación. El estudio de las capas más basales ayuda grandemente a este problema.

Los fenómenos de desvitrificación y nacimientos de cristales, tanto pueden producirse sobre un vidrio fundido como sobre un depósito de cenizas, si éstas conservan durante algún tiempo una relativa temperatura. Boyd y Kennedy (2) y Boyd (*), han estudiado el problema para las nubes ardientes (génesis de las ignibritas). Como es lógico, depende de la mezcla de aire que sufre la nube ardiente, lo que es inversamente proporcional al tiempo que dura la sedimentación: en una hora, la pérdida es de 5°, mientras que en diez horas, la temperatura desciende 45°. Valores muy pequeños, si tenemos en cuenta el calor de las emisiones sólidas, según Smith, Fiedman y Long (21), puede ser de hasta 800°.

(*) Tomado de Smith (20).

En nuestro caso, nos inclinamos por un depósito a partir de cenizas para la número 1. La falta de cristales fémcicos y los pocos y pequeños de cuarzo y feldespatos apoyan la idea de una temperatura no muy alta. En la número 2, la cuestión es muy compleja por la gran cantidad de cristales de neoformación, si bien la basicidad de la roca y la falta de minerales fémcicos también apoyan el mismo origen, pues son muy raros los vidrios efusivos que con un quimismo relativamente básico no den lugar a cristales de piroxenos, anfíboles o micas.

Tomándolas como piroclásticas y teniendo en cuenta el tamaño de los elementos estaríamos ante un «welded tuff» de la clasificación de Smith (20), que es más estratigráfica que petrográfica. Siguiendo a Carozzi (3), que se apoya en las ideas de Wentworth y Williams (26), simplemente como un «tuff», un tuff vítreo para la número 1 y un tuff cristalino para la número 2. Baselga (18), traduce el término tuff por el de toba volcánica. Tendríamos toba volcánica vítrea y toba volcánica cristalina.

En cuanto a consideraciones de orden químico para el magma que las ha originado, podemos tener en cuenta: la presencia del cuarzo en las dos muestras, y el índice de refracción del vidrio que si bien en la primera se encuentra muy alterado, es muy parecido en la segunda al del bálsamo del Canadá. Es decir, cercano a 1,53, lo que nos da una proporción de 55 por 100 aproximadamente de SiO_2 . En la número 2 tenemos además una proporción de ortosa a plagioclasas próxima a 1, lo que es propio de las latitas que en este caso sería una latita cuarcífera. Si bien, la proporción de Ab/An es quizás un poco alta.

Los ejemplares comprendidos entre los números 3 y 7, ambos inclusive, tienen la característica común de contener simultáneamente material efusivo y carbonatos.

El primer problema consiste en discernir si la génesis de las dos partes es simultánea o no. Nos inclinamos decididamente por el primer supuesto en líneas generales dado que la calcita aparece en abundancia, sin seguir líneas de penetración, muchas veces granugienta y sobre todo por la presencia de restos fósiles en la número 7. Una sustitución o metasomatismo cálcico no explica bien estos hechos. Claro que posteriormente a esa deposición simultánea ha habido movilización y recristalización de la calcita demostrable por los cristales euhedrales, sustitución de feldespatos y presencia de filoncillos que atraviesan indistintamente las partes efusivas (fot. 5). La presencia de dolomita es un problema aparte y no podemos abordarlo aquí. Tanto puede haberse originado al mismo tiempo que la calcita, como por una dolomitización posterior.

Admitida la simultaneidad entre los carbonatos y las partes efusivas, nos hallamos frente a una serie de peperinos (Carozzi y otros autores scriben «peperite»), que se nos presentan con tendencia pizarrosa por las presiones y efectos tectónicos consecuentes con su posición en la columna estrati-

gráfica. En este sentido encontramos una buena semejanza con el Schalstein de Lah (Alemania), relacionados con queratófidos, y pertenecientes al Devónico.

Como es sabido, los peperinos se originan por mezcla de emisiones volcánicas con depósitos de aguas superficiales o sedimentos mal compactados de calizas, arcillas o depósitos de diatomeas. Generalmente se consideran como lagunares. Sin embargo, también se admite que pueden formarse en medios marinos poco profundos (3). Por la presencia de la clorita, nos hemos de inclinar más por este segundo supuesto.

Michel, en un trabajo sobre las «peperitas» (17) del Grande Limagne de época terciaria, establece unas características diferentes, según la distancia al foco emisor. La zona más inmediata es discordante con las rocas subyacentes y está constituida por gruesos granos y nódulos de lava con poco vidrio y enclaves de las rocas del basamento. Muchas veces son intraformacionales, sin que haya habido proyección atmosférica. En torno a esta zona central viene, con paso gradual, pero rápido, la zona de las facies «peper» constituida por fragmentos efusivos de menor tamaño, menos escoriáceos, pero con muchas cavidades. Termina hacia la periferia de una forma rápida para dar paso a los sedimentos de campo. En este proceso, la intrusión es muy fluida y a alta temperatura. Así se explica el nacimiento posterior de los cristales de feldespatos y la íntima mezcla con los carbonatos. En las rocas que estudiamos, todas pertenecerían a las facies «peper».

La número 7 contiene granos detríticos, tanto de micropegmatitas como otros bien redondeados de rocas efusivas. En esto tiene una cierta semejanza con la serie detrítica, pero al mismo tiempo encontramos algo de cemento calizo y efusivo. Hemos de admitir la existencia de emisiones volcánicas anteriores al peperino en el mismo lugar o lugares inmediatos. De esta forma, es lógico suponer que la serie detrítica es anterior a la del peperino, estableciéndose el tránsito entre la 11 y la 7.

En cuanto a la composición del magma de estas manifestaciones efusivas, nos encontramos con tres tipos diferentes, que se pueden esquematizar así:

- I.—Rocas básicas anteriores al peperino.
- II.—Rocas algo menos básicas que dieron lugar al peperino.
- III.—Latitas cuarcíferas que formaron la toba volcánica.

La primera con plagioclasas de tipo andesina, SiO_2 alrededor de 55 por 100, vidrio opaco sin cuarzo libre y con muchos microlitos de plagioclasas. La segunda también sin cuarzo, con plagioclasas, sanidina (quizás sustituida por anortoclasa) y vidrio de índice de refracción que representa un tanto por ciento de sílice algo superior a la anterior.

Su orden de sucesión en el tiempo está claro para la primera y la segunda,

mientras que la tercera queda indeterminada. Por su mayor acidez y según la evolución normal de un foco magmático, sería posterior a todas ellas.

Extraña un tanto que en vidrios de quimismo relativamente ricos en vidrio como el indicado para el peperino no se formen palagonitas. Las palagonitas estudiadas en detalle por Tirrell y Peacock (24), en Islandia, se originaron desde luego a partir de magmas más básicos y bajo una capa de hielo. Quizás se deba en nuestro caso a que la basicidad no sea tan alta, o a que la presión del vapor de agua no alcanzó el valor requerido al poder escapar fácilmente a la atmósfera.

Entre las cloritas que hemos determinado tenemos la chamosita. Según Tchoukbrov (22), hay que considerarla como pseudoclorita con una red cristalina similar a la caolinita, rica en Fe y muy pobre en Mg, que se origina en estadios muy débiles de diagénesis. Incluso puede formarse en arcillas marinas por precipitación química durante la sedimentación. Las otras cloritas pueden explicarse por distintas proporciones de Fe/Mg mejor que por diferentes condiciones genéticas. En cuanto a la proclorita aparece dentro de granos detríticos y no podemos tenerla en cuenta.

La serie detrítica en su mayor parte la hemos venido definiendo como areniscas por el tamaño del grano. La asociación mineralógica o detrítica que presentan es inestable. Hemos de tomar a todas, excepto la número 12, como areniscas, pues las grauwaekas requieren un cemento arcilloso más abundante y granos más angulosos (3) y (27). Por otra parte, la proporción de granos no cuarcíferos a los cuarcíferos es pequeña y para pasar a wackes (areniscas impuras), tiene que contener más del 10 por 100 de cemento. Sólo hay una que se aproxima a este valor que es precisamente la que por el tamaño de los granos consideramos como pudinga.

El tamaño del grano en toda la serie varía entre 0.05 a 15 mm., y teniendo en cuenta las ideas de Dreyfuss (22), sobre la profundidad de sedimentación nos encontramos un máximo para la número 12 de 20 a 30 metros y para el resto profundidades superiores a los 40. Estos cálculos están efectuados para un fondo liso y plano, y los ha realizado partiendo de la fuerza necesaria para desplazar las partículas, lo cual depende también del movimiento de las aguas. De aquí que las medidas reales obtenidas para depósitos actuales varían un poco, según se trate de mares abiertos o cerrados. Citemos de pasada, que en la número 12 hay tendencia a formar oolitos de Fe que no se originan a profundidades superiores a los 50 metros (22).

Hay en esta cuestión de las profundidades un hecho que conviene hacer resaltar y es el problema del cemento. De las detríticas sólo las números 8 y 11 contienen calcita y podrían tomarse como paso a los peperinos al mismo tiempo que la número 8 indica una mayor profundidad por el tamaño del grano. Es, sin embargo, la número 7 la que por su composición se coloca

intermedia entre las dos series. Tiene el tamaño de los granos mayores e indica menor profundidad. Entonces hemos de admitir dos deposiciones de carbonatos separadas por un levantamiento del fondo, o bien pertenecen a series diferentes o son pasos laterales de una única serie, ya que las diferencias de profundidad no son muy marcadas. En cualquier caso, siempre estaremos dentro de una serie litoral.

Otros hechos paleogeográficos son más difíciles de precisar en nuestro estudio. Datos sobre la fauna, la flora, la proporción de O², etc., no se pueden obtener aquí. El carbonato cálcico parece más de precipitación química (con o sin intervención de la biosfera), que no por acumulación de restos orgánicos lo que indica una temperatura alta. Lo mismo podría decirse de la dolomitización si ésta es singenética. También la presencia de minerales sedimentarios de Fe, en las que tienen cemento abundante apoyan la idea de un clima cálido húmedo para las tierras inmediatas.

Nos queda por decir algunas palabras sobre la provincia alimentadora. Es claramente poligénica. La presencia de granos efusivos bien redondeados indica rocas volcánicas próximas. Los de areniscas y cuarcitas una zona sedimentaria, que puede ser más lejana, y con una diagénesis más o menos fuerte. Por último, sobre las mirmequitas y micropegmatitas, no conocemos bibliografía como formadoras de rocas detríticas. Los consideramos, sin embargo, de una estabilidad mayor que para las efusivas. Su procedencia estaría más lejos que éstas.

Dada la discusión sobre el origen de los granófidos (7) y (25), no podemos decir que pertenezca a éste o aquel magma. Quizás sea interesante para los que abordan el problema genético la presencia conjunta de restos de ellos, rocas efusivas básicas y areniscas. Así como el hecho de contener cristales de turmalina.

Teniendo en cuenta las proporciones entre los distintos granos y dados los respectivos tamaños, toda la serie detrítica tuvo la misma provincia alimentadora y únicamente hubo cambios en las distancias.

En cuanto a la existencia de feldespatos alotigenos junto al cuarzo, creo que no demuestran la presencia, en la provincia alimentadora, de granitos precámbricos, puesto que pueden proceder del granófidio.

Los ejemplares quedan como es lógico, indeterminados dentro del cámbrico. Sin embargo, haremos notar que los granos de efusivas detríticas guardan gran semejanza con los encontrados en rocas de Tineo y Puente del Tuña, y que estudiamos en la actualidad en colaboración con Sánchez de la Torre y Prado, y que están ligadas a cuarcitas consideradas como del Cámbrico inferior (11).

Si son del Cámbrico bajo, debemos pensar que los granófidos y areniscas deben ser más inferiores. La cuestión de las areniscas no tiene ningún inte-

rés específico por su abundancia en distintos niveles. No ocurre lo mismo con los granófidós, y su localización permitiría situar estratigráficamente con relativa seguridad la roca encajante. Quizás algunos pórfidos cuaríferos señalados por Barrios (1) y Mallada (12), en el Oeste de Asturias, encajados en las «pizarras del Narcea» puedan considerarse como granófidós. Lo que estaría de acuerdo con considerar estas pizarras como precámbricas (11).

Laboratorio de Petrología
Universidad de Oviedo

REFERENCIAS

1. BARROIS, CH.: *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de Galicie*, Lille 1882
2. BOYD, F. R. and KENNEDY, G. C.: *Some experiments and calculation relating to the origin of welded tuffs*, «Am. Geoph. Union Trans.», v. 32, 1951.
3. CAROZZI, A. V.: *Microscopic Sedimentary Petrography*, «John Wiley & Sons.», Nueva York, 1960.
4. COOK, E. F.: *Ignibrite bibliography*, «Idaho Bur. Min. and Geol. Inf. Circ.», número 4, 1959.
5. GILBERT, C. M.: *Welded tuff in eastern California*, «Bull. Geol. Soc. Amer.», volumen 49, 1938.
6. GRANGEON, P. et MICHEL, R.: *La pépélite à ciment de diatomite de la Montagne d'Andance (Massif du Coiron Ardèche)*, «Bull. Soc. Geol. Fran.», ser. 6.ª, v. 7, 1951.
7. HUGHES, C. J.: *The Southern Mountains igneous complex, Isle of Rhum*, «Quar. Jour. Geol. Soc. Lon.», v. CXVI, part. 2.ª, 1960.
8. JOHANNSEN, PH. D.: *A descriptive petrography of the igneous rocks*, «Univ. of Chicag. Press.» (Fourth Imp.), 1950.
9. LECROIX, A.: *Principaux résultats de la Mission de la Martinique*, «Ac. Scien. C. R.», v. 136, 1903.
10. LACROIX, A.: *Remarques sur les matériaux de projection des volcans et sur la genese des roches pyroclastiques qu'ils constituent*, «Soc. Geol. Fran. Livre Centenaire», v. 2, 1930.
11. LOTZE, F.: *El precámbrico de España* (versión española de G. de Blarena), «NOT. Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESP.», núm. 60, 1960.
12. MALLADA, L.: *Explicación del Mapa Geológico de España*, «Men. Com. Map. Geol. de Esp.», t. I, 1960.
13. MANSFIELD, G. R. and ROSS, C. S.: *Welded rhyolitic tuffs in Southeastern Idaho*, «Am. Geoph. Union Trans.», 16th Ann. Mtg. pt. 1, 1935.
14. MARSHALL, P.: *Acid rocks of Taupo-Rotorua volcanic district*, «Royal Soc. N. Z. Trans.», v. 64, 1935.
15. MARSHALL, P.: *Ignibrites*, «7.ª Pacific Scien. Cong. N. Z.», v. 2, 1953.
16. MATUMOTO, T.: *The four Gigantic Caldera Volcanoes of Kyusyu*, «Jap. Jour. Geol. and Geogr.», 1943.
17. MICHEL, R.: *Contribution à l'étude pétrographique des pépélites et du vulcanisme tertiaire de la Grande Limagne*, «Soc. Hist. Nat. Auver Men.», núm. 5, 1953.
18. NOVO Y F. CHICARRO, P.: *Diccionario de Geología y Ciencias Afines*, edit. Labor 1957.

19. RANKHINE, L. B.: *Sur la classification des particules detritiques et des roches formées par elles*, «Mess. Univ. Lening.», v. 24, 1956.
20. SMITH, R. L.: *Ash flows*, «Bull. Geol. Soc. Amer.», v. 71, 1960.
21. SMITH, R. L., FIEDMAN, I. and LONG, W. D.: *Welded tuffs Experimental I.*, «Am. Geophys. Union Trans.», v. 39, núm. 3, 1958.
22. STRAKHOV, N. M.: *Méthodes d'étude des Roches Sedimentaires*, «Anal. de Ser. Inf. Geol. Moscou», 1957.
23. TIKHOMIROV, S. V.: *Sur une nouvelle réaction chromatique pour la différenciation de la calcite et de la dolomite*, «Bull. MOIP. Sect. Geol.», t. XXVI, v. 1, 1951.
24. TIRRELL, G. W. and PEACOCK, M. A.: *The petrology of Iceland I: The basic tuffs*, «Royal Soc. Edin. Trans.», v. 55, 1926.
25. WAGER, L. R., WEEDON, D. S. and VINCENT, E. A.: *A granophyre from Carie Uaigneich, Isle of Skye, containing quartz paramorphs after*, «Min. Mag.», núm. 30, 1959.
26. WENTWORTH, C. K. and WILLIAMS, H.: *The classification and terminology of the pyroclastic rocks*, «Nat. Resear. Coun. Washin. Bull.», núm. 89, 1932.
27. WILLIAMS, H., TURNER, F. J. and GILBERT, C. M.: «Petrography», ed. Freeman and Co., 1957.

HENNING SAEFTEL.

PALEOGEOGRAFIA DEL ALBENSE EN LAS CADENAS CELTIBERICAS DE ESPAÑA (1)

RESUMEN

Este trabajo trata de la edad y carácter de la sedimentación albense en el ámbito de las Cadenas Celtibéricas. Es bien conocida la atribución al Albense de las «Capas de Utrillas» de tan vivo colorido y tan frecuente cita en la bibliografía geológica española. Pero las edades inicial y final de esta facies continental estaban mal definidas. Por su escaso e indeciso contenido fósil sólo sus identificaciones con facies marinas, de más fácil y segura determinación, habían permitido el establecimiento más o menos preciso de su edad.

En este trabajo se ha hecho un estudio sistemático de la edad de las formaciones de techo y muro, y se han analizado, además, las zonas de indentaciones y se llega a la conclusión de que el grueso de las capas de Utrillas representan el Albense superior y medio, pero como su delimitación no es neta, ni hacia el techo ni hacia el muro, ni tampoco es seguro que la aparición fuera simultánea en todas partes, queda un posible factor de incertidumbre final para los paquetes más altos y los más bajos. Es una indeterminación básica, de naturaleza, no por deficiencia de método.

El estudio detallado de estos factores ha llevado a un conocimiento de espesores del material sedimentario, procedencia del mismo y de conformación de las cuencas de sedimentación cuya exposición compone el resto del texto, y mediante el cual se llega al establecimiento de la paleogeografía albense en el ámbito Ibérico.

(Resumido por el traductor.)

ABSTRACT

This work deals with the age and character of the albian sedimentation in the Celtiberic areas of Spain. It is a well known fact that the colorful and variegated facies of the «Capas de Utrillas», so copiously cited in the Spanish geological literature, are

(1) Traducción por J. M. Ríos de la obra titulada «Paläogeographie des Albs in den Keltiberischen Ketten Spaniens» por Henning Saeftel, aparecida en idioma alemán en el «Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft», tomo III, parte 3 del año 1959, Hannover, febrero 1960. Este trabajo fue expuesto, como disertación doctoral, en el Hohen Mathem Naturw. Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelm Universität de Bonn. Se publica merced a la amable autorización del autor y editores.

attributed to the albian stage. But the initial and final ages of this continental facies were not soundly established. Due to its scarce and poor fossil remains only its interfingering with lateral marine facies had allowed a not very precise establishment of its age.

A profound and serious work has been carried out to establish systematically the age of the formations above and below the «Utrillas» facies and a careful analysis has been carried out in all zones of interfingering with marine facies. The somewhat inconclusive result is that the bulk of the «Capas de Utrillas» represents the upper and middle Albian. But as neither the delimitation on top and bottom is frequently precise, nor the introduction and extinction of the facies are simultaneously universal there remains a basic, natural indetermination which is not the result of a deficiency of method. The detailed study of these factors has had as consequence a good knowledge of the sedimentary thicknesses and origin of the materials and of the shape and disposition of the sedimentary basins and, as a whole, of the paleogeography of the albian «Utrillas» facies in the Iberic domain.

(Abstracted by the translator.)

1. INTRODUCCIÓN

El Cretáceo medio se presenta en las Cadenas Celtibéricas del NE. de España bajo dos aspectos: una facies continental, las así denominadas Capas de Utrillas, y otra de carácter marino (ver fig. 1). Las Capas de Utrillas son fácilmente reconocibles, ya que se componen de arcillas y arenas de vivos colores, y además constituyen siempre las laderas de las montañas, bajo los cantiles de las calizas del Cretáceo superior.

Hacia el SE. en la provincia de Valencia, así como también por el N. de la Península, al Sureste de Vitoria, las facies continentales pasan a marinas. Se ha intentado en este trabajo el establecimiento de la edad de las Capas de Utrillas, conocida hasta ahora con escasa exactitud, por medios bio-estratigráficos aplicados a la región de indentaciones del Sureste.

Un segundo objetivo lo constituía tratar de poner en claro la conformación y relleno del ámbito sedimentario de las Capas de Utrillas mediante procedimientos litoestratigráficos. Para ello se levantaron 136 cortes repartidos por toda Celtiberia, lo más completos posible, prestando máxima atención a las potencias, estratificación, constitución petrográfica y contenido en cantos.

Como base topográfica se ha utilizado el Mapa nacional español a escala 1:50.000. Los números que figuran en el texto, entre los paréntesis situados tras los nombres de localidades, indican la correlación con el índice de cortes del apéndice y la situación en el mapa de conjunto (fig. 2).

Del profesor Dr. Brinkmann procede la inspiración de este trabajo. Apoyaron los trabajos de campo las firmas C. Deilmann, Bergbau G. m. b. H., de Bentheim y Vitoria, y la Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A., de Madrid. El Dr. Bijvank, de Vitoria, determinó la mi-

crofauna, y el profesor Dr. L. Solé Sabaris me facilitó el uso de la Biblioteca del Instituto de Geología de la Universidad de Barcelona. A todos ellos, la expresión de mi agradecimiento.

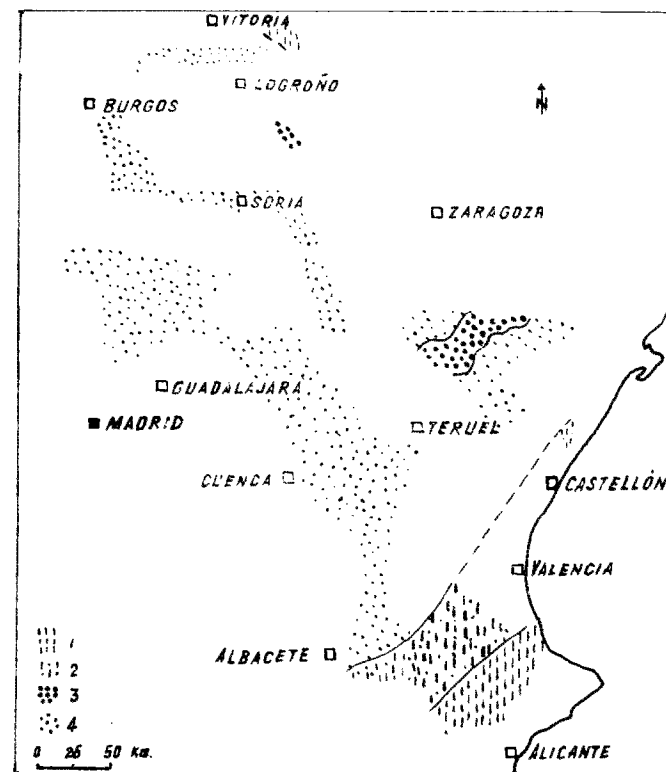


Fig. 1.—Extensión de los Albense alto y medio del NE de España.

- 1 Facies marina; 2 Zona de indentaciones; 3 Facies continental con mucho carbón;
4 Facies continental conteniendo raramente carbón.

2. LITOLOGÍA

a) Rocas de origen continental

Los sedimentos que componen las Capas de Utrillas son de carácter predominantemente clástico: arenas y arcillas son los elementos constituyentes principales. Como intercalaciones se presentan los carbonos.

Los auténticos conglomerados, así como los cantos gruesos y bastos son escasos: se trata, en forma dominante en el caso de rocas bastante clásticas, de areniscas portadoras de cantos. Los cantos están bien redondeados, son de tipo esferoidal o elipsoidales aplastados, y se componen exclusivamente de cuar-

zos lechosos y de cuarcitas del Paleozoico bajo. La dimensión máxima de los cantos rodados alcanza valores transversales de hasta 193 mm. Los cantos no silíceos se encuentran sólo ocasionalmente en la base. Así es como aparecen en algunos puntos como conglomerados basales, allí donde las Capas de Utrillas transgreden sobre Jurásico.

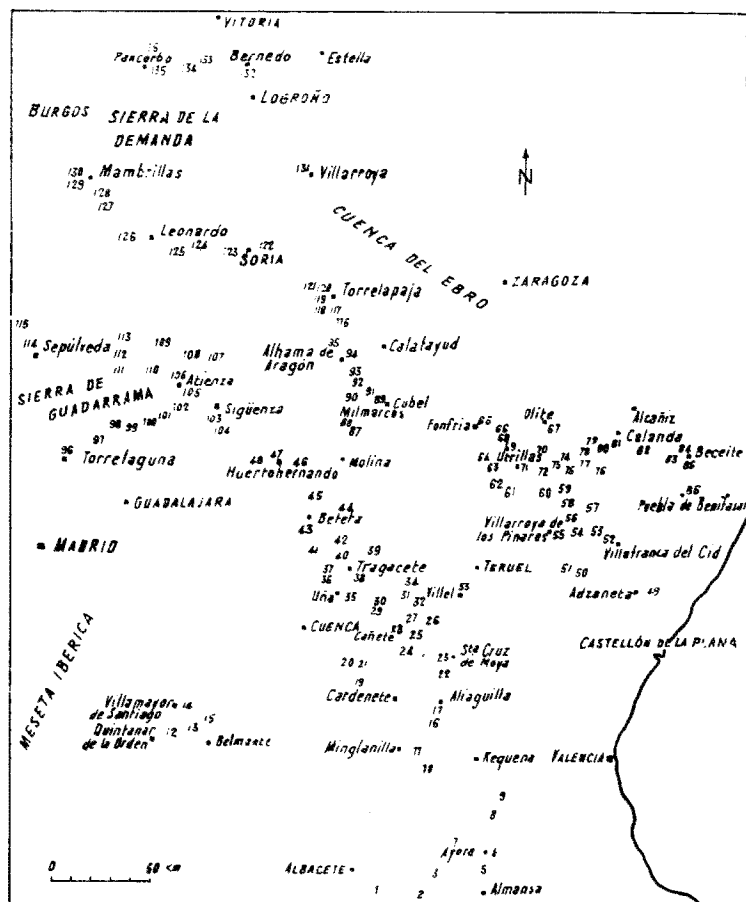


Fig. 2.—Representación conjunta de las localidades a que corresponden los cortes o columnas.

Las arenas son predominantemente claras, blancuzcas, amarillentas, parduzcas o rojizas, y sólo ocasionalmente se presentan las de colores pardos, rojos y violetas. El tamaño de los granos varía intensamente, y hay todos los tránsitos, desde las arenas gruesas y bastas, hasta las finas y muy finas. El cemento es calizo la mayor parte de las veces, raramente es silíceo; a menudo se encuentra la roca empapada de hidróxidos de hierro. Las arenas aparecen consolidadas en formas muy diferentes e irregulares: arenas sueltas, apenas cementadas, pasan tanto en sentido vertical como horizontal, mediante

arenas desagregables, a areniscas duras. En algunos cortes se presentan concreciones elipsoidales de arenisca. Las arenas se componen fundamentalmente de cuarzo. Son objeto de laboreo, como abrasivos, entre Priego y Beteta (43). Sin embargo, se encuentra una cierta participación de feldespato meteorizado, que localmente llega a enriquecer hasta constituir arenas caolíníferas susceptibles de laboreo, como por ejemplo, entre Carboneras de Guadazaón y Cardenete (Cuenca), en Algarra (Cuenca) y Vilel (Teruel). Ocasionalmente se encuentran englobados fragmentos de madera carbonificada y nódulos de arcillas.

Las arenas y areniscas ofrecen estratificación cruzada, excepto cuando el grano es muy fino. Las potencias de las unidades que constituyen los estratos cruzados (Niehoff, 1953), oscilan ampliamente entre 0,1 y 3-4 metros. Es posible observar, con frecuencia, estratificación graduada, y tanto en las arenas de estratificación cruzada como en las de estratificación paralela.

Tanto en dirección horizontal como vertical, las arenas indentan con lentejones de limolitas y arcillas, de tonos grises, más raramente abigarrados.

También se presentan, en forma ocasional, finas alternancias de hiladas, del grosor de milímetros, de arcillas grises con arenas pardoamarillentas («Bändertone») o «arcillas fajeadas» de Karrenberg, 1934, pág. 39). A veces las arcillas y limos son portadoras de yesos y de concreciones arcillo-ferruginosas. En Cañada de Verich (Teruel), se explotan las arcillas como bauxitas.

Los carbonos están ligados por lo general, a lentejones de arcilla gris, los denominados «carboneros». En la mayor parte de los casos, se trata de rezaos delgados: sólo localmente se encuentran capas susceptibles de explotación de 1-3 m., llegando a un máximo incluso de 8 m. La calidad de los carbonos es variable y puede cambiar, incluso dentro de un mismo carbonero, desde el carbón arcilloso deleznable, a carbonos duros quebradizos y explotables. Según M. Teichmüller (1953), tuvo lugar la carbonificación en ciénagas escasamente pobladas de arbolado e inundadas con frecuencia. Según el resultado de dos análisis se trata, en el caso de los carbonos de Utrillas, de petrolignitos de escasa carbonificación y en el de los de Esteruel de lignitos pardos duros.

b) Rocas de origen marino

Las rocas de origen marino se presentan bajo dos aspectos. Unas veces yacen como intercalaciones delgadas, de espesores máximos de centímetros, dentro de las Capas de Utrillas de tipo continental. De amplia repartición son las hiladas delgadas de linaquelas pardas o grises de ostreas. La zona limítrofe entre las capas Urgoaptense y Capas de Utrillas está ocasionalmente caracterizada mediante areniscas calíferas grisverdes, que contiene ooides ca-

lizados (cortes 55,56 y 60). En dos cortes (26,31), se encontraron también areniscas portadoras de glauconia.

La segunda alternativa de las rocas marinas es la de potentes secuencias que caracterizan las zonas de indentación entre marino y continental (figura 1). En este caso se trata, en forma predominantemente, de margas débilmente arenosas, verdosas si son de reciente excavación, pero pardo amarillentas una vez meteorizadas; suministran la mayor parte de los fósiles. Las calizas son predominantemente banqueadas, más raramente fibroso-nodulares, finamente cristalinas, a veces débilmente arenosas, a menudo pardas: o bien en bancos gruesos, de grano grueso, quebradizas y de claros tonos.

3. LITOSTRATIGRAFÍA

a) La región de las facies continentales

Dividió Hahne (1930), las Capas de Utrillas de las provincias de Teruel y Castellón en un tramo superior, que se compone de arenas, y en otro inferior compuesto de arenas con lechos de carbón, margas grises y calizas. Ríos y Almela mostraron ya (1951), que no se puede mantener en esta forma la división hecha por Hahne. La única regla que podemos retener es la de que los carbones se restringen a los 70 metros más bajos, como máximo los 100 metros de la secuencia estratigráfica, siempre que la potencia conjunta no baje de los 100 metros.

Es característico de las Capas de Utrillas un intenso cambio de facies, como resulta evidente del examen de una serie de columnas estratigráficas (figura 3), obtenidas todas ellas muy próximas las unas a las otras dentro del dominio del corte 55. Sólo en casos de excepción se prolongan los horizontes-guía petrológicos a más grandes distancias. Resulta posible seguir, en la provincia de Teruel, una serie de calizas arenosas marinas con ooides calizos de la base de las Capas de Utrillas, desde Villarroya (55), dieciocho kilómetros más allá hacia el N., hasta Aliaga (60), y doce kilómetros en dirección al E., hasta Cañada de Benatanduz (56). Su grosor es de 180 metros en Villarroya (55), sólo de 26 metros en Cañada (56), y de 22 metros en Aliaga (60). Además existen en la misma vecindad, en las partes superiores de los cortes 55 y 56, calizas cuyos espesores están comprendidos entre los 30 y 45 metros. Estas no llegan, en contra de los datos aportados por Richter y Teichmüller (1933), hasta Cantavieja. No aparecen en mis cortes 54 y 55, levantados al Oeste y Este inmediato de Cantavieja. Mencionaremos finalmente que en la región oriental de la provincia de Cuenca se encuentran los horizontes más bastos, y al mismo tiempo más ricos en cantos, de la base de las

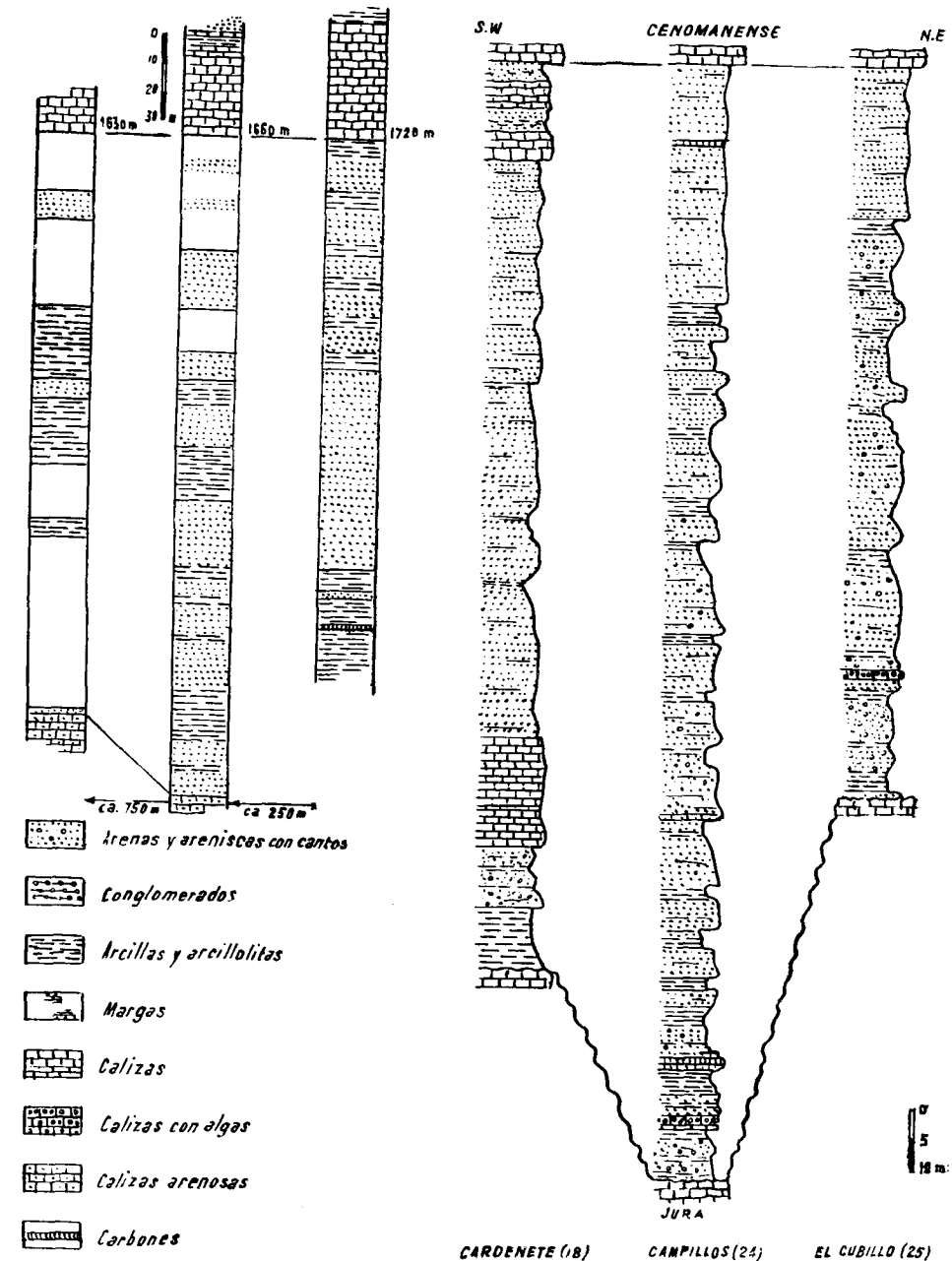


Fig. 3.—Variaciones de facies (corresponden parte de la columna estratigráfica 55 de Villarroya (Teruel). Los símbolos (asimilados a los DIN 4023) se aplican a las figs. 3-9.

Fig. 4.—Equivalencias entre las columnas estratigráficas de la cuenca de Landete. Todas ellas se componen, en forma predominante, de areniscas claras con arcillas abigarradas intercaladas. Solamente en Cardenete (18) aparecen calizas en las partes alta y baja.

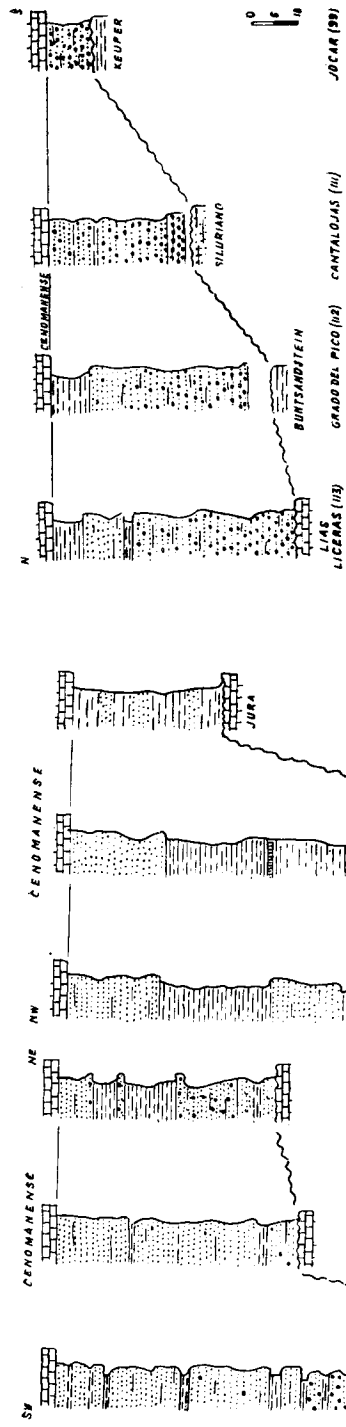


Fig. 5.—Disminución de potencias sobre el umbral de Cuenca. Predominan intensamente las arenas claras, más raramente abigarradas, con respecto a las arcillas abigarradas. En Huérguina (28) se constituye un conglomerado basal.

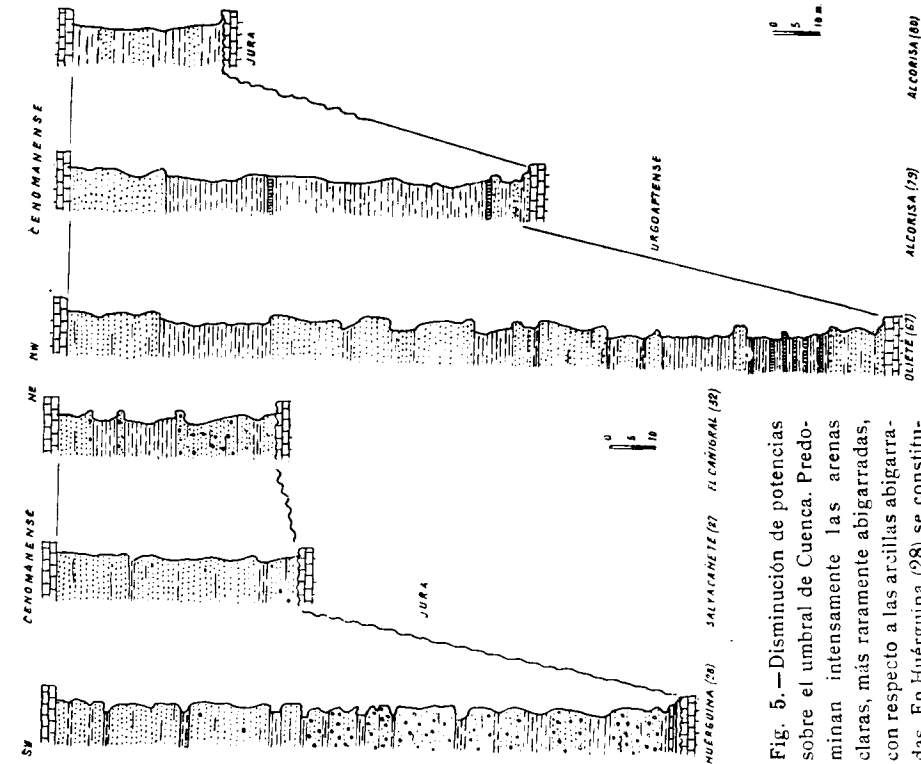


Fig. 6.—Columnas en facies de Utrillas con carbón, en la margen meridional del Macizo Aragonés.

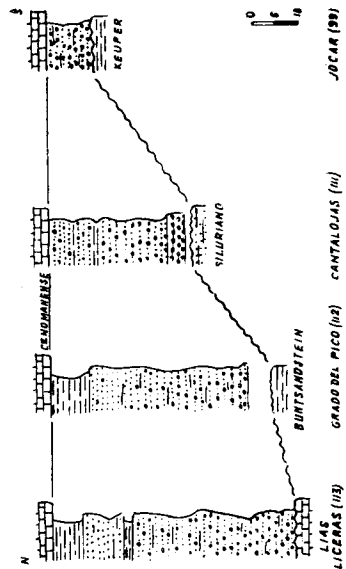


Fig. 7.—Ataque de las Capas de Utrillas sobre las diferentes formaciones en la margen de la Sierra de Guadarrama.

Capas de Utrillas, aunque, sin embargo, cambian local y ampliamente en sus potencias, y no llegan a constituir un horizonte consistente.

Por consiguiente, no resulta posible el establecimiento de una subdivisión fina de índole estratigráfica de las Capas de Utrillas sobre base litológica, lo que se justifica claramente mediante el examen de los cortes 4 a 7.

b) La zona de indentaciones del Sureste

Alternan allí las areniscas y arcillas continentales con margas y calizas marinas. Dos series de cortes (figs. 8 y 9), explican cómo se establece la ligazón entre las facies continentales y las marinas:

En la figura 8, el corte 1 se compone, por completo, y el 3 en forma predominante, de Capas de Utrillas de tipo continental. Pero luego aumenta intensamente la participación marina (corte 8) que llega a dominar en el 9.

La segunda serie de cortes (fig. 9) comienza al SE. del corte 3, cuyo carácter es preferentemente continental. La mitad inferior del corte 5 se compone ya de calizas y margas marinas, la superior de areniscas claras de Utrillas. El corte 4 está constituido exclusivamente de formaciones predominantemente marinas.

Tampoco es posible separar aquí ningún horizonte guía de índole litológica.

c) La región septentrional de indentaciones

Es en Villarroya (131) (Logroño), donde se presentan las primeras intercalaciones marinas de alguna potencia en la secuencia estratigráfica, bajo forma de areniscas calíferas gris-verdes. Al Norte de la cuenca del Ebro, en Estella (Navarra), el equivalente de las Capas de Utrillas tiene ya constitución enteramente marina. Según Pflug (1958) en el flanco occidental del diapiro de Estella, en Zufia, se presentan unos 700 metros de areniscas calíferas como representantes del Albense superior. Siguen por encima unos 900 metros de arcillolitas y de limolitas, que han de ser atribuidas igualmente al Albense superior. Tampoco hacia el Oeste se pone de manifiesto la zona de indentaciones de continental a marino. En Bernedo (Alava) (132), unos treinta y cinco kilómetros al OSO. de Zufia, el corte más inmediato muestra ya de nuevo las Capas de Utrillas en su constitución normal.

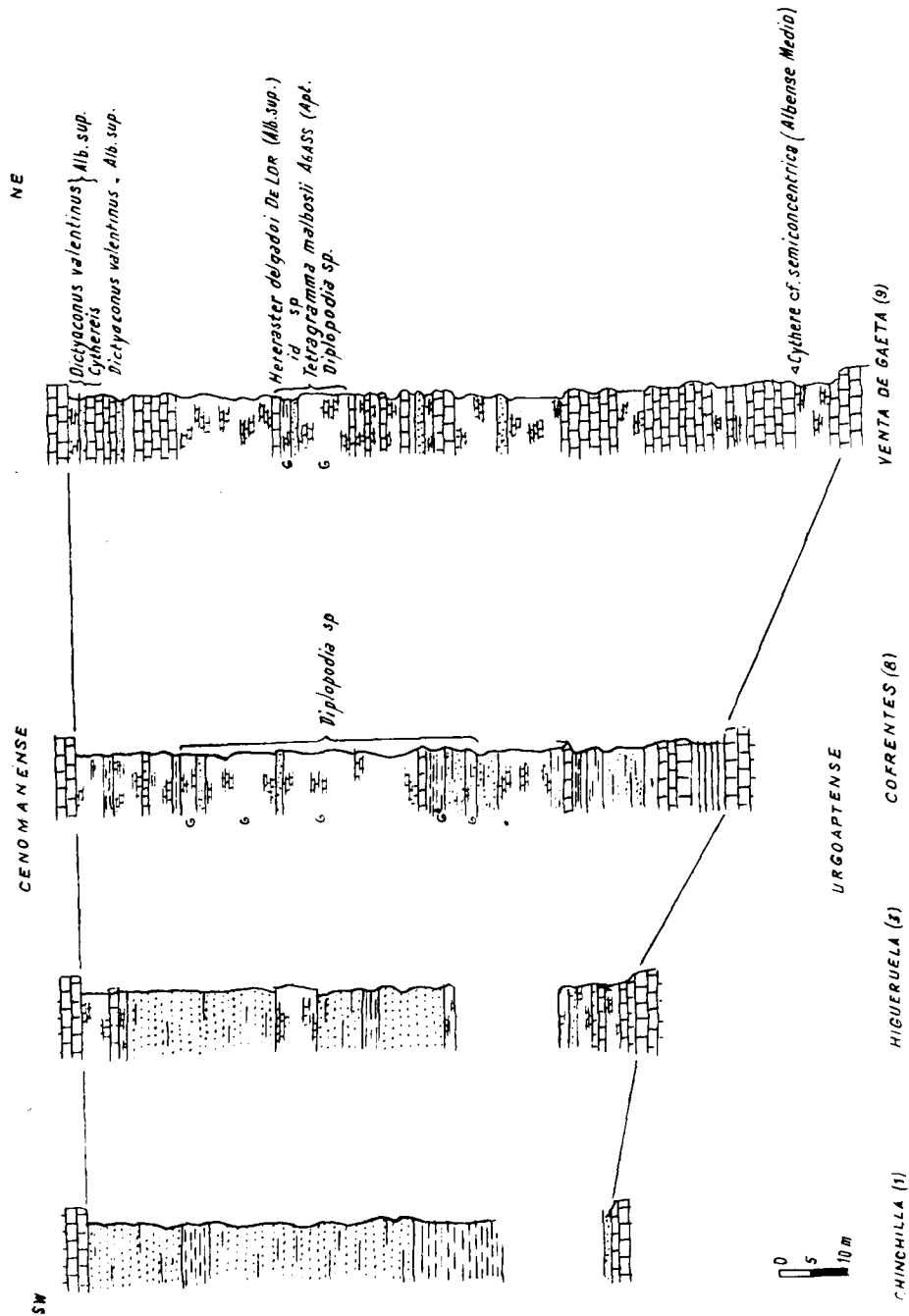


Fig. 8. Columnas de la región Suroeste de indentaciones, con indicación de los fósiles guía

1. BIOESTRATIGRAFÍA

a) Edad de las capas al muro y techo

El yacente normal de las Capas de Utrillas, y de sus equivalentes marinos, está constituido por el Urgoaptense. Brinkmann (1931) llegó a la conclusión, para la provincia de Valencia, de que el Urgoaptense aún abarca el Albense inferior. Richter y Teichmüller (1933), determinan que el Urgoaptense al-

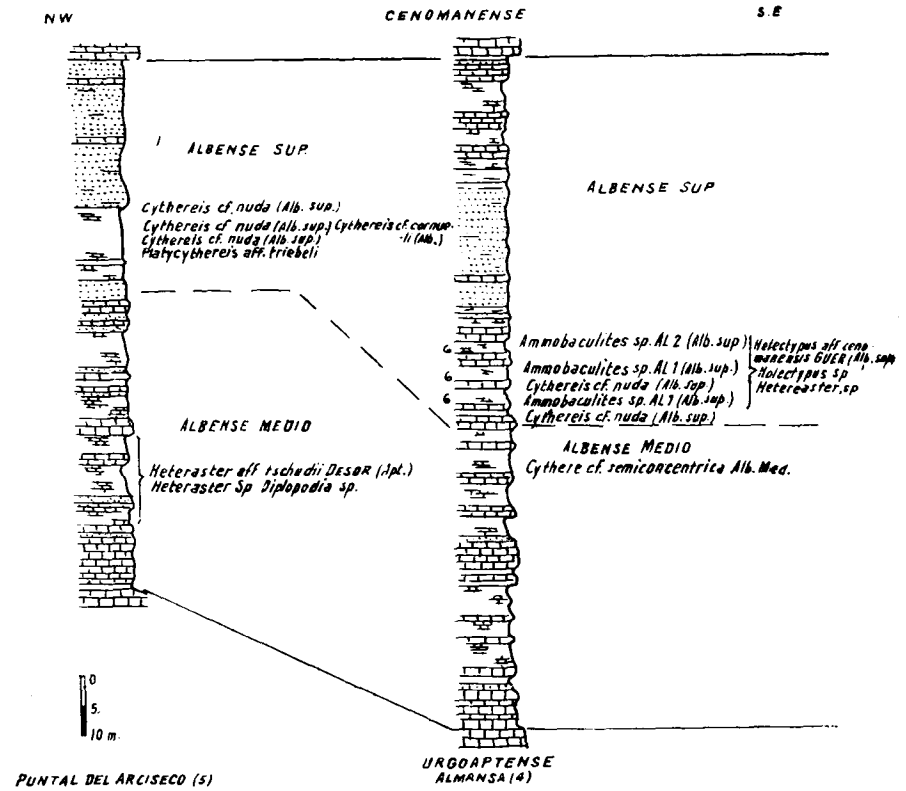


Fig. 9. Columnas de la región Sureste de indentaciones, con indicación de los fósiles guía.

canza desde el Barremense hasta dentro del Albense inferior: En Villarroya (Teruel) (55) encontraron *Parahoplites bigoti* Seunes, en la parte más alta del Urgoaptense. Weisser (1959) recogió en 1956 en la misma localidad *Acanthohoplites bergeroni* (Seunes), a unos cinco metros por debajo del paquete de areniscas calíferas, de unos 180 metros de potencia, que considero como base de las Capas de Utrillas. Ambos ammonites pertenecen al horizon-

te de Clansayes, que se considera actualmente como el Aptense más alto (Breistroffer 1946). El yacente de las Capas de Utrillas alcanza, por consiguiente, al menos en esta región, hasta el Aptense más alto.

Al techo de las Capas de Utrillas, así como de sus representantes de indole marina, sigue el Cenomanense que se compone de margas verdosas, fosilíferas, y de calizas claras, en gruesos bancos. En el corte 112 recogí *Heteraster* aff., *tumidosus* de Lor y *Tetragramma marticense* Cott, ambos fósiles-guía característicos del Cenomanense, situados inmediatamente al techo de las Capas de Utrillas.

b) Edad de las Capas de Utrillas

Se han manifestado las opiniones más diversas acerca de la edad de las Capas de Utrillas. Coquand (1869), las colocó en el Gargasense (= Aptense superior). De Cortazar (1875) en la base del Cenomanense. Dereims atribuyó la parte inferior al Albense y la superior al Cenomanense. Fallot y Battaller (1927), las consideraron albenses. Joly (1927), situó las manifestaciones de Torrelapaja incluso en el Hettangense. Lotze (1929), y Hahne (1930), las atribuyeron al Albense, al Cenomanense o a ambos, opinión a la que se adhirieron también Richter (1930) y Schroeder (1930). Brinkmann (1931), las colocó en el Albense superior para la provincia de Valencia. Richter y Teichmüller (1933), extendieron este concepto a la provincia de Teruel y también llegó al mismo resultado Karrenberg (1934) para la región Cantábrica. En los más modernos trabajos de los geólogos españoles se les atribuye siempre edad albense (Ríos y Almela, 1951; Almela, Dupuy de Lôme y Sánchez Lozano, Martínez Peña, Fontboté y Riba, 1956).

En las margas de la zona Sureste de indentaciones, sobre todo, se presenta una fauna pobre en especies, pero rica en individuos, constituida por ejemplares mal conservados, sobre todo de moldes internos de equínidos, cefalópodos, lamelibranquios, gasterópodos, braquiópodos, foraminíferos y ostrácodos. Pude obtener grandes colecciones, pero me limité al estudio de las formas guía.

En las figuras 8 y 9 se representan las dos series de cortes más importantes procedentes de la región de indentaciones, con inclusión de los fósiles guía en ellas contenidos. En localidades aisladas, he encontrado además:

En el corte 6:

- Cythereis* cf. *nuda* (Albense superior).
- Cythereis* cf. *reticulata* (Albense).

- Ammobaculites* sp. *Al 1* (Albense superior).
- Ammobaculites* sp. *Al 2* (Albense superior).
- Dyctioconus valentinus* Almela (Albense superior).

En el corte 49:

- Epiaster incisus* Coq. (Albense).
- En Dos Aguas (al Este del corte 9):
- Heteraster (Enallaster) greenovii* Forbes (Albense).

Otro corte, rico en fósiles, ubica en el Puerto de Almansa, donde ya habían efectuado recogidas Brinkmann (1931) y Darder Pericás (1945). Si nos referimos al corte cifrado de Darder (1945, fig. 22), encontramos de techo a muro como formas guía, las siguientes:

En la capa 8 a:

- Holactypus similis* Dessor (D) (?) (2).
- Holactypus cenomanensis* Guer (S) (Cenomanense).
- Holactypus chauceneti* Peron y Gauthier (S) (Cenomanense).

En la capa 4:

- Knemiceras attenuatum* Hyatt (B) (Albense superior).
- Heteraster delgadoi* De Lor (B. D. S.) (Albense superior).
- Holactypus* aff. *cenomanensis* Guer (B) (Albense superior).
- Diplopodia lusitánica* De Lor (B) (Albense superior).
- Tetragramma malbossii* Agass (D. S.) (Aptense).
- Tetragramma dubium* Gras (D.) (Aptense).

Darder atribuyó las capas 1-12 al Aptense, las 13-16 al Gault, las 17-20 al Cenomanense, el resto al Cretáceo superior. La capa 4 contiene, además de las formas guía mencionadas, abundantes bivalvos y gasterópodos cuya pervivencia alcanza hasta dentro del Cenomanense, entre ellas muchas especies del Aptense. Por consiguiente, situó Darder este estrato en el Aptense y con-

(2) Significa: B, Brinkmann; D, Darder Pericás; S, Saeftel.

sideró posible que también el *Knemiceras attenuatum* hiciese su aparición ya en el Aptense. No puedo seguirle en esa idea.

En mi opinión, son: La capa 1. Urgoaptense; las 2, 3a, 4 y 3b del Albense medio y superior, las capas 5 hasta la 8 Cenomanense; las 13-16 del Cretáceo superior más alto, y ello por las siguientes razones:

Knemiceras attenuatum es, según Brinkmann (1931), un fósil guía del Albense superior, y más especialmente del Vraconnense. También Choffat (citado por Karrenberg) para Portugal, y Karrenberg (1934) para Cantabria sitúan esta especie en el Albense superior. Ya Verneuil (citado por Brinkmann) recogió *Knemiceras attenuatum* en Bicorp (Valencia). Este último ha sido redenido después, por Basse, como *Engonhoplitooides vicorpense* n. sp. y atribuido al Albense Superior. Por consiguiente, las recién citadas especies ceratitidas del Cretáceo han sido atribuidas por todos los autores, con la excepción de Darder Pericás, al Albense superior.

Por consiguiente, la capa 4 es del Albense superior. Por otra parte, el hallazgo de dos especies de Tetragrama conocidas antes en el Aptense no puede constituir un contra argumento; al parecer ambos erizos de mar han tenido una más amplia repartición. La misma edad puede atribuirse por consiguiente, a las capas 2, 3 a y 3 b que siguen por encima y por debajo, que tienen la misma constitución facial, y que se separan netamente, por consiguiente, tanto del Urgoaptense puramente calizo (estrato 1) como del Cenomanense margo-calizo. Además, en la capa 8 a se encontraron equinidos del Cenomanense. Las capas 13-16, que sitúa Darder en el Gault, son calizas estériles que pertenecen ya con seguridad al Cretáceo más alto.

De los alcances estratigráficos de las especies (indicados entre paréntesis), se deduce que las facies marinas, de acuerdo con las macrofaunas, corresponden al Albense superior, y según el contenido microfósil al Albense superior y medio. En el corte 9 yace un Albense medio, de edad segura, que descansa inmediatamente sobre el Urgoaptense; y por otro lado se encontró todavía a 1-5 metros por debajo de la base litológica del Cenomanense una microfauna del Albense superior.

A partir de estas observaciones podemos deducir que la representación marina de las Capas de Utrillas abarca con toda seguridad el Albense superior y medio. De acuerdo con lo que resulta del estudio de las indentaciones faciales, así como por la edad de las capas al techo y muro, podría aplicarse el mismo criterio para las facies de Utrillas continentales.

De todos modos hay que tener en cuenta dos hechos:

Por un lado no hay delimitación neta de los paquetes de Utrillas ni hacia el techo ni hacia el muro. Ya Ríos y Almela (1951) observaron en la región de Portalrubio (Teruel), arenas de facies Utrillas dentro del Urgoaptense marino. También es fluído a menudo el tránsito de las Capas de Utri-

llas al Cenomanense. En segundo lugar, pudiera ser que la aparición de las Capas de Utrillas no fuera universalmente simultánea; en vista de su estratificación en bisel resulta incluso probable.

5. SEDIMENTOLOGÍA

a) Espesores

Celtiberia estuvo, durante el Albense más alto, y tal como lo muestra el mapa de espesores de la figura 10, dividida en cuencas y umbrales, que eran en sus rasgos generales, los siguientes:

La *depresión de Pancrudo* que constituía el campo de hundimiento más profundo, con una potencia máxima de unos 700 m. en Pancrudo (Teruel). La porción meridional de esta cuenca fue reconocida ya por Richter y Teichmüller (1933). Pero en cualquier caso, abarca esa depresión no sólo el actual eje de Miravete, sino que alcanza más allá hacia el NO. y su línea de máximas profundidades transcurre de NO.-SE., en oposición al arrumbamiento N.-S. del actual eje de Miravete. Hacia el NE. disminuye la potencia hasta los 20-25 m.; finalmente acunán las Capas de Utrillas en Beceite bajo la acción transgreso-erosiva del Cretáceo superior (Ashauer y Teichmüller, 1935). Es probable la prolongación de esta cuenca en dirección SO., como lo es también su conexión con la de Landete, lo que no resulta demostrable como consecuencia de su recubrimiento por el Terciario.

La *cuenca de Landete* yace al Sureste de la ciudad de Cuenca. Su relleno alcanza la cifra de 185 m. en Campillos-Paravientos (24). El espesor de las Capas de Utrillas disminuye hacia el O. Pero al Oeste de Cuenca quedan recubiertas por el Terciario. Sólo en las proximidades de Belmonte-Villamayor de Santiago (unos setenta y cinco kilómetros al Suroeste de Cuenca), surgen de nuevo bajo él. Aquí la potencia ha descendido hasta 10-40 m. Según Bakx (1935) y Martín (1936), no existen los afloramientos de Utrillas señalados en la Sierra de Javalambre (Hahne, 1930 b), a unos veinticinco kilómetros al Sur de Teruel.

El *umbral de Cuenca* limita por el NO. la depresión de Landete; su eje transcurre en dirección NO.-SE. Sobre su charnela el espesor se reduce hasta unos 45 m.

Otra depresión se delinea, en la parte E. de la provincia de Albacete, mediante un aumento de los espesores de las Capas de Utrillas en dirección al Sur.

El *umbral del Guadarrama* se alzaba como una Península dirigida de O.-E., la cual se adentraba como alargado espolón, en el ámbito de sedimentación.

A partir de él aumentan los espesores de las Capas de Utrillas en dirección al N-E. y S.

Por el NE. se anteponen al umbral del Guadarrama dos campos de depresión, los cuales no se pueden delimitar más que parcialmente debido a recubrimientos por el Terciario.

Alrededor de *Alhama de Aragón*, las líneas de iguales espesores transcurren, en conjunto, en dirección NO.-SE., pero rodean en Torrelapaja (119), una pequeña depresión accesoria, cuya línea de máximos espesores se dirige del NE. al SO., y que fue ya reconocida por Richter y Teichmüller (1933).

Con más nitidez destaca la *depresión de Soria*, al Sur de las Sierras de Cameros y de la Demanda. En su localidad de máxima profundidad (en la medida que permiten apreciarlo los afloramientos), que yace en Fuentetoba (123), se acumularon 375 m. de Capas de Utrillas.

Otra zona de dispersión de las Capas de Utrillas se extiende desde Villarroya (Logroño) (131), hasta la Sierra de Cantabria (132-136). Como allí todos los cortes están trastornados, no se puede llegar a conclusiones respecto a umbrales y depresiones. El máximo espesor alcanza, en Bernedo (132), por lo menos 205 m.

b) *Extensión de los carbones*

Retazos y capitas de carbón, de grosor de centímetros, se encuentran en toda la región de las facies continentales de Utrillas. Por el estudio de la antigua literatura se llega al convencimiento (p. ejem.: de Cortazar 1875; Dereims 1898; Mallada 1904) de que ya antes se había observado en muchos puntos la presencia de pequeños depósitos de carbón, que incluso habían sido objeto de explotación.

Capas potentes, todavía hoy en explotación, sólo se encuentran en el N. de la provincia de Teruel. El enriquecimiento en contenido de carbón depende no solamente de la potencia de las Capas de Utrillas, puesto que se encuentra el carbón entre los límites de grosores de Utrillas comprendidos entre 50 y 700 m. Más bien parece que haya una relación de dependencia con respecto a la proximidad de las indentaciones marino-continental. Lo mismo puede decirse de la pequeña zona carbonera de Villarroya (Logroño), que tampoco yace lejos del Albense superior marino.

c) *Direcciones de la alimentación. (Estratificación cruzada y tamaño de los cantos)*

El entrecruzamiento de la estratificación fue objeto de medida en la totalidad de los cortes. Para su evaluación fueron transportadas las medidas

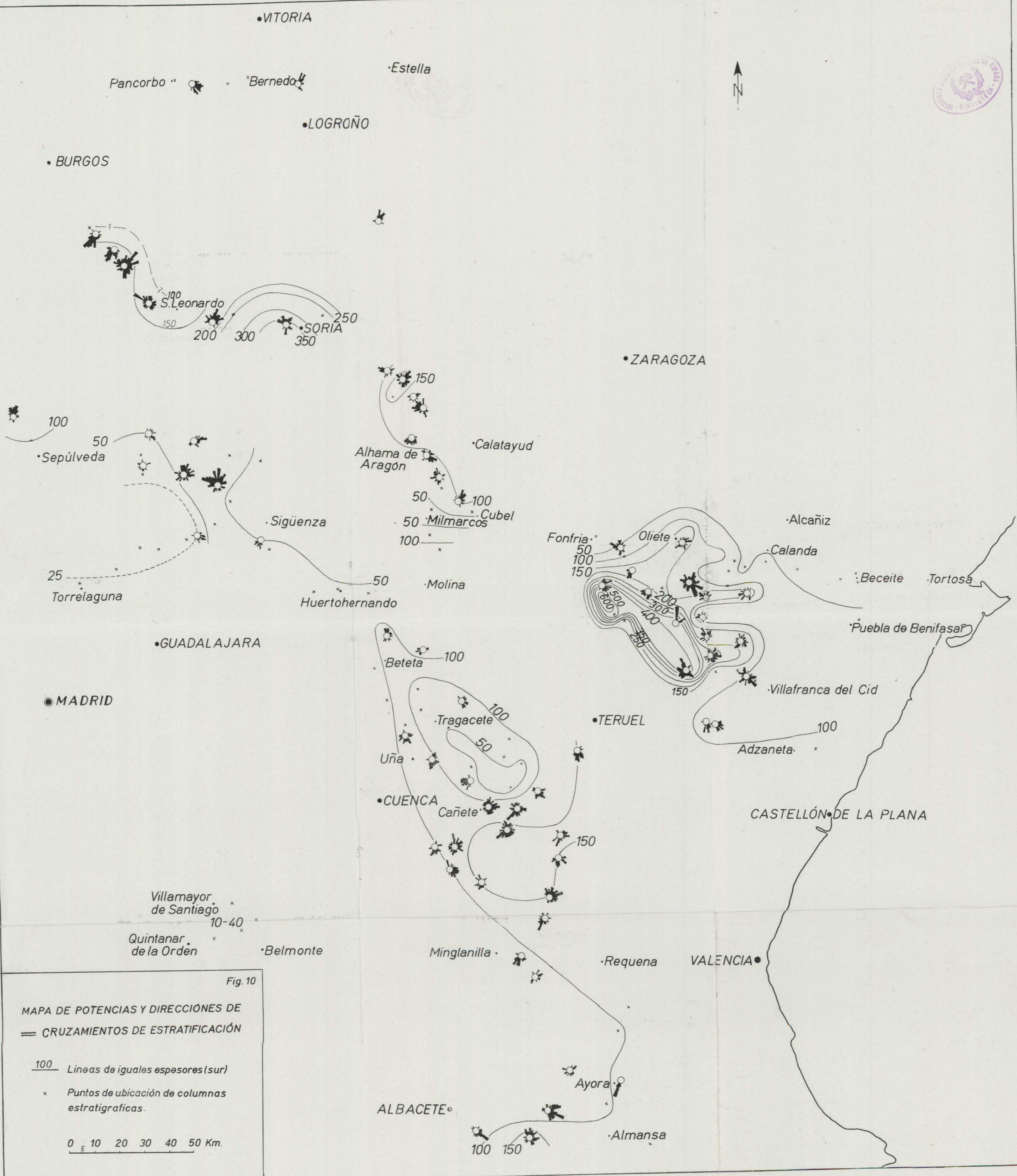
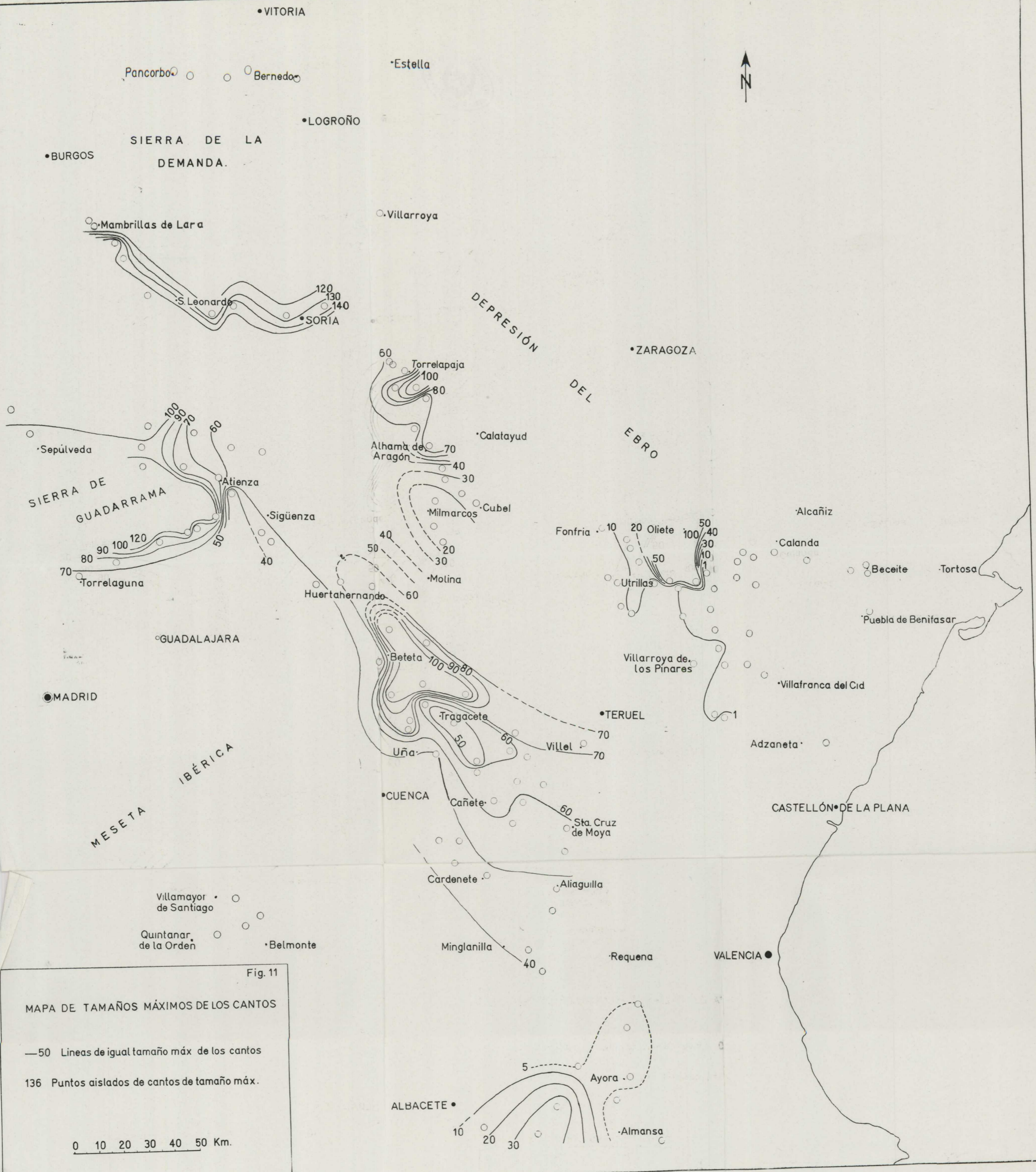


Fig. 10

MAPA DE POTENCIAS Y DIRECCIONES DE CRUZAMIENTOS DE ESTRATIFICACIÓN

- 100 Líneas de iguales espesores (sur)
- x Puntos de ubicación de columnas estratigráficas.

0 5 10 20 30 40 50 Km.



•VITORIA

Pancorbo ○ ○ Bernedo ○

•Estella

•LOGROÑO

SIERRA DE LA DEMANDA.

•BURGOS

○Mambrillas de Lara

○Villarroya

○S. Leonardo ○ 120 ○ 130 ○ 140 ○

•SORIA

DEPRESIÓN DEL EBRO

•ZARAGOZA

60 Torrelapaja 100 80

•Calatayud

•Sepúlveda

100 90 70 60

Alhama de Aragón 70 40 30

SIERRA DE GUADARRAMA

Atienza

•Sigüenza

•Milmarcos •Cubel

70 80 90 100 120

•Torrelaguna

40 50 60 Huertahernando

Fonfria 10 20 Oliete 100 40 30 10 Utrillas

•Alcañiz

•Calanda

○Beceite ○

•Tortosa

○GUADALAJARA

100 90 80 Beteta

•Tragacete

•TERUEL

●MADRID

70 70 Villal

•Villafranca del Cid

MESETA IBÉRICA

•CUENCA

Cañete

60 Sta. Cruz de Moya

Adzaneta ○

CASTELLÓN DE LA PLANA

Villamayor de Santiago ○

Quintanar de la Orden ○

•Belmonte

Cardenete ○

•Aliaguilla

Minglanilla

•Requena

●VALENCIA

40

5

•Ayora

•ALBACETE

10

20

30

•Almansa

Fig. 11
MAPA DE TAMAÑOS MÁXIMOS DE LOS CANTOS

—50 Líneas de igual tamaño máx de los cantos

136 Puntos aislados de cantos de tamaño máx.

0 10 20 30 40 50 Km.

de cada corte, reducido a su posición original plana sobre la red de Schmidt, y resumidas en rosetas de alimentación sedimentaria de 10° en 10° . El número de las medidas oscila según las circunstancias de los afloramientos; en algunos puntos (p. ejem.: 59 y 60), resultó insuficiente.

Por lo que se refiere a los cantos de los conglomerados y arenas, se determinó su «tamaño máximo» obtenido tomando la media aritmética de las medidas de los tres ejes perpendiculares de máxima longitud. Este sencillo procedimiento suministra, por lo que respecta a las diferencias de magnitud en consideración existentes entre los cantos, valores suficientemente exactos, lo mismo que se trate de cantos esferoides como aplastados.

Los resultados de las mediciones, tanto de estratificación cruzada como de tamaño de los cantos, se ofrece en las figuras 10 y 11, según su distribución regional.



Fig. 12.—Diagrama de síntesis de las medidas de entrecruzamientos de estratificación en la depresión de Landete (Columnas 10 a 28 y 33).

En la zona NE. de la parte estudiada, correspondiente a la zona Norte de la provincia de Teruel, se puede reconocer, en muchos de los diagramas (50,51, 52-53, 55,56, 69,71, 72/73), una alimentación de materiales dirigida de N. a S., que en parte constituye representación total, en parte ha de ser considerada sólo como una componente (las medidas de Aliaga (60) son inseguras como consecuencia de la disposición casi vertical de las capas). Los cantos, en esa región, se presentan solamente al Oeste de la línea Oliete (67), Ventas de Cañizar (73). Los cantos de mayor tamaño (100 mm.) se encontraron en Oliete (67). Después y en dirección al S. el tamaño de los cantos disminuye con rapidez. La repartición de los cantos conduce a la imagen de un abanico deltaico alimentado desde el N.

Es imposible reconocer, por lo que se refiere a la *depresión de Landete*, en los diagramas locales ni una sola dirección unitaria de alimentación. Pero el diagrama conjunto (fig. 12) muestra, sin embargo, que dominan las direcciones meridionales y orientales. El tamaño de los cantos disminuye, por el contrario, de NE. a SO. En la extremidad más Suroccidental, en la zona de Belmonte-Villamayor de Santiago, ya no se encuentra ningún canto.

En el *umbral de Cuenca*, así como en su vecindad inmediata, dominan según los cortes 26, 35, 36 y 39 alimentaciones procedentes del SO. a SE. El tamaño de los cantos es mínimo allí donde el umbral se alza a mayor altura, o sea en el ámbito Tragacete (40)-Laguna del Marquesado (30)-Toril (31). Los horizontes basales de las Capas de Utrillas, ricos en cantos, y que siempre contienen los de tamaños más gruesos, faltan aquí, contrariamente a lo que ocurre en la inmediata vecindad. En la zona al N. del umbral de Cuenca disminuye el tamaño de los cantos a partir de la línea Tragacete (40)-Peñalén (45) y tanto en dirección E. como hacia el O.

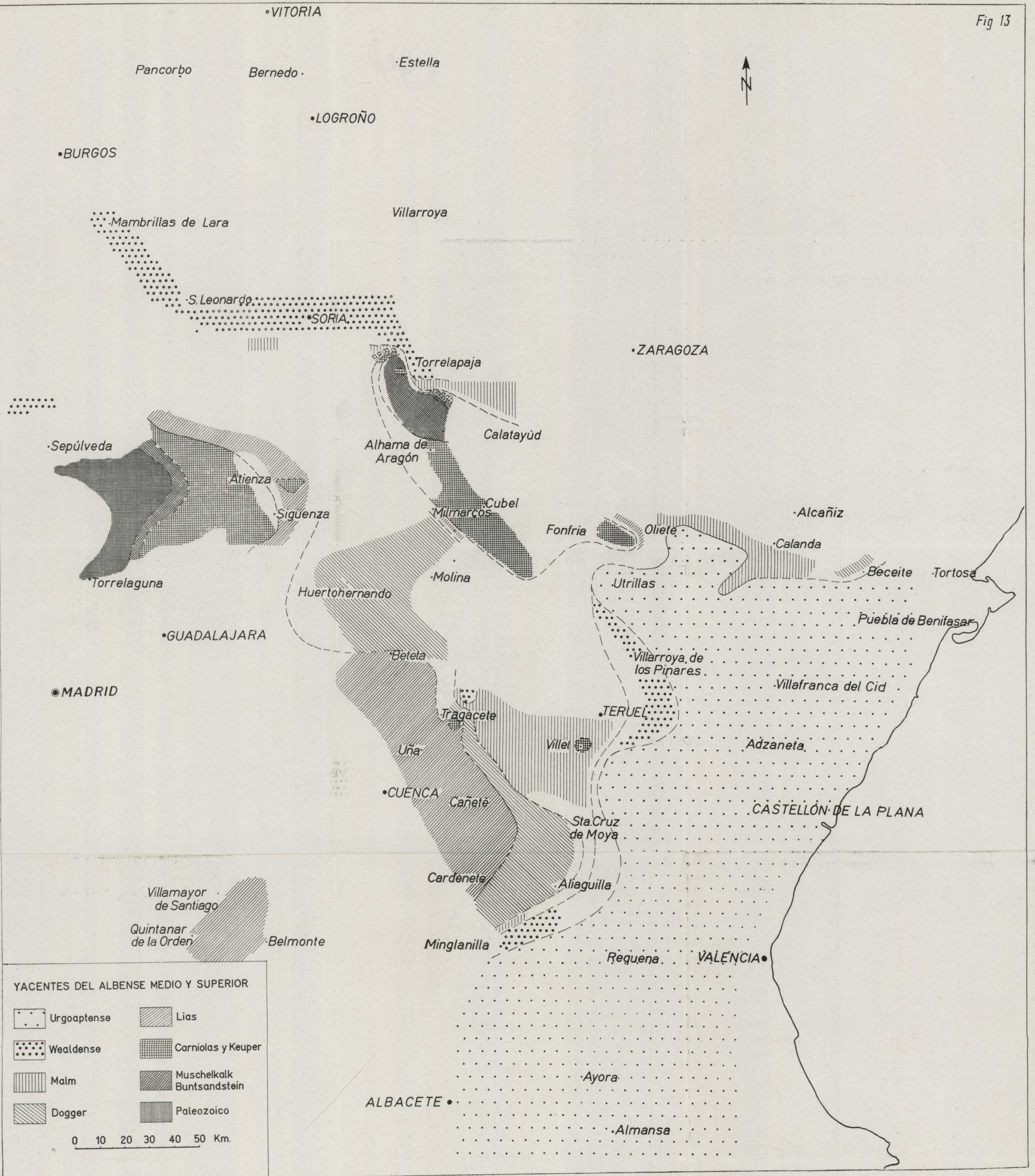
En la *zona meridional* de la zona objeto de estudio, las arenas fueron transportadas en dirección SO., como se desprende de los diagramas 1 y 3. Los valores de máximas dimensiones de los cantos son máximos en los cortes 2 y 3 y disminuyen hacia el E. y O.

En la *zona de Alhama de Aragón* la alimentación se desarrolló en parte hacia el S., en parte hacia el O. El mapa de tamaño de los cantos permite reconocer dos abanicos deltaicos, uno más grande que el otro y ambos dirigidos hacia el SO.

Los sedimentos fueron transportados radialmente a partir de la *extremidad oriental de la Sierra del Guadarrama*, hacia los ámbitos vecinos de deposición. En el flanco septentrional de este umbral reconocemos una alimentación dirigida hacia el N. (106, 110, 115) y en el oriental dirigida hacia el E. (101). Los cantos más grandes se encuentran en la margen de la Sierra, y el tamaño disminuye rápidamente hacia el S. y E. También disminuye rápidamente hacia el N., aunque aumentan de nuevo en tamaño en Liceras (113) y Castro (115), y aquí incluso llegan hasta los 138 mm., valor que no se alcanza ni siquiera en la margen de la Sierra. Estos cantos gruesos los consideraría como procedentes de una zona de erosión situada más al N., aunque no encontremos apoyo para esta hipótesis en la disposición de los estratos cruzados, pero cuya existencia parece probable según consideraciones posteriores (pág. 22).

En la zona occidental de la *depresión de Soria* la aportación de las arenas procedía del N. (cortes 129 y 128) y del S. en la oriental (cortes 123-126). En Hacinas (127) aparecen representadas ambas direcciones en los diagramas. El tamaño de los cantos disminuye entre Burgos y Soria de S. a N., lo que apunta a una procedencia a partir de la zona meridional.

En *Villarroya* (Logroño) (131) y en Bernedo (132) de la *Sierra de Cantabria* la alimentación de las arenas procedía del S., y por el contrario, del NO., entre Bugedo y Foncea (135). El criterio de máximo tamaño de cantos en Villarroya (Logroño) (131) y en la Sierra de Cantabria (132-135) no permite valoración alguna, ya que todos los cortes son incompletos.



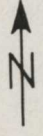
•VITORIA

Pancorbo

Bernedo

Estella

•LOGROÑO



•BURGOS

Mambrillas de Lara

Villarroya

S. Leonardo

•SORIA

•ZARAGOZA

Torrelapaja

Sepúlveda

Calatayud

Alhama de Aragón

Atienza

Cubel

Sigüenza

Milmarcos

Fonfria

Oliete

Alcañiz

Calanda

Beceite

Tortosa

Torrelaguna

Huertohernando

Molina

Utrillas

Puebla de Benifasar

•GUADALAJARA

Beteta

Villarroya de los Pinares

Villafranca del Cid

•MADRID

Tragacete

•TERUEL

Adzaneta

Uña

Vilhel

•CUENCA

Cañete

Sta. Cruz de Moya

CASTELLÓN DE LA PLANA

Villamayor de Santiago

Cardenete

Aliaguilla

Quintanar de la Orden









Belmonte

Minglanilla

Requena

•VALENCIA

YACENTES DEL ALBENSE MEDIO Y SUPERIOR

-  Urgoaptense
-  Wealdense
-  Malm
-  Dogger
-  Lias
-  Carniolas y Keuper
-  Muschelkalk Buntsandstein
-  Paleozoico

0 10 20 30 40 50 Km.

•ALBACETE

Ayora

Almansa

6. DISPOSICIÓN DE LAS CAPAS DE UTRILLAS CON RESPECTO A SUS YACENTES

Solo en la zona oriental de las Celtibéricas yacen las Capas de Utrillas concordantes con respecto al Urgoaptense, y en el resto avanzan sobre más viejas formaciones. Si se compara el mapa de los yacientes de las Capas de Utrillas (fig. 13) con el de sus potencias (fig. 10) se aprecia que algunas de las unidades estaban ya dispuestas con anterioridad al Albense.

La depresión de Pancrudo yace en un entrante del Urgoaptense abierto hacia el NO. Durante el Wealdense y el Urgoaptense yacía la máxima profundidad de la fosa en Miravete (Richter y Teichmüller, 1933), o sea en la zona SO. de la cuenca de Pancrudo. Los entrantes del Urgoaptense en Oliete y Calanda se mantienen también, con configuración transformada, durante la época de Utrillas.

En la zona de hundimiento alrededor de Albama de Aragón las líneas de iguales potencias transcurren según el arrumbamiento del umbral Montalbán-Ateca, es decir, de NO.-SE. Sin embargo, la potencia de las Capas de Utrillas es realmente reducida, de modo que allí el umbral ha debido funcionar. La pequeña depresión accesoria de Torrelapaja yace en el margen del umbral de Ateca; la máxima potencia se alcanza, no obstante, apartada de él.

La cuenca de Soria no se reconoce en el mapa de los yacientes de las Capas de Utrillas, sin embargo, su relleno principal ubica allí donde los estratos Wealdenses de Oncala alcanzan su máxima potencia (Beuther, 1957), o sea que coinciden ambos máximos.

El umbral del Guadarrama se delinea netamente en el mapa de yacientes; el origen de su dispositivo es igualmente antiguo.

La cuenca de Landete, relativamente somera, y el umbral de Cuenca son unidades nuevas, que no existían al comienzo de la sedimentación de Utrillas.

En el caso de avance de las Capas de Utrillas sobre formaciones más viejas es cuestión, en algunas localidades, de simples ampliaciones de las cuencas, como ocurre en la zona de Blesa y Alcorisa (Richter y Teichmüller, 1933). En otras zonas se presentan auténticas discordancias. La edad de éstas se fija, con toda exactitud, en Montalbán. El umbral de Montalbán-Ateca se delinea, ya con anterioridad al Barremense, como un abombamiento muy aplastado, de origen neocimérico, puesto que el Urgoaptense ataca erosivamente en Montalbán. Este aplastado abombamiento deriva más tarde en un anticlinal neto, que existía ya cuando comenzaron a formarse las Capas de Utrillas (Richter y Teichmüller, 1933).

En las restantes zonas de Celtiberia los movimientos neociméricos y paleoaustriacos se manifestaron solamente en forma de doblamientos de gran amplitud.

Los ángulos de discordancia son pequeños, y discernibles solamente mediante cartografía (Beuther, 1957).

Movimientos corticales neociméricos y paleoaustríacos con erosión consiguiente se pueden señalar, con toda seguridad, en las diversas partes de la cobertura de las Capas de Utrillas, donde se hayan conservado los depósitos del Cretáceo inferior más bajo.

También podrían haber actuado en las restantes zonas, en las que el yacente de las Capas de Utrillas está constituido por el Mesozoico más bajo o por el Paleozoico. En el dominio de la extremidad oriental de la Sierra de Guadarrama tuvieron lugar movimientos y abrasiones con anterioridad a la deposición de las Capas de Utrillas. Se alzaba un abombamiento anticlinal de gran amplitud, ubicado más o menos en los ámbitos de la actual sierra paleozoica (Schröder, 1930). Las Capas de Utrillas avanzan, por consiguiente, sobre el Mesozoico desde el Lías bajo hasta alcanzar el Paleozoico. También se localizan fallamientos pre-albenses. En Torrijo (116), situado en la zona N. del umbral de Ateca, el yacente de las Capas de Utrillas está constituido, a un lado de un accidente, por el Muschelkalk, al otro lado por el Paleozoico, de lo que dedujo Richter (1930) la existencia de una falla de unos 100 m. de salto.

Estas discordancias podrían atribuirse a viejas orogénesis. Aunque no se ha demostrado la actuación de movimientos paleo-ciméricos (Lotze, 1929).

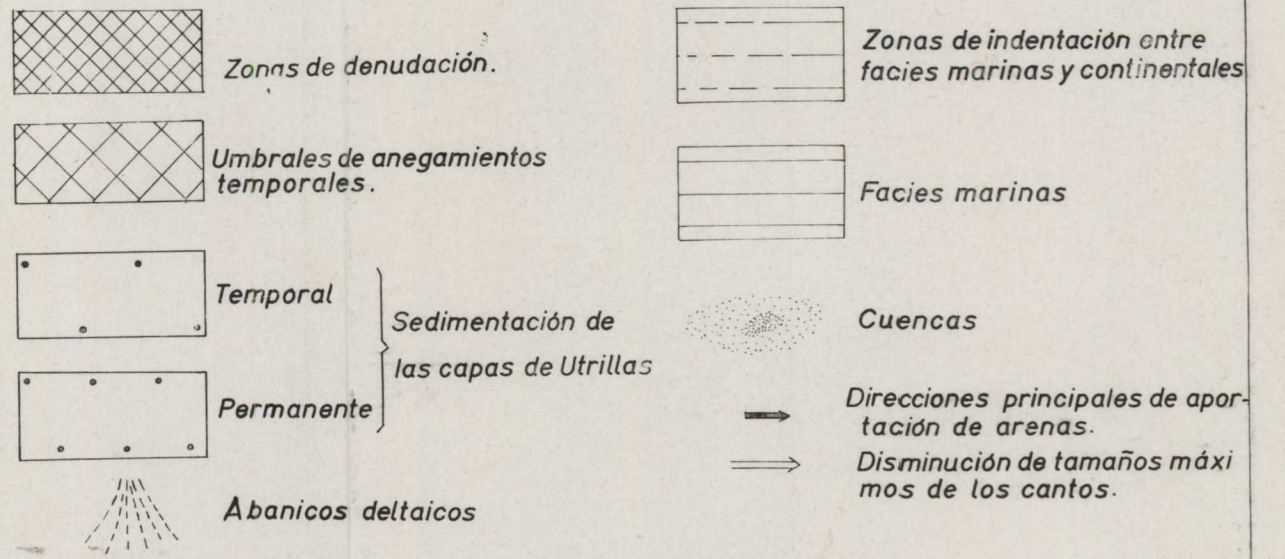
7. PALEOGEOGRAFÍA

Consistía Celtiberia, en la época de acumulación de las Capas de Utrillas, en un amplio piso de recogida de acarreos, dentro del cual se delineaban algunos abanicos deltaicos aislados (fig. 14). Hubo transporte, a menudo remoto, de grandes cantos, por ejemplo de 50 mm., transversales a distancias de por lo menos 50 kilómetros, de modo que las pendientes y las corrientes debieron ser de considerable categoría.

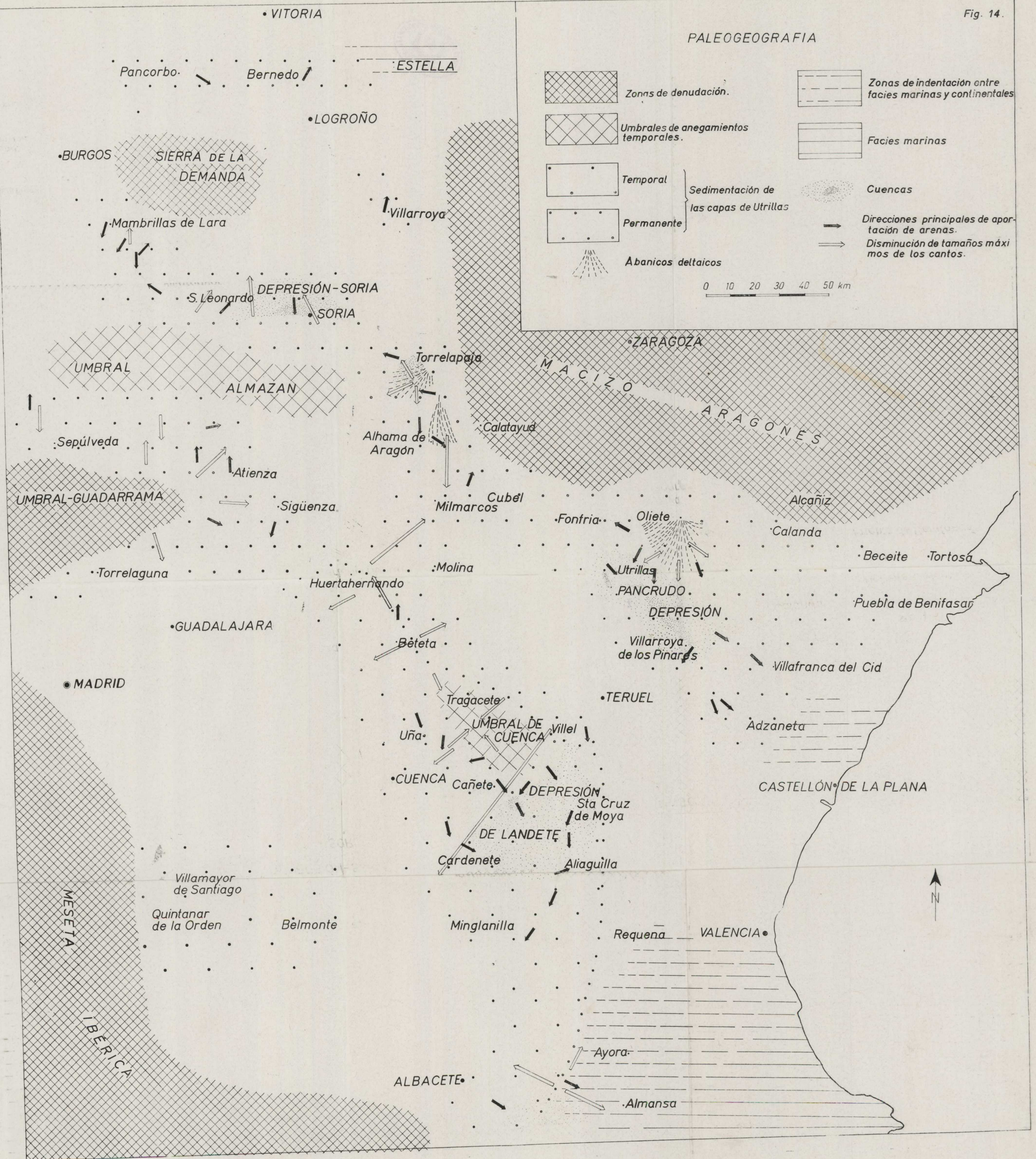
El abigarrado colorido de los sedimentos apunta a un clima medio seco. Pero también existían zonas carbonero-pantanosas, bien fueran correspondientes a períodos más húmedos, o bien a depresiones.

Ingresiones aisladas de breve duración tuvieron lugar a partir de los mares geosinclinales existentes al SE. (geosinclinal bético) y N. (geosinclinal pirenaico) (fig. 15), cuya existencia se demuestra en toda Celtiberia bajo forma de lumaquelas de ostras y areniscas calíferas con ooides calizos. Estas intercalaciones fueron más frecuentes en la vecindad de las zonas de inter-indentación, así como en la base de la secuencia de estratos. La participación marina llega a alcanzar, en la zona misma de indentación, incluso hasta la mitad de la serie y aumenta cada vez más hacia el SE. En el SE, más extremo correspondiente a Valencia meridional y Alicante el desarrollo es puramente marino. Y un fenómeno semejante acontece en la extremi-

PALEOGEOGRAFIA



0 10 20 30 40 50 km



dad más septentrional de la Celtibérica, donde también las facies continental está en tránsito a la marina. Sólo que la zona de indentación allí es muy estrecha y no aflorante.

El ámbito sedimentario de las Capas de Utrillas está dividido en umbrales y depresiones, que en parte se disponen acordes con los arrumbamientos

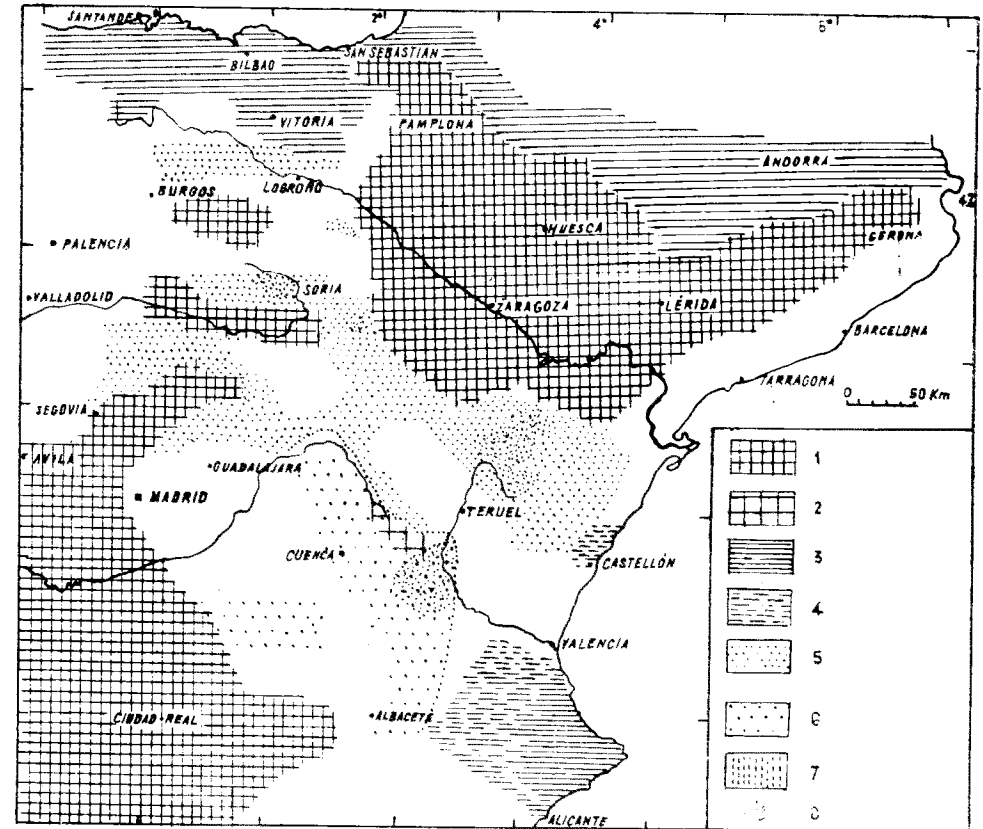


Fig. 15.—Paleogeografía del Albense Medio y Superior del NE de España según cartografía propia y además de Ashaver, Brinkmadn, Fournier, Gallwitz, Karrenberg, Misci, G. Richter, Roussel, Teichmüller y otros.—Explicación de la Fig. 15: 1, zonas de denudación; 2, umbrales de inundación temporal; 3, Facies marinas; 4, zonas de indentación; 5, sedimentación permanente de las C. de U.; 6, sedimentación pasajera de las C. de U.; 7, zonas carboneras; 8, depresiones.

de las Cadenas Celtibéricas. La potencia máxima se alcanza (con 700 m.) en la cuenca de Pancrudo, en la zona N. de la provincia de Teruel. Podría ser que la tendida depresión de Landete, del SE. de la provincia de Cuenca, hubiera estado en comunicación con aquella. El umbral de Cuenca, que se adosa por el N. a la depresión de Landete, es una zona de muy reducidas potencias. En Torrelapaja (119) se ha desarrollado una cuenca pequeña y

accesoria con arrumbamientos NE.-SO. Otra depresión se encuentra al Este de Soria, la de Soria, con espesores considerables (hasta 375 m.).

En la avaloración de la estratificación cruzada y del tamaño máximo de cantos nos encontramos, en algunas regiones, con discrepancias: no coinciden totalmente las direcciones de alimentación de materiales y de disminución de máximo tamaño de cantos, y algunas veces incluso se oponen. Lo que puede quizá explicarse de este modo:

El tamaño de los cantos disminuye, en general, con el alejamiento de la zona de procedencia. Pero en Celtiberia encontramos manifestaciones de cantos más grandes alejadas de las márgenes de las Cuencas de Utrillas, y que tampoco pueden proceder de umbrales actualmente ocultos. Su presencia solo puede comprenderse si se toman como indicios de viejas márgenes de cuencas, rebasadas después a lo largo de la sedimentación de la época de Utrillas. Los cantos que llegaron a la deposición disminuyeron lentamente de tamaño durante el proceso. En tales casos debe originarse una disposición (fig. 16) en la que se oponen las direcciones de disminución de tamaño de los cantos y de la estratificación cruzada. Como consecuencia de estas superposiciones es posible establecer la distinción entre márgenes estables de depresión y márgenes recesivas.

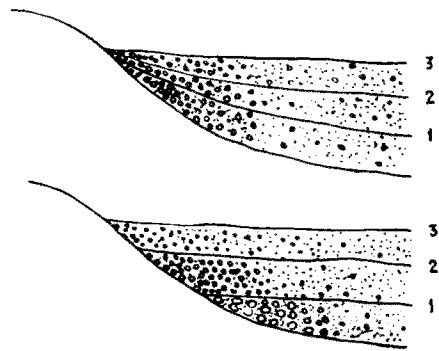


Fig. 16. — a) Margen fija de cuenca. b) Margen de cuenca en proceso de hundimiento, con recubrimiento progresivo.

La alimentación de sedimentos tenía lugar a partir del N. y del NE. en la margen NE. del surco celtibérico, o sea en la zona N. de la provincia de Teruel y en la zona de Alhama de Aragón. Yacía allí, en el lugar de la actual depresión del Ebro, el Macizo Aragonés. Especialmente indicadores son los diversos abanicos deltaicos que de él partían, por ejemplo en Oliete (67) y Ventas de Cañizar (73). La zona suministradora de acarreo la constituía, para la margen SO. del surco, la Meseta Ibérica, actualmente oculta bajo la Cuenca del Tajo. El borde yacía al principio lejos por el E., más o menos a lo largo de la línea Peñalén-Beteta-Villel-Higuera. Luego se fue transponiendo lentamente hacia el Oeste, en cuyo proceso disminuía el

tamaño de los cantos. Sobre el umbral de Cuenca los cantos son más chicos que en sus alrededores; los acarreo bastos que yacen en la base de las Capas de Utrillas en toda la contornada, y que son también portadores de los cantos más gruesos, faltan sobre su divisoria. Por consiguiente, el umbral con quense sólo quedó cubierto a lo largo del transcurso de las épocas de Utrillas. En lo fundamental el transporte de las arenas se desarrolló, sobre el umbral de Cuenca y en la depresión de Landete, en dirección paralela a las márgenes, hacia el SE., es decir, hacia las costas marinas de entonces.

La Sierra de Guadarrama, saliente espolón de la Meseta Ibérica, suministraba arenas y cantos hacia el N., E. y S. Sin embargo, existía al N. de ella, como parece deducirse de la repartición de los cantos, aún otro umbral en el yacente de la cuenca del Duero oriental, que designamos como umbral de Almazán. El tamaño de los cantos disminuye en dirección N. entre Burgos y Soria: la alimentación procedía del umbral de Almazán. También Mensink (1957) encuentra que tenía que haber, ya en tiempos jurásicos, al menos ocasionalmente, una zona de alimentación erosiva existente al Sur de Soria. Al Este de Burgos la dirección de alimentación de arenas permite sospechar la existencia de una zona erosiva de alimentación al N.; sólo puede tratarse en este caso de la Sierra de la Demanda. En la zona de Villarroya (Logroño) (131) la alimentación de arenas venía del Sur, o sea que también procedía del umbral de Almazán. La dirección del cruzamiento de la estratificación en Bernedo (132) acusa igualmente un transporte procedente del S., al parecer emanante del umbral de la Demanda.

Por consiguiente, el ámbito sedimentario de las Capas de Utrillas estaba limitado al NE. por el Macizo Aragonés y al O. por la Meseta Ibérica (figura 15). Al NO. el surco queda subdividido en los umbrales de Almazán y la Demanda, y al SE. por el de Cuenca. Por el SE. y por el extremo más septentrional, la zona sedimentaria pasa a los mares geosinclinales.

Las Capas de Utrillas son portadoras de algo de carbón en toda la Celtiberia. Las capas más potentes y abundantes se encuentran, sin embargo, solamente en la margen S. del Macizo Aragonés, en la zona N. de la provincia de Teruel, y en Villarroya (Logroño).

La participación carbonera no es proporcional a la potencia sedimentaria, pero, no obstante, yacen las áreas de mayor contenido carbonero próximas a las márgenes de las zonas de indentación. Por consiguiente, parece que las circunstancias parálisis hayan favorecido la formación de las capas de carbón.

Las Capas de Utrillas yacen, en la porción oriental del surco celtibérico y también en las regiones de indentación del SE., en disposición concordante con respecto al Urgoaptense. En todas las demás zonas atacan erosivamente, incluso hasta alcanzar el Paleozoico. Las discordancias con respecto a los yacientes de las Capas de Utrillas fueron creadas, en lo principal, mediante movimientos corticales neociméricos y paleoaústricos. En forma parcial actuaron incluso hasta en los mismos tiempos de Utrillas, como ocurrió en el

eje Montalbán-Ateca y en el umbral del Guadarrama. Otros elementos epirogénicos de la época de Utrillas, la depresión de Landete y el umbral de Cuenca, no aparecían dispuestos en la estructura de su yacente.

Punto n.º	Ubicación de los puntos			Núm. de la hoja 50.000	Poten- cias en metros	Max. tamaño de los cantos	Base (*)
	Localidad	Provincia	Long. Geogr. Este de Madrid				
			Lat. Geogr. Norte				
1	E. y SE. Chinchilla de Monte Aragón	Albacete	38 55	791	75	18	ku
2	E. Villar de Chinchilla, en Mompiche	"	38 55 30	792	165	38	—
3	E. Higuera, junto a T. P. Rufa	"	38 58 10	792	80	34	ku
4	E. Almansa, junto a T. P. Rufa	"	38 55	793	120	3	ku
5	N. carret. Alpeza carret. Ayora Almansa, flanco or. Punta del Areisco	"	38 59 20	293	95	4	ku
6	SE. Ayora,	Valencia	39 1 50	769	105	6	ku
7	km. 23-30 carret. Casas de Juan Nuñez-Ayora	Albacete	39 0 2 25	767	70	5	—
8	E. Cofrentes	Valencia	39 14	745	95	9	ku
9	ENE. Venta de Gaeta	"	39 18 40	745	115	5	ku
10	km. 1,8-2,1 carret. Venta del Moro-Tamayo	"	39 27	719	?	(33)	—
11	E. Minganilla, en la Cuesta de Contreas	Cuenca	39 32 10	693	55	45	ku
12	km. 7 carret. Quintanar de la Orden Los Hinojosos	Toledo		688	50	—	j
13	km. 24,2 carret. Los Hinojosos Osa. de la Vega	Cuenca		689	40	—	j
14	N. Hontanaya	"		661	20	—	jl
15	carret. Osa. de la Vega-Fuente Espino de Haro	"		689	10	—	jl
16	km. 16,5 carret. Campos de Utiel, entre Campos de Utiel y Las Casas	Valencia	39 40	693	?	(7)	—
17	SO. Abagnilla	Cuenca	39 44	665	145	47	jb
18	NE. Cardete	"	39 46 40	664	150	49	jl
19	km. 57,5 carret. Carbonera de Guadizañon Cardete	"	39 50 30	636	70	?	—
20	N. Reillo	"	39 55	635	?	(25)	—
21	SO. Pajaroncillo	"	39 56	636	130	49	jl
22	NO. Talayuelas	"	39 53	637	150	58	jl
23	O. Santa Cruz de Moya	"	39 57	637	165	58	?
24	N. NE. Campillos Paravientos	"	39 59	636	185	57	jl
25	entre El Cubillo y Salvacañete	"	40 2 10	612	120	59	j

(*) Designaciones de las formaciones sobre las que descansan las capas de Utrillas. ku = Urgonense; kw = Wealdense; jw = Malm; jl = Dogger; jl = Liás; te = Carniolas; ik = Keuper; tm = Muschelkalk; ts = Buntsandstein; p. = Paleozoico.

Punto n.º	Ubicación de los puntos		Long. Geogr. Este de Madrid	Lat. Geogr. Norte	Núm. de la hoja 50.000	Poten- cias en metros	Max. tamaño de los cantos	Base
	Localidad	Provincia						
26	N. km. 182 carret. Cuenca-Teruel, entre Salvacañete y Torrebaja	Cuenca	2 18 30	40 7	612	120	64	jw
27	NE. Salvacañete	"	2 13 50	40 8 40	612	50	?	jw
28	N. Huerguina	"	2 5	40 3	611	130	69	jl
29	NE. Huerta del Marquesado	"	2 0 1	40 9 10	611	75	66	jl
30	N. Laguna del Marquesado	"	2 0 30	40 12 30	588	60	46	?
31	entre Masegoso y El Vallecillo	Teruel	2 9 30	40 14	588	60	58	?
32	NE. El Cabigral	"	2 14 10	40 12 20	589	45	19	jw
33	N. Villel	"	2 30 20	40 14 30	590	150	73	tl
					y 589			
34	O. km. 42,1 carret. Toril Terriente	"	2 11	40 17 20	589	85	73	jw
35	E. Uña	Cuenca	1 47 20	40 12 50	587	105	50	jl
36	NE. Las Majadas	"	1 40 50	40 18 20	587	115	85	jl
37	N. Las Majadas	"	1 42	40 21 20	564	115	85	jl
38	SE. Tragacete	"	1 53 45	40 19 50	588	50	46	te
39	O. Griegos	Teruel	1 58	40 25 40	565	80	103	kw
40	SE. km. 24 carret. Las Majadas-Cuesta de la Vega	Cuenca	1 46 20	40 23 40	564	95	51	jl
41	SO. Poyatos	"	1 37 50	40 25 10	564	75	109	jl
42	km. 17,5 carret. Cuesta de la Vega Casas forestales	"	1 46 20	40 28	564	85	121	jl
43	km. 50 carret. Priego Beteta	"	1 33	40 32 30	539	75	55	jl
44	N. Paralejos de las Truchas	Guadalajara	1 47	40 37	539	70	83	jb
45	S. Peñalén	"	1 37	40 39 40	539	105	157	jb
46	km. 70,0 carret. Zaorejas-Corduente, en el Río Arandilla	"	1 32 50	40 48 50	514	65	?	jb
47	NO. Huertahernando	"	1 23 30	40 49 50	513	60	60	jl
48	en Saecorbo	"	1 17	40 49 20	513	70	?	?
49	E. km. 22 carret. Puebla Torrenesa-Albocacer	Castell.	3 37 20	40 14 20	565	110	?	ku
50	SO. Mosqueruela	Teruel	3 11	40 19	562	90	?	ku
51	N. Linare, de Mora	"	3 7	40 20	561	70	—	—
52	SSE. Iglesia del Cid	"	3 22	40 28 20	569	70	—	ku
53	km. 3 carret. Iglesia del Cid-Cantavieja	"	3 17	40 30 30	544	125	—	ku
54	km. 92,8 carret. Cantavieja Fortanete	"	3 13 50	40 31	544	125	—	ku
55	SE. Villacroya de los Pinares	"	3 1 30	40 31 30 a	543	445	?	ku
56	ESE. Cañada de Benatanduz	"	3 9 50	40 34 40	543	285	?	ku
57	ESE. Tronchón	"	3 18 10	40 37	544	190	?	ku
58	S. Villaluengo	"	3 9	40 38 10	543	180	?	ku
59	km. 22 carret. Ejulve-Villaluengo	"	3 8	40 42 50	518	80	?	ku
60	NE. Miaga	"	2 59 30	40 40 50	518	275	?	ku
61	SO. Cañada de Velilla	"	2 45 10	40 42	517	210	?	ku
62	junto a las minas de Rillo	"	2 42 30	40 43 50	517	500	?	ku
63	SE. Cuevas de Portabrubio, junto a Mina Salomé	"	2 43 30	40 48 20	517	120	4	ku
64	N. Portabrubio	"	2 39	40 49 50	517	60	?	—

Punto n.º	Ubicación de los puntos		Long. Geogr. Este de Madrid	Lat. Geogr. Norte	Num. de la hoja 50.000	Potencias en metros	Max. tamaño de los cantos	Base
	Localidad	Provincia						
65	km. 23,8-24,3 carret. Rudilla-Fonfría	Teruel	2 38 30	41 0 20	466	25	?	tk
66	N. Baños de Segura de los Baños	»	2 44	40 58	492	55	12	ten. tk
67	O. Oliete	»	3 2 40	41	493 y 467	170	100	ku
68	junto a las Minas Segura	»	2 46	40 55 40	492	100	?	—
69	SO. Armillas	»	2 47 30	40 53 40	492	> 50	11	—
70	km. 310 carret. Montalbán-Alcañiz, entre Montalbán y Castel de Cabra	»	2 57	40 48 50	518	> 45	> 50	—
71	SE. Utrillas	»	2 51 40	40 48 40	518	220	9	ku
72	km. 3 carret. Castel de Cabra-Palomar	»	2 58	40 47	518	150	1	ku
73	Ventas de Cañizar	»	3 3	40 48	558	?	72	—
74	ENE. Gargallo	»	3 7	40 51	493	> 85	—	—
75	N. Ejulve	»	3 8	40 46 40	518	> 150	—	—
76	SO. Castellote	»	3 21 30	40 48 40	519	180	—	ku
77	NE. Molinos	»	3 15 20	40 49 40	519	100	—	—
78	S. km. 346 carret. Montalbán-Alcañiz, entre Los Olmos y Alcorisa	»	3 16 30	40 52 50	504	70	—	ku
79	NO. Alcorisa	»	3 15 20	40 55 40	494	95	—	ku
80	km. 57,05 carret. Mas de las Matas-Alcorisa	»	3 21	40 53 30	494	50	—	jw
81	Val de la Piedra	»	3 26	40 54	494	75	—	jw
82	N. Cañada de Verich	»	3 35 40	40 52	495	25	—	jw
83	E. Fuentespaída	»	3 47 30	40 49	520	25	—	jb
84	entre Valderrobres y Beceite	»	3 52	40 50 30	496	20	6	jb
85	Mina Maruja, S. Beceite	»	3 53 20	40 47 10	521	ca. 5	?	ku
86	S. Convento de Benifasar	Castell.	3 52 50	40 40 20	521	75	—	ku
87	km. 16,5-17,2 carret. Cillas-Tortuera	Guadalajara	1 53	40 58 10	490	135?	?	jb
88	E. km. 11 carret. Marmarcos-Cillas	»	1 50 10	41 2 10	464	65	14	jb
89	entre km. 17 y 28 carret. Cuébel-Nuévalos	Zaragoza	2 1 50	41 6 40	464	55	25	te
90	SSO. Campillo de Aragón	Guadalajara	1 50	41 6	464 u. 463	40	14	te
91	N. Abanto	Zaragoza	1 58 30	41 9 30	464	100	23	tk
92	SSE. Nuévalos	»	1 54 10	41 12 20	437	80	?	tk
93	km. 42 carret. Nuévalos-Alhama de Aragón, N. Nuévalos	»	1 53	41 14 20	437	90	35	tk
94	NE. Alhama de Aragón	»	1 48 10	41 18 40	436	95	74	tk
95	E. Embid de Ariza	»	1 44 30	41 23	408	135	58	tm
96	N. Torrelaguna	Madrid	0 8 10	40 50 50	484	30	68	si
97	NE. Valdepeñas de la Sierra	Guadalajara	0 20 10	40 55 30	485	5	77	si
98	2 km. S. Tamajón	»	0 26 50	40 59 10	485	10	116	tk
99	SE. Júcar	»	0 32 10	40 58 30	486	10	83	tk
100	km. 16,7 carret. Cogolludo-Alcorlo	»	0 38 10	41 0 20	460	20	100	tk
101	SSE. Congostribe	»	0 41 50	40 1 30	460	25	85	tk

Punto n.º	Ubicación de los puntos		Long. Geogr. Este de Madrid	Lat. Geogr. Norte	Num. de la hoja 50.000	Potencias en metros	Max. tamaño de los cantos	Base
	Localidad	Provincia						
102	unos 2 km. O. Angón	Guadal.	0 49	41 3 50	460	65	100	tk
103	SE. La Cabrera	»	1 1	41 0 20	461	50	42	te
104	entre Algona y Torremocha	»	1 3	40 58	487	80	> 38	jl
105	SO. Cercadillo	»	0 52 50	41 9 30	461	30	35	te
106	O. Atienza	»	0 48 10	41 12	493	75	70	tk
107	junto a Baraona	Soria	1 1 30	40 49 20	434	30	?	jl
108	N. Barcones	»	0 53	41 19 30	434	75	58	jl
109	ONO. Sauquillo de Paredes	»	0 42 20	41 22 10	405	60	61	jl
110	E. Somoinos	Guadal.	0 38 10	41 14 30	433	60	76	tk
111	E. Cantaloja	»	0 28 10	41 14	432	30	120	si
112	E. Grado del Pico	Segovia	0 27	41 18 10	432	45	96	ts
113	NE. Licerías	Soria	0 28 30	41 23 50	404	50	117	jl
114	km. 8 carret. Sepúlveda-Urueñas	Segovia			403	100	81	—
115	NO. Castro de Fuentidueña	»			402	105	138	kw
116	O. Torrijo, en el Barranco del Val	Zaragoza	1 48 10	41 28 30	408	120	68	tm
117	SO. Bijuesca	»	1 45 40	41 32 10	380	115	193	jw
118	NO. La Alameda	Soria	1 39 40	41 31 40	380	155	86	tm
119	NNO. Torrelapaja	Zaragoza	1 43 30	41 35 40	380	180	65	kw
120	N. Reznos	Soria	1 39 20	41 35 40	380	110	?	tm
121	SO. Tordesalás	»	1 37 10	41 36 50	380	95	61	tm
122	SE. Ventosillas de San Juan	»	1 18 20	41 47 50	350	285	133	kw
123	NE. Fuentespaída	»	1 7 50	41 47 10	345	375	127	kw
124	junto a Abejar	»	0 54	41 48 20	349	250	147	kw
125	N. y E. Muriel Viejo	»	0 46 20	41 47	348	160	123	kw
126	S. Navas del Pinar	Burgos	0 28	41 58	315 y	145	190	kw
127	SO. Hacinas	»	0 21 30	41 58 40	315	165	145	kw
128	S. Barbadillo del Mercado	»	0 19 20	41 1 2	277	160	192	kw
129	km. 456,6-457,0 carret. Soria-Burgos, entre Cuevas de San Clemente y Mambriellas de Lara	»	0 11 30	42 6	277	110	117	kw
130	km. 468,2 carret. Soria-Burgos, entre Hontoria de la Cantera y Cuevas de San Clemente	»	0 4 40	42 9 30	276	> 70	(70)	kw
131	O. Villarroya	Logroño	1 36 bis	42 8 20	281	> 160	(123)	—
			1 37					
132	S. Bernedo	Alava	1 12 30	42 36 30	171	> 205	(4)	—
133	NO. Payueta	»	0 57	42 39	170	> 85	(40)	—
134	SO. Salinillas de Buradón	»	0 51	42 37	170	> 105	(108)	—
135	carret. entre Bugedo y Foncea	Burgos	0 40	42 38	169	> 45	(38)	—
136	junto a Pancorbo	»	0 35 20	42 38 20	169	> 40	?	—

BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A.: *El Maestrazgo y la Cordillera Litoral Catalana*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», 57, Madrid, 1956.
- ASHAUER, H., & TEICHMÜLLER, R.: *Die variszische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl.», 3, 10, 1935.
- BAKK, L. A. J.: *La géologie de Cascade del Rio et de Valaeroche (Espagne)*. Leiden, 1935.
- BEUTHER, A.: *Geologische Untersuchungen in Wealden und Utrillas-Schichten im Westteil der Sierra de los Cameros (Nordwestliche Iberische Ketten)*. «Diss.», Bonn, 1957.
- BREITSTROFFER, M.: *Zone d'ammonites dans l'albien*. «Trav. Lab. Géol.», Grenoble, 26, 1947.
- BRINKMANN, R.: *Betikum und Keltiberikum in Südostspanien*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen: Math.-phys. Kl.», 3, 1, 1931.
- BRINKMANN, R., & GALLWITZ, H.: *Der betische Außenrand in Südostspanien*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl.», 3, 8, 1933.
- — *Tertiär und Alt-Quartär in den nordwestlichen keltiberischen Ketten*. «Geotekton. Sympos.», 1956.
- COQUAND, H.: *Description géologique de la formation crétacée de la province de Teruel (ancien royaume d'Aragon)*. «Bull. soc. géol. France», 2, Sér., 26, 1868, 69.
- CORTAZAR, D. DE: *Description física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*. «Mem. Mapa geol. Esp.», 3, Madrid, 1875.
- JAKOB PERIGAS, B.: *Estudio geológico del Sur de la Provincia de Valencia y Norte de la de Alicante*. «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», 57, 1945.
- DEKEMPS, A.: *Recherches géologiques dans le sud de l'Aragon*. «Annales Hébert», 2, Lille, 1898.
- DUPUY DE LÔME, E., & SANCHEZ LOZANO, R.: *El Sistema Cretáceo en el Levante Español*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», 57, Madrid, 1956.
- FALLOT, P., & BAYMILLER, J. R.: *Itinerario geológico a través del Bajo Aragón y el Maestrazgo*. «Mem. R. Acad. Cienc. y Artes de Barcelona», 3.ª época, 20, 8, 1927.
- FONTOBOTE, J. M., & RIBA, O.: *Estudio geológico de los alrededores de Mota del Cuervo (provincia de Cuenca)*. NOTAS Y COM. INST. GEOL. MIN. ESP., 44, 1956.
- HAHNE, C.: *Stratigraphische und tektonische Untersuchungen in den Provinzen Teruel, Castellón und Tarragona (Spanien)*. «Z. deutsch geol. Ges.», 82, Berlin, 1930.
- — *Das keltiberische Gebirgsland östlich der Linie Cuenca, Teruel, Alfambra*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl. N. F.», 16, 3, 1930 (b).
- — *Ein geologischer Führer durch den nördlichen Teil des südaronisch-katalonischen Mittelgebirges zwischen Ebro- und Martínfluß und seine Vorländer (Spanien)*. «Géologie de la Méditerranée Occidentale», 3, 13, Partie 3, 1933.
- JOLY, H.: *Etudes géologiques sur la chaîne celtibérique (Provinces de Teruel, Saragosse, Soria, Logroño, Espagne)*. «C. R. Congr. géol. internat. Espagne», 1926, 2, Madrid, 1927.
- KARRENBERG, H.: *Die postvariszische Entwicklung des kantabroasturischen Gebirges (Nordwestspanien)*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl.», 3, 11, 1934.
- LOTZE, F.: *Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl., N. F.», 14, 2, 1920.
- MALLADA, L.: *Explicación del Mapa geológico de España*. «Mem. Com. Map. geol. Esp.», 5, Madrid, 1904. Sistemas Infracretáceo y Cretáceo.
- MARTIN WZ., R.: *Die Geologie von Camarena de la Sierra und Riodeva (Provinz Teruel, Spanien)*. Leiden, 1936.

- MARTÍNEZ PEÑA, I.: *El Sistema Cretáceo sobre la mesa manchega (Cuenca, Ciudad Real, Guadalajara)*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», 57, Madrid, 1956.
- MEXSINK, J.: *Der Jura der Nordwestlichen Iberischen Ketten*. «Diss.», Bonn, 1957.
- NEUBOFF, W.: *Die Sedimentstrukturen, insbesondere Schrägschichtung, im Koblenzquartär am Mittelrhein*. «Diss.», Bonn, 1953.
- PEHLIG, R.: *Der Diapir von Estella (Nordspanien)*. «Diss.», Bonn, 1958.
- QUINTERO AMADOR, L., & TRIGUEROS MOLINA, E.: *La Cordillera Ibérica*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», 57, Madrid, 1956.
- RICHTER, G.: *Die Iberischen Ketten zwischen Jalón und Demanda*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl., N. F.», 16, 3, 1930.
- RICHTER, G., & TEICHMÜLLER, R.: *Die Entwicklung der keltiberischen Ketten*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl.», 3, 7, 1933.
- RÍOS, J., & ALMELA, A.: *Estudios sobre el Mesozoico del borde meridional de la cuenca del Ebro*. «Inst. Geol. Min. Esp.» Libro Jubilar (1849-1949), 2, Madrid, 1951.
- SCHRÖDER, E.: *Das Grenzgebiet von Guadarrama und Iberischen Ketten (Zentralspanien)*. «Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl., N. F.», 16, 3, 1930.
- TEICHMÜLLER, M.: *Sobre el metamorfismo y las facies de los carbones del Cretáceo inferior de Huesca (Guipúzcoa) y Utrillas y Esteruel (Teruel)*. NOTAS Y COMUN. INST. GEOL. MIN. ESP., 31, Madrid, 1953.
- WEISSER, D.: *Acerca de la estratigrafía del Urgoaptense en las cadenas celtibéricas de España*. NOTAS Y COMUN. INST. GEOL. MIN. ESP., 55, Madrid, 1959.

R. MICHEL y L. CLARIOND (*)

EL YACIMIENTO DE HIERRO DE TINDOUF (GARA DJEBILET) (**)

RESUMEN

En este artículo se hace la descripción geográfica del territorio y la historia de la investigación de estos yacimientos, con el estudio geológico de la cuenca, estudio petrográfico del mineral y cubicación del tonelaje probable para la explotación.

Se añaden dos anexos sobre las posibilidades de agua y la climatología.

SUMMARY

In this article geographic description of the territory and the history of the investigation of these orebodies is made together with the geological study of the basin, the petrographical study of the ore and the calculation of the probable volume able to be mined.

Two appendixes about water possibilities and climatology are added.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de hierro de Gara-Djebilet está situado en el anexo administrativo de Tindouf.

El territorio, que tiene una superficie aproximada de 200.000 kilómetros cuadrados, constituye lo que se llama el Sahara Occidental, limita al Norte con Marruecos, al Oeste con el Sahara español, y al Sur con Mauritania, mientras que al Este está separado de Colomb-Béchar por una inmensa llanura de hamada de 600 kilómetros de ancha.

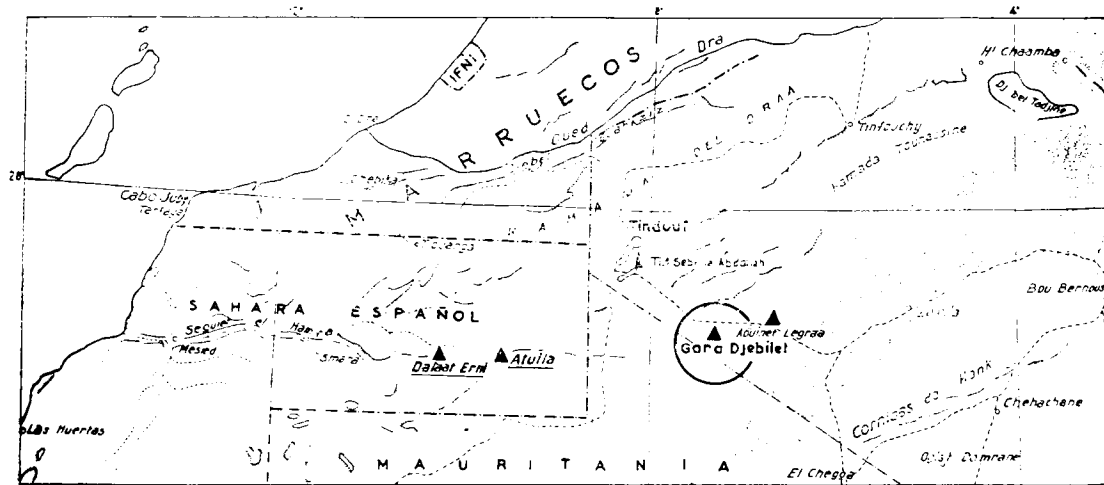
(*) Director adjunto y Consejero minero de la Oficina de Investigación en Africa (B. I. A.) .

(**) Versión directa por el Ingeniero de Minas D. CARLOS MUÑOZ CABEZÓN, del trabajo titulado *Le gisement de fer de Tindouf*, aparecido en la revista «Annales des Mines» del mes de enero de 1960. Se publica aquí en versión castellana, gracias a la amable y expresa autorización dada por la Dirección de la citada revista.

Se pueden reconocer en este territorio tres unidades geológicas:

Al Sur, un macizo cristalino precambriano con granitos, pizarras metamórficas y rocas intrusivas básicas o ácidas; el conjunto está fuertemente plegado y tectonizado.

En el Centro, una cobertura paleozoica buzando ligeramente al Norte, donde se reconocen todos los terrenos de la serie primaria desde el Cambriano al Carbonífero medio.



POSICION DE LOS YACIMIENTOS DE HIERROS OOLITICOS DEL SAHARA OCCIDENTAL

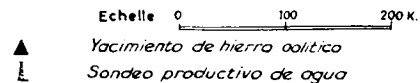


Fig. 1.

Al Norte, los terrenos de las hamadas, terrenos horizontales de edad terciaria y cuaternaria, que cubren vastas extensiones con algunos profundos cortes, en los que aparece el sustratum primario. Estas hamadas desbordan al Sur en cerros testigos sobre el escudo cristalino.

La topografía general, ya se trate de terrenos cristalinos, de terrenos primarios o de hamadas, es las de una inmensa meseta cortada de Oeste a Este por algunas «cuestas» recortadas por barrancos que presentan, sea el borde de la serie primaria (es en la parte superior de una de estas «cuestas» donde aparece el yacimiento de Gara-Djebilet), sea el borde de las mesetas hamadienses. La altitud varía entre 600 metros al Sur y 400 metros al Norte. Tindouf, en el centro se encuentra a la cota de 450 metros.

Sobre todo este conjunto, la pluviometría es débil, las observaciones de

los servicios meteorológicos de Tindouf indican que las precipitaciones anuales tienen una media de 40 mm. por año, con años, algunas veces más secos (2 mm. 1941), o por el contrario, más húmedos (164 mm. en 1951, año excepcionalmente lluvioso, según recuerdan los nómadas). Evidentemente no hay ningún río permanente, los lechos son revivificados con las grandes precipitaciones, y la duración de la corriente de agua excede raramente de veinticuatro horas.

Debido a esta pobreza de precipitaciones, la vegetación es rara, y aparte palmerales situados alrededor de algunos puntos de agua, tales como Tindouf, no hay más que una vegetación reducida. La superficie cultivada alrededor de los palmerales es del orden de 31 hectáreas; en todos los demás lugares se encuentran sólo pequeños grupos de árboles espinosos, son las acacias (*Acacia Raddiana*), conocida por «Talhas» y particularmente abundantes en la hamada al Norte de Tindouf, y algunos arganes (*Argani Spinosa*) o tamarix (*Tamarix Aphylla*), conocidos por «Ehhels». Los terrenos de los lechos de los ríos tienen a veces, después de las lluvias, una vegetación variada y relativamente densa, constituyendo, en las zonas más regadas, pastos para camellos, con gramíneas y plantas vivaces: el Achab, el Ascaf, el Sbog, pueden vegetar varios años. Pero sobre la mayor parte del territorio, en particular, sobre el país cristalino, el desierto es total, no crece nada o casi nada.

La fauna está constituida esencialmente por los animales, cabras y camellos, de las tribus nómadas; se encuentran también gacelas en rebaños, que raramente exceden de una treintena de animales, y algunos avestruces, que han huído hacia el Sur después de la implantación de puestos militares. Es frecuente encontrar, sobre todo en período de calor, víboras cornudas muy peligrosas, y el escorpión clásico del Africa del Norte. No hay mosquitos, y el clima, a pesar de su rigor, es sano.

La población estrictamente nómada, pertenece en su gran mayoría a la tribu Erguibat, cuyos terrenos de recorrido van de Marruecos a Atar al Este del Atlántico. Viven en tiendas, instalándose con cabras y ovejas cerca de los pastos de los camellos. Se calculan unas 20.000 almas aproximadamente en la zona de nomadeo.

La existencia de mineral de hierro en la región de Gara-Djebilet, a 150 kilómetros aproximadamente al Sur-Este de Tindouf, ha sido señalada por primera vez en 1952 por el señor Gevin, geólogo del Servicio de Colonización e Hidráulica de Argel.

A principios del año 1953, la Oficina de Prospecciones Mineras de Argelia (B. R. M. A.), inició una campaña de investigación por pozos y sondeos, que condujo a un primer conocimiento del yacimiento.

Entre los años 1955 y 1957, la Oficina de Organizaciones de los Conjuntos Industriales Africanos (B. I. A.), hoy Oficina de Investigaciones en Africa, estableció con el concurso de la Sociedad General de Explotación Indus-

trial (S. O. G. E. I.), un primer anteproyecto de explotación del yacimiento a partir de los informes aportados por esta primera Compañía de Investigaciones, pero pronto se vio que los conocimientos sobre el yacimiento eran insuficientes para el estudio de un proyecto detallado.

Entonces, ante la amplitud de los problemas planteados, se decidió por el Gobierno asegurar la continuación de los estudios del yacimiento, de las obras necesarias y de la rentabilidad eventual de la explotación, bajo la autoridad de un Comité de estudios, que agrupaba representantes de las siderúrgicas francesas, alemanas, belgas, italianas, luxemburguesas, holandesas, de Argelia y del B. I. A., confiándose la ejecución de los trabajos al B. I. A. El Presidente de este Comité es M. Albert Bureau.

La B. I. A. reanudó la exploración del yacimiento, ejecutando 75 sondeos con testigo continuo, lo que representó 5.000 metros de exploración, después de haber construido, con la ayuda de la tercera Compañía Sahariana de Ingenieros un campo de trabajo en la proximidad de la zona a estudiar, para albergar el personal de ejecución, los técnicos y la guarnición militar de seguridad.

Se compone este campo de dos edificios que se usan para habitaciones, una enfermería, un edificio para el taller mecánico, el almacén donde son conservados los testigos del sondeo, y una pequeña central eléctrica para abastecimiento del conjunto.

Ha sido construida una pista de aterrizaje en la proximidad inmediata del campo, y está también unido a Tindouf por una pista de 175 kilómetros de longitud.

Está abastecido de agua por un sondeo el Ti-4 (Tindouf 4), implantado por M. Gevin y situado a diez kilómetros al Noroeste, que puede asegurar un volumen de un litro por segundo.

Esta nota se propone describir los trabajos efectuados y detallar el estado de los conocimientos sobre el yacimiento hasta el 1 de julio de 1959.

GEOLOGÍA LOCAL.

a) Las cubetas oolíticas de Gara-Djebilet y los indicios de Este a Oeste

M. Gevin sitúa en el Devoniano inferior las cubetas de sedimentación que constituyen el yacimiento de hierro de Gara-Djebilet.

Se conocen tres lentejones principales, llamados Cuenca Oeste, Cuenca Centro y Cuenca Este.

La Cuenca Oeste tiene una longitud de catorce kilómetros aproximadamente, y su anchura media pasa de 1.500 metros al Oeste a seis kilómetros al Este. Al Sur, las capas afloran sobre una meseta tabular coronando una «gara» y avanzando hacia el Sur; al Norte, el límite no está

bien conocido, pero los levantamientos magnéticos aéreos, indican netamente que el lentejón no se hunde muy lejos bajo los terrenos de recubrimiento. La pendiente de las capas es débil: del 1 al 1,5 por 100 Norte-Este.

La Cuenca Central está separada de la anterior por 9,5 Km. de zona estéril. Hay en el intervalo un paso progresivo, pero sin embargo bastante rápido, del mineral a una arenisca, primero ferruginosa, y después más clara, y al fin desaparece todo vestigio de sedimentación oolítica.

De Oeste a Este, la cubeta tiene alrededor de dieciocho kilómetros de largo y una anchura media de unos cuatro kilómetros. Los límites Este y Oeste son perfectamente conocidos; los del Norte quedan sin precisar, como en el lentejón Oeste.

La Cuenca Este está separada de la Cuenca Centro por una zona estéril siempre arenosa, de unos ocho kilómetros. Su longitud es de siete kilómetros aproximadamente, y su anchura del orden de un kilómetro. Los trabajos que han sido ejecutados en esta región hacen pensar que aflora la totalidad de la Cuenca. No se puede esperar una extensión hacia el Norte, como es posible pensar para las cuencas próximas.

Alejándose hacia el Este, encontramos a unos cuarenta kilómetros de Gara-Djebilet, la Gara-Befraa al Noroeste de Aouinet-Legraa, una nueva cubeta oolítica en la cual el afloramiento está señalado en la parte superior de las cornisas de areniscas claras, del Devoniano inferior, por un nivel de color oscuro, de areniscas ferruginosas y capas oolíticas. El afloramiento horizontal se continúa varios kilómetros y puede ser que corresponda al borde Sur de una nueva cubeta. Ningún estudio de detalle se ha hecho en este sector; los yacimientos situados alrededor de Gara-Djebilet presentan «a priori» más interés inmediato.

Otros lentejones son conocidos más lejos todavía, entre Djebilet y Bou-Bernous, son: Mlehas-Bou-Bernous y Gour-Jiffa.

Hacia el Oeste, hay que entrar en zona española para encontrar en el Devoniano inferior horizontes oolíticos ferruginosos. Tales horizontes han sido señalados por los geólogos españoles (1), en el Valle de la Seguia el Alaura.

b) Estratigrafía del yacimiento

El estudio estratigráfico muestra que la formación oolítica está encuadrada por dos conjuntos de caracteres litológicos diferentes: un muro esencialmente arcilloso, y un techo arenoso.

El corte tipo en la parte rica del yacimiento es el siguiente, de arriba a abajo:

(1) «Características morfológicas y geológicas de la zona septentrional del Sahara Español» (Madrid, 1945). ALFÁ MEDINA.

ESQUEMA SEDIMENTOLOGICO DEL YACIMIENTO DE GARA DJEBILET

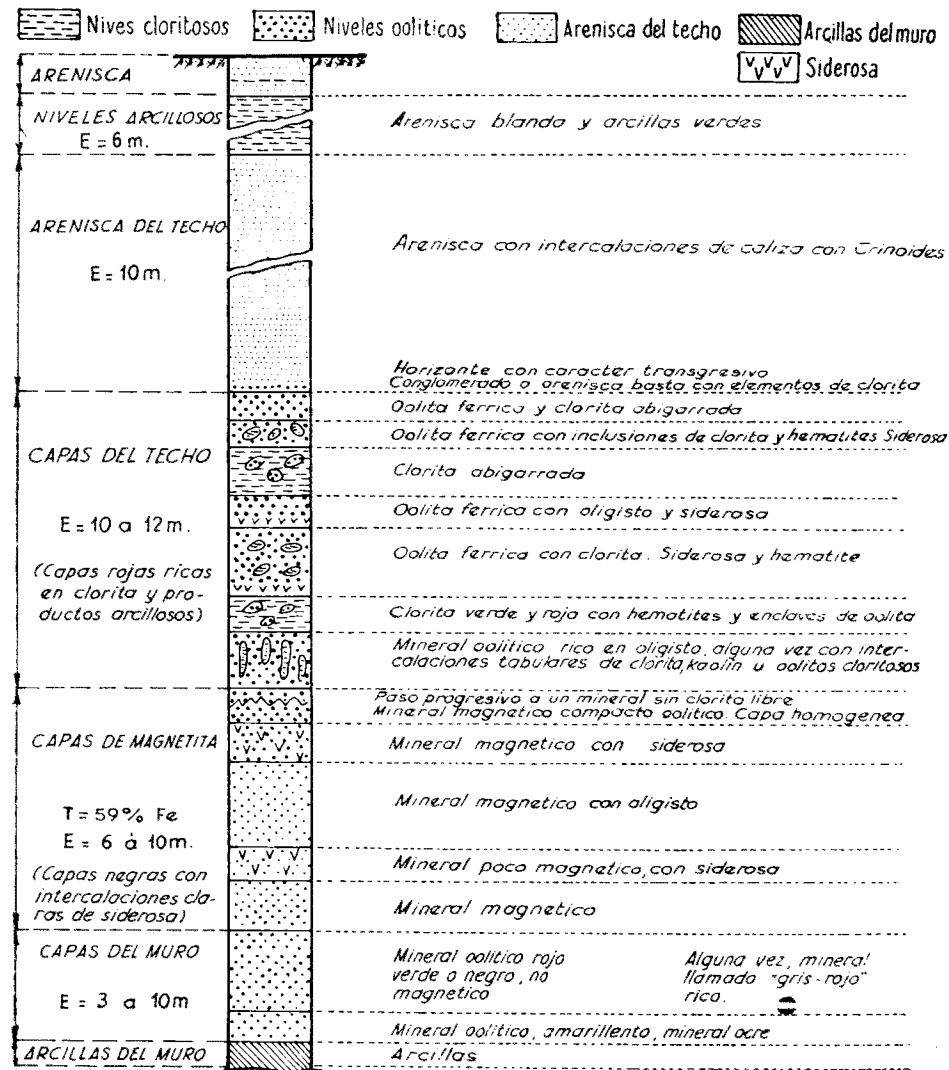


Fig. 2.

1.º El techo de la formación oolitica está constituido por una arenisca corriente, en el seno del cual se encuentra un banco arcilloso-arenoso de cuatro a ocho metros de espesor, y que constituye un excelente nivel de referencia. La arenisca descansa sobre el mineral, sea directamente o por intermedio de un conglomerado.

2.º Las capas llamadas de techo, del todo características, en las cuales el espesor varía de 5 a 15 metros, comprendiendo:

- a) Capas de clorita compacta, más o menos cargada de hematites.
- b) Capas de oolitos férricos ricos en siderosa, conteniendo algunas veces un poco de magnetita e inclusiones de oligisto.
- c) Unos aglomerados de clorita con enclaves de mineral oolítico o a la inversa, minerales oolíticos con enclaves de clorita y hematites.

Esta formación heterogénea y esencialmente férrica en la mayor parte del yacimiento, deriva de la oxidación de los depósitos primitivamente ferrosos, particularmente ricos en clorita. Aunque algunas veces localmente ricas, los contenidos medios de hierro, sobre toda la altura de estas capas, son raramente superiores al 50 por 100, y a menudo próximos al 40 por 100.

3.º El mineral magnético, mineral oolítico rico en magnetita, de color negro, es propiamente dicho el mineral de Gara-Djebilet, es decir, el objetivo principal de las investigaciones debido a su alto contenido en hierro, puede alcanzar el 65 por 100 y tiene como ley media el 57.7 por 100. No contiene ningún elemento detrítico, pero a menudo existen pequeñas intercalaciones aisladas de siderosa, particularmente en la base y en la parte superior de la formación.

4.º Las capas llamadas «de «muro», cuyo espesor varía de 0 a 10 metros, están constituidas por mineral oolítico férrico, del que se distinguen en general dos tipos:

Un mineral, llamado «gris rojo», en la parte superior: finos oolitos rojo oscuro con oligisto microcristalino y láminas de siderosa, rico (55 a 58 por 100 Fe).

Un mineral, llamado «ocre», en la base formado de oolitos cloritosos aureolados de limonita, pobre (40 a 52 por 100 Fe).

5.º Por último, una alternancia de arcillas o de cloritas y de mineral oolítico, cuya parte superior constituye el muro de la formación ferrífera.

CARACTERÍSTICA Y TIPO DEL YACIMIENTO (2)

El yacimiento de Tindouf es netamente sedimentario, del mismo tipo que los otros yacimientos sedimentarios oolíticos conocidos. Ningun fenómeno

(2) Según un estudio de M. VICIENSE, Jefe de los trabajos prácticos de geología aplicada en la Escuela Superior de Minas de París.

notable de metamorfismo parece haber intervenido en su formación, sea en el curso de la deposición, sea después de ésta.

Los estudios en secciones pulidas y láminas delgadas han permitido establecer «el carácter esencialmente químico y autígeno de la sedimentación ferrífera de Gara-Djebilet. La ausencia de elementos detríticos, propiamente dichos, es casi total, sobre todo de los elementos silíceos que se encuentran de ordinario en los minerales oolíticos, a los cuales sirven de núcleo en el curso de su formación» (Vincienne).

Estructura de los minerales (fig. 3)

Los núcleos de los oolitos, cuando existen, están sobre todo constituidos por clorita, restos de conchas cloritizadas o limonitizadas, oligisto masivo, hematites o magnetita. Las envolturas oolíticas concéntricas son muy a menudo de clorita, con o sin cristalizaciones de magnetita, que respetan la estructura, pero pueden también estar transformadas total o parcialmente por la magnetita y totalmente por la siderosa. A veces la clorita ha sido oxidada en hematites.

El cemento, que está constituido de magnetita o de siderosa, raramente de hematites roja, parece provenir de una alteración de la clorita, de una absorción de hematites por materitas arcillosas, o más raramente de una alteración de la siderosa.

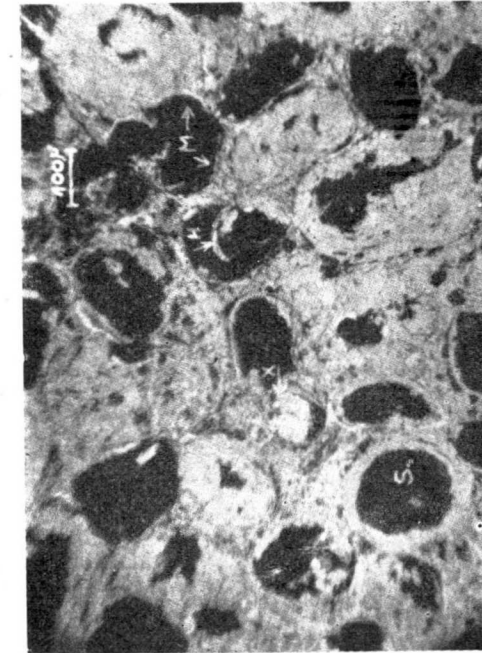
Son la clorita y la magnetita las que han jugado el papel principal en la constitución del mineral oolitos o cemento; la siderosa tiene sólo un papel accesorio y menos aún, los óxidos férricos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MINERALES

Son sobre todo los minerales magnéticos, constituyentes esenciales de la capa rica, los que han sido objeto de estudios de laboratorio.

I. Aspecto físico

En lo que concierne a los minerales magnéticos, se trata siempre de minerales oolíticos, algo porosos, de color oscuro, negro azulado cuando son particularmente ricos, negro con reflejos verdes cuando contienen clorita, negro con reflejos malva o rojizos cuando contienen hematites o oligisto, y gris cuando contienen carbonatos.



Sondeo 7—16 m.

Mineral con magnetita (M, cemento y oolitos), siderosa (S, negra, sobre todo oolítica) y hematita (H, clara), marcado con X, un grano de sulfuro. Se ve que se conserva la estructura oolítica, pero los minerales —en particular la magnetita— se reparten indistintamente entre el cemento y oolitos.

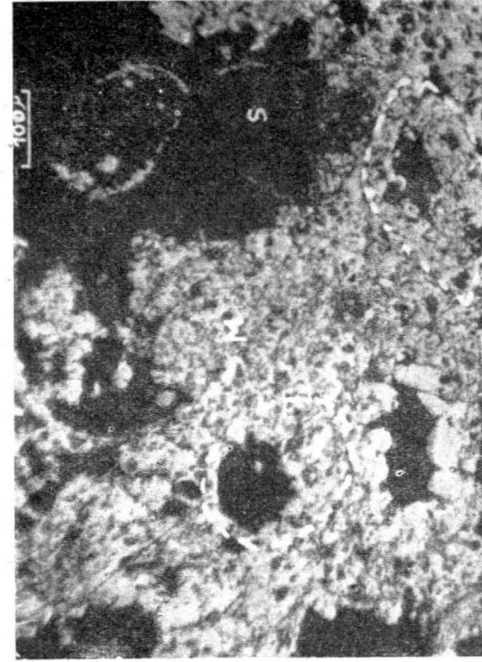


Fig. 3.

Luz reflejada, aumento $\times 100$

Sondeo 15—25 m. 50

Mineral con magnetita (M) y siderosa (S) en el rincón superior de la derecha, fragmento de mineral con siderosa no invadido por la magnetita, la estructura oolítica está bien conservada; en el resto de la figura, la invasión por la magnetita prácticamente ha borrado la estructura oolítica (oolitos, marcados por un trazo).

II. Densidad

a) Densidad aparente.

Es la densidad del mineral en la capa, teniendo en cuenta los vacíos en relación con la porosidad.

Unas medidas precisas hechas en el laboratorio del I. F. P. por inmersión en el mercurio, han dado para varias muestras tipo:

1 Mineral magnético negro rico	3,47
2 " " " con hematites	4,31
3 " " " cloritoso	3,84
4 " " " carbonatado	3,73
5 " " " rico en clorita	3,46
6 " " del techo con hematites	3,53

Teniendo en cuenta este resultado de laboratorio y de diversos ensayos efectuados en el lugar de trabajo, se llega a la conclusión:

La densidad «aparente» de los minerales magnéticos varía entre 3,5 y 4,3 según la proporción: la densidad media está próxima a 3,8 para un mineral con 57 por 100.

La densidad «aparente» de los minerales de techo es de 3,3.

b) Densidad verdadera.

Es la densidad propia del mineral, abstracción hecha de su porosidad. Varía para los minerales magnéticos según la riqueza en hierro, entre 4 y 4,8.

Porosidad

La porosidad ha sido medida sobre varias muestras, y varía considerablemente de un punto a otro del yacimiento según la posición de los minerales; los minerales magnéticos pobres en clorita y carbonato son particularmente porosos (19 a 22 por 100); los minerales cloritosos o carbonatados son más impermeables (8 al 11 por 100).

La porosidad media parece ser del orden del 15 por 100.

En función de estos resultados, se puede estimar el contenido en agua de un mineral enterrado bajo el nivel hidrostático. El cálculo demuestra que este contenido estará comprendido entre 2 y 6 por 100.

Dureza

Los minerales magnéticos sin siderosa son relativamente poco resistentes y fáciles de perforar. Darán cantidades bastantes fuertes de finos en el arranque, en las zonas secas (afloramientos) y muchos menos en las zonas húmedas.

Los minerales magnéticos con siderosa son compactos y más resistentes.

Los niveles cloritosos donde hay hematites compacta, que se encuentran en el seno de las capas de magnetita o en el techo de la capa, son compactos y difíciles de perforar.

En fin, las areniscas del techo son en su conjunto areniscas bastas, poco compactas, fáciles de arracar y fáciles de perforar. Existen, sin embargo, paños cuarcíticos muy duros, cuyo espesor no excede nunca de 50 cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE LOS MINERALES DE GARA-DJEBILET

Los estudios petrográficos y los análisis químicos efectuados permiten dar algunas precisiones sobre la composición de los minerales.

1.º El análisis químico de los minerales oscila alrededor de la composición media siguiente, media calculada según los resultados de 650 a 700 análisis completos:

Fe	57,7	MnO	0,3
SiO ₂	4,6	CaO	1,5
MgO	4,3	CO ₂	3,6
TiO ₂	0,3	P	0,8
MgO	0,2	H ₂ O combinada	3,0

El esquema adjunto da los histogramas de frecuencia de los contenidos correspondientes al hierro, al fósforo y a la sílice.

2.º Cinco compuestos de hierro esenciales existen en los minerales de hierro de Gara-Djebilet, y son: la clorita, la magnetita, la siderosa, la hematites y, en grado menor, la goethita.

Las impurezas son aportadas por los minerales secundarios o por los compuestos de hierro mismos.

El apatito lleva P y CaO; según la señorita Deudon, se clasificaría por sus caracteres entre los fluor-apatitos (3).

Los fosfatos de hierro son raros.

El CO₂ es llevado por la siderosa.

(3) El análisis para fluor de un mineral particularmente rico en fósforo (2,55 P), indicó efectivamente un contenido en fluor de 0,17 por 100 (sondeo 9 entre 20 y 21 metros).

Los óxidos, TiO_2 , MnO , MgO , están según parece asociados a la clorita.
 Las débiles trazas de S y As deben ser atribuidas a inclusiones microscópicas de pirita o arseno-pirita.

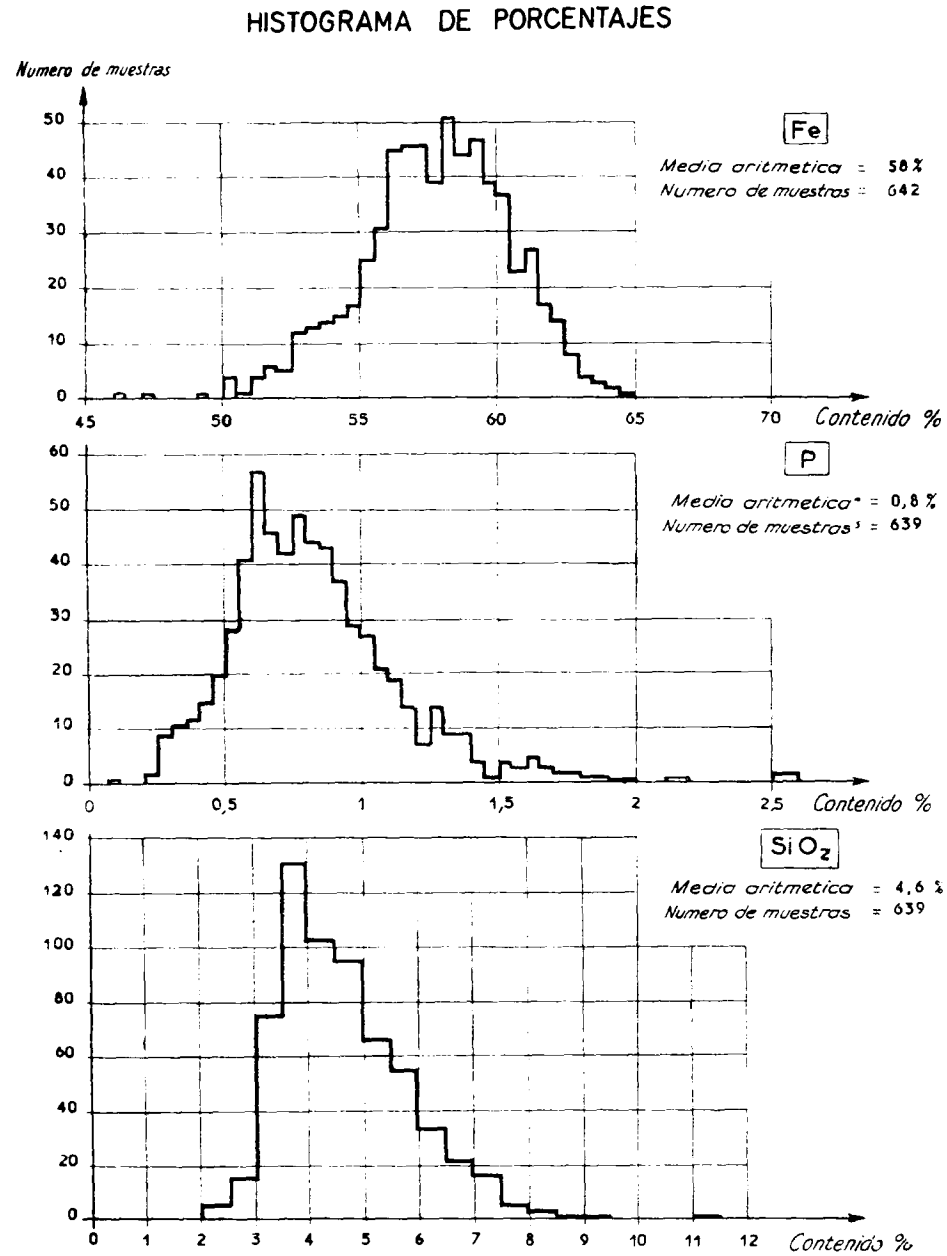


Fig. 4.

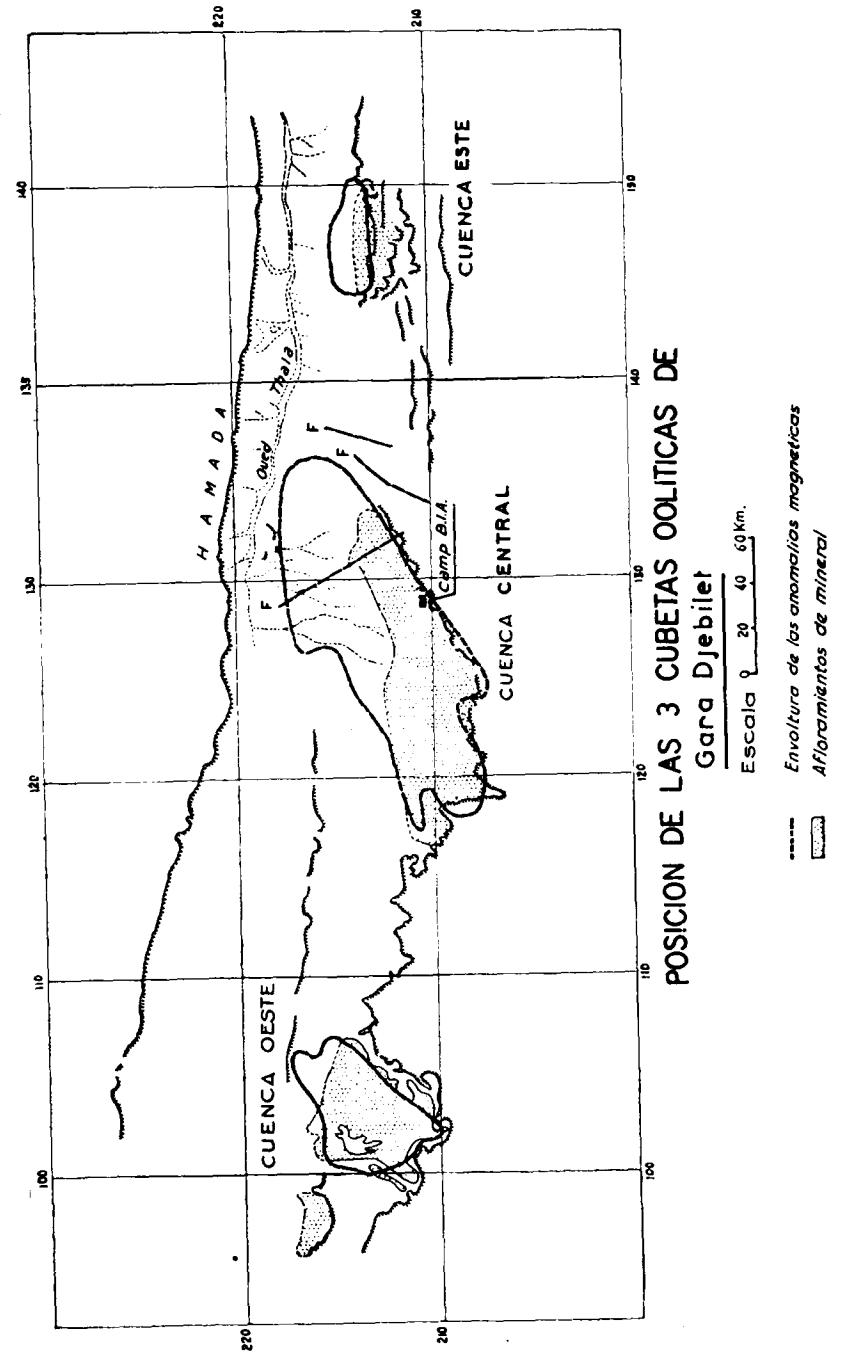


Fig. 5.

El agua de constitución viene a la vez de la clorita y de la goethita, o de otros hidróxidos de hierro que pueden existir en el mineral.

TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO EJECUTADOS SOBRE EL YACIMIENTO

a) *Prospección general*

Las tres cuencas, Oeste, Centro y Este, han sido objeto de una prospección general sobre toda su superficie.

Estos trabajos se han compuesto:

De una parte, un estudio magnético aerotransportado, cuyo resultado fue un mapa dando las curvas de igual intensidad del campo magnético total. Las tres cuencas aparecen marcadas por anomalías importantes, y la curva que limita estas anomalías permite conocer su extensión al Norte, bajo el recubrimiento de terrenos estériles.

De otra parte existen, un reconocimiento llevado por el B. R. M. A., sobre los yacimientos Oeste y Centro y por el B. I. A. sobre el yacimiento Este.

La cuenca Oeste ha sido explorada por quince pozos. A la vista de los conocimientos actuales sobre el yacimiento, se puede deducir como resultado de estos trabajos que el valor minero de esta cuenca es débil, pero queda por saber si las capas aumentan de valor bajo las areniscas y calizas que las recubren al Norte, para esto serán necesarios algunos sondeos. No se debe esperar, en la hipótesis de sondeos positivos, el recubrimiento de importantes tonelajes con leyes elevadas, porque el mapa magnético muestra que la extensión posible bajo la cobertura es pequeña (4).

La cuenca Central ha sido reconocida, sobre su zona de afloramientos, por una serie de pozos ubicados en los vértices de una red triangular de dos kilómetros de lado. Allí todavía la zona de afloramiento, oxidada es poco interesante, salvo en la parte Este, donde tres pozos muestran un aumento notable del contenido en hierro. Después de estos tres resultados, un estudio más detallado por sondeos fue ejecutado, primero por el B. R. M. A. y después por el B. I. A. a petición del Comité de Estudios.

El yacimiento ha sido estudiado por cinco sondeos. Parece presentar poco interés, porque los levantamientos magnéticos y geológicos muestran que aflora la casi totalidad de la cuenca y el mineral ha sido empobrecido por oxidación. El espesor total de la sedimentación es, por otra parte, mucho menor que en las otras dos cuencas.

(4) *Nota enviada por la Dirección de la Revista.*—Después de la redacción de este artículo (1959), el reconocimiento detallado de la Cuenca Oeste ha sido efectuado, y más de 300 millones de toneladas de porcentaje medio del 58 por 100 han sido comprobados. Este mineral presenta la ventaja sobre el de la Cuenca Central, de encontrarse bajo un débil recubrimiento.

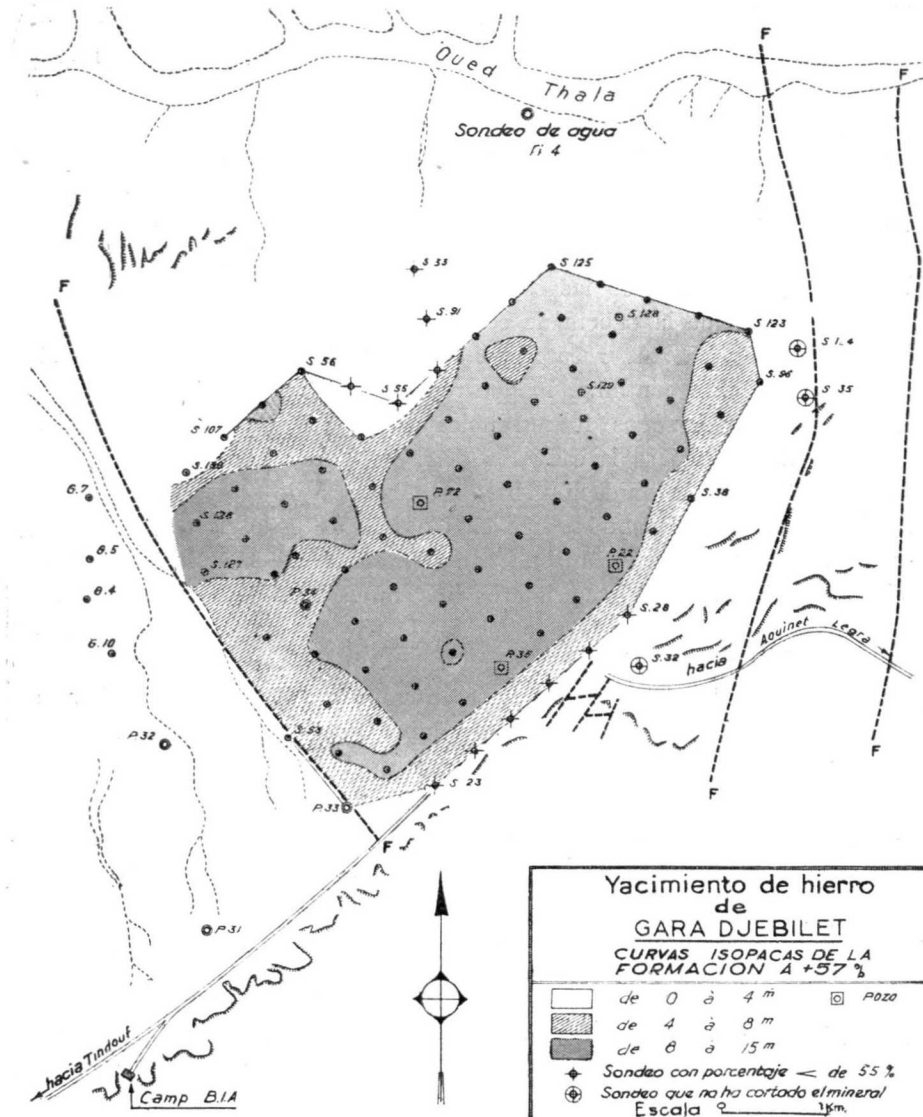


Fig. 6.—Trabajos de reconocimiento en la cuenca central.

b) *Prospección de detalle*

Tres pozos de reconocimiento han demostrado la existencia de minerales ricos en la parte oriental de la cuenca Central; el B. R. M. A. inició en 1953 una campaña de sondeos que fueron parados en 1954, después de la ejecución de 34 sondeos ubicados en los vértices de una red de mallas triangulares, teniendo cada triángulo 500 metros de lado.

De estos 34 sondeos, que representan 1.100 metros de exploración:

Quince han explorado la zona de afloramiento, donde las capas están recubiertas sólo por aluviones o arenas.

Diecisiete han explorado las capas bajo la cobertura de las areniscas.

Dos han salido de la cubeta de sedimentación.

En 1957, el B. I. A. reemprendió esta campaña efectuando 75 sondeos con testificación continua, lo que representan 5.000 metros de exploración. Todos estos sondeos fueron ubicados en los vértices de la misma red que fue utilizada para la campaña de 1954. Todos han estudiado las capas fuera de la zona de oxidación, bajo la cobertura de arenisca.

Los testigos de cada sondeo han sido objeto de estudios petrográficos y se han hecho unos cortes. La zona comprendida entre los últimos horizontes cloritosos del techo y los primeros horizontes cloritosos o arcillosos del muro, han sido desmuestreados por medio de testigos metro a metro, y las muestras analizadas para hierro. Según estos análisis, la «zona explotable» cuyo contenido medio en hierro oscilaba entre 56,5 y 60 ha sido analizada seguidamente metro a metro para sílice-alúmina- Co_2 , etc. Estos análisis completos han sido ejecutados por los laboratorios Dubois.

Los cortes de los sondeos han permitido trazar sobre un mapa la posición aproximada bajo los aluviones de los contactos areniscas-capas del techo, y capas del techo-capas inferior. Esto ha permitido igualmente establecer cortes transversales y longitudinales del yacimiento, mapas de isopacas de la formación del techo, de la capa de magnetita, de la sedimentación «total» y de la formación rica con 57 por 100.

Una prospección magnética de superficie ha sido igualmente ejecutada para estudiar las prolongaciones Norte-Oeste de la zona rica. La interpretación de los resultados de esta prospección ha sido difícil en el detalle.

CÁLCULO DEL TONELAJE

Como se ha dicho anteriormente, la extremidad Este de la cuenca Central han sido reconocida por 110 sondeos colocados en los vértices de triángulos equiláteros de 500 metros de lado. Así se ha podido desmuestrear una

formación de mineral de hierro en la cual el espesor varía de 15 a 30 metros. Aproximadamente un tercio de esta formación tiene un contenido superior a 57 por 100. En el seno de este nivel rico de 57 por 100 existe un espesor variable de mineral de contenido superior al 59 por 100.

ELEMENTOS PARA EL CÁLCULO

Para cada sondeo ha sido establecido un corte geológico a escala de 1:200. Además, un corte detallado a escala de 1:50 ha sido establecido para la formación de mineral de hierro.

Los rendimientos de la testificación sobrepasan en general el 95 por 100 en la zona rica de la formación; se puede considerar que el mineral de ley muy elevada es macizo y homogéneo. En consecuencia, el rendimiento de la testificación no intervendrá en los cálculos. Es teóricamente igual al 100 por 100.

El desmuestre ha dado lugar a las operaciones siguientes:

- 1.º Inscripción de la cota sobre el testigo.
- 2.º Corte del testigo longitudinalmente en dos partes iguales.
- 3.º Envío de una mitad de los testigos al laboratorio.

El análisis químico se ha efectuado sobre muestras que representaban un espesor de un metro de mineral. Cada muestra ha sido objeto de análisis completo para Fe, SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO , CaO , P_2O_5 , As, H_2O combinado. Las dosificaciones del hierro han sido hechas distinguiendo Fe^{++} y Fe^{+++} .

I. *Elección de las características de sondeo*

Las características de un sondeo pueden imponerse. Es el caso de una formación de 10 metros de mineral de 57 por 100, encuadrado por mineral de 50 por 100.

Pero la variación de los contenidos es a veces caprichosa y la elección de las características de sondeo es delicada. Se recordará que no ha sido hecha únicamente con objeto de obtener un tonelaje máximo, sino que tiene en cuenta el principio siguiente:

El contenido medio es obtenido por mezcla de mineral de ley elevada y de mineral de ley más baja, es decir, comprendido entre 55 por 100 y 57 por 100, raramente entre 52 por 100 y 55 por 100, y excepcionalmente del orden de 50 por 100. La media resultante tiene una regla general, un valor superior a 57 por 100, raramente comprendido entre 56,5 y 57.

En ciertos casos, el factor recubrimiento, y la naturaleza del mineral (magnetismo) han intervenido.

II. Principio del cálculo

El cálculo ha sido hecho tomando 3,3 como densidad del mineral. Esta cifra es inferior en un 12 por 100 aproximadamente a la densidad media aparente de un mineral de 57 po 100, tal como se obtiene de las medidas

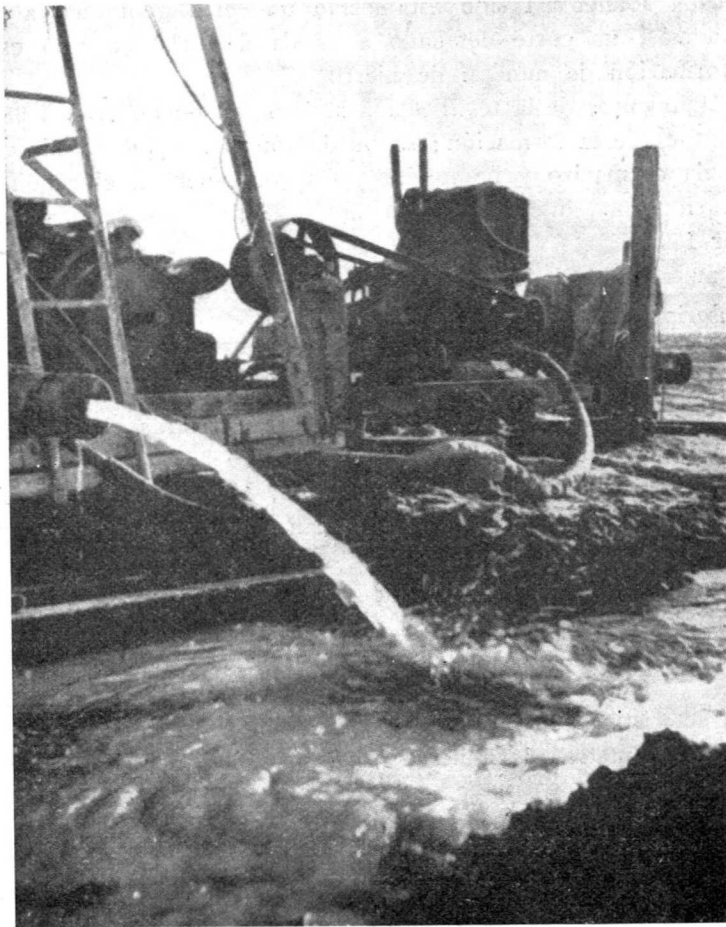


Fig. 7.—Sondeo de agua para la alimentación de Gara-Djebilet.

hechas en el laboratorio del I. F. P. El tonelaje ha sido calculado por triángulos de 500 metros de lado. Sólo han sido tomados en consideración los triángulos en los cuales los tres vértices recortan la formación de 57 por 100.

Se ha supuesto que para un triángulo dado, el espesor de la formación

era igual a la media aritmética de los espesores de los tres vértices; la Ley se obtiene dividiendo por el espesor medio, la media aritmética de los productos espesor-contenido de los tres vértices.

Resultado del cálculo bruto.

El cálculo bruto ha dado, en el único bloque explorado sistemáticamente: Tonelaje cierto: 432.192.800 toneladas métricas de 57,7 por 100.

Temperamento.

La razón $\frac{\text{espesor del recubrimiento}}{\text{espesor del mineral de } 57 \text{ } \frac{\text{po}}{100}}$, llamada temperamento, ha sido calculado para cada triángulo, lo que permite conocer el reparto del tonelaje en función del temperamento.

Los resultados son los siguientes:

	Millones de Tm.	
Temperamento	0 a 1	49
Temperamento	1 a 2	129
Temperamento	2 a 3	148
Temperamento	3 a 4	59
Temperamento	4 a 5	22
Temperamento	5 a 6	4

411

Para el conjunto del tonelaje, el temperamento medio es de 2,1.

De hecho hemos tenido que admitir una disminución del tonelaje contenido en las zonas donde el espesor de la capa es inferior a seis metros, cuando el recubrimiento es importante.

Teniendo en cuenta esta disminución, se llega a la cifra de 400 millones de toneladas, con un contenido medio de 57,7 por 100.

Conviene insistir sobre el hecho de que se trata de un tonelaje cierto, suma de tonelajes elementales de prismas triangulares definidos por tres sondeos positivos sobre la extensión del yacimiento considerado actualmente como explotable.

Hay que recordar igualmente que los cálculos han sido hechos tomando un valor de la densidad inferior en 12 por ciento al valor medio de la densidad «in situ» medida en el laboratorio.

De hecho, es muy probable que el tonelaje real explotable de la zona explorada sobrepase los 450 millones de toneladas.

CONCLUSIONES

El yacimiento de Gara-Djebilet aparece, pues, como un yacimiento sedimentario excepcional, tanto por la potencia de la formación ferrífera que sobrepasa a menudo 30 metros en la zona explorada, como por el desarrollo de la magnetita en la zona rica; este desarrollo se traduce por unos contenidos en hierro raramente alcanzados en los yacimientos de este tipo.

Se trata de un mineral oolítico, es decir, de un mineral en el cual la reductibilidad es sin duda ventajosa. Además no hay aparte del fósforo, ninguna impureza molesta y la granulometría parece buena, es decir, que la proporción de fragmentos es relativamente importante.

A pesar de la desventaja de una situación geográfica desfavorable, que se complica por la necesidad de atravesar territorios extranjeros para llegar a la costa atlántica, la importancia de las reservas de mineral, que son suficientes para montar una poderosa explotación en las condiciones de extracción a cielo abierto tan favorable, justifica plenamente los esfuerzos que se han hecho para su puesta en marcha. Este punto de vista ha sido expresado por los miembros del Sub-Comité de Tindouf, encargado de los estudios del yacimiento, durante su reunión en Gara-Djebilet, bajo la presidencia de M. Albert Bureau, en noviembre pasado. Este Comité ha expresado el deseo de que sean proseguidos el estudio de las prolongaciones del yacimiento, y los estudios sobre las características físico-químicas del mineral.

ANEXO I

Recursos de agua

En una región desértica, los problemas de abastecimiento de agua alcanzan una importancia capital; para preveer la puesta en explotación de un yacimiento minero, el descubrimiento de recursos de aguas suficientes para las necesidades humanas e industriales es tan imperiosa como la puesta al día de las reservas de mineral.

Desde 1955, la búsqueda de agua fue emprendida por el B. I. A., con la activa colaboración de M. Gevin.

El solo punto con agua natural permanente que existía en la región es el manantial de Aouinet Legraa, situado a cuarenta kilómetros al Este de Gara-Djebilet. Su caudal es del orden de 0,5 a 1 litro por segundo, pero el nivel que lo alimenta, al igual que el que se explota para el abastecimiento

del campo, no podría dar el volumen suficiente para una aglomeración minera, que ha sido estimado en 12 litros por segundo.

Después de observaciones y conclusiones sumamente juiciosas de M. Gevin, ha sido ejecutado un sondeo, el Ti 1, a unos 20 kilómetros, al Sur de Tindouf, y a cien kilómetros, aproximadamente al Noroeste de Gara-Djebilet, para estudiar las posibilidades acuíferas de las areniscas y calizas del Viséano inferior.

Este sondeo ha dado en los ensayos un caudal artesiano de 15 litros por segundo de agua bastante dura, con una proporción en sulfato y cloruro relativamente elevado, pero buena para la alimentación humana.

Una parte de este caudal (3 litros/segundo), debe alimentar próximamente en agua potable la localidad de Tindouf, en espera de su utilización para Gara-Djebilet. Se podrá así, por un estudio continuo, darse cuenta de las variaciones de la salobridad con el tiempo.

Bajo reserva de confirmación del caudal por unos ensayos de larga duración, parece que hay allí una fuente a la medida de las futuras necesidades de la mina.

ANEXO II

Climatología (5)

Situado ligeramente al Sur del paralelo 27°, Gara-Djebilet forma parte de las zonas de aridez extrema, según la clasificación internacional (menos de 50 mm. de lluvia anual). Aunque relativamente cerca del Océano Atlántico (600 Km.), la influencia costera no se hace sentir más que en el régimen de los vientos. En efecto, las repercusiones de las influencias atlánticas no sobrepasan Tindouf, lo que confiere a Gara-Djebilet su clima sahariano extremo.

Las indicaciones que damos no son más que un bosquejo de climatología; los resultados que se exponen provienen solamente de dieciocho meses de observaciones y de medidas continuas.

I. *El régimen de los vientos.*

Los vientos dominantes tienen prácticamente dirección Oeste, y preferentemente Nor-Oeste. Es sin duda el dominio de estos vientos de origen atlántico, lo que explica el pequeño número de días de viento de are-

(5) Nota establecida por el Centro de Estudios y de Información de los Problemas Humanos en las Zonas Áridas Proluza.

na en esta región. Algunos vientos de arena observados, provienen casi siempre de los días de viento del Este o Sur-Este, y siempre para velocidades de aire superiores a 8 metros por segundo.

Los movimientos del aire, aunque importantes en su media, son netamente menos marcados que en muchos otros sectores del Sahara. La velocidad del viento pasa raramente de 8 metros por segundo.

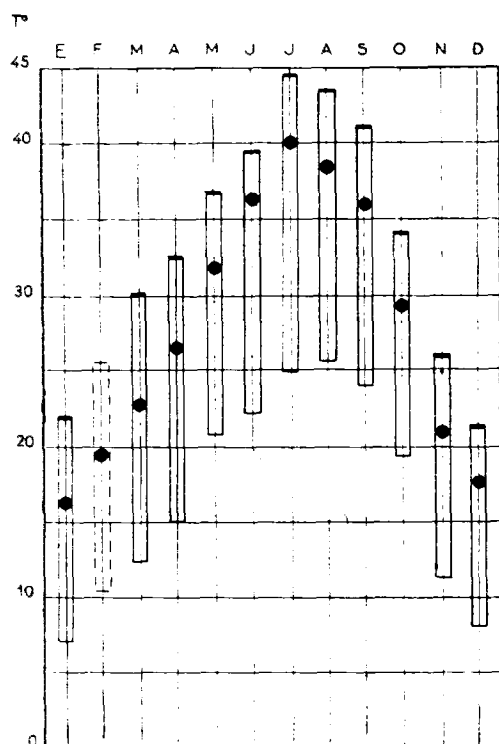


Fig. 8.

II. Las temperaturas.

Hay que considerar tres factores: la temperatura seca, la temperatura húmeda y la temperatura de radiación.

a) *La temperatura seca.*—La media de sus variaciones mensuales en el curso del año, está representada en la figura núm. 8. Cada columna indica los límites de media de las máximas y de las mínimas mensuales. El punto negro marca el valor medio del conjunto de las temperaturas mensuales.

Se ve que la elevación del máximo y del mínimo se produce progresivamente en el curso del año, a partir del mes de julio, el mes más caliente. La disminución de los valores de temperatura, se hace más rápidamente a partir del mes de octubre.

La figura número 9, representa la media de las variaciones horarias de temperatura para los diferentes meses del año.

b) *La temperatura húmeda.*—La medida de la temperatura húmeda, en caseta ventilada, da un valor de la humedad relativa siempre muy bajo, variable según el mes y según la hora, pero que corresponde a una humedad absoluta de la atmósfera prácticamente constante, equivalente a una pre-

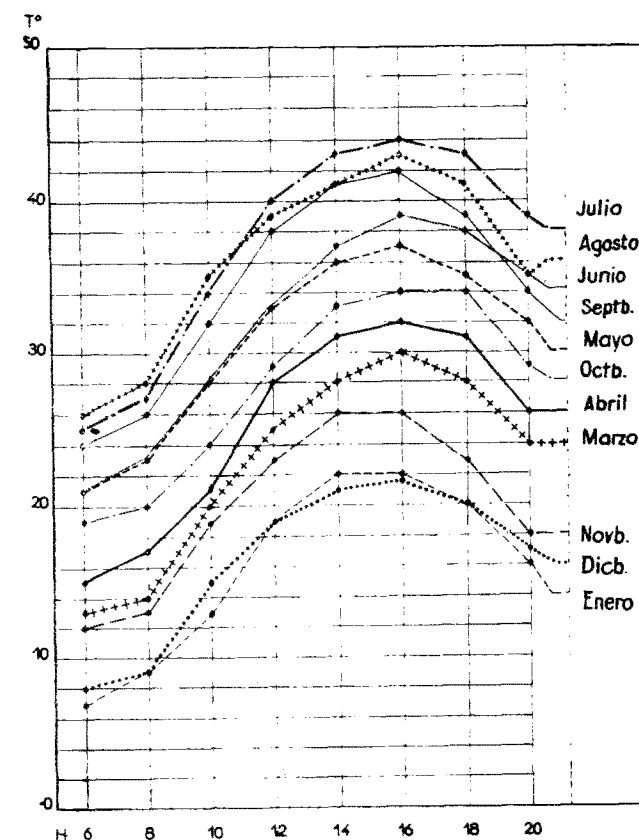


Fig. 9.

sión parcial de vapor de agua del orden de 10 a 12 mm. de mercurio. Esto es lo característico de los climas extremadamente secos.

c) *La temperatura de radiación.*—Medida con la ayuda de un termómetro de cuerpo negro y controlado por el gasto de una termo-pila solar, la radiación solar en Gara-Djebilet alcanza valores muy importantes, sobrepasando 900 cal./cm.²/mm.

COMENTARIOS

1. *Bajo el ángulo de la bioclimatología humana*

El conjunto de los factores físicos que determinan el clima de Gara-Djebilet, no plantea ningún problema susceptible de perturbar la fisiología del hombre durante ocho meses al año.

No es lo mismo durante los meses de verano (junio a septiembre), durante algunas horas del día, incluso todo el día y parte de la noche.

La existencia de esta estación calurosa prolongada impone unos estudios avanzados:

- a) Del acondicionamiento de los lugares de vida y estancia.
- b) Del acondicionamiento de los lugares de trabajo.
- c) De la organización del trabajo.
- d) Del ritmo de las vacaciones de recuperación.

De manera esquemática, entre los factores físicos de ambiente, dos son nefastos al organismo:

- a) La intensidad de la radiación solar y de la radiación indirecta.
- b) El valor elevado de la temperatura seca.

Otros dos factores son favorables:

- a) La importancia de las perturbaciones atmosféricas.
- b) El valor muy bajo de la humedad del aire.

Los dos facilitan la evaporación.

De los principios de climatización, se deriva:

- a) Protección contra la radiación directa o indirecta.
- b) Conservación de una convección suficiente.

Hasta que estos dos principios se apliquen sistemáticamente, los procedimientos de climatización no podrán aportar un concurso eficaz a la mejoración del confort.

2. *Bajo el ángulo de la explotación industrial*

a) La orientación preferencial del sistema de los vientos influirá considerablemente sobre la elección del sitio para la ciudad industrial. Respecto a las zonas de explotación, esta ciudad deberá estar a cubierto de los polvos y de los ruidos producidos.

b) Las necesidades de una productividad lo más elevada posible, imponen prever un trabajo continuo todo el año. Es decir, que todos los estudios de acondicionamiento de las condiciones de trabajo y de las condiciones de vida, no solamente son indispensables, sino seguramente rentables.

Teniendo en cuenta los conocimientos actuales y un cierto número de prospecciones en curso, será posible definir unas normas de trabajo y de habitación que permitan una explotación industrial en el paraje de Gara-Djebilet.

J. AZEMA

SOBRE LA ESTRATIGRAFIA DEL JURASICO EN LOS ALREDEDORES DE MALAGA (ESPAÑA) (*)

R E S U M E N

Los accesos orientales de Malaga revelan una importante serie Jurásica hasta el presente desconocida o apenas sospechada, a pesar de su espesor relativamente reducido, las facies son bastante diversas. Han sido caracterizados los pisos siguientes: Domerense-Toarcense inferior, Dogger o Malm inferior, Malm superior infra-titónico, límite Titónico-Berriásense.

R E S U M E

Les abords orientaux de Malaga révèlent ainsi une importante série jurassique jusqu'à présent inconnue ou à peine soupçonnée. Malgré son épaisseur relativement réduite, les faciès en sont assez diverses. Les étages suivants ont été caractérisés: Domérien-Toarcien inférieur, Dogger ou Malm inférieur, Malm supérieur infra-tithonique, limite Tithonique-Berriasien.

En el marco de un estudio geológico de la región comprendida entre Málaga y Vélez Málaga, abordé el estudio de los terrenos secundarios reposando sobre el Primario esquistoso (Devono-Dinantense) de la «Bética» de Málaga.

Este está coronado por Permo-Trías, compuesto esencialmente de arenisca y argilita roja violácea, a la que sigue una serie dolomítica y caliza, potente de un centenar de metros como máximo. La parte superior de esta serie carbonatada pertenece (1) a diversos términos del Cretáceo y del Eoceno, este último desconocido después del siglo pasado.

Pero lo esencial de la serie dolomítica y caliza pertenece al Jurásico, como Bertrand y W. Kilian (2) lo supusieron los de la «Misión de Andalucía», y

(*) Traducción del original francés. C. R. Acad. Scien. CCL, págs. 2231-33, de 21 de marzo de 1960 por María Concepción López de Azcona, Dr. en Ciencias Geológicas

contrariamente a la opinión de Blumenthal (3), que considera el conjunto como Eoceno.

Mostraré, además, que la complejidad estructural de esta serie sedimentaria es muy grande: las laminaciones y las escamaciones han impedido el análisis estratigráfico preciso.

La sucesión estratigráfica sintética siguiente no es más que indicadora basada principalmente en los cortes del Cortijo de Cantal (1) y del Cerro de San Antón.

Encontramos de abajo arriba, encima del Permo-Trias:

1. Dolomías espesas negruzcas (observadas en Rincón de la Victoria) 20 a 35 m.
2. Dolomías grises en la base, localmente, soporta alternancia de margas y de delgados lechos dolomíticos donde la cúspide es espesa 10 a 15 m.
3. Calizas arcillosas en pequeños bancos amarillos y rosáceos, ricos en minúsculos cuarzos angulosos, con horizontes de oolitos ferruginosos, máximo 10 a 20 m.
4. Calizas compactas blancas, oolitos o pseudo-oolitos hasta a 30 m.
5. Calizas brechosas de color crema (algunos metros).
6. Calizas de grano generalmente fino, grisáceas, rosas o verdosas, con trozos de modificaciones probablemente sub-marinas (del orden de una decena de metros de potencia).

Encima, vienen delgados niveles calizos y glauconianos, donde pude caracterizar en particular el Berriasense con *Calpionella alpina*, *Tintinnopsella cadischiana*, etc., el Albense con *Biticinella breggiensis*, y el Senonense con *Globotruncana fornicata*, *Gl. paraventricosa*, etc.

Se puede interpretar esta serie como sigue:

— Las dolomías 1 y 2, donde los aportes relativos quedan desconocidos, no pueden ser datados. Admitiría que 1 pertenece al Triás y 2 al Lías inferior; la base de este último presenta en efecto la facies clásica del Rhetiense mediterráneo.

— Las calizas 3 muestran, en láminas delgadas, fragmentos de Equinodermos y de Moluscos, algunos Foraminíferos (*Lenticulina*), Arenáceos, y probables Algas Clorofíceas (*Globocacte* sp.).

En un punto situado al O. de San Antón, estas calizas presentan trazos inconfundibles de modificaciones sedimentarias: los bloques fosilíferos del orden de 0,5 m³, de esta caliza amarilla o rosa están englobadas en un cemento absolutamente idéntico, pero sin fósiles. Uno de estos bloques ha dado la fauna siguiente, que el Canónigo G. Dubar ha determinado. Muestra una mezcla de formas pertenecientes a diversos horizontes del Domerense

y tal vez del extremo base del Toarcense (los representantes de cada especie están siempre en número pequeño).

DOMERENSE INFERIOR: *Protogrammoceras pseudo-fieldingi* Fuc., *Pr. isseli* Fuc., *Grammoceras fieldingi* Reynes, *Fucinoceras portisi* Fuc.

DOMERENSE MEDIO: *Reynesoceras ragazzoni* Bett., *Arietoceras meneghinianum* Haas, *Ar. micrasterias* Mgh, *Ar. algovianum* Oppel, *Ar. Protogrammoceras (Agutarpites)*.

DOMERENSE SUPERIOR: *Naxensiceras timaci* Gemm., *N. Naxense* Gemm., *Pleuroceras* (aff. *solitarium* Simpson), *Lioceratoides*, *Emaciaticeras ferri-dum* Fuc.

TOARCENSE INFERIOR?: *Dactyloceras*.

En otras, formas diversas de repartición menos precisa han sido recogidas:

Coeloceras, *Pseudolioceras*, *Hildoceras sulcatum* Fuc., *Belemmites*, *Nautilus*, *Pecten hehli* d'Orb, *Rhynchonella lubrica* Uhl, *Rh. zitteli* Gemm., *Rh. discoidalis* Parona, *Terebratula spheroidalis* Gemm., *Terebratula de lorenzi* Bose, *Spiriferina apenninica* Canav.

Resulta de esta lista que, en un bloque fosilífero donde el espesor total no pasa de un metro, hay una condensación extrema del Domerense todo entero y tal vez del Toarcense inferior.

Una serie análoga, mostrando de la misma manera los lechos rojizos en la base de calizas oolíticas, ha sido puesto en evidencia en un recorrido en compañía de Y. Peyre, en Comares, localidad situada a 30 Km. al N.-E. de Málaga. Desgraciadamente, el mal estado de conservación de las muestras que, aquí, presentan una pátina roja parda, no ha permitido a G. Dubar establecer si se trata del mismo nivel.

Además, N. y Y. Peyre han notado en la Sierra Espuña al O. de Murcia (4), particularidades semejantes.

— Las calizas oolíticas y pseudo-oolíticas del nivel 4 en la parte superior han mostrado solamente al microscopio los mismos restos orgánicos que las calizas arcillosas 3: los fragmentos de Algas (Solenoporáceas, etc.).

El extremo más alto de la formación muestra abundantes *Globochaete alpina* (s. s.).

— Las calizas brechosas de color crema con grano fino (nivel 5) son ricas en «filamentos» de calcita, considerados por Y. Peyre (5) como secciones de pequeños Lamelibranquios y donde se aprecia la abundancia particular en el Dogger y en la base del Malm.

— Las calizas finas (nivel 6) soportan microfaunas de diversos pisos. Ciertos horizontes, glauconianos y gravosos, son ricos en *Globochaete alpina*, en Crinoides y en *Saccocomidae* (probable Kimmeridgense).

Los demás a veces también glauconianos, son: *Calpionella alpina*, *Steno-*

senellipsis hispanica, muy escasas *Tintinopsella sarpathica* (límite Titónico-Berriasense).

Estas calizas representan por consiguiente una parte, si no la totalidad, del Malm medio y superior.

Conclusión.—Los accesos orientales de Málaga revelan así una importante serie jurásica desconocida hasta el presente o apenas sospechada. A pesar de su espesor relativamente reducido, las facies son bastante diversas. Han sido caracterizados los pisos siguientes:

Domerense-Toarcense inferior, Dogger, o Malm inferior, Malm superior infratitónico, límite Titónico-Berriasense.

La mayor parte de estos pisos tienen características relativamente neríticas. Notaremos en ciertos niveles finos aportes detríticos (cuarzo) y, en otros sitios, productos neogénicos indicando aguas agitadas y poco profundas (glauconia, oolitos ferruginosos).

Así, como en el Cretáceo (1), hay en los alrededores de Málaga una sedimentación de tipo «geoanticlinal» donde se reconoce la traza en el conjunto de afloramientos actualmente traídos a la «Bética» de Málaga, desde esta localidad hasta los accesos de Murcia (Sierra Espuña).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) J. AZEMA, M. DURAND-BEGAY y Y. PEYRE. «Bol. Inst. Geol. y Min. de España» (en prensa).
- (2) M. BERTRAND y W. KILIAN. «Mém. Acad. Scs.», 30, núm. 2, París, 1889.
- (3) M. BLUMENTHAL. «Ecl. Geol. Helv.», 23, 1930, págs. 41-203.
- (4) N. y Y. PEYRE. «Bol. Geol. y Min. de España» (en prensa).
- (5) Y. PEYRE. «Rev. Micropaleont.», 2, 1959, págs. 80-87.

Recibido 20-VI-1961.

W. P. ROEVER, C. G. EGEIER y H. L. NIJHUIS

NOTA PRELIMINAR SOBRE LA GEOLOGIA DE LA LLAMADA ZONA MIXTA TAL COMO SE DESARROLLA EN EL EXTREMO ESTE DE LA SIERRA DE LOS FILABRES (SE. DE ESPAÑA) (1)

RESUMEN

Las rocas de la llamada zona mixta («Mischungszone») se encuentran ampliamente repartidas en el extremo este de la sierra de los Filabres (SE. de España). Los resultados de una cartografía detallada, realizada por un equipo geológico de la Universidad de Amsterdam, indican que estas rocas pueden ser agrupadas en un cierto número de grandes unidades litológicas. La más importante de estas unidades, caracterizada por la asociación de mármoles de grano grueso, dolomías, yeso, ortoamfibolitas y varios tipos de micaesquistos, se denomina «formación de Filabres». Esta formación, en la cual no se han encontrado fósiles, es atribuida en gran parte a la edad Triásica. Las serpentinitas asociadas se adjudican a una unidad aparte. Los neises, ordinariamente ricos en turmalina, y los asociados esquistos de granate y muscovita, ricos en grafito, se supone que representan las rocas metamórficas premesozoicas que constituyen una tercera y diferente unidad. Todavía puede haber otra unidad de la «zona mixta», representada por una formación de monótonos micaesquistos, en los cuales no se ha hallado grafito.

Se ha descubierto que las rocas de la formación de Filabres han sufrido tres etapas consecutivas de metamorfismo, cada una caracterizada por una facies metamórfica distinta. La siguiente serie de facies metamórfica ha sido reconocida: 1) facies de esquistos de glaucófano; 2) facies de esquistos verdes (subfacies de cuarzo-albita-epidoto-almándino = facies anterior de albita-epidoto-anfibolita); 3) facies de almandino-anfibolita. Las condiciones de metamorfismo cambiaron de cinemáticas a estáticas en algún momento del período de metamorfismo en la facies de esquistos verdes.

El nombre de «zona mixta» no parece muy apropiado como término comprensivo para las diferentes unidades descritas. El estilo altamente complejo de la tectónica y la historia metamórfica de las rocas recuerda fuertemente las de los Alpes Apeninos.

ABSTRACT

Rocks of the so-called mixed zone («Mischungszone») are widely distributed in the easternmost part of the Sierra de los Filabres (SE. Spain). The results of detailed mapping by a geological team of the University of Amsterdam indicate that these rocks can be assigned to a number of major lithologic units. The most important of these

(1) Traducción por el Ingeniero de Minas D. Manuel M.^a Alvarado Arrillaga.

units, characterized by the association of coarse-grained marbles, dolomites, gypsum, orthoamphibolites and various types of micaschists, is designated as «Filabres formation». This formation, in which no fossils have been found, is argued to be largely of Triassic age. Associated serpentinites are assigned to a separate unit. Gneisses, commonly rich in tourmaline, and associated graphite-rich garnet-muscovite-schists are inferred to represent metamorphosed pre-Mesozoic rocks constituting a third separate unit. Still another unit of the «mixed zone» might be represented by a formation of monotonous micaschists in which no graphite has been found.

The rocks of the Filabres formation were found to have been influenced by three consecutive stages of metamorphism, each characterized by a different metamorphic facies. The following sequence of metamorphic facies has been recognized: 1) glaucophane-schist facies; 2) greenschist facies (quartz-albite-epidote-almandine subfacies = former albite-epidote-amphibolite facies); 3) almandine-amphibolite facies. The conditions of metamorphism changed from kinematic to static at some time during the period of metamorphism in the greenschist facies.

The name «mixed zone» does not seem very appropriate as a comprehensive term for the various units described. The highly complex style of the tectonics and the metamorphic history of the rocks are strongly reminiscent of those of the Penninic zone of the Alps.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

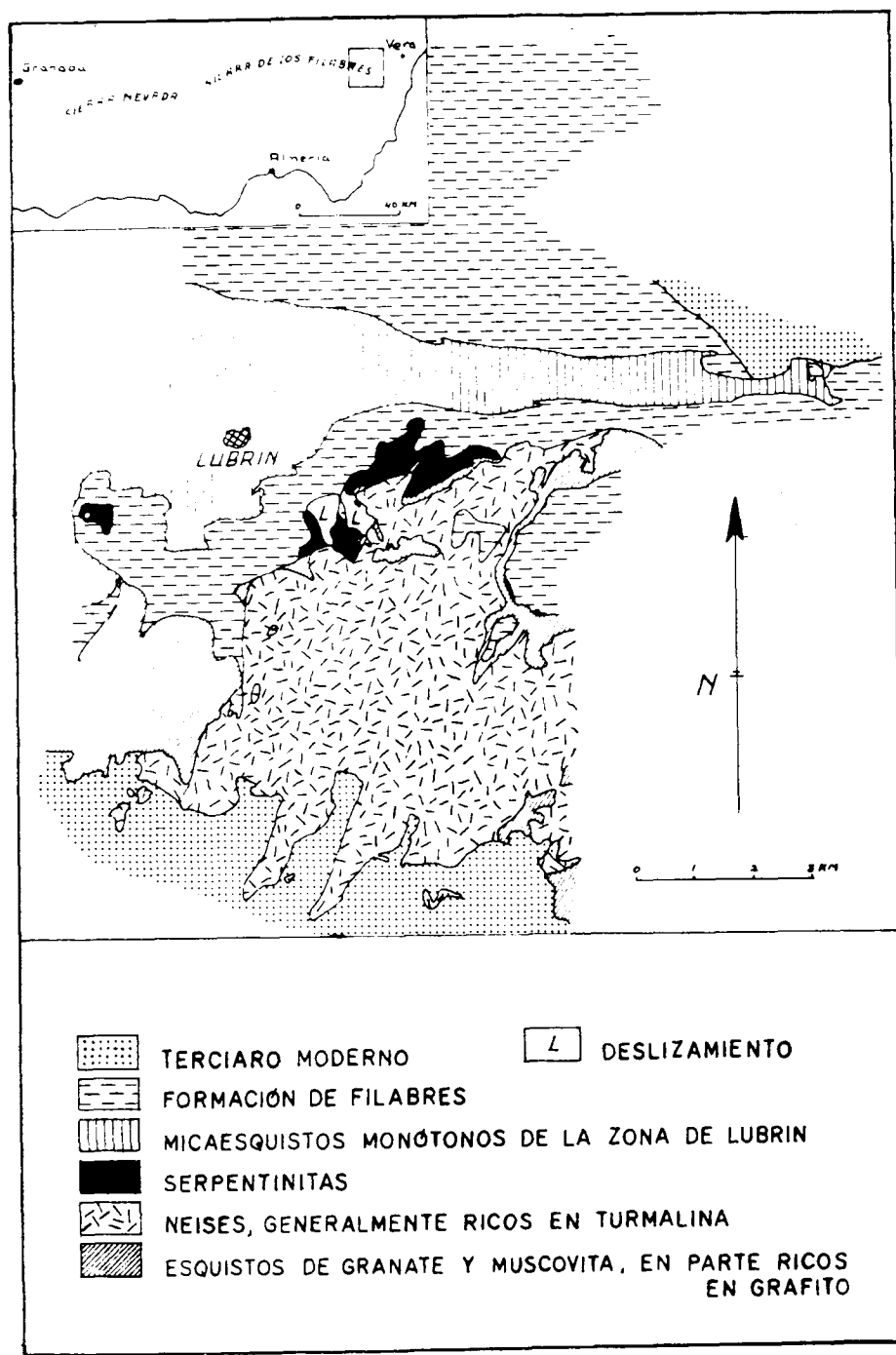
Desde el verano de 1958 un equipo geológico de la Universidad de Amsterdam está dedicado a la investigación detallada de una parte de las Cordilleras Béticas orientales, incluyendo gran parte de la Sierra de los Filabres. La cartografía, escala 1:5.000, de algunas zonas del extremo este de esta cadena ha dado a conocer varios datos nuevos en relación con la composición y estructura de lo que ha sido designado como «zona mixta», y serán descritos en la presente nota. Debe ser mencionado que los autores hicieron uso de los resultados preliminares de las investigaciones hechas por P. H. M. Braam, J. W. Bruinsma, H. Helmers, L. J. Koelstra, O. J. Simon, R. J. Snepvangers y L. J. Stoffels.

La configuración geológica regional de la Sierra de los Filabres es, en grandes rasgos, semejante a la de Sierra Nevada, uniéndose a ella por el Oeste (ver Faure-Muret, Solé, Fontboté y Fallot, 1959, a-d). Sobre el núcleo de las dos cadenas, formadas por esquistos cristalinos, yacen marginalmente rocas de edad predominantemente Triásica, las cuales sólo muestran metamorfismo de muy bajo grado y forman parte de las unidades tectónicas más altas, conocidas como mantos de las Alpujarras. El núcleo cristalino puede ser subdividido en un complejo bastante monótono que consta de micaesquistos, comúnmente ricos en grafito—los llama los esquistos cristalinos de Sierra Nevada—y un conjunto suprayacente, mucho más heterogéneamente complejo, expuesto en una zona de anchura variable entre los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada» y las rocas marginales de las Alpujarras. Este complejo heterogéneo consta principalmente de mármoles, dolomías, neises, micaesquistos y ofiolitas metamorfizadas. Juega un papel im-

portante en el extremo este de la Sierra de los Filabres. La naturaleza y denominación de este complejo heterogéneo merece alguna atención. H. A. Brouwer, el predecesor de los antiguos autores en la Universidad de Amsterdam, lo llamó «zona mixta» («Mischungszone» = «mengzone») y estableció: «Llamamos a esta zona, que tiene una estructura muy complicada, la zona mixta, porque, en algunos lugares, el Trias de la zona marginal de la Sierra y los esquistos cristalinos de su parte central se encuentran plegados mezcladamente con otras rocas». (1926, pág. 1886). Brouwer también señaló: «La zona mixta da la impresión de ser una serie caracterizada por una fuerte laminación y por la presencia de empujes tangenciales entre los esquistos cristalinos de la porción central de la Sierra y la zona marginal triásica» (1926, pág. 1887). Más adelante destaca que «...algunas de las rocas de la zona mixta son muy semejantes al Bündner Schiefer jurásico», pero también que «la mayoría de las rocas se parecen al Trias de las hojas de empuje de los Alpes Apeninos, pudiendo estar representado además el Paleozoico superior» (1926, pág. 1886). De acuerdo con lo arriba establecido puede sacarse la conclusión de que la llamada zona mixta consta de *elementos indígenas*, perteneciendo a una o probablemente a más de una de las grandes unidades litológicas, y además de *elementos extraños*, pertenecientes originalmente al complejo de los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada» o a las unidades de las Alpujarras e incorporadas a la zona por empuje tangencial o por plegamientos entrelazados con las unidades adyacentes. Varios autores (Van Bemmelen 1927, Westerveld 1929, Zermatten 1929) han propuesto otros nombres, para dicha zona, e. g., zona compleja, zona con Mesozoico Apenino, y zona marginal. No obstante, el nombre de «zona mixta» («Mischungszone») parece ser el más generalmente aceptado y es comúnmente usado en la literatura corriente de las Cordilleras Béticas.

CONDICIONES DEL EXTREMO ESTE DE LA SIERRA DE LOS FILABRES.

En la porción más oriental de la Sierra de los Filabres, la llamada zona mixta aflora en una anchura mucho mayor que en la parte oeste de esta cadena y en Sierra Nevada, donde está considerablemente reducida y en algunos sitios incluso falta. En efecto, con la excepción de una zona septentrional compuesta principalmente de rocas con afinidades a las de las Alpujarras, y posiblemente también con la excepción de una zona E-O bastante estrecha en la cual está situado el pueblo de Lubrin y que está formada esencialmente por monótonos micaesquistos, el extremo este de la Sierra de los Filabres consta primordialmente de rocas de la llamada zona mixta (ver el maspa-bosquejo). Aquí los afloramientos de la zona miden varios kilómetros de anchura pudiendo alcanzar incluso 9 kilómetros o más. Además de numerosos tipos de micaesquistos no calizos, se encuentran esencialmente las mismas rocas caracte-



rísticas que han sido descritas en otros sitios de las Cordilleras Béticas como elementos indígenas de la «zona mixta», v. gr., dolomías y mármoles de grano grueso, algunos de los cuales contienen muscovita, micaesquistos, calizas, yeso, rocas neísicas generalmente ricas en turmalina, anfibolitas y serpentinitas. La mezcla tectónica de estas rocas con elementos de las Alpujarras es solamente un fenómeno muy local. Ni tampoco la imbricación o plegamientos mezclados con los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada» parecen ser de importancia.

Los elementos indígenas de la zona pueden ser adjudicados a un cierto número de grandes unidades litológicas, cuyas relaciones estructurales parecen ser localmente bastante complicadas.

La más importante de estas unidades se caracteriza por la asociación de mármoles de grano grueso, dolomías, yeso, rocas anfibolíticas, micaesquistos calizos y varios otros tipos de esquistos micáceos. No se ha encontrado ningún fósil en esta unidad. Una agrupación comparable, aunque mucho menos intensamente metamorfozada, ha sido hallada en las unidades de las Alpujarras y allí producía únicamente fósiles triásicos. Por lo tanto, la unidad que estamos discutiendo es considerada provisionalmente como de edad principalmente Triásica (ver también Duplaix y Fallot 1960). La naturaleza de este conjunto ha llevado a su comparación con las rocas mesozoicas de los Alpes Apeninos (e. g., Brouwer 1926, Staub 1926). En esta etapa de nuestras investigaciones, sin embargo, preferimos dar a esta unidad un nombre neutral, no derivado de la geología alpina y sin ninguna alusión concerniente a su edad o facies. En vista de su amplia distribución en la Sierra de los Filabres se escogió el nombre de «formación de Filabres».

Debe observarse que las serpentinitas, que se presentan localmente en íntima asociación con las rocas de la mencionada unidad, no han sido incorporadas a esta formación: son adjudicadas a una unidad separada en vista del hecho de que tales rocas han sido emplazadas como intrusiones sólidas.

Más adelante, en una última página se darán argumentos, indicando que por lo menos la gran mayoría de las rocas neísicas, muchas de las cuales son ricas en turmalina, deben ser incorporadas a otra unidad distinta, junto con un grupo de esquistos de granate y muscovita asociados que son comúnmente ricos en grafito.

Aun puede haber otro elemento de la «zona mixta», representado por los anteriormente mencionados micaesquistos monótonos de la zona E-O en la cual está situado el pueblo de Lubrin. El problema de, si se trata de los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada» o de una formación que forma parte de la «zona mixta», todavía no ha sido resuelto.

Los resultados provisionales de nuestras investigaciones sugieren que será posible asegurar las relaciones mútuas entre las diferentes unidades. A este respecto debemos mencionar que varios intentos de establecer la serie estra-

tigráfica de los elementos indígenas de la «zona mixta», fueron ya realizados en el pasado (e. g., Zermatten 1929, Jansen 1936 y Patijn 1937).

Cuando se cartografía en detalle, las principales dificultades son la atribución de varios afloramientos de esquistos micáceos a las distintas unidades separadas, y la exacta delimitación de estas unidades. De acuerdo con el mapa-bosquejo que acompaña, los esquistos de granate y muscovita ricos en grafito no han sido separados de los adyacentes esquistos de granate y muscovita que no son ricos en grafito y cuya posición es dudosa. Análogamente, en la formación de Filabres se incluye provisionalmente un cierto número de esquistos micáceos y cuarcíticos intercalados entre las rocas calizas del norte de Lubrin. Para resolver estos problemas así como otros afines, esperamos mucha ayuda de los análisis microscópicos cuidadosos, especialmente en lo que se refiere a la presencia o ausencia de minerales metamórficos de diferente edad.

DESCRIPCIÓN DE LAS DISTINTAS UNIDADES DE LA LLAMADA ZONA MIXTA.

Como dijimos anteriormente, la formación de Filabres que es provisionalmente considerada como de edad principalmente Triásica, se caracteriza por la asociación de mármoles de grano grueso, dolomías, yeso, rocas anfíbolíticas, micaesquistos calizos y otros varios tipos de esquistos micíferos. Ocupa extensas áreas tanto al Norte como al Sur de la zona E-O de esquistos cristalinos monótonos en la que se halla el pueblo de Lubrin.

Únicamente se ha encontrado yeso cerca de la supuesta base de la formación, próximo o a lo largo de su contacto con los micaesquistos monótonos de la zona de Lubrin. Ordinariamente el yeso está asociado con rocas ígneas, básicas metamorfozadas. Las relaciones estratigráficas de las otras rocas de la formación no pudieron ser aún establecidas. Se encontró que parte de las rocas anfíbolíticas representaban diabasas metamorfozadas que originalmente contenían grandes fenocristales de plagioclasa. En éstas y además en otras rocas anfíbolíticas puede observarse a veces una estructura blastofítica bien desarrollada. Minerales residuales de origen ígneo son la augita y la hornblenda parda.

Los principales minerales metamórficos que fueron encontrados hasta ahora en las rocas de la formación de Filabres son, en orden alfabético: actinolita-tremolita (en los mármoles y dolomías sólo), albíta, anfíbol azul-verde, biotita, calcita, clorita, cloritoide, dolomita, epidoto, granate, glaucofana, muscovita, oligoclasa, oligoclasa-andesita, fengita, piroxeno rico en sodio, cuarzo y zoisita.

En la región al Sur de Lubrin, investigada en detalle por el joven autor (H. J. N.), se encontraron indicios de que estos minerales se formaron durante tres etapas consecutivas de metamorfismo, cada una caracterizada por

una diferente facies metamórfica. Puesto que consideramos provisionalmente que la formación de Filabres pertenece en su mayor parte al Triás, se supone que todos los minerales metamórficos mencionados, han sido formados durante el metamorfismo alpino. Esto es también indicado por el hecho de haberse descubierto que la glaucofana es un mineral característico de la fase más antigua de metamorfismo reconocido y que la glaucofana también es presente en diabasas metamorfozadas en medio de rocas triásicas de las unidades de la Alpujarras, perteneciendo así evidentemente al cinturón mundial de glaucofana de edad alpina (cf. Van der Plas 1959). La siguiente secuencia de facies metamórficas ha sido reconocida: (1) facies de esquistos de glaucofana (subfacies con granate y epidoto pero sin lawsonita); (2) facies de esquistos verdes (subfacies de cuarzo-albíta-epidoto-almadina = facies anterior de albíta-epidoto-anfibolita); (3) facies de almandina-anfibolita. Durante el período de metamorfismo, las condiciones cambiaron de cinemáticas a estáticas en la facies de los esquistos verdes.

Las *serpentinitas* generalmente muestran una esquistosidad bien desarrollada. Han sido encontradas en una zona discontinua E-O, además de en algunos afloramientos separados.

Los *neises comúnmente ricos en turmalina* se encuentran principalmente en la parte SE de la cadena, donde dichas rocas forman un extenso afloramiento de más de treinta kilómetros cuadrados. Los demás afloramientos son de mucho menor tamaño. Las rocas están estrechamente asociadas con *esquistos de granate y muscovita ricos en grafito* que están exentos de feldspato y de ordinario contienen cianita, cloritoide o estauroilita; la biotita es únicamente de importancia secundaria. Se encuentra frecuentemente la asociación de cianita y cloritoide. Los neises se diferencian de todas las otras rocas de la región por la presencia de microclino, que se presenta en apreciables cantidades; otra característica es la existencia ocasional de topacio y fluorita. La principal roca-tipo es un «augenmeis» con grandes cristales rotos de microclino-perfita. Este tipo de roca oscila dentro de los neises equigranulares y más esquistosos, pero también dentro de rocas con una estructura más granítica. La plenitud y exclusiva presencia del microclino y el carácter cataclástico de los mayores cristales de este mineral sugieren que los neises ricos en turmalina deben ser considerados como metamórficos derivados de rocas graníticas más antiguas que las primeras etapas cinemáticas del metamorfismo alpino. De este modo, lo más probable es que estas rocas graníticas originales se formasen durante un ciclo orogénico pre-mesozoico. Los cristales de turmalina, sin embargo, muestran una alineación paralela a los ejes de plegamiento en la formación de Filabres, que representa el rumbo principal de los elementos alpinos N-110°-E. Se cree por tanto que el crecimiento de estos cristales ha tenido lugar durante el metamorfismo alpino. Las relaciones de campo sugieren que los esquistos íntimamente asociados de

granate y muscovita ricos en grafito representan la roca regional, que fue intrusionada por el material progenitor granítico de neises ricos en turmalina. Así, los neises y los esquistos de granate y muscovita ricos en grafito asociados son considerados como el Paleozoico metamorfozado de rocas más antiguas. El contenido de grafito de estos esquistos de granate y muscovita indican un paralelismo con los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada». Sin embargo, una importante diferencia con estos últimos es la de su constante asociación con cantidades apreciables de neises ricos en turmalina. Por lo tanto, los esquistos ricos en grafito que estamos considerando no representan partes plegadas conjunta o imbricadamente del propio complejo de los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada». Los micaesquistos monótonos de la zona de Lubrin son esencialmente rocas finas cristalinas que localmente oscilan dentro de tipos más cuarcíticos. Los minerales comunes son albita, biotita, clorita, cloritoide, epidoto, cianita, muscovita, oligoclasa, oligoclasa-andesita, cuarzo y estauroлита. En muchos casos cloritoide y cianita se presentan en íntima asociación.

La monotonía y modo de presentación de los micaesquistos de la zona de Lubrin sugieren que estas rocas deben ser incorporadas a una unidad aparte. La dirección de los ejes de los micropliegues muestran una considerable variación, a diferencia de aquéllos de los micaesquistos de la formación de Filabres, que parecen estar consistentemente alrededor de N-110-E. Puede haber la duda de si este hecho indica que se trata de una formación afectada por más de una orogenia y quizás perteneciente a los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada». Más aún, un punto de semejanza con estos últimos esquistos es el monótono carácter de las rocas de la zona de Lubrin. Por otra parte, dichos esquistos parecen estar exentos de grafito que es el mineral común de los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada». De nuevo, si hacemos una comparación con la serie de las Alpujarras, la presencia local de rocas cuarcíticas junto con su posición debajo de la zona de yeso sugiere una edad Permo-triásica para esta unidad. En resumen, es necesario realizar más investigaciones para resolver el problema de si estamos tratando de los «esquistos cristalinos de Sierra Nevada» o de una formación que forma parte de la «zona mixta».

ALGUNOS PUNTOS SOBRE TECTÓNICA.

El rumbo principal es N119-E y hay señalado sumergimiento axial en dirección E. El plegamiento isoclinal es un fenómeno corriente. En algunos casos se ha observado acunamiento lateral contra mantos de empuje debilmente inclinados.

Sobre los micaesquistos monótonos de la zona de Lubrin hay rocas de la formación de Filabres. Al Sur de Lubrin estas dos unidades están separadas por un plano de empuje. A lo largo de este plano hay abundante presencia

de yeso, ilustrando el importante papel lubricante de este material. A un nivel tectónico más alto, hay una aparente repetición tectónica de la formación de Filabres: la mayor ocurrencia de neises ricos en turmalina y esquistos acompañantes de granate y muscovita ricos en grafito, que se supone representan el Paleozoico metamorfozado o rocas más antiguas, está infrayacida y suprayacida por rocas de la formación de Filabres, que es considerada pertenecer en su mayor parte al Triás.

El estilo grandemente complejo de la tectónica y la historia metamórfica de las rocas, recuerdan marcadamente a las de los Alpes Apeninos.

Durante nuestra detallada labor de cartografía sólo muy localmente se han encontrado indicaciones de mezcla de tectónica de pequeña escala de las distintas unidades o formaciones, de elementos bien indígenas o extraños de la llamada zona mixta. El único fenómeno comparable de gran escala es una repetición tectónica de algunas de las unidades, como la de la formación de Filabres, que ya hemos referido. Por lo tanto, el nombre de «zona mixta» no parece muy apropiado como término capaz de abarcar las varias unidades descritas del extremo este de la Sierra de los Filabres, aunque puede haber cumplido su objetivo en el pasado durante la cartografía a gran escala en las regiones más occidentales, donde la zona a considerar es notablemente reducida.

(Amsterdam, Geological Institute of the University,
June 1961.)

BIBLIOGRAFÍA.

- DOMMELER, R. W. VAN (1917). *Bijdrage tot de geologie der belgische ketens in de provincie Granada*. Thesis Delft.
- BROUWER, H. A. (1926). *Overthrust structure in the eastern Beale Cordillera*. «C. R. XIV Congr. Géol. Int.», vol. 4, pp. 1885-1888.
- DUPLEIX, S. and FALLOT, P. (1960). *Les «konglomeratische Mergel» des Cordillères belgiques*. «Bull. Soc. Géol. de France», ser. VII, 2, pp. 308-317.
- FAURE-MURET, A., SOLÉ, L., FONTROUÉ, J. M. and FALLOT, P. (1959a). *Profil géologique à travers le massif du Felca (Sierra Nevada, Andalousie)*. «C. R. Acad. Sci. Paris», 248, pp. 3247-3252.
- — (1959b). *Sur la constitution géologique de la partie orientale du massif de la Sierra Nevada (Andalousie)*. «C. R. Acad. Sci. Paris», 248, pp. 3375-3378.
- — (1959c). *Le Bélique de la partie occidentale de la Sierra de Filabres (Andalousie), Belgique*. «C. R. Acad. Sci. Paris», 248, pp. 3655-3659.
- — (1959d). *Sur la géologie de l'extrémité orientale de la Sierra de Filabres et sur l'unité tectonique de la série de la Sierra Nevada*. «C. R. Acad. Sci. Paris», 249, pp. 9-13.
- JANSEN, H. (1936). *De geologie van de Sierra de Baza en van de aangrenzende gebieden der Sierra Nevada en Sierra de los Filabres (Zuid-Spanje)*. Thesis Amsterdam.
- PAUJN, R. J. H. (1937). *Geologische onderzoekingen in de oostelijke Belgische Cordillera*. Thesis Amsterdam.
- DEAS, L. VAN DER. (1959). *Petrology of the northern Adula region, Switzerland* (with par-

- icular reference to the glaucophane-bearing rocks). Thesis Leiden and Leidse Geologische Medelingen 24, pp. 418-598.
- STAUER, R. (1926). *Gedanken zur Tektonik Spaniens*. «Viertelj. schr. Naturf. Gesellsch. Zurich», 71, pp. 196-261.
- WESTERVELD, J. (1929). *De bouw der Alpujarras en het tektonische verband der oostelijke Betische ketens*. Thesis Delft.
- ZERMATTEN, H. L. J. (1929). *Geologische onderzoekingen in derandzone van het venster der Sierra Nevada (Spanje)*. Thesis Delft.

ANTONIO DUE ROJO. S. I.
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

NOTAS SOBRE DATACION GEOLOGICA

RESUMEN

Una importante clave para la solución de los principales problemas en Geología se encuentra hoy en los análisis cronométricos, sobre todo mediante las dataciones radiactivas: en esta reseña se da cuenta de resultados recientes en este campo de la investigación, incluyendo estudios cronológicos de muy diferente alcance: desde los relativos a fechas cercanas gracias al Carbono 14, hasta las más remotas que se acercan a los mismos orígenes del Cosmos.

SUMMARY

An important clue for many interesting geological problems have been found in chronological analyses, thanks especially to the late and rapid progresses in radioactive dating: their principal results about these studies are here collected, including very different time scales, from the most recent ones by radiocarbon, to the far reaching in the cosmological beginnings of the universe.

La dimensión temporal es algo básico en Geología, de suerte que las medidas cuantitativas en este terreno son indispensables si se han de entender y explicar los procesos que constituyen la historia de la Tierra: por otra parte, no es hoy difícil reseñar el movimiento científico en el campo de la cronología, tal como los últimos recursos técnicos permiten investigarla en los laboratorios: la multitud de trabajos de esta clase que se acaban de publicar en revistas especializadas o de comunicaciones presentadas en congresos, constituyen un extenso material donde es fácil la selección. Precisamente el acelerado ritmo con que en los últimos años se están llevando a cabo tales estudios, exige una especie de revisión que ponga al día esos resultados de última hora y permita corregir apreciaciones hasta hace poco todavía en vigor pero que los progresos subsiguientes obligan a reformar.

LA ESCALA GEOLÓGICA DEL TIEMPO

Se da este nombre a una especie de calendario absoluto donde pueden encasillarse las sucesivas fases de la evolución terrestre: formación de diversas clases de rocas y sedimentos, paralelamente a la aparición y desaparición de los organismos vegetales y animales. La determinación segura y exacta de esas fechas se hizo teóricamente posible a partir del descubrimiento de la radiactividad: pero de hecho únicamente en la última década se ha logrado avanzar con paso firme por este camino, cuando las teorías y técnicas hubieron alcanzado una razonable madurez. No obstante, es de justicia hacer constar que a pesar de no tener a su disposición los investigadores de hace treinta o cuarenta años todos los elementos de juicio que hoy permiten tan notable precisión, las cifras de entonces se diferencian a veces muy poco de las últimamente obtenidas, como puede apreciarse en las siguientes series de fechas iniciales para algunos periodos geológicos, asignadas respectivamente (en millones de años): 1) por Barrel en 1917; 2) por Holmes en 1933; 3) por el mismo en 1947, y 4) por Kulp y otros en tiempos actuales:

Terciario	55 - 65	60	58 - 68	63 ± 2
Jurásico	155 - 195	158	152 - 167	181 ± 5
Carbonífero	300 - 370	285	255 - 275	345 ± 6
Ordoviciense	480 - 590	440	430	500 ± 20

A juicio del mismo Kulp, esta ojeada retrospectiva a las soluciones dadas en tiempos diversos induce a creer que un acierto tan notable se debe a circunstancias fortuitas, al menos dentro de la aproximación que cabía esperar en tiempo de Barrel, cuando aún no se había comprobado que el Th, lo mismo que el U, producen Pb radiogénico; y cuando Holmes determinaba su primera escala, aún no se conocía la corrección aplicable al U para la presencia del Pb en minerales uránicos, y la segunda, aunque basada en determinaciones isotópicas completas sobre cinco muestras cuidadosamente analizada por Nier, tiene el inconveniente de que por entonces no se conocía de un modo adecuado el efecto de la alteración geoquímica en tales edades isotópicas.

No fue posible mejorar estas escalas hasta que se descubrieron los nuevos geocronómetros isotópicos basados en la degeneración radiactiva del Rb 87 y del K 40, y hasta que se perfeccionaron las técnicas analíticas, todo lo cual ha ocurrido hace pocos años: Kulp, Holmes, Folinsbee, Evernden y otros muchos, han trabajado asiduamente en tal revisión; y en el estudio que aquí reseñamos, Kulp presenta los resultados de un examen crítico muy completo de más de 40 comunicaciones, en las que se dio cuenta de los frutos

obtenidos en el laboratorio por sus autores. Para ello discute la validez de los métodos empleados y sintetiza en una extensa tabla las edades de cada una de las muestras, agrupadas según su posición estratigráfica por periodos geológicos, con indicación de su procedencia geográfica y del método radiactivo usado en los 87 análisis que reseña; por último describe la escala numéricamente, desde el límite inferior del Cámbrico superior hasta el Cuaternario; sigue una breve discusión sobre el grado de probabilidad de las cifras consignadas para el comienzo de cada periodo.

Los métodos seguidos en la construcción de la tabla, o sea, la determinación geocronométrica de los sistemas de rocas, se fundan, como es sabido, en el conocimiento de las constantes de degeneración radiactiva, cuyo margen de error en la actualidad se reduce de ordinario a un 5 %, y en el caso del U 238, U 235 y Rb 87 probablemente es menor del 3 %. Tales constantes, por año, son respectivamente, para U 238 — Pb 206 = $1,54 \cdot 10^{-10}$; para U 235 — Pb 207 = $9,72 \cdot 10^{-10}$, y para Th 232 — Pb 208 = $0,499 \cdot 10^{-10}$ (en los tres se emplearon los mismos minerales: uraninita, pechblenda y zircon); para Rb 87 — Sr 87 = $1,47 \cdot 10^{-11}$ (micas y feldespatos potásicos); para K 40 — Ar 40, $\lambda_3 = 4,72 \cdot 10^{-10}$ (micas, sanidina y glauconita), y para K 40 — Ca 40, $\lambda_2 = 0,584 \cdot 10^{-10}$ (silvita).

En cada medida hay tres áreas de incertidumbre: 1) el mismo análisis; 2) hasta qué grado ha permanecido la muestra en estado de sistema químico cerrado, y 3) la definición estratigráfica de la muestra. Gracias a la técnica de dilución del isótopo, virtualmente se llega a determinar la relación buscada dentro del 3 % de error antes mencionado, y no es raro reducirlo al 1 %.

Entre los minerales más útiles se han señalado, para el método K-Ar, la biotita y la glauconita, hasta el punto de que de los 87 análisis comprendidos en la tabla de Kulp, 72 son de este género; los restantes se han hecho con sanidina, silvita y otros en menor proporción. Todas estas fases minerales pueden conservarse como sistemas cerrados en determinadas condiciones: las más sensibles, y por tanto menos útiles, son las pizarras negras para los métodos K-Ca y U-Pb; las hay que exigen límites relativamente muy restringidos de temperatura; por ejemplo, la glauconita bien cristalizada retiene casi la totalidad de su Ar durante cien millones de años si el nivel térmico se conserva normal; pero lo pierde rápidamente si se calienta demasiado, y otro tanto ocurre con la silvita recristalizada.

Hay situaciones geológicas específicas en que se puede aplicar bien la datación a cada tipo de cronómetro isotópico: las capas de cenizas volcánicas intercaladas con estratos fosilíferos, así como las lavas (de no estar contaminadas por materiales sedimentarios extraños ni expuestas al aire o al revés, demasiado profundamente enterradas), conservan muy bien los minerales usados en los métodos K-Ar y U-Pb, de modo que sus resultados son

de fiar y concordantes entre sí. La glauconita se halla en muchas rocas sedimentarias y, por tanto, es ideal bajo el punto de vista de la definición estratigráfica, así que bien cristalizada y purificada, suele dar una edad mínima muy segura; también la silvita contenida en depósitos de nivel conocido es de gran valor, con tal de que sean buenas las demás condiciones.

El problema de la definición estratigráfica es doble: para los casos en que el cronómetro no se ha formado al mismo tiempo que la unidad fosilífera, el engaste geológico es el que ha de definir el intervalo cronológico total. Aunque la asociación del fósil sea inmediata, la incertidumbre de tiempo en correlaciones intercontinentales puede ser mayor que el error analítico de la edad; así, por ejemplo, aunque la edad de la caída de la ceniza terciaria se pueda determinar dentro del medio millón de años, la correlación universal respecto de un sistema particular de faunas puede ser mucho más dudosa: apenas se puede definir sincrónicamente una fauna de dimensiones universales dentro de un intervalo menor de los cinco a diez millones.

Se da una especie de paradoja en el valor crítico de las fechas que forman la escala de los tiempos: están bastante bien determinadas las intermedias y son más problemáticas las extremas, y aunque es natural que las antiquísimas sean difíciles de obtener con exactitud, no lo es que ocurra lo mismo con las recientes; y sin embargo, así es: el límite entre el Plioceno y el Pleistoceno es quizás el más imperfectamente conocido de todos: desde el final del primero hasta hace unos 50.000 años, en que ya son de fiar los datos del C 14, los elementos de juicio escasean. Es verdad que Evernden acaba de dar a conocer un nuevo método que permitirá extender a esas épocas el procedimiento K-Ar y que dentro de pocos años se podrá hacer una subdivisión razonable del Pleistoceno; pero por ahora hay que contentarse con extrapolaciones medianamente aproximadas, deducidas de la sedimentación marina y la erosión terrestre durante los últimos 70.000 años, donde empieza el último gran periodo de glaciación continental; y el principio del Pleistoceno quedaría entre 0,5 y 2,0 millones o a lo más, a un millón de distancia, con un margen lamentable de error de un 50 %: ni siquiera se puede garantizar una definición de faunas universales dentro de intervalos menores de cien mil años.

Los trabajos realizados en la Universidad de California (Evernden, Curtis...) han tenido especial éxito al definir las bases, dentro de la era terciaria, del Plioceno (13 ± 1 millones), Mioceno (25 ± 1), Oligoceno (36 ± 2), Eoceno (58 ± 2) y Paleoceno (63 ± 2); esta última cifra, que señala el final del Cretácico, es fruto de una serie de excelentes dataciones de Polinsbee y su equipo, mediante determinaciones de la edad de biotitas y sanidinas por el método K-Ar; asimismo son bastante seguras las subdivisiones dentro de este mismo periodo hasta su base al comienzo del Neocomiense (135 ± 5):

en cambio, es menos segura la base del Triásico (230 ± 10) que la del Jurásico (181 ± 5).

En el Paleozoico hay variedad de grados de certeza en las cifras obtenidas: hay límites bien definidos, fruto de afortunadas y favorables condiciones estratigráficas con minerales aptos, de donde se han obtenido edades perfectamente concordantes, como por ejemplo, la del tránsito del Devónico inferior al medio (390 ± 5); del Cámbrico son más inciertos los datos y los errores analíticos crecen, como era de temer, a pesar de los meritorios trabajos de laboratorio que continúan en la actualidad; las pérdidas de Ar en las glauconitas se hacen a veces problemáticas y el límite final viene a estar hacia los 600 millones, en espera de futuras dataciones más exactas.

Dentro de la era Terciaria el periodo Eoceno resulta ser el más largo de todos (18 millones), y el Paleoceno el más corto (4 millones), y en el resto de las edades se aprecia una sorprendente uniformidad de intervalos, del orden de los 60, exceptuando naturalmente al Cámbrico (16).

DATAIONES PRECÁMBRICAS

Es obvio el interés científico que muestran los geólogos por salvar esa barrera cronológica que se extiende desde los 600 millones de años, que acabamos de citar, hasta los verdaderos principios de la sedimentación, que tienen lugar unos 2.000 más allá; la reconstrucción de tan dilatada extensión de tiempo con sus hechos geológicos y sobre todo biológicos, tropieza con la dificultad que hemos llamado barrera, y que consiste en que los datos y huellas, sobre todo de organismos fósiles, se desvanecen casi por completo y apenas se han hallado hasta ahora restos de vivientes precámbricos. No por lamentable para la geología histórica es menos explicable el hecho: las formaciones rocosas demasiado antiguas es natural que se hallen sepultadas a mayores profundidades y que se vieran sometidas durante tantos millones de años a grandes presiones, que destruyeron de raíz los últimos vestigios de seres vivos; pero también era de esperar que en alguna región de la extensa corteza del globo se dieran circunstancias favorables a una conservación afortunada, que aunque precaria, no era imposible.

Las teorías expuestas por algunos geólogos para explicar la abrupta cesación de restos fósiles en el límite del Cámbrico al Precámbrico (catástrofes cósmicas, postulación de un largo intervalo de tiempo sin sedimentación o de unos océanos sin seres vivientes, etc...) se han hecho innecesarias desde los recientes descubrimientos en las colinas de Ediacara, Australia del Sur, de ricos yacimientos fosilíferos precámbricos, realizados a partir de 1947 por el geólogo australiano R. C. Sprigg y después por otros investigadores y estudiantes, de suerte que hubo de organizarse por el Museo de Australia del

Sur y la Universidad de Adelaida una investigación sistemática de aquella región: hasta la fecha (marzo de 1961) se han hallado unos 600 ejemplares: más de seis géneros de medusas hoy extinguidas, corales blandos del género pennatulacea, gusanos segmentados con sólidos escudos cefálicos, extraños animales de simetría bilateral semejantes a ciertos tipos actuales de gusanos, y en especial dos organismos completamente diferentes de cuantos hasta ahora se conocían: todos ellos marinos, unos fijos al suelo, otros que flotaban libremente y otros que reptaban por la arena del fondo, donde han dejado las huellas de su movimiento.

Su conservación fue debida a la circunstancia no común, pero tampoco nueva en Paleontología, de vivir en aguas someras, de modo que sus cuerpos o los moldes de los mismos quedaron en capas de arena que hoy forman estratos de areniscas: por su configuración justifican el nombre de «era de las medusas», que se ha dado al Precámbrico, tomando esa denominación en sentido amplio. Especial interés ofrecen las pennatulas, que a primera vista se tomarían por algas, aunque un examen más atento permite distinguirlas, y los hasta ahora desconocidos tribrachidium, con tres brazos iguales, radiados y terminados en tentáculos en forma de ganchos.

La edad de las areniscas en que se encuentran todos estos fósiles es imposible de fijar directamente, porque no contienen minerales radiactivos que pudieran servir para ello: pero afortunadamente es fácil seguir la serie de estratos superpuestos ininterrumpidamente hasta llegar en la parte superior a los primeros fósiles indudablemente cámbricos, 150 metros por encima de los terrenos precámbricos: en los de arriba hay, en efecto, fósiles típicos del Cámbrico más inferior: así pues, no hay duda sobre la datación estratigráfica del yacimiento (11). A propósito de esta clase de hallazgos afortunados, es curioso notar que no faltan buscadores, incluso de trilobites «vivos», al modo de otras especies que se creían completamente extinguidas, como los celacantos y las neopilinas, recientemente halladas también vivas al dragar fondos del golfo de California (22).

Pero la verdadera solución del problema ha comenzado a publicarse por el Laboratorio de Geología precámbrica de la URSS: con datos de más de 240 dataciones por el método K-Ar en micas de Karelia y Finlandia, se han determinado ya cuatro ciclos principales del período proterozoico en la parte oriental del escudo báltico, que se extienden cronológicamente: el karélico, entre 1.500 y 1.800 millones de años; el belomórico, de 1.830 a 2.000; el saámico, de 2.200 a 2.400, y el catarcaico, de 2.820 a 3.400. En ellos los movimientos orogénicos fueron acompañados por cinco o seis intrusiones de rocas satisfactoriamente datadas por tres métodos diferentes (K-Ar, Pb y Rb-Sr) (10). Otra serie de análisis, así de meteoritos como de minerales de muy diversas partes del mundo, ha establecido la siguiente subdivisión del Precámbrico: partiendo de una fecha inicial planetaria, deducida de los me-

teoritos, de 4.550 ± 70 millones de años, la más antigua mineralización del plomo resulta estar a los 3.350 y la orogenia de Chambay a 2.650, ambas en el período Arcaico inferior; la orogenia svecofénica a 1.800 en el superior; la de Grenville a 1.030 en el Proterozoico inferior y la indooceánica a 550, en el superior (27).

EL CARBONO 14

Con ocasión del Premio Nobel que le ha sido otorgado en diciembre de 1960, ha expuesto Libby, en Estocolmo, la historia y crítica de este método de datación y sus aplicaciones en geología, oceanografía y meteorología, dentro de sus límites máximos actuales del orden de los 50.000 años. Lo más interesante de este discurso (cuyos puntos principales coinciden con lo reseñado en estas páginas sobre trabajos publicados por el mismo autor) es lo relativo a la exactitud alcanzada hoy en las cifras finales y en la eliminación de perturbaciones debidas a mezclas del material, cuya edad se quiere determinar, con impurezas de edad diferente. Afortunadamente, afirma, es muy difícil que se produzcan así mezclas moleculares imposibles de deshacer químicamente, y los trabajos realizados con buen éxito han demostrado que esa separación no sólo es posible, sino relativamente fácil: sucede en ellas algo parecido a las técnicas de un hospital, para observar las cuales basta que presida en ellas la norma elemental de limpieza, cuidado, seriedad y práctica. En cuanto al hecho fundamental de la formación del C 14, fue desde un principio preocupación de los investigadores averiguar cuáles de los posibles efectos de los rayos cósmicos en la atmósfera ocurrían en realidad; se ignoraba entonces mucho sobre la física nuclear en el dominio de los miles de millones de electrovoltios, en que se desarrollan estos fenómenos (Libby llama «abismal» a este dominio, y añade que después de catorce años de estudios y experiencias sigue mereciendo este calificativo...); el equilibrio calculado hoy entre los átomos de C 14 formados de nuevo y los que degeneran a su debido tiempo en C 12, ha permitido obtener cifras seguras acerca de las existencias normales del isótopo en la Tierra, que viene a ser, según Libby-Anderson, de 8,5 átomos por cm^2 de la superficie terrestre, y según Rubey de 7,9; la mayor parte (7,25 y 6,95 respectivamente) en forma de carbonatos disueltos en el mar: a la atmósfera no le corresponde más que el 0,12 % (17).

Acercas del nacimiento, historia y destino final de los neutrones producidos por los rayos cósmicos en la atmósfera por interacción de los primarios con el N y el O, se ha calculado que en su origen o al principio de este proceso, para una latitud geomagnética de 44°, el número de neutrones es

de $6,2 \pm 1,5$ /seg cm^2 de la superficie terrestre, lo que corresponde a una media global de 4.6, es decir, casi la mitad más de lo admitido si no se tienen en cuenta las pérdidas y absorciones distintas de la formación del C 14: de ese total, el 64 % es captado en dicha transformación, el 19 % en otras reacciones de N y O; el 17 % se escapa de la atmósfera y menos del 0.2 % es captado por la Tierra misma (13).

En el National Bureau of Standards de los Estados Unidos se ha obtenido recientemente un valor más exacto del semiperiodo del C 14; aunque no se han publicado aún los pormenores del procedimiento, sí el resultado definitivo, que es de 5.760 años, sustancialmente concordante con la antigua cifra y su margen de error (5.900 ± 250), obtenida allí mismo en 1953; la de 5.568, comúnmente empleada, era en realidad algo arbitraria, a causa del amplio margen de los resultados anteriores (4.700-7.200), de los que se dedujo un valor más probable entre tres obtenidos del contador de gases y del espectrómetro de masas. Ahora se ha llegado a la conclusión de que la incertidumbre de esos valores experimentales se debía a efectos de adsorción. Aplicada la nueva cifra a los cálculos hechos sobre los famosos rollos del Mar Muerto, cuya fecha anterior era 1917 ± 200 , es decir, del año 40 de nuestra Era, resulta ser ahora 1983, y por tanto del año 20 antes de J. C., diferencia por otra parte comprendida dentro del margen de error originalmente asignado (20).

Combinando la datación mediante el C 14 con otros métodos, se ha progresado rápidamente, a juicio de Rubey, en la cronología del Pleistoceno: cada vez mayor es el número de laboratorios donde se ha sustituido el sistema primitivo de análisis del carbono sólido por el gaseoso, de modo que continuamente en estos años, más de 35 laboratorios proporcionan sin cesar nuevos datos a geólogos, geoquímicos y arqueólogos; al mismo tiempo nuevas técnicas del procedimiento ionio-uranio de enriquecimiento isotópico y otros varios, van extendiendo la datación absoluta a toda la última glaciación, y como suele suceder en esta clase de investigaciones, los nuevos datos han inspirado ideas felices en los estudios estratigráficos, que a su vez han proporcionado más informaciones útiles (26).

En el distrito de Mackenzie, del Canadá, se han hecho dataciones de C 14 en la materia orgánica contenida en el cieno, dentro de un «pingo» (montículo aislado), que se eleva en una región completamente plana y se ha obtenido una edad de 5.500 ± 250 años, correspondiente a un máximo térmico posglacial; por ninguna parte hay allí señales del paso de los hielos, lo cual, juntamente con otros indicios concordantes, prueba que aquel sitio estuvo ya libre de hielos mucho antes de esa fecha, y la formación del mismo montículo parece haberse debido al enfriamiento subsiguiente. En cambio, en otras dos localidades del mismo territorio, la datación de otras muestras or-

gánicas por el mismo procedimiento y con fechas de 4.140 ± 150 y 5.220 ± 350 años, es decir, más recientes, ofrece la circunstancia desconcertante de haber estado sepultadas por depósitos glaciales; la contradicción se salva al demostrar, como se ha conseguido, que no se trata de hielo perteneciente a un proceso de glaciación propiamente dicho, sino a otra especie de vicisitudes climatológicas; es uno de tantos casos en que la datación contribuye a esclarecer hechos geológicos más o menos problemáticos (4).

OTROS GÉNEROS DE DATACIONES

Douglas, paleontólogo de la Geological Survey de los EE. UU., ha propuesto un procedimiento original de datación, precisamente para los periodos Carbónico y Pérmico y que puede prestar útiles servicios en un futuro próximo: sabido es que en ellos abundan extraordinariamente los foraminíferos, de variadas formas y tamaños, desde los microscópicos, más frecuentes, hasta los gigantes, de un cm. de diámetro y seis de longitud: los primeros presentan a lo largo de muchos milenios una complejidad creciente hasta llegar a los comienzos del Pérmico, y las especies se van sucediendo a lo largo de tres líneas o grupos de especies y géneros; de este modo se puede prever la formación de una a manera de escala geológica accesoria del tiempo, de la que se haría uso práctico en la datación, siquiera aproximada, de rocas paleozoicas durante más de 50 millones de años; tales datos serían especialmente útiles en la geología del petróleo (5).

Por su relación con diversos métodos cronométricos, merece citarse aquí un curioso descubrimiento hecho en los laboratorios Corning de los EE. UU.: el examen microscópico de ciertos vidrios antiguos, alterados por el tiempo había revelado anteriormente que en los cortes efectuados en la superficie exterior aparecía una estructura laminar, causa de las irisaciones que a veces se ven en ejemplares de los museos; el espesor de esas láminas varía entre un mínimo de 0.3 y un máximo de 15 micrones. Según Brill y Hood, técnicos de dicha empresa, semejante alteración es discontinua y obedece a variaciones cíclicas, cuales son las alternativas de estaciones secas y húmedas anuales, casi como ocurre en los anillos del tronco de árboles.

Se sometieron diversos ejemplares a pruebas parecidas a las del C 14, escogiéndose entre aquellos cuya historia y origen eran conocidos por otras fuentes de información; se trataba de objetos que habían permanecido enterrados o hundidos en el agua en época bastante bien determinada y además al abrigo de la intemperie; bastaba por tanto contar las láminas de alteración y comparar los resultados con la duración del periodo de inhumación o inmersión. De las cifras máximas y mínimas, fruto de la numeración efectuada

por varias personas independientemente, se dedujo una media aritmética, y la concordancia se vio ser satisfactoria: para una botella de fabricación inglesa, cuya fecha histórica era 1660-1675, la media aritmética fue de 1664; de un fragmento de botella procedente del dragado junto a una ciudad costera parcialmente destruida por un terremoto en 1692, la fecha obtenida fue 1691; para otros vidrios mucho más antiguos la coincidencia no era tan buena.

Parecía, pues, utilizable este método; pero sus mismos descubridores han señalado los límites de validez al establecer para ella las siguientes condiciones: la superficie así alterada no ha de haberlo sido mecánicamente, como sucedería con la fricción en aguas marinas o fluviales agitadas; la situación en las aguas o bajo tierra ha de haber sido tal, que estuviese sin embargo expuesta en algún modo a las variaciones térmicas estacionales; la composición del vidrio, en que la proporción de sosa o potasa tiene que ser elevada, no ha de ser por otros conceptos opuesta a las formaciones laminares y, por último, que este procedimiento no da la fecha de origen o fabricación, sino la del tiempo a partir del cual comenzó a estar sometido el vidrio a la acción moderada del clima exterior.

Juntamente con estas aplicaciones a la datación arqueológica las hay también interesantes en el terreno fisicoquímico: hasta ahora el mecanismo de ser atacado un vidrio por diversos agentes solía definirse vagamente por un proceso de hidrólisis; pero ahora parece poderse atribuir a una especie de leixiviación selectiva que interesa solamente a los elementos componentes más solubles, es decir, a los óxidos de metales alcalinos, lo que dejaría un residuo hidratado con notable predominio de sílice: proceso irreversible que se presentaría siempre que el vidrio estuviese expuesto a la humedad en cierta medida. La alteración estaría acompañada, por lo demás, de un determinado grado de porosidad que permitiría a aquella acción hidrolítica una prolongación en profundidad, fenómeno probablemente dependiente de factores bastante complejos, tales como la misma composición química, la temperatura, condiciones químicas del medio, tales como el pH, y la permanencia en tales condiciones durante un tiempo suficientemente prolongado, según límites mínimos que habrían de calcularse oportunamente; en los laboratorios de la Corning se continúan en la actualidad estos estudios (19).

Se ha hablado no hace mucho de otro método novísimo de datación, aplicable a rocas prehistóricas, cerámica y lavas volcánicas, descubierto por G. C. Kennedy en la Universidad de California, Los Angeles. Esta técnica, basada en el calentamiento de sustancias anteriormente sometidas a temperaturas elevadas y en la medida del brillo así adquirido, puede proporcionar datos cronológicos bastante aproximados, del orden del medio millón de años de antigüedad y probablemente hasta de dos millones. El Dr. Kennedy explica su método a propósito del análisis practicado en trozos de lava ha-

llados en la costa de Alaska: calentando este material hasta unos 430° C en un tubo de vacío con un fotomultiplicador de gran sensibilidad, el calor engendra un brillo termoluminescente; al mismo tiempo se mide su radiactividad media, y el número de años que han transcurrido desde que estuvo sometido a la acción intensiva del calor se obtiene mediante una sencilla relación dividiendo el brillo por la radiactividad; en el caso de la lava de Alaska la fecha de erupción del volcán resultó ser de hace unos 200.000 años. Este método puede combinarse ventajosamente con el ordinario empleado para el C 14 (15).

A su vez el estudio de la modificación de esta luminescencia por efecto de la presión ha sugerido la existencia de una relación entre ese efecto y la edad aparente de las muestras, como se ha verificado con minerales calizos; la cuantía de la presión ejercida y el tiempo de su aplicación es causa de una marcada diferencia en la emisión de luz en caliente, según que sean o no sometidos a ella, y se comprobó además que los ejemplares más recientes mostraban una mayor sensibilidad a semejante variación; su relación resultó ser inversamente proporcional a la edad geológica, para calizas posteriores al Mesozoico, lo cual significa que de confirmarse estos resultados preliminares, se dispondría de un nuevo método independiente de los demás, para dataciones relativas (no absolutas) en los carbonatos de la era Terciaria (2).

Desde la primera descripción directa del hallazgo de un mamut lanudo en 1692, el problema geológico-histórico que suscitaban los sucesivos descubrimientos de este género ha intrigado igualmente a los científicos y al público, porque desde que empezaron a aparecer hasta casi nuestros días se desconocían factores tan decisivos como la distribución geográfica de esos animales, su ambiente o habitat, y sobre todo su edad. Los elementos de juicio para este último punto que aquí más nos interesa son: 1) las especies vegetales asociadas con ellos y correspondientes a climas relativamente templados, datos a la verdad no muy concordantes entre diversas regiones siberianas donde se han hallado los restos de unos 40 mamuts y dos o tres rinocerontes, hasta la fecha; 2) una serie de dataciones por C 14, entre las cuales la antigüedad máxima es de más de 30.000 años, y otras oscilan entre 16.000 ± 2.000 y 21.000 ± 1.300 . Los yacimientos corresponden a la época de la última glaciación, y en su mayor parte las dataciones nos llevan a un período interglacial anterior a los 10.500. No hay pruebas de que estos grandes paquidermos hayan muerto precisamente helados, cual si hubieran sido sorprendidos por una invasión repentina de hielos, dentro del marco de una catástrofe geológico-climatológica; en todos los ejemplares cuya carne llegó hasta nuestros tiempos, ésta se había comenzado a corromper antes de helarse, y en muchos casos presentaba señales de haber sido parcialmente devorada por otros animales; se trata, pues, solamente de muertes accidentales fáciles de explicar en animales de tan enorme masa, que quedaron verosímil-

mente sepultados por desprendimientos de tierras o hundidos en cenagales movedizos, y por otra parte eran organismos robustos y saludables al tiempo de sufrir tales accidentes: de este modo se ha destruido en virtud de investigaciones recientes, gran parte de la leyenda edificada antes sobre datos insuficientes o con falta de crítica científica (8).

DATACIÓN METEÓRICA

Una especie de carrera de dataciones, en la que sucesivamente se van alcanzando nuevas marcas, va señalando la antigüedad de las rocas terrestres y acercándola sensiblemente a la de los meteoritos ($4,5 \cdot 10^9$ años es la cifra más comúnmente admitida hoy para ellos): así el análisis de una muestra de mica hallada cerca de Murmansk, en la URSS, en 1958, dio una edad de 3,4 y dos años más tarde otro análisis tuvo como resultado la de 4,0 por el método del U-Pb, presentada por A. L. Hales en un congreso de datación geológica, celebrado en la Academia de Ciencias de Nueva York (12). Ello es perfectamente lógico si se tiene en cuenta que los meteoritos, restos planetarios accidentalmente captados por la Tierra, vienen a ser trozos del núcleo o de la corteza de astros semejantes a ella, y que dentro del sistema solar han pasado por las mismas o parecidas vicisitudes, siendo por tanto comparables con las rocas más antiguas terrestres: pero como además han estado sujetas a la acción de otros factores diferentes durante su largo viaje por el espacio, crece de punto el interés científico por reconstruir todos y cada uno de esos procesos. En particular se trabaja actualmente en la solución de un problema de carácter general bajo este y otros puntos de vista dentro de las dataciones, cual es averiguar, a través de miles de millones de años, cuál ha sido el ritmo de actividad de los rayos cósmicos, cuyas huellas se pueden apreciar en los meteoritos, donde hay isótopos de todas las edades (21).

En particular se sigue discutiendo sobre la historia meteórica de las ya famosas tectitas (Nor. y Com. núm. 31, 1953), con las que algunos autores han relacionado el enjambre de las Ciríldas (9 de febrero) sin foco radiante ni probable origen cometario, de las que se ha probado ser un grupo de pequeños satélites con órbita poco excéntrica; una recopilación exhaustiva de datos de la Prensa sobre su observación en 1913 dio como resultado manifiesto una localización claramente restringida al NE. del continente americano, de suerte que antes y después de esa zona las numerosas encuestas realizadas con toda diligencia fueron sistemáticamente negativas: de aquí se deduce, al refutar la objeción contra una procedencia lunar (de que entonces su distribución habría de ser uniforme sobre una zona terrestre de

igual latitud, un robustecimiento de la teoría acerca de su trayectoria Luna-Tierra (15). Otros análisis también recientes han puesto de manifiesto la correlación entre las tectitas y los horizontes donde se hallaban, como, por ejemplo, los de Tilton en 1958 al comprobar que su contenido de Pb era el moderno normal, hecho difícilmente compatible con su procedencia extraterrestre (1). Nuevos datos se han presentado durante la última reunión de la Unión Geofísica Americana (abril 1961): el año anterior Reynolds en California y Zahringer en el Instituto Max Planck de Física en Alemania, hicieron análisis radiactivos con tectitas procedentes de tres de las regiones en que más abundan: usaron el método del K 40, y los resultados, bastante diferentes para cada región, coinciden bien dentro de ellas: las de Georgia y Texas dieron unos 30 millones de años; las moldavitas de Checoslovaquia, de 8 a 9; y las de la porción más extensa, que comprende desde Laos hasta Australia (australitas), solamente 600.000: por tanto parecen indicar claramente tres hechos, catastróficos o no, independientes en el tiempo. Alvin J. Cohen, del Instituto Mellon en Pittsburgh, cree haber hallado la explicación: sugiere que las tectitas representan materiales en fusión salpicado a gran altura en la atmósfera siguiendo una trayectoria balística y procedentes de enormes meteoritos; las moldavitas cree que son debidas a un bólido que originó el cráter de 26 km., llamado Ries Kessel (caldera gigante), cerca de Nordlingen en Alemania meridional; siempre ha sido considerado como volcánico de origen, hasta que Edward T. C. Chao y su equipo de la Geol. Survey de EE. UU. demostraron en 1960 que contenía una especie de sílice formada a altísima presión (coesita), que revela evidentemente un impacto meteórico; las moldavitas están esparcidas a lo largo de un estrecho trayecto de 400 km., que empieza a 240 al E. del cráter y que se encuentra comprendido en un sector de sólo 10°, centrado en el Ries Kessel: un examen mineralógico de Cohen ha mostrado que su forma aerodinámica y composición química varían de W. a E., en todo conforme con la hipótesis de una eyección hacia arriba de materiales fundidos. El estudio geológico indica, por otra parte, que ello ocurrió al final del Mioceno, en consonancia con la edad obtenida de 8 a 9 millones de años. El mismo Cohen ha encontrado otro cráter en un lago de Ghana, Africa, que relaciona con otro campo de tectitas, aún no sometidas a datación, siguiendo la Costa de Marfil unos 240 km. hacia el W. y forma un sector de 12°, asimismo centrado en el cráter. En cuanto a las del campo de Georgia-Texas, conjetura que el cráter tiene que estar en el golfo de San Lorenzo; y también sospecha la existencia de otro en el SW. de China, relacionado probablemente con las australitas. Estas ofrecen la cualidad especial y exclusiva de que parecen haber sufrido una doble fusión: acaso después de originadas fueron proyectadas a tan gran altura, que se solidificaron al salir de la atmósfera más densa, y luego volvieron a fundirse en su caída; conforme a la

hipótesis lunar, *todas* las tectitas deberían presentar este carácter de fusión doble, una al ser formadas en la Luna por el impacto meteórico y otra, al entrar en la atmósfera terrestre (3).

Whipple, autoridad mundial en materia de meteoritos, ha llamado la atención de los investigadores sobre la interpretación del hecho de estar expuestos a la «erosión del espacio», así de los rayos cósmicos como de otros agentes que hasta ahora no habían sido tenidos en cuenta y que modifican mecánicamente esos fragmentos, dando lugar a ulteriores fragmentaciones y astillados, o principalmente a desgastes lentos; todo ello modifica la protección prestada por las capas exteriores a las interiores, y está en función del tiempo de exposición a tales acciones, de donde nace la sospecha de que las dataciones resulten menos exactas, a menos de aplicarse la debida corrección (28).

La relación He-U, empleada desde principios de este siglo en la datación de rocas, exigía, como es sabido, una corrección motivada por las pérdidas eventuales de He en cada muestra; pero se subsanaba el error mediante otras fases radiactivas de los diversos isótopos del Pb. Hace diez años obtuvo Paneth para algunos meteoritos edades que oscilaban entre 1,0 y 7,6 mil millones de años, cifra esta última que resultaba por aquellas fechas paradójica, porque duplicaba con creces la edad global del universo entonces admitida; pero con esta ocasión no faltó quien sugiriera que semejante exceso de He procediera de la desintegración del Fe bajo la acción de los rayos cósmicos; en tal caso la teoría exige que una parte del exceso fuese He 3; y, en efecto, el espectrómetro de masas les dio la razón al comprobarse y medirse dicho isótopo del He. Pero lo más interesante es que con motivo de esta comprobación se intensificaron las investigaciones de otros gases nobles en los meteoritos.

Los isótopos radiactivos engendrados por los rayos cósmicos son fáciles de descubrir y medir, pero si son estables, los cambios de proporción son muy pequeños, y aun extendiéndose a larguísimos períodos de tiempo, apenas exceden el margen de error en los espectrómetros más perfeccionados. Por fortuna, los isótopos estables de los gases nobles son una excepción; en primer lugar escasean tanto, que cualquier cambio de proporción significa diferencias fácilmente apreciables, y por otra parte, como son inertes, pueden ser fácilmente aislados sin peligro de contaminación de origen terrestre. Una serie de operaciones sucesivas va eliminando completamente de la muestra, fundida primero en el vacío, a una milmillonésima de atmósfera, los elementos minerales del meteorito mediante el cobre al rojo, algunos miligramos de calcio o titanio y después el aire líquido; todos son absorbidos, helados o combinados, excepto el gas noble, que ni se hiela ni se combina.

La prueba espectacular de la producción de He 3 en los meteoritos, se obtuvo en 1952 cuando Mayne en Oxford, y Paneth y Reasbeck en Durham

anunciaron la proporción hallada en ellos de un átomo de He 3 por tres de He 4, siendo así que en nuestra atmósfera es de uno a un millón; con ello su edad quedó al mismo nivel de antigüedad que la de los componentes de la corteza terrestre, y al mismo tiempo comenzó una nueva etapa de la datación meteórica, puesto que ya era posible determinar con notable precisión cuánto tiempo había estado expuesto aquel fragmento al influjo de la radiación cósmica antes de llegar a la Tierra, dato que se obtenía dividiendo la cantidad de He 3 por la producción media interplanetaria de rayos cósmicos. Semejante tiempo de exposición varía considerablemente; en la mayoría de los litófilos comunes es de algunas decenas de millones de años, con valores individuales que van desde los cuatro a los noventa; el tiempo de exposición de los siderófilos es muchísimo mayor, del orden de los 600 millones, y en algún caso llega a los 1.700. A pesar de las dificultades obvias que supone esta variedad de resultados, es opinión común entre los técnicos que esos tiempos de exposición representan períodos interrumpidos e separados, desde que un trozo planetario se separó de otro mayor del que formaba parte; en efecto, dentro de la masa del planeta o planetóide los materiales estaban defendidos de la acción cósmica exterior; cuando de resultas de una colisión se disgregaron en trozos menores, éstos comienzan a recibir impactos de rayos cósmicos, y si por nuevas colisiones se repite el proceso, se intensificarán naturalmente esos impactos, y tanto más cuanto más pequeños sean los fragmentos; la diferencia sistemática que se observa entre litófilos y siderófilos se explica fácilmente porque estos últimos, además de estar más profundos, en el núcleo de la masa primitiva, son mucho menos frágiles.

Todo esto explica bien la historia o biografía del meteorito; pero no nos dice la edad de sus materiales; para ello sirven otros criterios conocidos: el del uranio y el K-Ar, este último aplicado por primera vez en 1951 por Gerling y su equipo en la URSS, y de ellos se obtiene con bastante uniformidad la fecha generalmente aceptada de cuatro a cinco mil millones de años, común a los fragmentos meteóricos y a la corteza terrestre (24). J. H. Reynolds, de la Universidad de California, de quien son los datos que preceden, analizando un meteorito litófilo, caído en Richardton, Dakota del Norte, hace 41 años, halló en él vestigios de Xeno 129, producto de la desintegración del Yodo 129, cuyo semiperíodo es de 17 millones de años; por tanto, desde su formación primitiva, ese yodo se ha ido transformando en Xeno o «yodo fósil», y la presencia de éste en la muestra arguye la existencia inicial de su predecesor al tiempo de formarse el meteorito. Habría que averiguar la cuantía de I 129 en ese momento; pero admitiendo que originariamente fuese tan abundante como el I 127 normal, se compararon las concentraciones de I 127 y de X 129, de donde se dedujo que el X Ar 290 millones de años posterior, lo que da para el yodo inicial 4.95 millones (25).

Parecidos análisis se han realizado para determinar la variación con la profundidad en la masa meteórica del Neón 21 cosmogénico; la variación máxima obtenida es de $1,1 \cdot 10^{-7}$ por cm. y año; en cuanto al ritmo de producción resultó ser de $5,1 \cdot 10^{-12}$ por seg. y gramo y una edad de exposición cósmica de $2,0 \pm 0,4 \cdot 10^8$ años, cuyo límite máximo sería de 4,5. Van de Hulst, a base de la dispersión observada en la luz zodiacal, estimó la densidad del polvo interplanetario en $5 \cdot 10^{-21}$ gramos por cm^3 , y de esta cifra se ha deducido la erosión cósmica, como límite máximo, entre $2,5 \cdot 10^{-6}$ y $6,0 \cdot 10^{-7}$ cm año; más probable parece a otros autores reducirla todavía a un orden de magnitud diez veces menor (9).

Otra datación de un género completamente diferente es la que para los meteoritos caídos en la Tierra deduce Pettersson del examen a que ha sometido las capas de sedimentos marinos de 15 m. de espesor, correspondientes a una sedimentación del orden de siete a diez millones de años; por métodos y técnicas rigurosamente aplicados ha logrado obtener una estadística mundial acerca de la aportación meteórica en forma de polvo y gránulos, que la atracción magnética y un diligente examen microscópico pueden separar e identificar; la cifra final más probable y a su juicio más bien moderada, es de cinco millones de toneladas anuales; pero como dispone de copiosos datos, recogidos en varias expediciones oceanográficas y ulteriores análisis de este género, ha trazado curvas cronológicas en las que se aprecia una notable variedad en la cuantía de esta lluvia de partículas en el curso de los milenios; con bastante uniformidad en regiones distantes entre sí de los mares explorados, hay una intensificación muy marcada alrededor de los últimos millones de años, como si entonces hubiera variado drásticamente el régimen de tales aportaciones (23).

DATACIÓN CÓSMICA

Siendo las formaciones geológicas como las meteoricas, simples episodios en la historia del sistema solar y la génesis de éste una porción insignificante de la de otras unidades de orden superior dentro del universo, es natural que el problema de las dataciones particulares que acabamos de recorrer esté esencialmente relacionado y dependa en último término de esa otra datación universal, que nos diga algo sobre la historia completa de esos elementos hoy terrestres y ayer siderales, galácticos o metagalácticos. Es evidente que si se llegara a demostrar cuál es la edad de los últimos componentes del Cosmos, ella marcaría un límite superior, por debajo del cual tendrían que estar forzosamente todos los demás valores parciales. Pero antes de reseñar brevemente los resultados numéricos de esta clase de investigaciones cronoló-

gicas es conveniente advertir una diferencia muy marcada entre ellas y las de los laboratorios geológicos; en éstos se trabaja sobre datos concretos y bien seleccionados, las teorías están suficientemente comprobadas, las técnicas de análisis son irreprochables; en una palabra, se camina sobre terreno firme y los resultados son seguros y fundados en sólidas bases; por el contrario, las dataciones astronómicas distan todavía mucho de semejante firmeza; la visión de la máquina cósmica y su funcionamiento es difícil e incompleta, aunque meritoria por parte de los astrónomos de hoy, que han corregido en estos últimos años muchas faltas de perspectiva propias de tiempos anteriores no muy remotos. Por tanto, si en algún caso hay oposición entre unos y otros resultados, la presunción está a favor de los geólogos, como más de una vez ha ocurrido en tiempos recientes.

Cada uno de los átomos y partículas subatómicas que en último término integran el universo material, tienen su historia, su vida y su evolución; hasta se ha calculado la vida media de esos elementos en un trillón de años, desde su formación primitiva hasta que la transformación einsteiniana de masa en energía los deshace en cierto modo, dándoles otra forma de ser; y en esta cuenta entran, no solamente los átomos situados en ambos extremos de la escala, donde los más simples por fusión y los más complejos por escisión pierden su personalidad, sino probablemente todos los demás, que por la acción del bombardeo exterior cesarían tarde o temprano de ser estables y participarían de la suerte incierta de los inestables por naturaleza (7).

Sin duda hay diversidad de fechas iniciales para cada proceso parcial, como es para muchos átomos la explosión de una supernova o su nacimiento individual en el seno de una estrella; pero lo que hoy divide a los astrofísicos es más bien el primer origen de todo el universo conocido; la llamada escala corta de los tiempos, en oposición a los dilatadísimos plazos postulados por los autores del siglo pasado, parecía resolver multitud de dificultades y problemas de esta clase, hasta que el cálculo del comienzo de la expansión de las galaxias, suficientemente comprobada, vino a poner el sello a esa teoría y a confirmarla más y más, a medida que ella misma se iba perfilando y acomodando a la explicación de nuevos hechos. En nuestros días, sin embargo, la controversia ha vuelto a recrudecerse y algunos llegan hasta negar esa hora cero y defienden la creación incesante de materia por donde los orígenes y fechas parciales sustituyen al origen único global; de aquí la oposición entre la hipótesis del universo en evolución y la del denominado estado continuo; la primera hace nacer el Cosmos de una explosión inicial, del «átomo gigante» de Lemaitre, y la segunda de creaciones sucesivas por las que están naciendo constantemente.

Hace un par de años prometía Lovell, director de observatorio radioastronómico de Jodrell Bank, Manchester, ofrecer en un futuro próximo ele-

mentos de juicio para resolver este problema, gracias al alcance extraordinario de este nuevo medio de penetración en el espacio, que permitiría comprobar si en efecto la densidad galáctica decrece a grandes distancias, como quiere la primera teoría, o por el contrario se mantiene constante, como sostiene la segunda. Poco después se publicaba por los astrónomos de Monte Wilson y Monte Palomar la noticia de haberse descubierto en nuestra misma galaxia un enjambre de estrellas, al que Allan R. Sandage atribuía una edad del orden de 24.000 millones de años, si bien señalaba un margen de error que pudiera dejarla en la mitad o elevarla al doble: cifra revolucionaria y desmesuradamente superior a cuantas se admiten como máximo en el universo; está deducida según las hipótesis corrientes de la evolución estelar, y parece tratarse de un consumo de hidrógeno extremadamente lento y difícilmente creíble, a menos que una revisión o interpretación de los hechos básicos hasta ahora admitidos, dé como resultado una reforma del criterio vigente para la apreciación de las distancias y el cálculo de las edades cósmicas (6).

Más recientemente aún, Fred Hoyle, partidario del estado continuo, da a un enjambre de estrellas (Messier 67) nueve mil y a un tipo de soles de la clase delta del Eridano, quince mil; esta última ya claramente fuera de la fecha inicial de la teoría opuesta, que está entre los ocho y los diez mil millones de años. Ryle y su equipo de radioastrónomos, por el contrario, han publicado en 1961 un informe sobre una exploración de radioestrellas a grandes distancias, cuyo resultado contradice los postulados de Hoyle, Gold y Pondi y demás defensores del estado continuo, y el australiano P. Y. Mills, inventor de un nuevo modelo de antena radioastronómica, se propone a su vez refutar con hechos las afirmaciones de Ryle, en particular poniendo en claro lo que hoy se llama «efecto de confusión», por el que cabría error en la observación y recuento de focos de emisión en el espacio, aumentando indebidamente el número real de ellos... Como se ve, la controversia es viva y enconada; acaso el futuro y potentísimo radiotelescopio australiano podrá al menos aclarar los términos de la cuestión y cumplir la promesa de Lovell: el novísimo sistema consta de dos antenas en cruz (Mills Cross) cilíndricas, de 1.600 m. de largo cada una; la orientada de N. a S. es móvil sobre su eje y la otra fija; pero ésta cuenta con el giro terrestre y la combinación de ambas permite dirigir la observación y registro a cualquier punto del cielo; por otra parte, la perfección creciente de los recursos electrónicos en cuanto a sensibilidad de percepción, y limpieza y selección de ondas recibidas, permitirán quizás una penetración más eficaz en plazo breve, así en el espacio como en el tiempo (8).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALDRICH, T. L.: *Geochronology*. «Proceed. Amer. Geoph. Union», vol. 41, núm. 2, págs. 287-288, junio 1960.
- (2) ANGINO, E.: *Pressure effects on thermoluminescence...* «Journ. Geoph. Research», vol. 64, núm. 5, págs. 569-573, 1959.
- (3) COHEN, A. J.: *Earthglass or moonglass?*, «Sc. Amer.», vol. 204, núm. 6, págs. 86-87, junio 1961.
- (4) CRAIG, B. G.: *Pingo in the Thelon Valley, NW Territories: radiocarbon ages...* «Geol. Soc. Amer. Bull.», vol. 70, núm. 4, págs. 509-510, 1959.
- (5) DOUGLAS, A. C.: *Shells make 50-million year «calendar»*, «Sc. Dig.», junio 1961, pág. 39.
- (6) DUE, A.: *La astronomía en la era electrónica*, «Razón y Fe», vol. 163, págs. 65-74, enero 1961.
- (7) — — *La evolut. integral...* Discurso inaug. Fac. Teol. Granada, 1960.
- (8) FARRAND, W. R.: *Frozen mammoths and modern geology*, «Science», vol. 133, número 3.455, págs. 729-735, marzo 1961.
- (9) FISCHER, D. E.: *Space erosion of the Grant meteorite*, «Journ. Geoph. Research», vol. 66, núm. 5, págs. 1509-1511, mayo 1961.
- (10) GERLING, E. K. y POLKANOV, A. A.: *The problem of the absolute age of the Precambrian...* «Geokhimiya», núm. 8, págs. 695-717, 1958.
- (11) GLAESSNER, M. F.: *Precambrian animals*, «Sc. Amer.», vol. 204, núm. 3, págs. 72-78, marzo 1961.
- (12) HALES, A. L.: *Oldest rocks*, «Sc. Amer.», vol. 202, núm. 5, pág. 95, mayo 1960.
- (13) HESS, W. N.: *Cosmic ray neutron demography*, «Journ. Geoph. Res.», vol. 66, núm. 3, págs. 665-677, marzo 1961.
- (14) KEEFE, J. A.: *Tecites as natural earth satellites*, «Science», vol. 133, núm. 3474, páginas 562-566, febrero 1961.
- (15) KENNEDY, G. C.: *Age of rocks and pottery...* «Sc. Dig.», pág. 47, diciembre 1959.
- (16) KULD, J. L.: *Geologic time scale*, «Science», vol. 133, núm. 2459, págs. 1105-1114, abril 1961.
- (17) LIBBY, W. F.: *Radiocarbon dating*, «Science», vol. 133, núm. 3453, págs. 621-629, febrero 1961.
- (18) LITYNSKI, Z.: *Ten billion years back in time*, «Sc. Dig.», junio 1960, pág. 61.
- (19) LI, Y.: *Une nouvelle horloge archéologique...* «L. Nature», núm. 2318, pág. 179, abril 1961.
- (20) MAXX, W. B. ET AL.: *Carbon 14 half-life redetermined*, «Science», vol. 133, núm. 3447, pág. 183, enero 1961.
- (21) NIER, A. O.: *Cosmic ray effects in meteorites*, «Proceed. Amer. Geoph. Union», vol. 41, núm. 2, págs. 289-291, junio 1960.
- (22) PARKER, R. H. y LEXCHE, H.: *Start search for living trilobites*, «Sc. Dig.», pág. 81, agosto 1959.
- (23) PETERSSON, H.: *Cosmic spherules and meteoritic dust*, «Sc. Amer.», vol. 202, núm. 2, págs. 123-132, febrero 1960.
- (24) REYNOLDS, J. H.: *The age of the elements in the solar system*, «Sc. Amer.», vol. 203, núm. 5, págs. 172-182, noviembre 1960.

- (25) — — *Age of the elements*, *ibid.*, vol. 202, núm. 2, págs. 72-73, febrero 1960.
- (26) RUBIN, M.: *Changes in Wisconsin glacial stage chronology by C 14 dating*. «*Proc. Am. Geoph. Union*», vol. 41, núm. 2, págs. 288-289, junio 1960.
- (27) VOITKEVICH, G. V.: *Unified geochronology of the Precambrian*. «*Priroda*», núm. 5, págs. 77-79, 1958.
- (28) WHIPPLE, F. L.: *Calculation of erosion in space from the cosmic-ray exposure ages of meteorites*. «*Nature*», vol. 183, núm. 4671, pág. 1315, 1959.

SUZETTE GILLET y JUAN VICENTE

NUEVO YACIMIENTO PLIOCENICO DE FACIES SALOBRES EN EL SUBSUELO DE BARCELONA. AL ESTE DEL TIBIDABO

R E S U M E N

El motivo de este trabajo es el hallazgo, en el subsuelo de Barcelona, junto al *Turó de la Peira*, de un yacimiento pliocénico de facies salobre, en el que se ha recogido una interesante flora y una fauna de Limnocárdidos, muy parecidas ambas a las del valle del Llobregat, si bien con algunas novedades.

R É S U M É

Le motif de ce travail est la trouvaille, dans le sous-sol de Barcelone, joint au *Turó de la Peira*, d'un gisement pliocénique de faciès saumâtre, dans lequel on a recueilli une intéressante flore et une faune de Limnocardidés, très semblables les deux, à celles de la vallée du Llobregat, avec quelques nouveautés.

S U M M A R Y

The reason of this work has been the discovery in the under-soil of Barcelona, next to the *Turó de la Peira*, of a pliocenic bed of saltish appearance, in which it has been gathered an interesting flora and a fauna of Limnocardids both very similar to the ones of the Llobregat valley, but with some changes.

Durante el mes de julio de 1957, se realizaron unos trabajos para la colocación del alcantarillado en un grupo de casas de reciente construcción de la calle Montsant (barriada de Santa Eulalia de Vilapiscina), al pie de la vertiente N.-NE., del Turó de la Peira; dicha obra hizo precisa la construcción de una serie de pozos y galerías, que nos permitieron obtener un abundante material que es el objeto del presente estudio. El citado material comprende, por un lado, numerosos restos de moluscos, principalmente *Limnocárdidos*, los cuales se hallan en forma de moldes, que envié a mi apreciada profesora y especialista en esta fauna Mlle. Gillet, quien ha tenido la amabilidad de redactar la segunda parte que complementa este trabajo, y que

yo me he limitado solamente a traducir. En la primera se hace la descripción de una importante serie de restos vegetales, que han sido estudiados por mí en el Laboratorio de Geología de la Universidad de Barcelona bajo la eficiente dirección del Dr. J. F. de Villalta.

DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

Las galerías anteriormente citadas, discurren, desde la nueva barriada, por la calle de San Acisclo, en dirección N.-S.

Cerca de cada uno de los pozos de ventilación se hallaban amontonados, en la fecha indicada, una serie de materiales arcillosos, margosos, graníticos o de elementos paleozoicos, que habían de ser retirados al cabo de pocos días para terraplenar una hondonada. El examen de estos montones de tierras dieron, de Este a Oeste, el siguiente resultado:

Pozo número 1. Quince por ciento: arcillas. Veinticinco por ciento: margas verdeamarillentas. Sesenta por ciento: granito.

Pozo núm. 2. Quince por ciento: arcillas. Ochenta y cinco por ciento: margas verdosas.

Pozo núm. 3. Quince por ciento: arcillas. Ochenta y cinco por ciento: margas verdosas.

Pozo núm. 4. Quince por ciento: arcillas. Ochenta y cinco por ciento: margas verdosas.

Pozo núm. 5. Quince por ciento: arcillas. Cinco por ciento: arenas finas. Treinta por ciento: margas amarillentas fosilíferas. Cincuenta por ciento: margas verdosas.

Pozo núm. 6. Quince por ciento: arcillas. Diez por ciento: arenas finas. Veinticinco por ciento: margas amarillentas fosilíferas. Cincuenta por ciento: margas verdosas.

Pozo núm. 7. Quince por ciento: arcillas. Ochenta y cinco por ciento: mezcla pastosa de margas amarillentas y verdosas.

Pozo núm. 8. Quince por ciento: arcillas. Treinta por ciento: margas amarillentas. Cincuenta y cinco por ciento: margas verdosas.

Pozo núm. 9. Veinticinco por ciento: arcillas. Veinticinco por ciento: arenas margosas algo fosilíferas. Veinticinco por ciento: margas verdosas. Veinticinco por ciento: granito.

Pozo núm. 10. Cien por ciento: arcillas.

Pozo núm. 11. Cincuenta por ciento: arcillas. Veinticinco por ciento: calizas devónicas. Veinticinco por ciento: granito alterado.

Pozo núm. 12. Treinta por ciento: arcillas. Treinta y cinco por ciento: paleozoico disgregado. Treinta y cinco por ciento: granito alterado.

Pozo núm. 13. Cincuenta por ciento: arcillas. Cincuenta por ciento: granito alterado.

La distancia de los pozos entre sí, es de unos veinte metros.

Caben citarse la presencia de fallas entre los pozos 5-6, como lo demuestran fragmentos de margas endurecidas, casi pétreas, con superficies alisadas formando espejo.

Aunque no examinada *sobre el terreno* la estratigrafía, fuimos informados con exactitud, por un grupo de obreros zapadores de la colectora, de la disposición y potencia de las capas, es decir, que la profundidad total de los pozos oscila de los 10 a 11 metros; correspondiendo, con pequeñas variantes (de arriba hacia abajo), 8 metros de arcillas, 30 centímetros de arenas finas, 50 centímetros de margas amarillentas fosilíferas y 2,20 metros de margas verdosas asentadas sobre una base granítica. Es de notar cómo las arenas de un grano de medio milímetro se vuelven cada vez más finas, para pasar insensiblemente al limo. En esta transición empiezan generalmente los restos de vegetales, tallos y troncos, quedando bien fosilizadas las hojas cuando los materiales se tornan finos. Los moluscos se presentan, aproximadamente, en el mismo nivel que las hojas, internándose algo más que éstas en los estratos de margas verdosoamarillentas y verdosas que inferiormente les suceden.

Relacionadas las observaciones pertinentes a los datos que anteceden pueden darse estas conclusiones:

1.^a La formación geológica de la base N.-NE. del Turó de la Peira consiste en un zócalo granítico, donde se hallan depositadas unas margas terciarias, recubiertas por una serie de arcillas cuaternarias.

2.^a Se trata de un extremo terminal o manchón de margas pliocenas que pueden continuar más o menos hacia el Norte.

3.^a Forma una pequeña depresión donde la parte más profunda es la parte centro-occidental.

4.^a Pequeñas fallas cortan los estratos en la parte profunda.

A pesar de que al ser extraídas, húmedas aún, las margas, quedaban expuestas al contacto del aire y el sol del estío y, al secarse rápidamente, se agrietaban; pude recoger un abundante material paleontológico que se cita a continuación.

F L O R A

FILICÍNEAS

Woodwardia radicans pliocenica Sap. et Mar.

Lám. I, fig. 1.

Un ejemplar. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.770.

Esta especie está representada en nuestras colecciones por un único ejemplar, consistente, en un fragmento de penna de unos seis centímetros de longitud, y que presenta seis pinnulas, éstas están ligeramente incurvadas hacia su ápice, presentan sus bordes aserrados. Junto al nervio medio y formando parte de la reticulación de la hoja, se observan las típicas celdillas características de esta forma.

Nuestro ejemplar es muy parecido a los figurados y descritos por Saporta y Marion, procedentes de Meximieux (15), y que consideran una mutación pliocénica de la forma actual *Woodwardia radicans* Cav., cuya área de distribución alcanza las Azores y Canarias, extendiéndose también por las orillas del Mediterráneo (Italia y España).

Esta forma era, hasta el presente, desconocida en la flora neogénica española.

Asplenium sp.

Lám. I, fig. 2.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.771.
Colección Castells.

Atribuimos a este género dos fragmentos de pennas de 55 milímetros de largo, mostrando de 14 a 15 pinnulas, que miden siete milímetros desde el nervio medio, ligeramente curvadas y acuminadas hacia el extremo. Recuerdan por algunos de sus caracteres a *Asplenium withbyense* Brngt., figurado en la obra de Zittel (23).

Osmunda sp.

Lám. I, fig. 3.

Ejemplares: 3: Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.772, 7.773.
Colección Castells.

Las osmundáceas parecen ser muy raras en la flora que venimos describiendo, pues están únicamente representadas por tres fragmentos de pinnulas, cuya anchura queda comprendida entre 6 y 11 milímetros. La parquedad del material, si bien permite una atribución genérica cierta, dado el característico aspecto de sus nerviaciones, hace completamente imposible todo intento de atribución específica.

En nuestra región ha sido señalada la presencia de *Osmunda strobilifera* Gaud. en los niveles pontienses de la cuenca ceretana (11) y en el Plioceno superior de Tortosa (2).

EQUISETINEAS

Equisetum sp.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.774.
Colección Castells.

Se han reconocido dos tallos articulados de equiseto, desprovistos de hojas. La longitud de los segmentos es, aproximadamente, de un centímetro y la anchura sobrepasa algo los tres milímetros, exceptuando, naturalmente la parte del nudo, la cual es menor.

Este género se ha citado en las capas de Congerías de Castellbisbal de la provincia de Barcelona (1).

CUPRESÁCEAS

Cupressus sp. aff. *sempervirens* L.

Lam. I, fig. 4, 4 a.

Ejemplares: Dos gábulas. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.775.
Colección Castells.

Varias ramitas: Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.776, 7.777.
Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

La presencia de un *Cupressus* próximo a la forma actual *C. sempervirens* en este yacimiento, viene demostrada por el hallazgo de dos gábulas casi idénticas, tanto por su tamaño como por su estructura, con nuestro ciprés actual. Por ello, nos atrevemos a atribuir, si bien con ciertas reservas, a esta especie, algunos fragmentos de tallos que muestran hojas muy pequeñas, escomosadas, apretadas al tallo, imbricadas y opuestas dos a dos, formando cuatro series longitudinales.

Este género es hasta esta cita, desconocido, en la flora terciaria de nuestra comarca.

LILIÁCEAS.

Smilax targionii Gaud.

Lám. I, fig. 5.

Ejemplares: 6. Instituto Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.778, 7.779, 7.780.

Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Las liliáceas están representadas por abundantes restos atribuibles a *Smilax targionii* Gaud, ya que sus características coinciden perfectamente con la descripción que da G. Depape: «una hoja de forma oblonga, contorno entero, un primer par de nerviaciones flexuosas dibuja una elipse muy aplanada; un segundo par, más débil, aparece a una pequeña distancia del margen (cerca de un milímetro), entre las nerviaciones longitudinales se observan otras terciarias, que van de una a otra delimitando unas mallas irregulares» (6). La única diferencia que presentan algunos de nuestros ejemplares es una mayor anchura en su porción media.

Relaciones: Según Depape esta especie es comparable con las formas actuales *Sm. canariensis* Willd. de Canarias, *Sm. cordato-ovata* Balb. de Santo Domingo y *Sm. prolifera* Roxb. de China; si bien las relaciones de nuestros ejemplares parecen más íntimas con el *Sm. laurifolia* L. de Brasil, al contrario de los ejemplares descritos por Depape que, según dicho autor, parecen tener mayores afinidades con el *Sm. canariensis*.

Esta especie era hasta el presente desconocida en la flora del neógeno de Cataluña.

TIFÁCEAS.

Typha latissima Al. Br.

Lám. II, fig. 1.

Ejemplares: 4. Instit. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.781, 7.782. Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Algunos fragmentos foliares de esta conocida especie figuran entre la flora recogida. Los fragmentos de hojas tienen una anchura que oscila entre los 8 y 14 milímetros; son paralelinervias con bordes rectos y lisos.

Esta especie es frecuente en los yacimientos miocénicos y pliocénicos de Cataluña.

POTAMOGETONÁCEAS

Potamogeton crispus L. *pliocénica* nov. var.

Lám. II, fig. 2.

Ejemplares: 4. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.783, 7.784. Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Es una de las formas más abundantes en este yacimiento, y está representada por numerosos fragmentos de hojas laminares de bordes aparente-

mente denticulados, con la nerviación primaria formado por un nervio central fuerte y dos marginales más débiles; la secundaria consta de nervios opuestos y regularmente espaciados, formando dos sistemas, el uno que se extiende entre el nervio medio y los marginales y el otro entre éstos y el borde de la hoja. Estas características tan especiales, nos hicieron dudar largo tiempo de la verdadera posición sistemática. Fue el Dr. Oriol Bolós, el que al mostrarnos un ejemplar de su herbario, nos hizo caer en la cuenta del extraordinario parecido de dichas hojas fósiles con las de la especie actual *Potamogeton crispus* L., que vive en las aguas de curso tranquilo en nuestra región y que, se caracteriza también por presentar una falsa denticulación, debida a que su borde festoneado y muy delgado se repliega con facilidad.

Es la primera vez, según nuestras noticias, que esta forma se cita fósil y, de manera provisional la consideramos como una variedad pliocénica.

Potamogeton sp. 1.

Lám. II, fig. 3.

Ejemplares: 6. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.785, 7.786 y 7.787.

Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Numerosos tallos y hojas de tipo lineal-oblongo correspondientes a la parte sumergida de vegetales acuáticos del género *Potamogeton*. El estado de conservación de todos estos fósiles es muy defectuoso; las hojas están incompletas y quedan, muchas veces, retorcidas. Únicamente se puede afirmar que son hojas lineales, sentadas, opuestas y con una anchura de 3 a 5 milímetros; por su aspecto parecen recordar la especie actual *Potamogeton compressus* L.

Potamogeton sp. 2.

Ejemplares: 4. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.788, 7.789 y 7.790.

Colección Castells.

Entre el numeroso y defectuoso material atribuible a este género, figuran fragmentos de hojas que por su mayor anchura (de 7 a 8 mm.) y mostrar un nervio medio y dos marginales paralelos a él, parecen corresponder a las hojas acuáticas de una especie diferente.

GRAMÍNEAS

Tallos de gramíneas.

Varios ejemplares: Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.791, 7.792 y en colecciones citadas.

Se muestran con bastante frecuencia los restos de tallos de gramíneas de una anchura de 4 a 6 mm. en las margas amarillas del subsuelo NE. del Turó de la Peira. La ausencia de las otras partes de estos vegetales los hace totalmente indeterminables.

CUPULÍFERAS.

Quercus hispanica Rez.

Lám. II, fig. 4.

Ejemplares: 4. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.793 y 7.794. Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Nuestros ejemplares responden a la descripción dada por J. Menéndez Amor: «limbo de aspecto coriáceo, de contorno ovalado u ovaladooblongo, con base a veces inequilateral, pudiendo ser brevemente auriculado o redondeado o estrecharse poco a poco en el peciolo; en el ápice son más o menos agudas. La región próxima a la base presenta los bordes enteros para a continuación festonearse con dientes muy obtusos, espaciados, que a veces por sus dimensiones pasan a ser verdaderos lóbulos. El nervio medio es muy destacado y de él arrancan 7-10 pares de nervios secundarios, opuestos, alternos, frecuentemente arqueados hacia el ápice, y que van a desembocar en los dientes o lóbulos del margen». (11).

Rérolle hace dos distinciones dentro de la especie, que considera variedades: *Quercus hispanica* var. *cuspidata* de limbo alargado redondeado y ligeramente estrechado en la base; y *Quercus hispanica* var. *expansa*, cuyo limbo toma un notable desarrollo desde el ápice, formando un contorno ovalado, aumentando el número de lóbulos (12).

La hoja que reproducimos en la figura 4 (lám. II) podría incluirse dentro de la variedad *cuspidata*, aproximándose grandemente a la forma actual de *Quercus lusitanica* Webb.

Como ya indica Rérolle al establecer las variedades anteriormente citadas y que corrobora De la Vaulx et Marty (21), este *Quercus* presenta un extraordinario polimorfismo, lo que ha motivado la larga sinonimia que se

incluye: *Quercus etymodrys* Ung., *Q. lacomunum* Gaud., *Q. scillana* Gaud., *Q. pseudocasiana* Goepf., *Q. parlatorii* Gaud., *Q. cardanii* Mass., *Q. senogalliensis* Mass. y *Q. mirbeckii* var. *antiqua* Sap., adoptándose finalmente para todos ellos el de *Quercus hispanica* Rez., el cual viene a representar el antecesor común de tres especies de encinas actuales *Q. sessiflora* Sm., *Q. mirbeckii* Dur. y *Q. lusitanica* Webb., de caracteres tan mezclados con la especie fósil que a menudo las hace difíciles de distinguir.

Quercus praecursor Sap.

Lám. II, fig. 5.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.795.

Nuestro ejemplar del Turó de la Peira es idéntico a los figurados por Saporta y Marion procedentes de las tobas volcánicas de Meximieux (15). Tanto por la forma como por la dimensión, las hojas fósiles del *Quercus praecursor* Sap. tienen un notable parecido con algunas de las polimorfias del *Q. ilex* L., lo cual parece indicar un parentesco próximo entre la especie fósil y la viviente. No obstante, se distinguen, porque en el *Q. praecursor* las hojas son más largas, comprendiendo 11-16 pares de nerviaciones, mientras que en el *Q. ilex* no poseen nunca más de 12 pares y ordinariamente de 7 a 9.

El marqués de Saporta, las describe así: «hojas de contorno oval u oval redondeado, ligeramente festoneadas, su base es oval u oblonga, más o menos alargada y el vértice forma una punta poco aguda. El margen ligeramente envolvente por el haz y siempre entero. La cara superior es lisa, la inferior, probablemente, subtomentosa».

Esta especie se cita en la flora miocena de Montjuich (7), así como en la cubeta ceretana (11, 22).

SALICÁCEAS.

Populus sp. aff. *P. nigra* L.

Lám. III, fig. 1.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.796. Colección Castells.

Nuestros ejemplares, bastante incompletos, parecen identificarse por la similitud de sus contornos a los chopos actuales *Populus nigra* L. y a algunas de las formas foliares del *Populus deltoides* Marsh. Es una hoja rom-

boidal, puntiaguda en el ápice, dilatada en la parte inferior y terminada hacia el peciolo en un ángulo muy obtuso. Todos los nervios se bifurcan al llegar al borde del limbo. El crenulado que bordea a la hoja figurada se hace impreciso debido a la defectuosa conservación de la impronta.

ULMÁCEAS.

Ulmus braunii Heer.

Lám. II, fig. 6.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.797.

Poseemos únicamente dos fragmentos de hojas en una misma placa, atribuibles a esta especie: uno de ellos, comprende más de la mitad superior de la hoja, mientras que el otro, queda reducido a un fragmento de limbo. Las nerviaciones secundarias parecen ser más numerosas que en los ejemplares de esta especie figurados por Depape (6) y Grangeon (8), aproximándose por este carácter a los ejemplares tipo de Oeningen figurados y descritos por Heer (9), en los cuales el número de nerviaciones oscila entre diez y trece. Algunas de estas nerviaciones secundarias se bifurcan antes de llegar al margen, el cual aparece denticulado.

El parecido del *Ulmus braunii* Heer con el actual ha sido motivo de que se citase repetidamente esta especie en yacimientos miocenos y pliocenos como *Ulmus campestris* Sm.

Las citas del *Ulmus braunii* Heer en nuestra región corresponden a la cuenca ceretana y al valle del Llobregat.

PLATANÁCEAS

Platanus aceroides Goepf.

Lám. III, fig. 2.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.798.

Una única hoja de un *Platanus*, algo incompleta en la base, es muy al ejemplar descrito por el abate *Boulay* procente del yacimiento de *Pourchères* en 1891 (5), y que Grangeon da la siguiente descripción: «limbo dividido por tres lóbulos dentados, los dos laterales son apenas pronunciados y formados por sinus poco profundos y muy abiertos. La tres nerviaciones principales parten del mismo punto, un poco por encima de la base del lim-

bo. Las nerviaciones secundarias dejan las principales para terminar directamente en los dientes» (8).

El *Platanus aceroides* Goepf. es muy parecido a las formas actuales *P. orientalis* L. y *P. occidentalis* L., pero especialmente al *P. orientalis* L. var. *acerifolia* (*P. acerifolia* Willd.) de Estados Unidos.

La forma pliocénica tiene unas hojas más pequeñas que el *Platanus* actual (55 x 55 mm. en nuestro ejemplar), esto hace suponer, según Saporta, en una forma arbustiva de esta especie que poblaba Europa poco antes de su extinción. Por mi parte, he observado que algunas hojas primerizas del *Populus occidentalis* L. tienen un tamaño pequeño, variable (de 4 a 7 cm.), como las escotaduras de los lóbulos mucho más pequeñas que la hoja normal adulta. De este hecho puede deducirse un paralelismo biológico en que las formas embrionarias reproducen las especies anteriores en la filogenia.

Esta especie pliocena figura entre la flora fósil del Torrente de Esplugas, Barcelona (1) y la de Tortosa, Tarragona (2).

HAMAMELIDÁCEAS.

Liquidambar europaeum A. Br.

Lám. III, fig. 3.

Ejemplares: 3. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.799, 7.800. Colección Castells.

Hoja palmeado-hendida de cinco lóbulos, aunque muchas veces se reducen a tres y más raramente a cuatro (3), acuminadas, con borde denticulado fino; generalmente las nerviaciones parten del peciolo (8), pero algunas veces los nervios primarios no se originan en la base, sino a pequeña distancia de ella, bifurcándose de los nervios del lóbulo medio como ocurre en alguno de nuestros ejemplares; los primarios terminan en el borde de la hoja y los secundarios son camptódromos por dicotomía.

El liquidámbar es un árbol de hoja caduca que se desarrolla en lugares húmedos. Aparece por primera vez en Europa en el Mioceno inferior, ocupando primero la parte boreal y central, desplazándose poco a poco en el Plioceno hacia el Sur del Continente europeo. Deja finalmente Europa en compañía del *Platanus*.

En la actualidad está representado en Eurasia por el *Liquidambar orientale* Mill., que habita en las regiones del Asia menor, en el cual sus hojas están caracterizadas por tener las escotaduras de sus lóbulos desigualmente desarrolladas, las inferiores no son más que un apéndice de las laterales, llegando a desaparecer en algunos casos (15). Mientras que en América lo representa el *L. styracifluum* L. que habita en el extremo sudoriental de América del Norte (de Florida a Connecticut y del Missouri al América cen-

tral), siendo muy parecida a la especie asiática, presentando la misma disposición de sus nerviaciones; sin embargo, cabe admitir que la especie americana se identifica mejor con la especie fósil por el aspecto de la base de los lóbulos, si bien el denticulado es menos fino y regular en la forma actual.

Es citada esta especie fósil en el Astiense de los alrededores de Barcelona, localidad de Esplugas (1).

LAURÁCEAS.

Laurus canariensis Webb., *pliocénica* Sap. et Mar.

Lám. IV, fig. 1.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.801.

El laurel pliocénico está representado por una hoja incompleta. Es una hoja oval oblonga, ampliamente lanceolada y someramente acuminada; nervio primario grueso, secundarios tenues e incurvados hacia el ápice.

Morfológicamente, en el *Laurus canariensis* pliocénico se descubren dos variedades: una, la forma ancha, denominada *latifolia* Sap. et Mar., y otra variedad alargada, conocida por *lanccolata* Sap. et Mar. Nuestro ejemplar parece corresponder al segundo tipo.

La inmediata proximidad entre la especie fósil y el laurel de Canarias es indiscutible, el cual, a la vez, presenta caracteres dentro del ciclo de variaciones foliares que encajan con la otra forma actual de nuestras latitudes, el *Laurus nobilis* L.

Como formas más antiguas que presentan cierta afinidad a las especies anteriormente citadas, figura el *Laurus primigenia* Ung. del Aquitaniense de Sotzka (18), mostrando las hojas más estrechas que su congénere pliocénico; sus nerviaciones secundarias presentan, como consecuencia, un ángulo más agudo. Algunas de las hojas más estrechas del *L. canariensis* tienen una marcada analogía con el *L. primigenia*.

Otra especie más arcaica es el *L. omalli* Sap. et Mar., del Eoceno de Gellinden (16), cerca de Liège, cuyo tipo difiere poco de nuestra especie pliocénica.

Como puede observarse, el *Laurus* forma una serie poco diferenciada y no interrumpida desde la época de su aparición hasta el laurel noble de nuestros días.

El *Laurus canariensis* es común en el valle del Llobregat (Barcelona), donde se ha encontrado, indistintamente, en las localidades de Papiol, San Feliu y Esplugas (1).

Benzoïn antiquum Heer aff. *acstivale* Nees.

Lám. II, fig. 7.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.802.

Esta hoja está bien definida por los caracteres citados por Grangeon en la flora fósil del Coiron y se identifica con el ejemplar del yacimiento de Rochessaube: «forma oval lanceolada, el ápice brevemente acuminado, base largamente atenuada con peciolo corto y fuerte. El nervio medio ya grueso, se robustece más hacia el peciolo. Los secundarios, en número de 6-7 pares, se destacan bajo un ángulo próximo a los 45°, después se incurvan antes de llegar al margen y se juntan al siguiente por arcos sucesivos» (8). El tamaño de nuestro ejemplar es de 55 x 25 mm.

La especie fósil *Benzoïn antiquum* es comparable, por su notable parecido, al *B. acstivale* Nees., viviente en la actualidad en las riberas húmedas de Estados Unidos.

Esta especie ha sido ya citada en el Plioceno del torrente de Esplugas (1)

Orcodaphne heeri Gaud.

Lams. 3-4, figs. 6-2.

Ejemplares: 3. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núms. 7.803, 7.804. Colección Castells.

Las hojas del *Orcodaphne heeri* Gaud. vienen caracterizadas por tener el limbo oval lanceolado, aguzado en su ápice, el borde es liso y el peciolo corto o caedizo (falta generalmente en los ejemplares descritos). El sistema de nerviaciones consta de un nervio medio fuerte, del que parten nerviaciones secundarias con gran frecuencia opuestas, y ampliamente espaciadas que, al aproximarse al borde de la hoja se incurvan uniéndose con la anterior, limitando áreas cerradas. Entre los nervios secundarios y el borde de la hoja se aíslan también un sistema de pequeñas áreas marginales. Las nerviaciones terciarias flexuosas forman una red cuyas mallas tienen varios milímetros de lado, y están ocupadas por un tejido reticular formado por pequeñas celdas poligonales.

Casi todos los caracteres descritos se encuentran también en la especie actual *Orcodaphne foetens* Nees., que forma gran parte de los bosques en las islas Canarias y Madera (6).

Esta especie es común en el valle del Llobregat, donde es citada en el Plioceno de Papiol, San Feliu y Esplugas (1).

PAPILIONÁCEAS.

Robinia sp.

Lám. III, fig. 5.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.805.

Una única foliola oval, correspondiendo indudablemente a una Leguminosa, permite por el aspecto de sus nerviaciones atribuirle el género *Robinia*, dando su parecido a *R. pseudoacacia* L., o a otras formas próximas.

ANACARDIÁCEAS.

Heterocalix ungeri Sap.

Lám. IV, fig. 3.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.806.

Entre los raros restos foliales encontrados en nuestro yacimiento figuran dos cálices, que por sus características podemos atribuir a *Heterocalix ungeri* Sap. Dicho cáliz está formado por tres pequeñas hojitas elípticas, desiguales, de base estrechada, presentando tres nerviaciones: la media es recta y algo más fuerte que las marginales y presenta leves vestigios de nervios secundarios. Los marginales se incurvan paralelamente al margen.

El aspecto aberrante de estas hojas calicinales hace difícil su atribución sistemática, y por ello no es de extrañar que se las haya descrito con diversos nombres y atribuido a varias familias, así por ejemplo, Unger les llamó primero *Getonia petraefolia* Ung. (17) y *Elaphrium antiquum* Ung. (20). Posteriormente, Saporta la consideró inicialmente como una leguminosa que llamó *Trilobium ungeri* Sap. (14), reconociendo después su verdadera significación de órgano floral, no folial, y la colocó con el nombre de *Heterocalix ungeri*, en la familia de las Anacardiáceas (14), situación que ha sido últimamente aceptada y corroborada por Berger (3).

Esta especie se cita por primera vez en el Neógeno español.

SAPINDÁCEAS.

Sapindus falcifolius A. Braun.

Lám. III, fig. 4.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.807.

La especie *Sapindus falcifolius* A. Braun, está representada en nuestras colecciones por una hoja de 55 a 60 mm. de largo por 18 mm. de anchura, la cual es ensanchada en su mitad inferior: acumulada y ligeramente falciforme. Las nerviaciones secundarias en número de 12-14 pares se juntan por camptodromia. Por la forma coincide nuestro *Sapindus* con los ejemplares de esta especie descritos por Grangeon (88) del yacimiento de Rochessauve.

El citado autor compara las hojas del *Sapindus falcifolius*, a las formas actuales siguientes:

1.º *S. marginatus* Wild., que habita en las regiones centro-orientales de América, el cual posee hojas que por su nerviación y aspecto general se aproximan al *S. falcifolius*, siendo, no obstante, más elevado el número de nerviaciones secundarias (16-16 pares), que en los ejemplares del Neógeno.

2.º *S. mukorossi* Gaertn., vive en el extremo oriental del Asia (desde Japón a Indochina), posee muchas hojas con base desimétrica como el *S. falcifolius*, pero la nerviación parece algo diferente: 13-14 pares de nerviaciones secundarias y nerviaciones intercalares más numerosas que en los ejemplares fósiles.

3.º *S. delavayi* Franchet, se encuentra en China (Se-tchouan oriental, Yunnan y distrito de Tchen-keou-Tin), tiene una base mucho menos asimétrica que la especie fósil pero, por el número de nerviaciones (12-14 pares), es más próxima a la forma que describimos.

4.º *S. drumondii* Hook et Arn., que crece en el suelo rocoso del SW. de Estados Unidos y N. de Méjico, tiene hojas de base asimétrica, aproximándose por ello al *S. falcifolius*, pero el número de nerviaciones secundarias (14-16 pares), es mayor que en la especie pliocena.

Como enjuicia Grangeon, parece ser que el *Sapindus falcifolius* representa la forma intermedia del *S. mukorossi* y *S. delavayi*, puesto que iguala a la primera por su forma y a la segunda por su nerviación.

El género *Sapindus* es relativamente abundante en nuestra región, con las formas de *S. densifolius* Heer en el Mioceno de Montjuich (7); *S. dubius* Heer y *S. undulatus* Al. Br. en el Ponticense de la Cerdeña (11); *S. dubius* Heer y *S. falciformis* Al. Br. en el Plioceno de Esplugas de Llobregat (1).

ACERÁEAS.

Acer nicolai N. Boul.

Lám. IV, fig. 4.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.808.

Con el nombre de *Acer nicolai*, el abate Boulay reunió una serie de hojas trilobadas, de lóbulos cortos, desiguales, poco divergentes, presentando dientes obtusos y numerosos (3-4 a cada lado); del origen del peciolo parten dos pares de nerviaciones laterales: el par inferior es corto y la nerviación media forma con los otros nervios un ángulo agudo (30-35°). Estas hojas, procedentes de Théziers, están caracterizadas por sus pequeñas dimensiones, el poco tamaño de sus lóbulos y la débil divergencia de las nerviaciones laterales (4).

Como se indica al hacer referencia al *Acer pyrenaicum* Rer., el *A. nicolai* parece constituir sólo una variedad de éste, como ya ha indicado Rérolle (12).

Ejemplares de esta especie han sido citados ya en el plioceno catalán, yacimientos de Tortosa (2) y Castellbisbal (1).

Acer opulifolium Willd., *pliocenicum* Sap. et Mar.

Lám. IV, fig. 5; lám. V, fig. 1.

Ejemplares: 5. Inst. Geol. Univ. de Barcelona, núms. 7.809, 7.810, 7.811. Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Poseemos cinco ejemplares bien característicos, junto a otros fragmentarios, que corresponden, por sus caracteres, a la variedad pliocénica del *Acer opulifolium* Willd. (*Acer opalus* Mill.), siendo idénticos a los descritos por Saporta, procedentes de Meximieux, con el siguiente diagnóstico: «hojas soportadas por peciolo débiles, anchas, sub-redondeadas, más o menos festonadas en el centro de la base. Las nerviaciones principales son siempre cinco y a menudo siete, pero las inferiores, mucho más débiles que las otras, no dan lugar más que a pequeños lóbulos o simples sinuosidades. Los cinco lóbulos principales, amplios, romos y cortos, obtusamente lobulados, con un contorno de dientes anchos, poco agudos y poco profundos» (15).

Saporta relacionó el *Acer opulifolium* (pliocénica) con las especies actuales *A. pseudoplatanus* L. y *A. campestre* L.

Citaremos como especie viviente en España, el *Acer opulifolium granatense* Boiss. de las sierras de Andalucía.

En Cataluña, la especie pliocénica, muestra una marcada analogía a *Acer subrecognitum* Rer., del Pontense de la Cerdaña (11, 22) que Saporta lo considera punto de arranque de la variedad *granatense*.

El *Acer opulifolium* Willd., *pliocénica* Sap. et Mar., ha sido hallado además en Castellbisbal y Esplugas (1) y Tortosa (2).

Acer pyrenaicum Rer.

Lám. V, fig. 3.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.812. Colección Castells.

Esta especie, hasta ahora típica de la Cerdaña, se encuentra también entre los ejemplares de la flora, objeto de estudio, que, según Rérolle (12), viene caracterizada por tener las hojas con «limbo trilobado, lóbulos poco robustos, triangulares, agudos, pero no acuminados; el lóbulo medio es algo más fuerte que los laterales, que son cortos y divergentes. La base es débilmente escotada, redondeada y de borde entero, en tanto que en el resto de la hoja, los bordes están provistos de pequeños dientes; sus nerviaciones primarias y secundarias son fuertes».

El parecido del arce pirenaico con otras formas similares es grande, por lo que se le ha confundido con el *Acer triangulilobum* Goep. (13), si bien uno de los caracteres que definen esta última especie es el dentado mayor de los bordes de la hoja. Asimismo se muestra próxima a nuestra especie el *A. nicolai* N. Boul., pero se distingue de ella porque el limbo queda más estrecho y los lóbulos laterales más pequeños.

Esta especie es abundante en la cuenca ceretana (11, 22).

CELASTRÁCEAS.

Celastrus gardonensis Sap. et Mar.

Lám. V, fig. 2.

Ejemplares: 1. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.813.

Esta especie está representada en nuestras colecciones por un único ejemplar, que por sus características, es idéntico a la Hoja de Saint Marcel, descrita y figurado por Depape (6). Según dicho autor viene caracterizado por tener el limbo estrechado hacia el peciolo, presentando el borde festoneado y levemente denticulado. El nervio central es fuerte, los secundarios están reunidos entre sí por venillas transversales oblicuas que, hacia el margen, toman el aspecto reticulado.

El *Celastrus gardonensis* Sap. et Mar. guarda una estrecha relación con la especie actual *C. cassinoides* L'Her. de las Islas Canarias.

Esta especie está ya citada en los alrededores de Barcelona, concretamente, en el Torrente de Esplugas (1).

CORNÁCEAS

Cornus sp. aff. *C. sanguinea* Linné.

Lám. V, fig. 5.

Ejemplares: 2. Inst. Geol. Universidad de Barcelona, núm. 7.814. Colección Castells.

Nuestros ejemplares pertenecen a una forma muy afin a las halladas en Rochessauve (8) y Saint Marcel (6), cuyas características se pueden resumir así: limbo oval elíptico, algo acuminado, nerviaciones secundarias en número de cuatro pares, incurvadas y convergentes hacia el ápice; estando, en nuestros ejemplares, separadas por intervalos, casi iguales, siendo algo mayores, no obstante, entre los superiores. Saporta y Depape admiten para estos ejemplares la atribución a *Cornus sanguinea*, la cual fue corroborada por Laurent, al encontrar hojas indudablemente pertenecientes a esta especie en el Plasenciense de Niac, Cantal (10).

El actual *Cornus sanguinea* L. se extiende sobre un área que comprende desde Europa hasta el Japón, a través de Siberia y Asia Central.

Como especie, el *Cornus* aff. *sanguinea* sería nueva en nuestra región, aunque no genéricamente, pues ya está citada en Esplugas como *C. buchii* Heer (1), del cual se admite también una ligera semejanza al *C. sanguinea*.

DELEACEAS.

Notela excelsa Webb. et Berth.

Lám. V, fig. 4.

Ejemplares: 3. Inst. Geol. Univ. de Barcelona, núms. 7.815, 7.816. Colección Castells.

Poseemos tres ejemplares semejantes por la forma del limbo a los figurados por Depape (6), son de forma lanceolado-oval con nerviaciones secundarias poco marcadas, que convergen en ángulo muy abierto y se unen en arcos sucesivos cerca del borde de la hoja; otras, intercalares, paralelas a las citadas, quedan libres perdiéndose en el parénquima.

La *Notela excelsa* Webb. et Berth. es una especie nueva entre la flora fósil de Cataluña.

APOCINÁCEAS.

Nerium oleander, L.

Lám. III, fig. 7.

Ejemplares: 4. Inst. Geol. Univ. de Barcelona, núm. 7.817, 7.818. Colección Castells. Centro Excursionista «Puig Castellar».

Las apocináceas están representadas en este yacimiento por cuatro fragmentos de hojas, dos de la porción media y otras dos de la inferior y peciolar, con estas características: limbo lineal lanceolado, acuminado; peciolo corto, nervio central en forma de surco en el haz de la hoja y muy prominente en el envés; nerviaciones secundarias muy numerosas y poco espaciadas, entre las que se intercalan otras más débiles. Tanto las primeras como las segundas, están débilmente incurvadas hacia el ápice. Pueden atribuirse, pues, dichos fragmentos de hojas, sin ninguna clase de dudas al *Nerium oleander* L. Por otra parte, esta especie estaba ya citada por Almera en el llano de Barcelona, Esplugas (1) y por Bataller en las cercanías de Tortosa (2).

La parquedad de nuestros materiales y el no disponer de ninguna hoja completa, nos impide el relacionarlos con la variedad pliocénica de Saporta y Marion (15); según dichos autores, la forma del Plioceno de Meximieux se caracteriza por el menor tamaño de sus hojas, por lo que consideran como la forma ancestral de la adelfa actual.

De las 23 especies de vegetales determinados, procedentes del yacimiento pliocénico del subsuelo contiguo al Turó de la Peira, 12 han sido ya citadas por el canónigo Jaime Almera en su *Descripción de los terrenos pliocénicos de la cuenca del Bajo Llobregat y Llano de Barcelona*.

El estudio de la fauna y flora de este yacimiento, hasta el presente desconocido y perdido posiblemente para el futuro, que ya está situado bajo un área urbana, y que sólo un eventual sondeo podría hacer aflorar de nuevo esta formación, contribuye pues, a un mejor conocimiento del plioceno de los alrededores de Barcelona, indicándonos, especialmente, la existencia de una zona salobre o estuario en el valle del Besós, análogo al del Llobregat (Papiol y Castellbisbal), cuya abundante fauna de lamelibranquios que estudia a continuación Mlle. Gillet, sitúa cronológicamente, el yacimiento, en un Plioceno inferior.

Al terminar la labor me es grato expresar mi agradecimiento a mi amigo y colaborador don Juan Vaello, por sus indicaciones que me permitieron el

conocimiento del yacimiento. Y de una manera especial al doctor Luis Solé Sabaris por su amable acogida en su Laboratorio, donde he podido disponer de la bibliografía necesaria y contar con la valiosa cooperación del doctor J. F. de Villalta en la orientación del trabajo.

Laboratorio de Geología de la Univ. de Barcelona.

Diciembre, 1960.

F A U N A

La fauna malacológica del yacimiento de Barcelona nos ha proporcionado los elementos siguientes: Gasterópodos representados únicamente por moldes externos o internos; corresponden a especies comunes en el valle del Llobregat y también a toda la cuenca mediterránea: *Melanopsis narzolina* Arch. (en proporción del 8 por 100) en estado de fragmentos, *Melanoïdes curvicosta* Desh., raro (3 por 100); la historia de estos dos gasterópodos la hemos establecido en una nota anterior (7). *Theodoxus micans* Gaudry et Fischer (10 por 100), moldes externos con trazas de coloración (raros); dicha especie se encuentra también en la cuenca del Ródano, así como en los niveles basales del Cuaternario en Megara (Atica, Grecia). Esta faunula de gasterópodos va acompañada también de moldes indeterminables de *Hydrobïas* (4 por 100).

Los lamelibranquios están representados por abundantes *Limnocardium* (50 por 100), cuyo estudio es el objeto de mi trabajo, la mayoría corresponden a especies que he encontrado también en el valle del Llobregat. A esta fauna cabe añadir un lamelibranquio de concha lisa muy inequilátero, indeterminable, y abundantes *Dreissencias* (25 por 100).

Como dato curioso, cabe consignar la ausencia de ostrácodos que tan abundantes son en los restantes yacimientos del valle del Llobregat.

Dreissencia dubia May. var., *rubricatica* Almera.

(1) 1894. J. ALMERA: *Descripción de los terrenos pliocénicos de Barcelona*, pág. 216, lám. I, fig. 1.

Lám. I, fig. 1.

Esta especie es poco abundante en el valle del Ródano, según Fontannes, mientras que abunda en el valle del Llobregat. Aquí está representada, generalmente, por fragmentos de moldes externos o internos. Figuramos aquí en la lámina I, figura 1, uno de los pocos ejemplares que muestra restos de la concha; y, en la figura 10 de la lám. I, una serie de ejemplares incompletos y, en parte, hundidos en la ganga.

Limnocardium ó *Cardium* sp.

Lám. I, fig. 2.

Esta forma es muy próxima a *Ceratodesma edule* Lín. y a la concha que hemos descrito de Papiol (7). Probablemente pertenece a un *Cardium* marino adaptado a un régimen lagunar, o quizá a un *Limnocardium* muy próximo a la especie marina de la cual deriva. La descripción de esta especie se da en el trabajo anteriormente citado.

Euxinocardium edesma Almera.

Lám. I, fig. 8.

Un ejemplar, en bastante mal estado de conservación, parece poderse atribuir a esta especie local muy abundante, que hemos descrito con todo detalle en el trabajo antes citado (7). El umbo es aquí submediano, al igual que los ejemplares anteriormente descritos, como puede verse en la figura 8 de la lámina I. En la que se aprecia también algunas de las 20 costillas pues en la fotografía no son visibles las posteriores.

Limnocardium sp. nov. cf. *trifkozici* Brus.

(3) 1902. *Limnocardium trifkozici* Brusina. «Iconographia Molluscorum», etc. Lám. XXVII, figs. 50, 51, núms. 50-56.

Lám. I, figs. 3-7, ó 9-10, 18.

Esta especie que nosotros relacionamos con la de Brusina es bastante abundante en este yacimiento, si bien, frecuentemente, los ejemplares están en estado fragmentario. En ella se observa un tránsito desde ejemplares con ancho umbo subcentral, poco elevado (próximo a la fig. 50 de Brusina), a los que muestran gancho bien desarrollado, ligeramente prosogiro, que puede paralelizarse con la figura 51 del mismo autor. El tipo de la especie parece ser una forma intermedia entre las anteriormente descritas (figs. 3-7). Las costillas en número de una veintena, son prominentes, estrechas, más o menos agudas, apenas ensanchadas hacia el borde paleal y separadas por intervalos tan anchos como ellas. En general, son casi rectas en casi todos los individuos, salvo en el borde anterior, en el que son oblicuas en las variedades que figuramos (figs. 9, 10 y 18). Estas características que venimos describiendo se encuentran también en la especie de Brusina. La imposibilidad

de observación de la charnela nos impide situarlos exactamente dentro de la sistemática actual de los *Linnocardium*. Los tipos de Brusina de las figuras 50 y 51, proceden de las capas inferiores de Kúp (Hungría), mientras que los de las figuras 52-56, proceden del mismo nivel de Begalgica (Servia), y parecen pertenecer a otra especie. Las costillas del *L. trifkovicí* son aproximadamente en igual número y presentan el mismo aspecto que en la especie catalana: de cuatro a seis costillas posteriores, muy juntas, y de 14 a 16 sobre el resto de los flancos. La charnela figurada por Brusina muestra un diente cardinal y los laterales alargados sobre ambas valvas.

La especie que venimos describiendo es hasta el presente desconocida en el valle del Llobregat.

Euxinocardium subtenue Almera, grupo *inlongaezum* Eberzine.

Lám. I, figs. 11 y 15.

Este yacimiento nos ha proporcionado algunos ejemplares que podemos atribuir a la especie de Almera, que nosotros hemos descrito procedente del valle del Llobregat; ver la descripción de la especie en la Memoria que aparecerá próximamente (7). El individuo de la figura 11 tiene 22 costillas muy juntas en el borde anterior y separadas en las proximidades del área posterior, la cual presenta 6 costillas menos anchas. El gancho es más ancho y más prosogiro que en la especie rusa, en cuyo grupo nosotros colocamos la especie catalana. Se aproxima a *E. seninskii* Eberz. que tiene una concha más gruesa. Como en esta especie, las costillas, casi rectas, se curvan hacia el gancho. El borde cardinal es recto y el anterior muy cóncavo. El borde posterior es oblicuo, mientras que el anterior es redondeado y se une con el borde cardinal, formando un ángulo agudo. Entre las costillas se observan ondulaciones de crecimiento que deberían, si ella fuese intacta, cubrirla en su totalidad.

El segundo ejemplar (fig. 15), en peor estado de conservación muestra el umbo más agudo y prosogiro, pudiéndose relacionar con la figura 15 de *E. inlongaezum* Eberz. Las costillas son todavía más curvadas que en la especie rusa.

Euxinocardium grupo *pseudosecans* Andr.

(2) 1917. *Linnocardium pseudosecans* Andrusov. «Étage Pontien.», lámina I, fig. 20.

Lám. I, figs. 12-14, 16 y 17.

Un cierto número de ejemplares se aproximan a las conchas, muy abundantes en el valle del Llobregat (7), que nosotros hemos colocado cerca del

grupo ruso de *pseudosecans*. Se caracterizan por tener un gancho elevado proyectado hacia delante, su galbo es oval y las costillas redondeadas, ca equidistantes.

Dos ejemplares, uno de los cuales está representado en la figura 17, tienen la parte posterior deteriorada, los ganchos son más estrechos que el tipo de Andrusov. Un tercer ejemplar (fig. 16), casi completo, muestra restos de una concha rubificada. En ellos, el borde cardinal posterior es siempre oblicuo y se une formando una línea curva con el borde lateral que desciende oblicuamente hacia el borde ventral. La región anterior es siempre ancha y redondeada, la lúnula profundamente excavada.

Diadacna catalaunica nov. sp.

Lám. I, figs. 19 a 26; lám. II, figs. 1, 2, 4-6, 8, 18 a.

Esta pequeña concha es un elemento dominante de la fauna de moluscos de este yacimiento. El aspecto general permite clasificarle en este género, caracterizado por una quilla que separa el área posterior de los flancos. Algunos fragmentos de individuos jóvenes se encuentran también en los yacimientos del valle del Llobregat; nosotros los hemos figurado en nuestro trabajo sobre esta fauna (7). La relación entre sus dimensiones varía de 1.2 a 1.3. El gancho es más ancho que en la especie próxima *D. subcarinata* Desh. y es ligeramente prosogiro, si bien la relación entre sus dimensiones es la misma. En *D. catalaunica* nov. sp. el borde anterior y el borde ventral son redondeados, el posterior es oblicuo y recto. El borde cardinal posterior es largo y rectilíneo, mientras que el anterior es corto y está más o menos excavado por la lúnula. El área posterior se estrecha en relación a los flancos y presenta 9 ó 10 costillas apretadas. Sobre los flancos se observan de 20 a 24 costillas separadas por espacios equivalentes a la mitad de su anchura; estas costillas son más estrechas en la región anterior en donde se incurvan fuertemente. En el centro de los flancos son rectas o ligeramente oblicuas. Sobre toda la superficie de la concha las costillas, están cruzadas por líneas concéntricas, visibles cuando la concha está bien conservada, que dan a la concha un aspecto tectiforme. La quilla está formada por dos, a veces tres, costillas prominentes, fuertemente oblicuas, al igual que las del área posterior.

Didacna bolleensis May.

(5) 1879-82. *Cardium bolleense* May. en Fontannes. «Mollusques pliocènes de la vallée du Rhône, etc.», pág. 89, lám. 4, figs. 2, 12 y 13, var. *sparsisulcata*.

Lám. II, fig. 3.

Nosotros hemos descrito esta especie del valle del Llobregat (7), en donde es bastante frecuente y localizada en algunos niveles.

Hemos encontrado también algunos ejemplares en el yacimiento del Turó de la Peira. El que figuramos tiene la forma general de la var. *sparsisulcata* de Fontannes: que se caracteriza por tener el borde posterior muy desarrollado y las últimas costillas de los flancos muy oblicuas, pero en nuestro ejemplar los ganchos son menos prominentes que en la figura 2 de Fontannes; el número de costillas es el mismo (23-24), aunque las finas costillas del área posterior no son visibles en nuestra fotografía.

Didacna sp. nov.

Lám. II, fig. 7.

Esta especie parece originarse a partir de *Didacna catalaunica* de la cual tiene la forma general, el número de costillas y el gancho poco prominente. Difiere de ella por la presencia de espinas sobre el borde cardinal posterior. El borde paleal posterior es rectilíneo, el anterior redondeado y el ventral, derecho. La quilla es poco marcada, pero sería más visible si el ejemplar fuese intacto. Se separa de *D. chiae* Almera, especie espinosa del valle del Llobregat, por el mayor número de costillas y la forma más oblonga. Brusina ha figurado una especie que se le aproxima: *D. Kosici* (3) del yacimiento de Markusevec, cerca de Zagreb). Pero, esta forma presenta, una quilla espinosa y las espinas del borde cardinal posterior son más numerosas y más delgadas.

Didacna pseudoschemachinica nov. sp.

Lám. II, figs. 9, 10.

Esta especie está representada únicamente por dos o tres individuos, mientras que es muy abundante en el valle del Llobregat, de donde nosotros la hemos descrito (7). Una variedad es oblonga con una quilla aguda y el

área posterior deprimida, formando así un ángulo recto con los flancos; ella se relaciona con nuestras figuras 10-11, lám. III de la Memoria citada; la otra se aproxima al tipo de la especie, el gancho es proyectado hacia delante en lugar de ser subcentral, el área posterior forma una especie de pico que se prolonga con el borde ventral.

Didacna nov. sp.

Lám. II, fig. 11, 12.

La presencia de una quilla bien marcada nos obliga a colocar esta especie en este género de *Limnocárdidos*. Es desconocida en el valle del Llobregat y está representada en el yacimiento de Barcelona por un único ejemplar bivalvo con las valvas abiertas. La extremidad anterior, prominente y aguda separa a esta especie de todas las conocidas. Los ganchos son poco desarrollados y casi rectos. El borde posterior es —excepcionalmente corto— redondeado— cerca del borde ventral, después rectilíneo hasta el borde cardinal, el cual es corto y recto. El borde cardinal anterior es largo y fuertemente hendido: se continúa con el borde anterior, cóncavo, uniéndose con el borde ventral por un ángulo agudo, las costillas son numerosas y muy juntas, en número de una treintena son gruesas sobre las áreas posterior y anterior, mientras que, sobre los flancos, son más finas.

Prosodacna nov. sp.

Lám. II, figs. 13, 14.

Esta concha, de la cual poseemos dos ejemplares, parece ser ya, por los caracteres de su gancho, una *Prosodacna*, no obstante recuerda a las formas ancestrales como *P. pseudosemisulcatum* Andr. del Sarmatiense medio de Besarabia y Kertch, en la cual la charnela muestra ya un ligero espesamiento del diente lateral anterior. El gancho no sobrepasa, de mucho, el borde cardinal posterior. Es redondeado. En el ejemplar de la figura 14 el borde paleal se alza suavemente de la región ventral a la posterior, lo que no ocurre en la especie sarmatiense: el borde posterior es redondeado en lugar de ser recto y se une formando un ángulo ampliamente abierto con el borde cardinal oblicuo. El borde cardinal posterior es corto y cóncavo y el borde anterior es redondeado. Esta región anterior está fuertemente deprimida, casi en ángulo recto con los flancos. Lo que no existe o está apenas indicado en *pseudosemisulcatum*. En el área anterior la concha es ligeramente deprimida y no parece haber existido una quilla, que por otro lado está bien

marcada en la especie rusa. Sobre el molde interno no es posible saber si las costillas eran visibles como esta especie o estaban unidas. Las costillas son derechos. El segundo ejemplar tiene el borde anterior menos deprimido (fig. 13), las costillas son oblicuas y el borde ventral más redondeado. Estas conchas no eran muy abombadas.

Prosodacna cf. *littoralis* Eich. cf. var. *semisulcatoides* Eberz.

(4) 1959. *Prosodacna littoralis* Eich. var. *semisulcatoides* Eberzine. «Cadiidés cènes d'U. R. S. S.», pág. 50, lám. II, figs. 5-7.

Lám. II, figs. 15 y 18.

Esta concha, de gancho poco prominente, no puede ser asimilada más que a esta variedad del grupo *P. littoralis* (fig. 5 de Eberzine). En ella el borde anterior es redondeado, el posterior rectilíneo, y se une formando un ángulo abierto con los bordes cardinal y ventral. Este último es ligeramente redondeado. El borde cardinal posterior es aquí poco oblicuo y el anterior poco excavado.

Un segundo ejemplar, bastante más abombado y con el gancho más prominente, tiene, como relación 1,1 en vez de 1,2. Es próximo al de Eberzine (figura 7), pero el gancho es menos ancho y la lúnula más profunda; el borde anterior es redondeado, el posterior, derecho; el ventral más redondeado que la variedad precedente. Las costillas deberían estar más o menos hundidas en la concha como en todas las especies de este grupo.

Grandes conchas fragmentadas mostrando una fuerte curvatura del gancho y las costillas desgastadas y adelgazadas, pueden relacionarse con la variedad *eichwaldi* Andr., la cual muestra una mayor evolución hacia el tipo *Prosodacna* que la var. *littoralis littoralis*, la primera en la serie ortogénética de las *Prosodacnas* con las costillas englobadas en la concha que termina por *P. macrodon* Desh del Cimeriense.

Prosodacna grupo *littoralis* Eich. cf. *littoralis* Eberz.

(4) 1959. *Prosodacna littoralis* Eich., *littoralis*, en Eberzine, loc. cit., t. III, página 43, lám. I, figs. 1-5.

Lám. II, figs. 16 y 17.

Figuramos dos conchas próximas a *P. littoralis* s. str. En ellas, el umbo es un poco menos desarrollado en el ejemplar de la figura 16, y que se aproxima al de la figura 4 de Eberzine, que tiende hacia la variedad *eichwaldi*. El ejemplar de la figura 17, que tiene los ganchos menos prominentes, se re-

laciona con la figura 5 de Eberzine, en él las costillas son más amplias menos numerosas, estando englobadas en la concha. Un molde externo de costillas reunidas, presenta la misma forma que la figura 16.

Esta especie ha sido objeto de una descripción detallada a propósito de 1 numerosos ejemplares recogidos en el valle del Llobregat; para más detalles véase este trabajo (7).

Prosodacna grupo *littoralis* Eich. cf. var. *eichwaldi* Andr.

(4) 1959. *Prosodacna littoralis* var. *eichwaldi* Andr. en Eberzine, loc. cit., t. III, pág. 4, lám. II, fig. 6.

Lám. II, figs. 21 y 22.

Dos ejemplares, uno de los cuales tiene las valvas abiertas, tienen los ganchos en posición más anterior que *littoralis*, las costillas son alrededor de veinte, en el ejemplar de la figura 21, y veinticinco en el ejemplar de la figura 22. La charnela debería ser ligeramente engrosada en la región anterior. La lúnula es profunda; las costillas, son rectas en la región posterior, hacia la cual el borde ventral se alza suavemente, redondeadas en la región anterior que no sobrepasa el gancho en el ejemplar de la figura 22, mientras que en el de la figura 21 lo sobrepasa ampliamente. La segunda valva está ligeramente comprimida.

Prosodacna s. cf. *pseudocucstiensis* Eberz.

(4) 1959. *Prosodacna pseudocucstiensis* Eberzine, loc. cit., pág. 67, lámina II, figs. 1, 2.

Lám. II, figs. 19, 20, 23.

Esta especie, con ganchos altos, se parece a la especie rusa que tiene los ganchos menos amplios que nuestra figura 23 y tan prosogiros. Las costillas que debían quedar incluidas en la concha están fuertemente desgastada y no es posible observar si en el ejemplar joven eran agudas. Sobre los flancos, única parte donde pueden ser observadas en el molde, se cuenta una quinceana. Los extremos de la concha presentan la misma forma que la figura 1 de Eberzine; el anterior redondeado, el posterior formando un pico romo, algo debilitados por desgaste en nuestro ejemplar.

Otros dos ejemplares (figs. 19 y 20) están, en parte, rotos. Tienen los ganchos más prosogiros, menos elevados y una forma más redondeada y abombada. Constituirían una forma de tránsito hacia la *P. cucstiensis* Font, especie rumana que no ha sido figurada por Eberzine, y que presenta e-

gabo redondeado, ganchos cortos, romos, amplios y prosogiros. Nosotros no la hemos recogido nunca en Rumania.

El tipo de Andrusov que ha sido cambiado de nombre por Eberzine *P. pseudocucstiensis*, tiene los ganchos bastante más elevados que los ejemplares figurados por Eberzine. Esta especie ha sido descrita y figurada en la Memoria anteriormente citada sobre la fauna del Llobregat (7).

Todos los ejemplares descritos y figurados, procedentes del yacimiento del Turó de la Peira, forman parte de la colección paleontológica del Instituto Geológico de la Universidad de Barcelona.

Laboratoire de Géologie et de Paléontologie

(Université de Strasbourg), julio 1960.

Recibido 24-V-1961.

BIBLIOGRAFÍA (FLORA)

1. ALMERA, J.: *Descripción de los terrenos pliocénicos de la cuenca del Bajo Llobregat y Llano de Barcelona*. Barcelona, 1894.
2. BATALLER, J. R., y LÓPEZ MANDULEY, M.: *Mem. explicativa de la Hoja núm. 522. Tortosa (Tarragona)*. «Inst. Geol. y Min. de España», mapa geológico, Madrid, 1929.
3. BERGER, W.: *Untersuchungen an der obermiozänen (Sarmatische) flora von Gabbro (Monti L'Arnesi) in der Toscana*. «Palaeontographia italica», vol. LI (N. ser. XXI), Pisa, 1958.
4. BOULAY: *La flore pliocène des environs de Théziers (Gard)*. «Mem. de l'Acad. de Vaucluse», t. VII, Avignon, 1889.
5. — — *Flore pliocène du mont Doré (Puy de Dôme) (in 4.º, 116 págs., 12 láms., 21 figs. text.)*. Paris, Savy, 1892.
6. DEPAPE, D.: *Flore pliocène de la Vallée du Rhône*. Paris, 1922.
7. FAURA I. SANS, MM.: *Montjuich. Notas geológicas*. «Boletín Art. For.», año VII, núm. XXVIII, Barcelona, 1917.
8. GRANGEON, P.: *Paléontologie végétale du Massif du Coiron (Ardèche)*. «Memoires de la Société d'Histoire Naturelle d'Auvergne», núm. 6, Clermont Ferrand, 1958.
9. HEER, O.: *Flora tertiaria Helvetiae. Die tertiäre Flora der Schweiz* (3 vol. in 4.º, 606 págs., 155 láms. Winterthur), 1854-59.
10. LAURENT, L.: *Flore plaisancienne des argiles éocènes de Nias (Cantal)*. «Ann. Mus. Hist. Nat. (Géologie)», Marsella, 1908.
11. MENÉNDEZ AMOR, J.: *La depresión ceretana española y sus vegetales fósiles*. «R. A. C.», Madrid, 1955.
12. REPOLLE, L.: *Etudes sur les végétaux fossiles de la Cerdagne*. «Rev. des Sc. Nat.», 3.ª serie, t. IV, Montpellier, 1885.
13. SAPORTA, G. DE: *Etudes sur la végétation du Sud-Est de la France à l'époque tertiaire*. «Ann. Sci. Paris, Bot. Paris», ser. 4/17, ser. 5/4, ser. 5/18. Paris, 1862, 1865, 1873.
14. SAPORTA, G. DE. et MARION, A. F.: *Sur les couches supérieures à la molasse du bassin de Théziers (Gard) et les plantes fossiles de Vacquières (B. S. G. F.)*, 1873, 1874.
15. — — — MARION: *Végétaux fossiles de Meximieux*. «Arch. du Museum d'Hist. Nat. de Lyon», t. I, 1876.
16. — — *Revisión de la flore de Gelinden*. «Men. cour et Me. d. savants etrang. publiés par Acad. Royal Sc. Lettr. et Beaux Arts de Belgique», t. XLII, Bruselas, 1878.

17. UNGER, F.: *Cloris protéga*. Leipzig, 1841-47.
18. UNGER, F.: *Sylogae plantarum fossilium*. I. «Denkschr. k. Akad. Wiss.», math.-nat. W. kl. 19, Viena, 1860.
19. UNGER, F.: *Die fossile Flora von Sotzka* («Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss.», math. nat. cl. Bd. 2, 67, lám. 47. Viena, 1850.
20. — — *Genera et species plantarum fossilium*. Vindobonae, 1859.
21. VAULX (P. DE LA) et MARTY: *Nouvelles recherches sur la flore fossile des environs d'Arènes (Puy-de-Dôme)*. Introd. géol. par M. Ph. Glaucgeaud («Rev. gen. de Bot. t. XXXII, 1920.
22. VILLALTA, J. F. y CRUSAFONT, M.: *La flora miocénica de la depresión de Bellver*. «Illa», núm. 3, fas. II, Lérida, 1945.
23. ZITTEL, K. A.: *Handbuch der Palaeontologie (Palaeophytologie)*. Leipzig, 1890.

BIBLIOGRAFÍA (FAUNA)

1. ALMERA, J.: *Descripción de los terrenos pliocénicos de Barcelona*. Barcelona, 1894.
2. ANDRUSOV, N.: *Etage pontien. Géologie de la Russie*. «Comité géol. de Russie», IV II, Libr. 2, Petrogrado, 1917.
3. BRUSINA: *Iconographia Molluscorum*: un. «Atlas». Zagreb, 1897.
4. EBERZINE: *Cardiidés pliocènes d'U.R.S.S.*, V, III, 1959.
5. FONTANNES, F.: *Mollusques pliocéniques de la vallée du Rhône*. T. II. Lyon, 1879-8.
6. GILLET, S.: *Notions préliminaires sur la faune dite à Congéries de la vallée du Llobregat*. Cursos y conferencias del Inst. «Lucas Mallada», fasc. 4. Madrid, 1957.
7. — — *Les Limnocardiidés du Pliocène saumâtre de Barcelone (vallée du Llobregat)*. En próxima aparición.

LÁMINA I

- Fig. 1.—*Dreissencia dubia* May. var. *rubricata* Almera, $\times 6$.
 Fig. 2.—*Limnocardium* o *Cardium* sp., $\times 2$.
 Fig. 3-7.—*Limnocardium* cf. *trifkovici* Brus., $\times 2$.
 Fig. 8.—*Euxinocardium edesma* Almera, $\times 2$.
 Fig. 9-10.—*Limn.* cf. *trifkovici* Brus. var., $\times 2$ y 3. Unas *Dreissencias* son visibles bajo los *Limnocardium*, fig. 10.
 Fig. 11.—*Euxinocardium subtenue* Almera, $\times 2$.
 Fig. 12-14.—*E.* cf. *pseudosecans* Andr., $\times 3$.
 Fig. 15.—*E. subtenue* Almera, $\times 2$.
 Fig. 16-17.—*E.* cf. *pseudosecans* Andr., $\times 3$.
 Fig. 18.—*Limn. trifkovici* Brus., var. $\times 3$.
 Fig. 19-26.—*Didacna catalaunica* Gillet, $\times 2$.

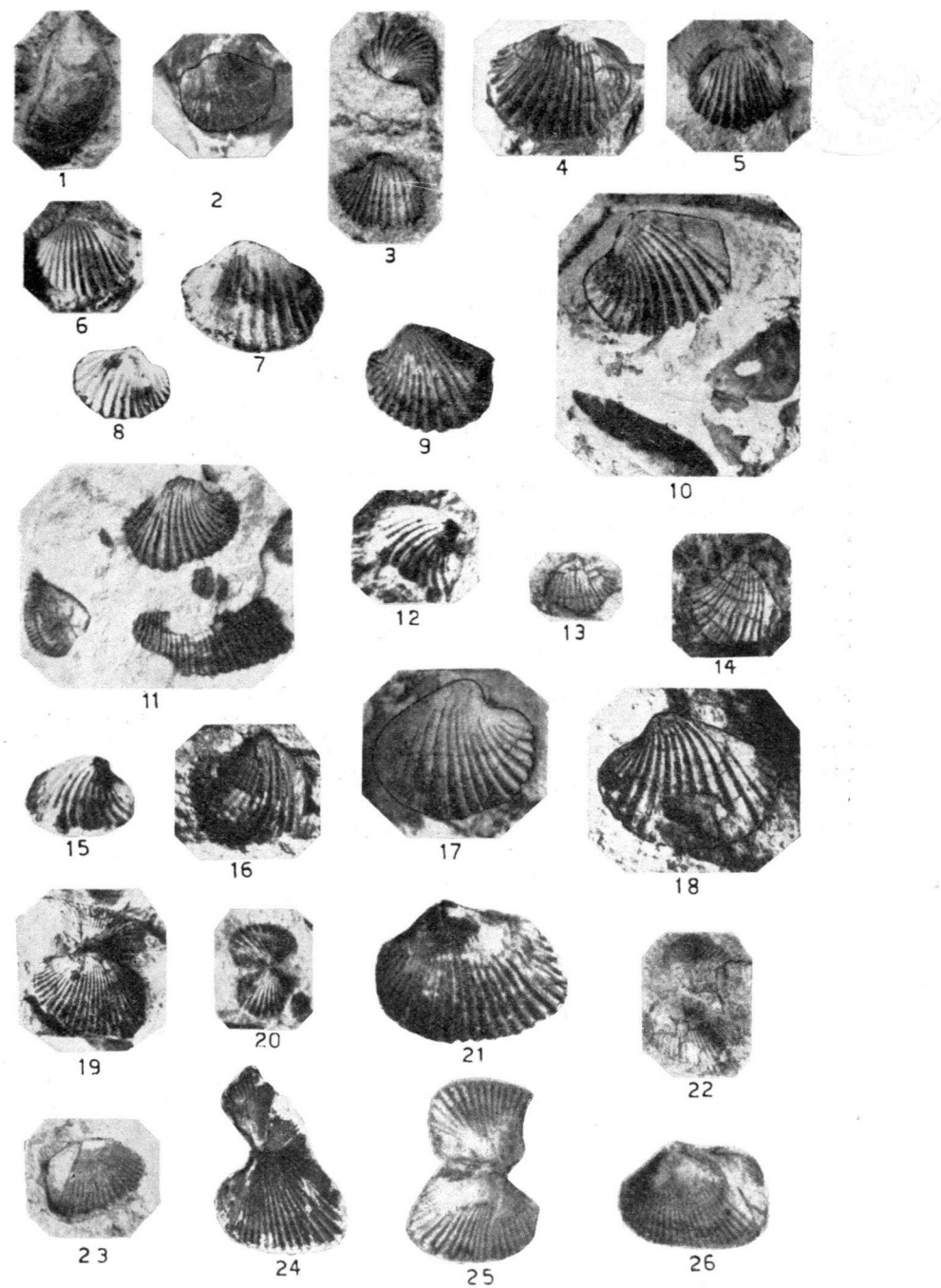
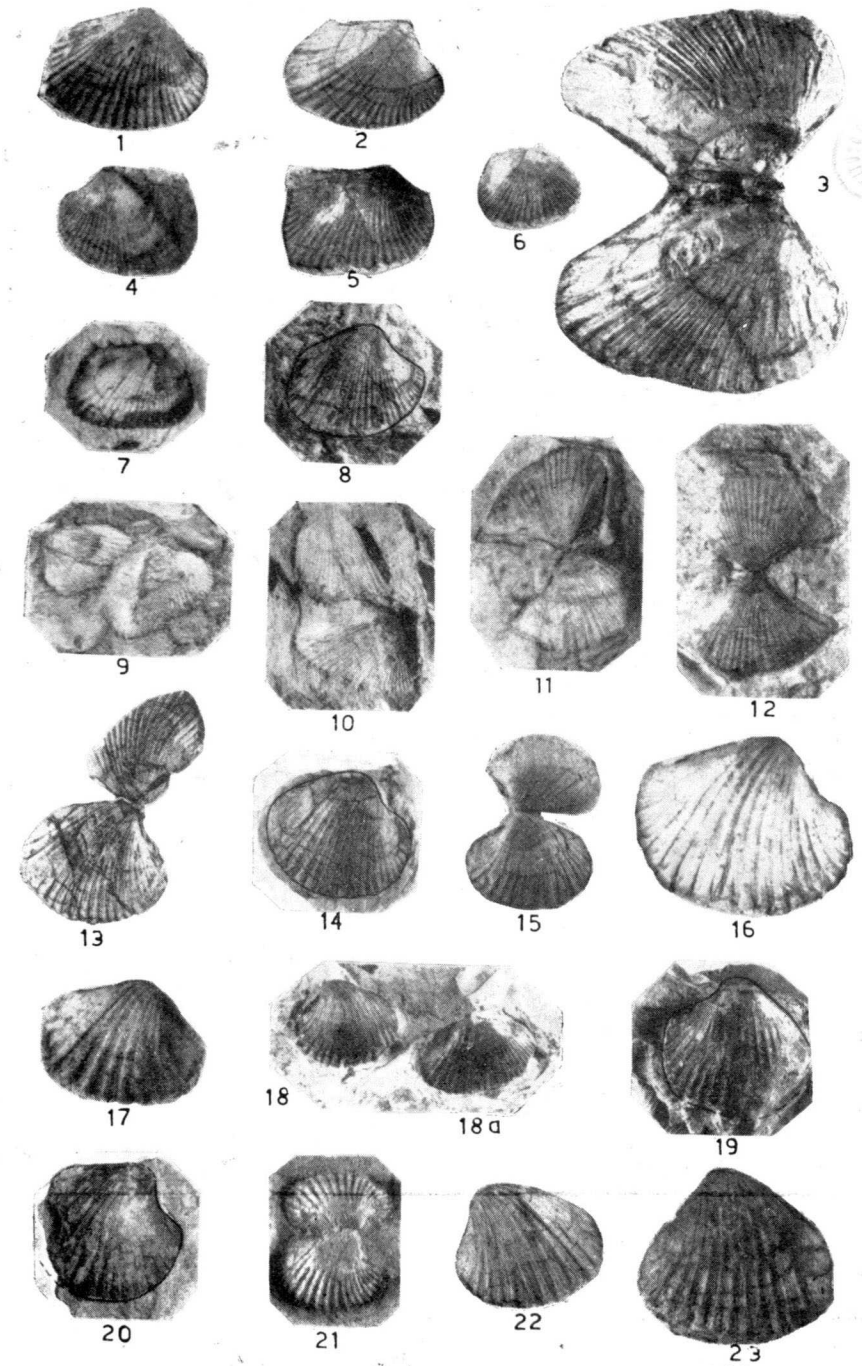


LÁMINA II

- Fig. 1-2.—*Didacna catalaunica* Gillet, $\times 2$.
 Fig. 3.—*D. bollenensis* May. Tamaño natural.
 Fig. 4-6.—*D. catalaunica* Gillet, $\times 2$.
 Fig. 7.—*D.* sp. nov. mutación de *D. catalaunica*, $\times 2$.
 Fig. 8.—*Didacna catalaunica* Gillet, var. $\times 2$.
 Fig. 9-10.—*D. pseudoschemachinica* Gillet, $\times 4$.
 Fig. 11-12.—*D.* sp. nov., $\times 4$.
 Fig. 13-14.—*Prosodacna* sp. nov., tamaño natural.
 Fig. 15.—*Prosodacna* cf. *littoralis* var. *semisulcatoides* Eberz.
 Fig. 16.—*Pr. littoralis littoralis* (Eich.) Eberz., 3.
 Fig. 17.—*Prosodacna littoralis littoralis* (Eich.) Eberz., $\times 2$, 3.
 Fig. 18.—*Prosodacna littoralis* Eich. var. *semisulcatoides* Eberz., tamaño natural.
 Fig. 18a.—*Didacna catalaunica* Gillet, tamaño natural.
 Fig. 19-20.—*Prosodacna* cf. *pseudocucestiensis* Eberz. íd.
 Fig. 21-22.—*Pr.* cf. *littoralis* var. *eichwaldi* Andr., $\times 2$.
 Fig. 23.—*Pr.* cf. *pseudocucestiensis* Eberz., tamaño natural.



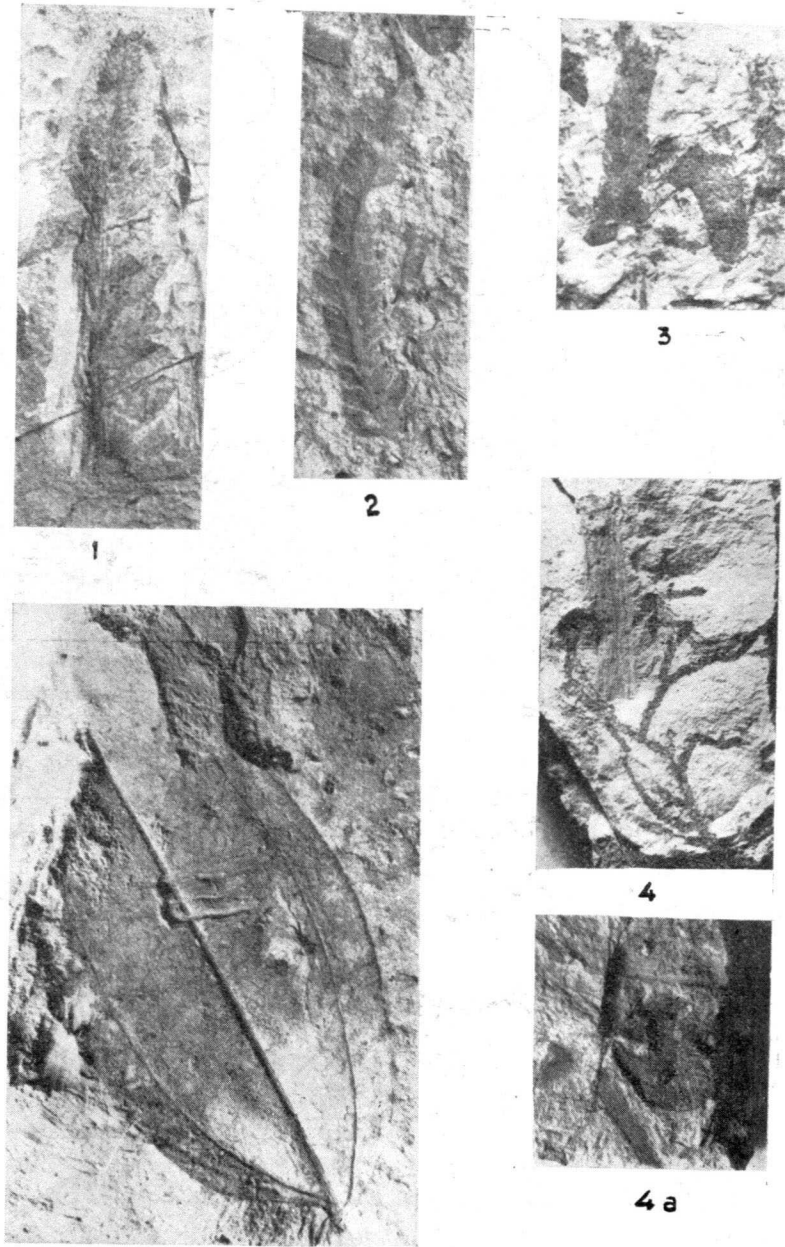


Lámina I.—1, *Woodwardia radicans pliocenica* Sap. et Mar.; 2, *Asplenium* sp.; 3, *Osmunda* sp.; 4, *Cupressus* sp. aff. *C. sempervirens* L.; 4 a, *Cupressus* sp. aff. *C. sempervirens* L., gá'bu'a; 5, *Smilax targionii* Gaud.

Fot. A. Sandoval

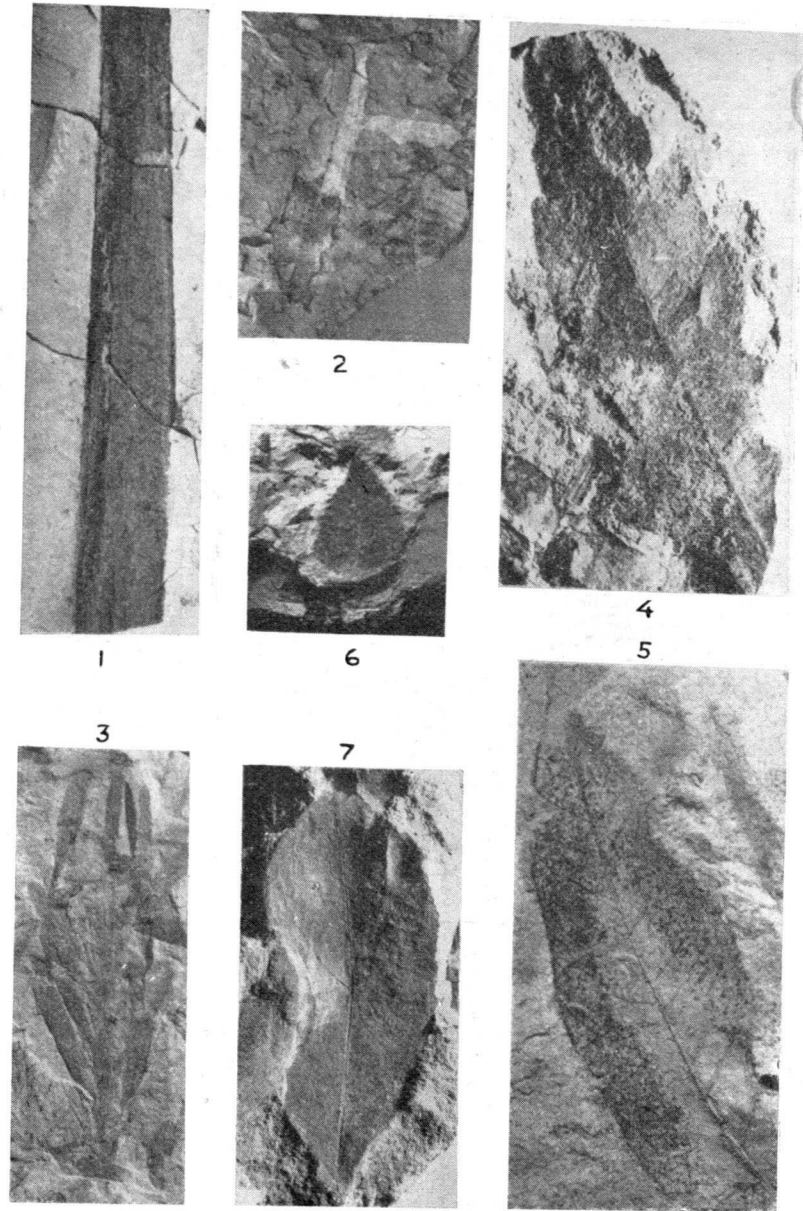


Lámina II.—1, *Typha latissima* Al Br.; 2, *Potamogeton crispus* L. *pliocenica* nov. var.; 3, *Potamogeton* sp.; 4, *Quercus hispanica* Rer.; 5, *Quercus praecursor* Sap.; 6, *Ulmus braunii* Heer; 7, *Benzoin antiquum* Heer aff. *aestivale* Nees.

Fot. A. Sandoval

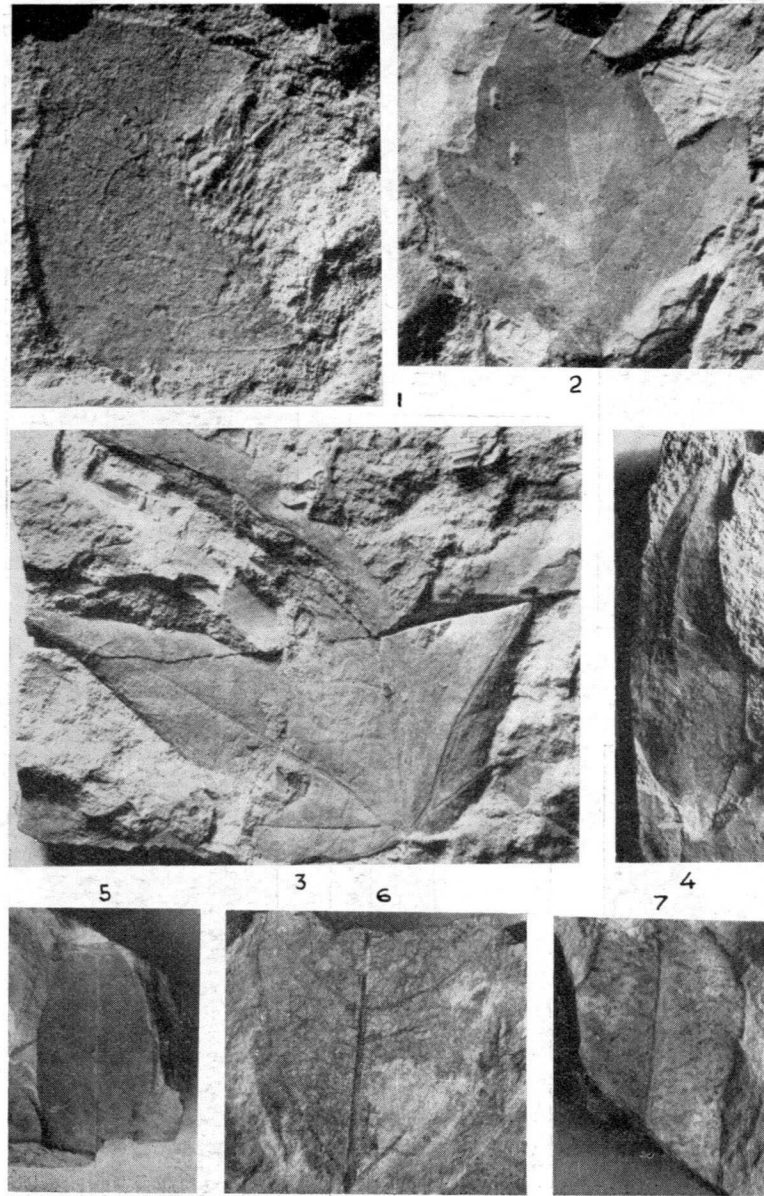


Lámina III.—1, *Populus* sp. aff. *P. nigra* L.; 2, *Platanus aceroides* Goepf.; 3, *Liquidambar europaeum* Al. Br.; 4, *Sapindus falcifolius* Al. Braun.; 5, *Robinia* sp.; 6, *Oreodaphne heerii* Gaud.; 7, *Nerium oleander* L.

Fot. A. Sandoval

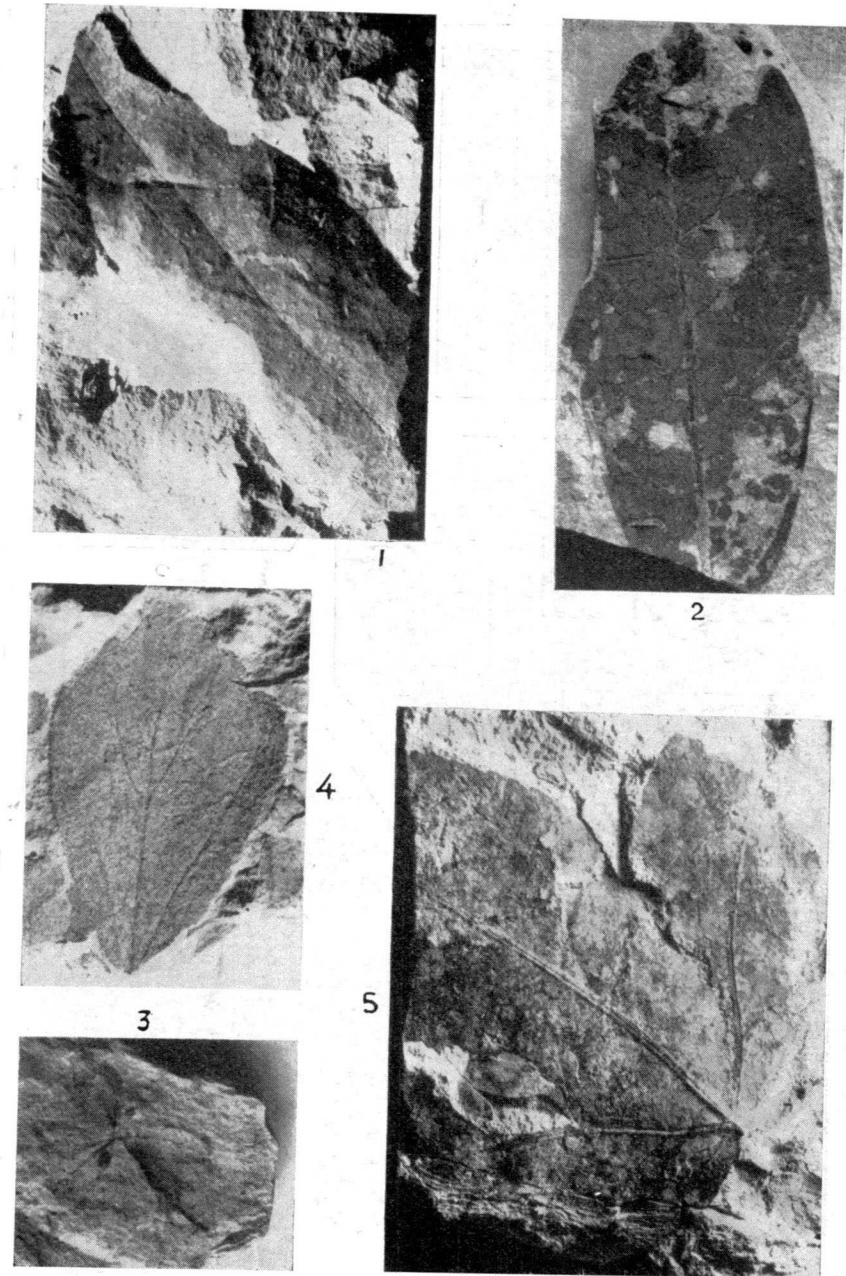


Lámina IV.—1, *Laurus canariensis* Webb. *pliocenica* Sap. et Mar.; 2, *Oreodaphne heerii* Sap. et Mar.; 3, *Heterocalix unseri* Sap.; 4, *Acer nicolai* N. Boul; 5, *Acer opulifolium* Willd *pliocenicum* Sap. et Mar.

Fot. A. Sandoval

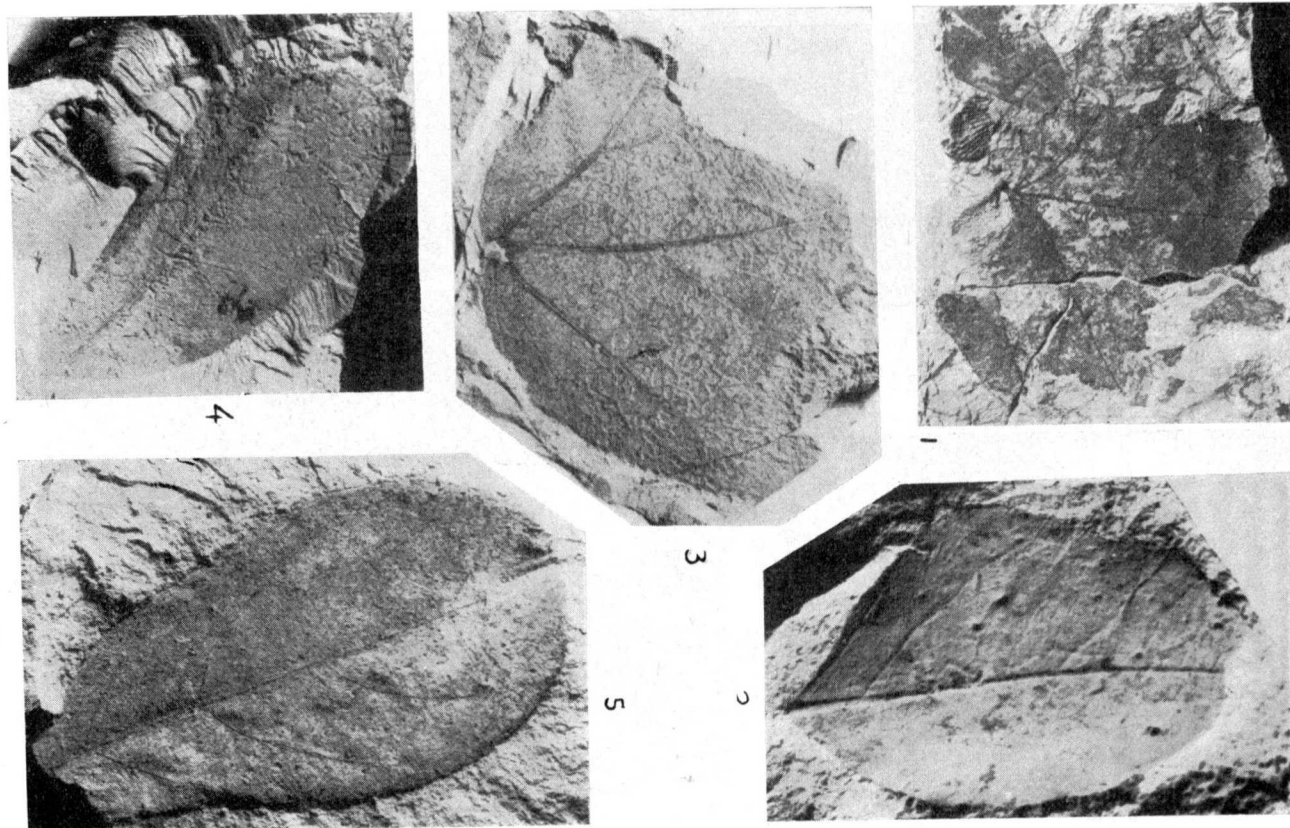
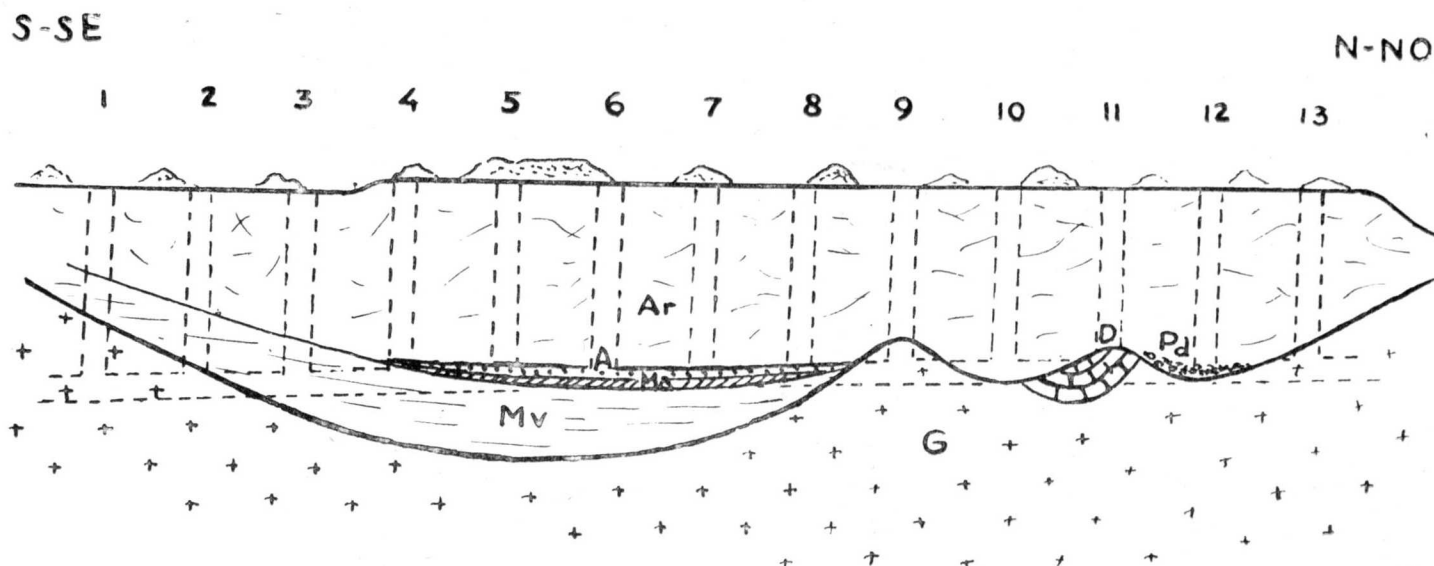


Lámina V.—1, *Acer opulifolium* Willd. pliocenico Mar. et Mar.; 2, *Celastrus gardonensis* Sap. et Mar.; 3, *Acer pyrenaicum* Ret.; 4, *Notofia excelsa* Webb. et Berth.; 5, *Cornus* sp. aff. *C. sanguinea* Linne.

Fot. A. Sanderul



Corte hipotético según el porcentaje de materiales extraídos de los pozos de la nueva colectora de la calle de San Acisclo, en el extremo norte de la ciudad de Barcelona. Cuaternario: Ar. Arcillas; Plioceno: A. Arenas; Ma, Margas amarillas; Mv. Margas verdes; Paleozoico: D. Calizas devónicas; Pd. Paleozoico disgregado; G. Granito.

Noticias

MERCADO EUROPEO DEL PETRÓLEO

Según el Comité de la O. E. C., la demanda de petróleo en Europa alcanzará los 200 a 400 millones de toneladas en 1965, y 300 a 350 millones de toneladas en 1975. El consumo de las fracciones ligeras y pesadas continuará aumentando constantemente, quizás estas a un ritmo ligeramente menor que el de los últimos años. Se espera que las actuales reservas mundiales de petróleo serán suficientes para cubrir cualquier demanda previsible. Probablemente aumentarán en los próximos años las importaciones en Europa procedentes de Oriente Medio y Venezuela, representando una porción menor del total, ya que aumentarán la parte de África del Norte y la de la U. R. S. S.

La capacidad de las refinerías europeas alcanza actualmente 180 millones de toneladas. En el transcurso de los dos años próximos, 16 países de la O. E. C. E. dispondrán probablemente de refinerías propias. El volumen medio de las refinerías aumenta, por haberse puesto de manifiesto, que, es cada vez más ventajoso instalar las refinerías en la proximidad de los centros de consumo, y enlazarlas con la costa mediante oleoductos. Los distintos proyectos de oleoductos actualmente en construcción permiten suponer que la estructura del transporte del petróleo experimentará algunas variaciones, que, no obstante, serán compensadas por el creciente consumo.

Se espera que las inversiones de la industria petrolífera en Europa se mantendrán durante los próximos años a un alto nivel. Según las previsiones del Comité de la O. E. C. E., alcanzarán para el período de 1955-65, la cifra de 20.000 millones de dólares.

El desequilibrio entre la demanda y la producción de petróleo ha determinado una baja de los precios y una gran competencia entre las sociedades productoras, principalmente por lo que respecta a las fracciones pesadas, sobre todo en aquellos países donde las refinerías y los distribuidores pudieron surtirse con petróleos baratos extraeuropeos, en particular los de origen ruso.

El Comité de la O. E. C. E. opina que todos los Gobiernos estarán igualmente interesados en facilitar el comercio del petróleo, puesto que éste es un factor decisivo para el futuro bienestar de todos los pueblos.

Aunque se registran importantes progresos en la producción de gas natural en Europa, el principal interés radica en las futuras importaciones, especialmente las procedentes del Sahara. Actualmente, se está realizando un gran esfuerzo para estudiar las posibilidades que ofrecen su producción, el transporte y venta, pero todavía es demasiado pronto para poder pronunciarse sobre la repercusión que tal desarrollo tendrá en el mercado energético europeo en conjunto.

GRUPO DE SEDIMENTOLOGIA

Está preparándose la 2.ª Reunión del Grupo Español de Sedimentología, la cual se celebrará en Sevilla durante la tercera semana del próximo mes de octubre.

GRUPO DE ESPECTROQUIMICA

A causa de las indicaciones recibidas en los Coloquios Internacionales, se ha organizado en España el Grupo de Espectroquímica, patrocinado por la Real Sociedad Española de Física y Química. El fin de este Grupo será la enseñanza y preparación de muestras tipos, difusión bibliográfica, etc., y en ella se podrán encuadrar todos aquellos técnicos y científicos que se dediquen al análisis elemental por técnicas espectroquímicas, bien sean de radiación ultravioleta, visible, gamma, rayos X, de masas, etc.

NOVENO COLOQUIO ESPECTROQUIMICO INTERNACIONAL

Del 5 al 10 de junio se ha celebrado en Lyon el IX Coloquio Espectroquímico Internacional; las secciones fueron: Espectrografía de emisión, espectrografía de absorción, espectrografía de rayos X, espectrografía de masas.

Se presentaron 82 comunicaciones y pronunciaron diez conferencias magistrales, y la mayor parte de los temas se refirió principalmente, al estudio de productos mineralúrgicos y metalúrgicos.

El próximo tendrá lugar en los Estados Unidos, en el mes de julio de 1962.

EL ELEMENTO 103

Se anunció conjuntamente por la Universidad de California y por la Comisión Norteamericana de Energía Atómica, la obtención del Lawrence, elemento décimoprimer de los transuránidos. Núclidos de este elemento se obtuvieron bombardeando 3 microgramos de californio (98) con núcleos de boro 10 y boro 11, en un acelerador lineal de iones pesados. El nombre propuesto es en memoria de Ernesto Orlando Lawrence, inventor del ciclotrón y fundador del laboratorio que tiene su nombre, en el cual se logró. Con este elemento queda completa la serie de los actínidos.

REACTOR PORTUGUES

La comisión portuguesa de energía atómica, inauguró su reactor de investigación. Es de tipo piscina, con una potencia de 1.000 Kw. En Sacavem, donde está el reactor, funciona un centro de investigación, donde se estudian interesantes aplicaciones en las ramas de la medicina, la biología, la agricultura y la industria.

ACUERDO COMERCIAL CON TUNICIA

En virtud del acuerdo comercial de 12 de abril de 1961, entre España y la República de Túnez, se establece la importación de los siguientes productos mineralúrgicos.

Con limitación de entrada en Túnez. Núm. 7: Productos petrolíferos (gasolina, gas oil, fuel oil, aceites lubricantes y productos petrolíferos refinados). Núm. 15: Loza sanitaria, azulejos, baldosas.

Sin limitación de entrada en Túnez. Núm. 4: Britas. Núm. 5: Mármoles. Núm. 6: Asfalto y gas licuado. Núm. 7: Productos químicos orgánicos. Núm. 8: Productos quími-

cos inorgánicos (con excepción del mercurio, perclorato, nitrato potásico e hipofosfitos). Número 9: Carburo de calcio. Núm. 10: Abonos potásicos. Núm. 11: Vidrio y manufacturas de vidrio. Núm. 22: Productos siderúrgicos.

Con limitación de entrada en España.—Núm. 12: Cemento. Núm. 13: Mineral de hierro. Sin limitación de entrada en España.—Núm. 3: Fosfatos.

COMPROMISO COMERCIAL CON LA ZONA ORIENTAL

Por compromiso de 2 de marzo de 1961, se acuerda el siguiente movimiento de productos mineralúrgicos.

Exportación española.—Núm. 13: Productos químicos y químico-farmacéuticos. Número 15: Minerales y metales no férreos. Núm. 16: Productos siderúrgicos.

Exportación alemana.—Núm. 8: Productos químicos. Núm. 9: Derivados de aceites minerales. Núm. 12: Productos de la industria del vidrio y de la cerámica.

COMISION SEISMOLOGICA EUROPEA

Los acuerdos tomados en la reunión de Helsinki en julio de 1960, fueron:

1) Con el fin de permitir el desarrollo futuro de la seismología europea, es necesario en todas las regiones:

a) Preparar los catálogos de los terremotos para el intervalo 1801-1900, $1_0 \geq VII$ y $1_0 \geq IV$ para el periodo precedente al año 1800.

b) Establecer la estadística de choques $1_0 < 6$ para los intervalos de tiempo con datos homogéneos.

d) Comenzar la preparación de mapas de zonas de sismicidad para el intervalo 1800-1960 (isolíneas de intensidades máximas), indicando el número de observaciones.

2) Se recomienda la creación en Praga, de un centro internacional con todas las informaciones y todas las publicaciones referentes a la actividad sísmica, en las regiones interesadas por la C. S. E. Para ello, la C. S. E. pedirá a todos los países el envío al centro de las publicaciones que aparezcan en lo sucesivo, así como las antiguas y agotadas que puedan proporcionarles.

3) Considerando la gran extensión y la complejidad de los problemas que deben quedar resueltos para proseguir este estudio, la C. S. E. da su acuerdo para las peticiones que puedan ser formuladas por el Presidente de la Subcomisión a los seismólogos europeos para invitarles a participar en la resolución de los problemas particulares (intensidad, magnitud, energía, unificación de métodos para la clasificación de seísmos, estimación de la precisión en la determinación de los hipocentros, relaciones entre los resultados macro y microseísmicos...).

5) La C. S. E. encarga al Prof. V. V. Belousov de preparar con V. Karnik un esquema de unidades seismotectónicas de Europa y de presentarlo en la primera Asamblea general.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES VULCANOLOGICAS

Se ha creado un Instituto Internacional de Investigaciones Vulcanológicas, según acuerdo entre el Instituto de Vulcanología de la Universidad de Catania y el Centro Nacional Belga de Vulcanología. Forman parte de la comisión: Rittman, Sahama, Eyraud, de Maglie, Zazieff, Peuta y Marinelli.

Los gastos del Instituto serán sufragados por los dos centros fundadores. La estructura jurídica del Instituto es la de un centro de estudios, constituido con la participación de dos institutos estatales y con la aprobación de las autoridades competentes.

El objeto de este organismo es el fomento del estudio e investigación de los problemas vitivinícolas con la colaboración de los especialistas de todo el mundo.

COTIZACION DE METALES

	31-12-58	30-12-59	29-3 61	27-4 61	1-6-61
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	11,50	12,50	11,50	11,50	11,50
Londres (£ por Ton).....	76-76 1/2	95 1/4-95 1/2	83 1/4-83 3/4	8 1/8-84 1/4	81 3/8-81 1/2
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	26-80	28,10	26	26	26
Londres (£ por Ton).....	180	187	186	186	186
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	218-221	212-214	206-208	205-208	203-205
Londres (£ el frasco de 34,5 kgs.)	74	72	69	67	67
VOLFRAMIO					
Londres (£ por Ton).....	95-100	147-152	118-123	119-123	121-126
PETROLEO					
Nueva York (£ por barril)					
East Texas, crudo, en pozo.....	3,25	3,05-3,25	3,05-3,25	3,05-3,25	3,05-3,25
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra)...	98,25	98,75	104,37	107,70	111,25
COBRE					
Nueva York (centavos por libra)					
Electrolítico.....	29	26	29	29	31,12
Londres (£ por Ton).....	221-221 1/4	256 1/2-257 1/2	223 1/2-224	234 3/4-235	238 1/2-239
PLOMO					
Nueva York (centavos por libra)...	13	12	11	11	11
Londres (£ por Ton).....	72 1/8-72 1/4	74 1/2-72 1/4	65 1/4-65 3/8	67 3/8-68 1/4	65 1/8-65 1/4

PRODUCCION ESPAÑOLA DE ALGUNOS ARTICULOS INDUSTRIALES (EN TONELADAS)

	1960		1959		1958		1951
	TOTAL	Indice sobre 1951	TOTAL	Indice sobre 1951	TOTAL	Indice sobre 1951	
Lingote de hierro.....	1.900.000	292	1.643.000	253	1.302.138	200	650.165
Lingote de acero.....	1.950.000	238	1.813.000	222	1.500.304	191	818.190
Mineral de hierro.....	5.642.432	173	4.609.196	142	5.033.466	155	3.252.267
Carbón.....	15.000.000	117	15.643.189	122	17.116.165	133	12.837.065
Cementos artificiales.....	5.210.000	224	5.164.245	222	4.817.022	207	2.322.847
Cinc (mineral).....	155.500	115	157.745	117	149.526	111	134.004
Cobre (mineral).....	760.000	244	761.118	245	748.505	241	310.934
Plomo refinado.....	71.181	173	68.532	166	69.864	169	41.242
Sal gema.....	530.300	150	559.125	158	560.085	158	354.703
Volframio.....	654	35	816	44	1.160	62	1.864
Gas (1.000 m³).....	380.500	138	374.005	135	362.582	131	276.206
Acido sulfúrico.....	1.112.000	197	1.130.612	200	1.072.344	190	565.221

LA ENERGIA NUCLEAR EN LOS ESTADOS UNIDOS

Se observa en la evolución del programa norteamericano de energía nuclear, las mismas características que el del «Euratom» y los de los diversos países como Gran Bretaña, consistente en un «paso lento» y una revisión de programas ante una posible crisis mundial de combustibles, que se inicia con la actual superoferta de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos convencionales.

LA ENERGIA NUCLEAR RENTABLE

Se espera que la energía nuclear no sea rentable hasta 1970, por ello Euratom ha concentrado sus trabajos de investigación, sobre tipos baratos de reactores y la construcción de un número limitado de reactores en el marco de la Comunidad de los Seis. El total de las centrales nucleares en construcción o proyectadas, suministrarán 1.565 megavatios a fines de 1965, y además hay dos proyectos alemanes de 150 Mw. cada uno y otro italiano en estudio.

COMUNIDAD EUROPEA DEL CARBON Y EL ACERO

Según datos del segundo trimestre del año en curso, los pedidos de acero fueron en el último marzo un 8 por 100 superiores a los de plazo análogo de 1960. En general, el mercado interior de C. E. C. A. era firme al comienzo del segundo trimestre, con notable disminución de las exportaciones.

Para el segundo semestre se calcula una producción de 18,70 millones de toneladas

de productos siderúrgicos y la demanda previsible es de 19,4 millones de toneladas, incluidas 0,7 de importación, de este conjunto se consumirá 16,1 en territorio de la Comunidad y 3,3 será exportado.

TRATAMIENTO DE PIRITAS EN FOLLINICA

En la provincia de Grosseto, en Follinica, la firma italiana Montecatini va a montar un establecimiento para el tratamiento de pirita, será inaugurado en junio de 1962, dará ocupación a 750 personas y producirá 170.000 toneladas de hierro y 250.000 de ácido sulfúrico.

FILTRO DE ACERO INOXIDABLE

Se ha lanzado al mercado un filtro de tela metálica de acero inoxidable tejido con hilos de 0,0025 mm. en forma de armadura cruzada, con 1.200 aberturas por centímetro cuadrado, lo que permite retener partículas de 10 micras.

DESALAMIENTO DE AGUA MARINA EN ISRAEL

Comenzaron en Eilat, Israel, a fines de marzo, las obras de instalación de la primera factoría para el desalamiento de aguas marinas, la que saldrá a unas 15 pesetas el metro cúbico, esperando reducir este costo de 10 a 15 por 100, con los perfeccionamientos que se espera introducir. Este precio resultará a los consumidores, triple del actual.

FUSION DE ACERERIAS ITALIANAS

Se ha constituido la sociedad «Italsider», resultado de la fusión de «Ilva» y «Cornigliano», la cual también adquirirá la factoría siderúrgica en construcción en Taranto.

FABRICA FRANCESA DE URANIO

Se ha construido en Forez, por la empresa francesa Kuhlmann una fábrica capaz de tratar 800.000 toneladas anuales de mineral de uranio, en la que se podrá obtener directamente nitrato de uranio de pureza grande.

LA SIDERURGIA EN GRAN BRETAÑA

La fabricación de hierro y de acero en la Gran Bretaña, será pronto suficiente para el consumo nacional e incluso permitirá la exportación. La capacidad actual de producción de 28 millones de toneladas anuales, pasará a 32 en 1965 y en 1970 será superior a los 36 millones de toneladas.

ASAMBLEA GENERAL DE LA ASOCIACION CARTOGRAFICA INTERNACIONAL

Se ha celebrado en París, entre los días 29 de mayo y 3 de junio de 1961, organizada por el Comité Francés de Técnicas Cartográficas, con asistencia de representantes de 29 países.

Los principales puntos tratados fueron: Discusión y aprobación de estatutos. Comunicaciones de los diversos países acerca de sus actividades cartográficas. Admisión de nuevos miembros. Cuestiones financieras. Programa de actividades técnicas de la Asociación. Elección de nuevo Comité Ejecutivo. Fechas y lugares de la próxima conferencia técnica y de la próxima Asamblea general.

Los miembros de la A. C. I. eran ya trece (Alemania, Austria, Bélgica, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido (Gran Bretaña), Suecia y Suiza) y fueron admitidos otros doce en esta Asamblea (Brasil, Canadá, India, Irán, Irlanda, Israel, Japón, Luxemburgo, Malasia, Marruecos, Portugal) y condicionalmente Perú.

Las comisiones para futuras actividades técnicas, son: 1. Formación de especialistas. 2. Bibliografía cartográfica. 3. Inventario general de mapas. 4. Terminología cartográfica. 5. Métodos técnicos de formación de originales cartográficos. 6. Técnicas de reproducción de mapas. 7. Toponimia.

Se proyecta una reunión de carácter técnico en Frankfurt, para septiembre de 1961, en que se estudien, especialmente, los problemas de la generalización en los mapas temáticos y topográficos y la puesta al día de estos últimos.

SYMPOSIUM DE CATANIA

Del 15 al 24 de septiembre de 1961, la Asociación Internacional de Vulcanología organiza un Symposium en Catania, el cual tendrá como temas el estudio de las ignimbritas de Catania, así como las rocas hyaloclastitas de los Montes Ibici.

LEGADOS DE ALONSO ALLENDE

El 15 de diciembre pasado, falleció en Las Arenas (Vizcaya), el Ingeniero de Minas don Alfredo Alonso Allende, y al morir dejó en su testamento varios legados, de ellos dos para establecer premios anuales que estimularan entre los Cuerpos de Minas el estudio de la Geología: uno para Ingenieros y otro para Ayudantes y Facultativos, en memoria éste último de su padre que fue Auxiliar facultativo de la Jefatura de Minas de Vizcaya.

Los albaceas testamentarios, puestos en contacto con el Instituto Geológico y Minero de España han confiado a su Patronato la administración de estos legados, con cuyos intereses se establecerán premios anuales para trabajos de Geología de acuerdo con las bases que a continuación se especifican.

El generoso rasgo de nuestro desaparecido compañero don Alfredo Alonso Allende le hace acreedor a la más profunda gratitud de los Cuerpos de Minas, que desde aquí nos complacemos en testimoniar.

Don Juan Alonso Allende, nació en Burón, partido de Riaño en la provincia de León el 11 de abril de 1851.

Muy joven se trasladó a Bilbao, donde a la sazón su tío don Manuel Allende, desempeñaba el puesto de Auxiliar facultativo en la Jefatura de Minas de Vizcaya, al lado del cual hizo los estudios de la misma especialidad, consiguiendo terminarlos, expidiéndosele el título por Real Orden de 15 de febrero de 1878 y nombrándosele el 26 del mismo mes y año Auxiliar facultativo con destino en la Jefatura de Minas de Vizcaya, puesto que desempeñó hasta que en 1888 solicitó y obtuvo la excedencia por Real Orden de 25 de septiembre del mismo, para dedicarse a asuntos particulares, dirigiendo en adelante varias minas de hierro en Vizcaya en muchas de las cuales tenía participación.

Estaba interesado en muchos negocios mineros de Vizcaya y fuera de ella, habiendo sido Presidente de la Compañía Minera Morro de Bilbao, Compañía Española de Minas de Castillo de las Guardas, y Consejero de otras muchas y entre las principales de la Sociedad Hullera de Sahero y Anexas, y de la Metalúrgica «Duro Felguera» y su actividad era tal que su gestión en las empresas no se limitaba, como es corriente en los Consejos, a escuchar los informes del Gerente o Ingenieros, sino que cuando se presentaban dificultades o problemas importantes no vacilaba en descender a pozos y galerías para comprobarlo y emitir su opinión en los Consejos.

Su actividad fue tal que había materialmente recorrido toda España, visitando cuantas comarcas pudieran ofrecer interés minero a pesar de las dificultades de los viajes en aquellos tiempos, teniendo cuidadosamente anotadas sus impresiones en libretas y agendas con sus croquis, lo que efectuaba de manera rápida y maravillosa. En 1900 y cuando salía de las fortificaciones de Melilla era peligrosísimo, pues el verdadero sultán de la zona era el célebre Roghí, estuvo visitando las formaciones mineras de toda la zona del Rif y negociando con el Roghí la forma de explotarla en la vecindad de Zelufán, formando parte del grupo Figueroa, el que con otros dio lugar a la formación de la actual Cia. Española de Minas del Rif.

En 1914, y al presentársele los primeros síntomas de la enfermedad de Parkinson, tuvo que retirarse de toda actividad, falleciendo en Bilbao, el 1.º de noviembre de 1930, dejando dos hijos: Don Alfredo, Ingeniero de Minas, y D. Fidel, Ingeniero Industrial, ambos fallecidos.

Don Alfredo Alonso Allende y Arregui, nació en Bilbao, el 5 de septiembre de 1881, hijo de D. Juan Alonso Allende y D.ª Fidela Arregui y Erquiza.

Cursó los estudios de Bachillerato en los Institutos de Vergara y Bilbao, terminándolos en el año 1895.

En 1896 marchó a Alemania, regresando para cursar el preparatorio en la Escuela de Minas, terminándolo en 1901, en que ingresó como alumno oficial, aprobando todas las asignaturas en las épocas normales los tres primeros años y por causa de grave enfermedad tuvo que interrumpir los estudios durante cuatro años, en que después de aprobar el cuarto año, nuevamente aquejado por enfermedad, tuvo que volver a suspender los estudios, viéndose obligado a terminarlos como alumno libre, lo que efectuó en 1910.

Terminada la carrera, dirigió varias explotaciones de minas de hierro en Vizcaya y Guipúzcoa y de carbón en León.

Al iniciarse la decadencia de la minería en Vizcaya, orientó sus actividades hacia las finanzas en las que actuó con gran inteligencia y provecho, pero sin perder interés por cuanto afectaba a la minería, prospecciones, etc., sin olvidar a sus compañeros de carrera.

Durante su vida, hizo cuantiosos donativos a las instituciones benéficas de Vizcaya, por lo que le fue concedida la Cruz de Beneficencia el 11 de enero de 1937, falleciendo, soltero, en Las Arenas (Vizcaya), el 15 de diciembre de 1960.

LEGADOS ALFREDO ALONSO ALLENDE PARA PREMIOS DE GEOLOGÍA

Para dar el más exacto cumplimiento a las disposiciones testamentarias de don Alfredo Alonso Allende en relación con los premios establecidos por el testador para trabajos de Geología, el Patronato del Instituto Geológico y Minero de España, Organismo dependiente de la Dirección General de Minas y Combustibles, en virtud de las atribuciones que le confieren los artículos 3.º y 4.º del Reglamento del Instituto Geológico y Minero de España, acepta hacerse cargo de la administración de los dos legados de 500.000 pesetas cada uno, para establecer con sus intereses dos premios, para trabajos geológicos, con arreglo a las siguientes cláusulas:

Capitales institucionales

1.º El Patronato del Instituto Geológico y Minero de España se hace cargo de los capitales institucionales, consistentes en dos lotes de valores mobiliarios con un valor de quinientas mil pesetas efectivas cada uno, para establecer dos premios anuales para trabajos de Geología con el importe de los intereses de cada uno de estos dos lotes.

2.º Estos dos legados se depositarán en la Banca privada, abriendo las correspondientes cuentas corrientes que se denominarán, respectivamente, «Premio de Geología Alfredo Alonso Allende» y «Premio de Geología Juan Manuel Alonso Allende», en las que se ingresarán los intereses de los correspondientes valores.

3.º Los gastos de administración correrán a cargo del Patronato del Instituto Geológico y Minero de España, excepto lo que el Banco cargue por custodia de los valores y otros pequeños gastos del mismo.

4.º El Patronato podrá, si lo considera conveniente, sustituir, mediante las operaciones de bolsa correspondiente, los valores que forman los capitales fundacionales, por otros, siempre que no sean de renta fija.

En las ampliaciones de capital se venderán los derechos para que con la misma cantidad aproximadamente se puedan suscribir nuevas acciones, a fin de no mermar los intereses y al mismo tiempo aumentar el capital por la adquisición de valores que no deben ser de renta fija.

5.º Si algún año se declara desierto alguno de los premios, o no fueran distribuidos todos los ingresos, el sobrante podrá dedicarse a incrementar el capital, en la forma establecida en la base cuarta, o dedicar la parte que estime conveniente a incrementar el premio del año siguiente.

También podrá dividir cada uno de los premios en dos o más cuando se juzgue conveniente.

6.º El Patronato del Instituto Geológico y Minero de España, constituido por el Director General de Minas y Combustibles como Presidente y el Presidente del Consejo Superior de Minería, el Director del Instituto Geológico y Minero de España, el Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y un Ingeniero en representación de la Asociación de Ingenieros de Minas de España como Vocales, se reunirá una vez al año por lo menos, para adjudicar los premios anuales, revisar y aprobar las cuentas del ejercicio, fijar la cuantía de los premios y en general decidir sobre los extremos no reglamentados en estas bases en relación con la concesión de los premios.

A estas reuniones podrán asistir con voz y voto uno de los albaceas del testador que sea pariente del mismo, o uno de sus descendientes.

Actuara como Secretario, sin voto, el del Instituto Geológico y Minero de España.

7.º En todo caso, antes del 15 de febrero del año siguiente se dará cuenta a Alonso Allende Hermanos, en la avenida Universidades, núm. 2, Bilbao, o a quien los albaceas testamentarios parientes del testador o sus descendientes designen, de los siguientes extremos: balance de cuentas, cuantía de los premios establecidos, convocatorias, solicitantes de los premios y personas en las que hayan recaído.

Igualmente se dará cuenta con la debida antelación de las reuniones del Patronato para estos fines.

8.º Los premios serán abonados siempre con cargo a los intereses de ejercicios venidos.

Premio Alfredo Alonso Allende, de Geología

9.º Se establece un premio anual denominado «Premio Alfredo Alonso Allende» al mejor trabajo presentado, original e inédito de Geología pura o aplicada en sus diferentes ramas,

realizado por un Ingeniero de Minas o Doctor Ingeniero de Minas. El premio podrá dividirse en dos o más si así lo estima conveniente el Patronato.

10. El premio estará formado por los intereses anuales del legado procedente de la testamentaria de don Alfredo Alonso Allende.

11. Al premio podrán concurrir todos los Ingenieros de Minas y Doctores Ingenieros de Minas que se consideren con méritos suficientes, y estén en posesión de título español.

Premio Juan Manuel Alonso Allende, de Geología

12. Se establece un premio anual denominado «Juan Manuel Alonso Allende» al mejor trabajo presentado, original e inédito, de Geología pura o aplicada en sus diferentes ramas, realizado por un Ayudante o Facultativo de Minas. El premio podrá dividirse en dos o más si así lo estima conveniente el Patronato.

13. El premio estará formado por los intereses anuales procedentes del legado de la testamentaria de don Alfredo Alonso Allende.

14. Al premio podrán concurrir todos los Ayudantes y Facultativos de Minas que se consideren con méritos suficientes y estén en posesión de título español.

15. Todos los trabajos premiados quedarán de propiedad del Instituto Geológico y Minero de España, que podrá publicarlos cuando lo estime conveniente.

16. El plazo de presentación y características de los trabajos se señalarán en la convocatoria correspondiente, a la que se dará la máxima difusión posible, especialmente en los colegios y asociaciones de los respectivos Cuerpos.

Las convocatorias se harán con la necesaria antelación para que los interesados dispongan de tiempo suficiente para desarrollar su labor.

17. Todas las dudas que se susciten respecto a la interpretación de estas bases, serán resueltas por las personas mencionadas en la base sexta.

18. En el supuesto de que el expresado Patronato se extinga o por cualquier causa no pueda dar cumplimiento a los fines de dichos legados, su ejecución, con iguales facultades, deberá ser transferida a un Organismo similar que pueda continuar su efectividad.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA «SALAMANCA UNDECIMA»

Por Orden del Ministerio de Industria de 16 de mayo 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 «Guijo y Rapada», de los términos municipales de Ahigal de los Aceiteros, Sobradillo y La Ronda, de la provincia de Salamanca, de 120 pertenencias, con el nombre de «Salamanca undécima». Punto de partida, un mojón de ladrillos y piedras enlucido de sección cuadrada de 30 por 30 centímetros y 20 centímetros de altura total; termina en un remate piramidal de 10 centímetros de altura y está situado en el punto más alto del cerro La Rapada, en el término municipal de Ahigal de los Aceiteros, cuyas visuales, son las siguientes: Al eje del campanario de la iglesia de Lumbrales N. 42 g. 49 m. E. Al vértice geodésico de Monte Oliva E, 6 g. 89 m. S. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Sobradillo, N. 32 g. 34 m. O. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 7 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» de 3 de junio siguiente, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

LEVANTAMIENTO DE LA RESERVA A FAVOR DEL ESTADO DE YACIMIENTOS DE GALENAS, BARITINAS, ÓXIDOS Y CARBONATOS DE HIERRO EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE ALMERIA

Por Orden del Ministerio de Industria de 16 de mayo de 1961, se ha resuelto: Levantar la reserva provisional a favor del Estado, dispuesta por Orden ministerial de 26 de abril de 1948, para yacimientos de galenas, baritinas, óxidos y carbonatos de hierro en una zona de la provincia de Almería delimitada por el siguiente perímetro.

Punto de partida, la veleta de la iglesia de Guazamara, y desde este punto se trazará una recta que, pasando por la veleta de la iglesia de Pulpi, llegue hasta el encuentro con la línea que señala el límite de las provincias de Almería y Murcia. Desde este punto, así terminado se trazará una recta hasta el punto de intersección de la línea del límite de provincias con el mar, punto denominado mojón de los Reinos. Desde este punto se trazará una recta hasta su intersección con la que partiendo de la veleta de la iglesia de Guazamara y pasando por Pinos termina en el mar, pudiendo, por tanto, solicitarse, con arreglo a la legislación vigente, permisos de investigación y concesiones de explotación en esta zona que se libera.

RESERVA DEFINITIVA A FAVOR DEL ESTADO DENOMINADA «SALAMANCA DUODECIMA»

Por orden del Ministerio de Industria de 16 de mayo 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 «Cabeza de Gejo», del término municipal de Sobradillo, de la provincia de Salamanca, de 48 pertenencias, con el nombre de «Salamanca duodécima». Punto de partida, un mojón de mampostería de forma prismática cuadrada que termina en un remate piramidal; está situado en el lugar más alto de Cabeza de Gejo, cuyas visuales, modificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: Al eje de la imagen de Sagrado Corazón de Hinojosa, N. 39 g. 21 m. E. Al eje del castillete de la mina «Valdemascaño», E. 27 g. 95 m. N. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón de Sobradillo, E. 36 g. 11 m. S. Al eje del campanario del Convento de Sobradillo, S. 42 g. 91 m. E. El punto de partida y demarcación quedaron establecidos en el «Boletín Oficial del Estado» del día 16 del mismo mes y año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

RESERVA A FAVOR DEL ESTADO DE LOS YACIMIENTOS DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS, EXCLUIDOS LOS HIDROCARBuros FLUIDOS Y LAS ROCAS BITUMINOSAS, EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 5 de junio de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Paraje «Cerca de Espino», propiedad de don Julio Mateos, vecino de Huertas de Ani-

mas (Trujillo), del término municipal de Trujillo, donde se reservarán 18 pertenencias con el nombre de «Cáceres veintisiete», tomando como punto de partida el poyete más al Este del portillo de la cerca «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 el punto de partida, se han tomado las siguientes visuales:

Al eje de la chimenea casa de La Breña, O. 35 g. 81 m. N.

Al eje de la casa de La Cerca de D. Diego, N. 14 g. 09 m. E.

Al eje de la campana de la ermita de la Virgen de la Victoria, situada en la castilla de Trujillo, S. 8 g. 94 m. E.

Desde el punto de partida, en dirección N. 21 g. 89 m. O. y a cien metros, se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección E. 21 g. 89 m. N. y a cien metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección S. 21 g. 89 m. E. y a trescientos metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección O. 21 g. 89 m. S. y seiscientos metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección N. 21 g. 89 m. O. y a trescientos metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección E. 21 g. 89 m. y a quinientos metros, se vuelve a la primera estaca quedando así cerrado el perímetro.

Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y son centesimales.

RESERVA PROVISIONALMENTE A FAVOR DEL ESTADO DE LOS YACIMIENTOS DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS EXCLUIDOS LOS HIDROCARBUROS FLUIDOS Y LAS ROCAS BITUMINOSAS, EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE CÁCERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 5 de junio de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Parajes «Cerca Nueva» y «Terruco», del término municipal de Trujillo, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 40 pertenencias con el nombre de «Cáceres, veintiocho». Tomando como punto de partida la esquina más al Este de la casa del «Terruco», situada en la finca del mismo nombre, propiedad de don Enrique Dalías Cuenca (avocado en Trujillo), en la dirección E. 31 g. 50 m. N. y 1.980 metros de la unión del arroyo Rimbriera con el río Magasca y 1.680 metros de la unión del arroyo de La Molinera con dicho río Magasca.

Desde el punto de partida, en dirección N. 41 g. O. y a trescientos metros, se colocará la primera estaca. De la primera estaca, en dirección E. 41 g. N. y a 700 metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección S. 41 g. E. y a quinientos metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección O. 41 g. S. y a ochocientos metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección N. 41 g. O. y a quinientos metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección Este 41 g. N. y a cien metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro.

Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y son centesimales.

RESERVA PROVISIONALMENTE A FAVOR DEL ESTADO DE LOS YACIMIENTOS DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS, EXCLUIDOS LOS HIDROCARBUROS FLUIDOS Y LAS ROCAS BITUMINOSAS, EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE CÁCERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 10 de junio de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Paraje «La Breñilla», del término municipal de Trujillo, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 45 pertenencias con el nombre de «Cáceres, veintinueve», tomando como punto de partida la esquina más al Norte de la casa de «La Breñilla», propiedad de Emilio Mateos Vega, vecino de Trujillo, situada en el paraje del mismo nombre en dirección O. 45 g. 55 m. y a 1.670 metros del kilómetro 77 de la carretera comarcal de Plasencia a Trujillo, y E. 15 g. 50 m. N. 2.100 m. de la desembocadura del Arroyo de la Molinera con el río Magasca.

Desde el punto de partida, en dirección N. 28 g. 11 m. E. y a setecientos metros, colocará la primera estaca. De la primera estaca, con dirección E. 28 g. 11 m. S. y quinientos metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección S. 28 g. 11 m. O. y a novecientos metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección O. 28 g. 11 m. y a quinientos metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección N. 28 g. 11 m. E. y a doscientos metros, se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado el perímetro.

Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y son centesimales.

RESERVA PROVISIONALMENTE A FAVOR DEL ESTADO DE LOS YACIMIENTOS DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS, EXCLUIDOS LOS HIDROCARBUROS FLUIDOS Y LAS ROCAS BITUMINOSAS, EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE BADAJOZ

Por Orden del Ministerio de Industria de 10 de junio de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Paraje «Cortijo de la Cabra Baja», del término municipal de Villanueva del Fresno, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 210 pertenencias con el nombre de «Cerranchón» con la siguiente delimitación:

Se parte del vértice topográfico «Cerranchón» (P) y se cuentan 1.400 metros en dirección N. 7.º y O., y en este punto se fija la primera estaca (A). La reserva solicitada, limita al Oeste con la concesión «Nuestra Señora de la Esperanza», número 10.706, de don Rafael María Carreto Sixto. Segunda estaca (B): A partir de (A), se cuentan 1.000 metros en dirección Este 7.º N. Tercera estaca (C): A partir de (B), se cuentan 2.100 m. en dirección S. 7.º E. Cuarta estaca (D): A partir de (C), se cuentan 1.000 metros en dirección O. 7.º S. A partir de (D), se cuentan 700 metros, en dirección N. 7.º O. para volver al punto de partida (P), quedando así cerrado un rectángulo de dimensiones 2.100 m. por 1.000 metr

**RESERVA PROVISIONALMENTE A FAVOR DEL ESTADO DE
LOS YACIMIENTOS DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS, EX-
CLUIDOS LOS HIDROCARBUROS Y LAS ROCAS BITUMINOSAS,
EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE BADAJOZ.**

Por Orden del Ministerio de Industria de 21 de junio de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Paraje «Cortijo de la Cabra Alta», del término municipal de Villanueva del Fresno, de la provincia de Badajoz, donde se reservarán 225 pertenencias con el nombre de «Higuerón», y la limitación siguiente:

Punto de partida, el vértice topográfico «Cabra Baja, señalado en el plano con la letra A. Segunda estaca (B): A partir de (A), se toman 1.500 metros en dirección Este, y en este punto se fija la segunda estaca. Tercera estaca (C): A partir de (B), se cuentan 1.500 metros en dirección Norte, y queda fijada la tercera estaca. Cuarta estaca (D): A partir de (C), se cuentan 1.500 metros en dirección Oeste, fijando así la cuarta estaca. Partiendo de (D), se toman 1.500 metros en dirección Sur, con lo que se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado el rectángulo de 1.500 metros por 1.500 metros.

**RESERVA PROVISIONALMENTE A FAVOR DEL ESTADO DE
LOS YACIMIENTOS DE TODA CLASE DE SUSTANCIAS, EX-
CLUIDOS LOS HIDROCARBUROS Y LAS ROCAS BITUMINOSAS,
EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA**

Por Orden del Ministerio de Industria de 21 de junio de 1961, se ha resuelto: Reservar provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación:

Parajes «La Dehesa» y «El Encinar», del término municipal de Villar de Peralonso, de la provincia de Salamanca, donde se reservarán 32 pertenencias con el nombre de «Ampliación de Salamanca Veintiuno», tomando como punto de partida la Fuente de las Encinas, situada en la margen izquierda del camino de Villar de Peralonso a Ledesma. Se encuentra en una dirección N. 63 g. 50 m. E. y a una distancia de 439 m., del punto de partida de la demarcación «Salamanca Veintiuno»; en un mojón de mampostería enlucido con cemento de forma prismática cuadrada, que termina en un remate piramidal, está situado en la margen derecha del camino de Villar de Peralonso a Ledesma y a una distancia de quinientos catorce metros en dirección S. 10 g. 54 m. O. del kilómetro 2 de la carretera local de Villar de Peralonso de Tremedal.

Desde el punto de partida, en dirección Sur y a cincuenta metros, se colocará la segunda estaca. De la segunda estaca, en dirección Norte y a cien metros, se colocará la tercera estaca. De la tercera estaca, en dirección Este y a doscientos metros, se colocará la cuarta estaca. De la cuarta estaca, en dirección Norte y a cien metros, se colocará la quinta estaca. De la quinta estaca, en dirección Este y a cien metros, se colocará la sexta estaca. De la sexta estaca, en dirección Norte y a doscientos metros, se colocará la séptima estaca, de la séptima estaca, en dirección Este y a doscientos metros, se colocará la octava estaca. De la octava estaca, en dirección Norte y a doscientos metros, se colocará la novena estaca. De la novena estaca, en dirección Este y a cuatrocientos metros, se colocará la dé-

cima estaca. De la décima estaca, en dirección Sur y a cuatrocientos metros, se colocará la undécima estaca. De la undécima estaca, en dirección Oeste y a doscientos metros, se colocará la duodécima estaca. De la duodécima estaca, en dirección Sur y a doscientos metros, se colocará la decimotercera estaca. De la decimotercera estaca, en dirección Oeste y a cuatrocientos treinta metros, se vuelve a la primera estaca, quedando así cerrado el perímetro.

**RESERVA DEFINITIVAMENTE A FAVOR DEL ESTADO DE
UNA ZONA DENOMINADA «SALAMANCA DÉCIMOTER-
CERA», DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE SAUCELE, DE
LA PROVINCIA DE SALAMANCA.**

Por Orden del Ministerio de Industria de 24 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 «El Sierro», del término municipal de Saucelle, de la provincia de Salamanca, de 68 pertenencias, con el nombre de «Salamanca decimotercera». Punto de partida, un mojón de ladrillos y piedras enlucido, de sección cuadrada, de 35 por 35 cm. 25 cm. de altura, está situado en el punto más alto del cerro denominado «El Sierro», el término municipal de Saucelle, cuyas visuales, rectificadas, por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: Al mojón de Peñahorcada, N. 31° 43' E. A la cruz de la torre de la iglesia de Lumbrales, S. 3° 58' O. Al eje de la imagen del Sagrado Corazón, de Huesca, O. 45° 14' S. A la veleta del campanario de la iglesia de Saucelle, O. 14° 55' N. Punto de partida y demarcación quedaron establecidos en la Orden de 12 de mayo de 1957 publicada en el «Boletín Oficial del Estado», del día 10 del mismo mes y año, y rectificadas en el de fecha 14 de junio siguiente, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

**INVESTIGACIONES EN LA ZONA RESERVADA EN LA
CUENCA DE PESARROYA, PUEBLO NUEVO, BELMEZ Y
ESPIEL, DE LA PROVINCIA DE CORDOBA**

Por Orden del Ministerio de Industria de 30 de mayo de 1961, se ha resuelto: Encontrar al Instituto Nacional de Industria la ejecución de las investigaciones en la zona reservada por Orden ministerial de 7 de marzo de 1957, en la cuenca de Peñarroya, Pueblo Nuevo, Belmez y Espiel, de la provincia de Córdoba.

Por la «Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya» se aportará, previo cumplimiento de lo establecido por el artículo 119 del Reglamento General para el Régimen de la Minería y 35 de la Ley de Minas vigente, a la Empresa Nacional Mixta mencionada las concesiones enclavadas en dicha zona.

El Instituto Nacional de Industria a través de la Empresa Nacional Mixta efectuará explotación en el coto minero así formado, practicándose la demarcación de la reserva en la Jefatura del Distrito Minero una vez elevada a definitiva, y con la obligación por parte de la nueva Empresa de presentar en la expresada Jefatura, para las investigaciones plan general de investigación y los planes de labores, según prescriben la Ley de Minas artículos 10 y 14, y el Reglamento General para el Régimen de la Minería, artículo 35, apartado tercero.

RESERVA DEFINITIVA DE UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA

Por Orden del Ministerio de Industria de 24 de junio de 1961, se ha dispuesto: Reservar definitivamente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos y fluidos y las rocas bituminosas, en la zona que se designa a continuación:

Paraje denominado «Quebrada del Nieto», del término municipal de Cabeza del Caballo, de la provincia de Salamanca, de 32 pertenencias, con el nombre de «Salamanca décimocuarta». Punto de partida, un mojón de ladrillos y piedras, enlucido, de sección cuadrada de 35 por 35 cm. y 30 cm. de altura, termina en un remate piramidal de 20 cm. de altura y está situado en el paraje «Quebrada del Nieto», en término municipal de Cabeza del Caballo y en la parte más alta de un cerro, denominado en la localidad del «Teso del Sierro», cuyas visuales, rectificadas por la Jefatura del Distrito Minero, son las siguientes: Al mojón K-4, de la carretera de Cabeza del Caballo, S. 24° 61' O. Al centro del puente, sobre el río Uces, S. 48° 81' O, y 580 m. Al mojón de Peñahorcada, O. 13° 59' N. El punto de partida y de marcación quedaron establecidos en la Orden de 12 de mayo de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» del día 30 del mismo mes y año, en la que se acordó la reserva provisional de la zona.

LIBRO HOMENAJE A LA MEMORIA DEL PROFESOR PAUL FALLOT

No es preciso ponderar la inmensa contribución del Profesor Paul Fallois al progreso de la Geología del ámbito alpino y mediterráneo occidental, y, de modo particular, en España.

Como homenaje a su memoria va a publicarse un libro dedicado a la Evolución paleogeográfica y estructural del ámbito mediterráneo y alpino de Europa. Constará de unas 1.200 páginas (en 2 tomos en 4.º) y comprenderá unos 70 artículos (más de 20 de ellos sobre España) originales de los mejores especialistas (más de 110 autores y coautores) de Francia, España y otros países.

La tirada será limitada y el coste de su impresión serán fundamentalmente cubierto mediante suscripciones. Estas deben ser formalizadas, lo más tarde, antes del 1 de diciembre de 1961.

Los boletines de suscripción son facilitados por el Secretario-Editor, Profesor M. Durand Delga (Laboratoire de Géographie Physique et de Géologie Dynamique à la Sorbonne, 1, rue Victor Cousin, Paris, 5e.).

Notas bibliográficas

GEONUCLEONICA

STIEFF, L. R. y STERN, F. W.: *Graphic and algebraic solutions of the discordant lead-uranium age problem*, «*Geochimica et Cosmochimica acta*», vol. **22**, núms. 2-4, marzo 1961, páginas **176-199**.

Los minerales que tienen uranio, que dan las edades plomo-uranio y plomo-plomo con valores generalmente concordantes, se considera han tenido una historia geológica relativamente sencilla, y que no han sido alterados desde su deposición. Las edades concordantes obtenidas con tales materiales están por lo tanto próximas a la edad actual de dichos minerales. Muchas muestras de menas de uranio dan las siguientes relaciones de edad discordantes $Pb^{206}/U^{238} < Pb^{207}/U^{235} \ll Pb^{207}/Pb^{206} \ll Pb^{207}/U^{235} < Pb^{206}/U^{238}$. Estas secuencias de edad discordante han sido atribuidas muy frecuentemente a incertidumbres en la corrección del plomo común, pérdida selectiva de radiactividad de los productos derivados, pérdida o ganancia de plomo o uranio, o contaminación por una generación más antigua de plomo radiogénico.

Sobre la evaluación de edades discordantes por isótopos del plomo, se pueden hacer dos consideraciones. La primera de la cual trata este trabajo, es de naturaleza mecánica e implica el cálculo de las posibles de diferentes edades concordantes correspondientes a varios procesos que se supone han producido la discordancia de edades. La segunda es más difícil de definir y requiere en parte algún criterio personal, incluye una síntesis de las soluciones de la posible concordancia de edad, con otras, independientes geológica e isotópicamente. La concordancia de edad ultimamente aceptada como la más probable, debe consistir no solamente en el conocimiento de las circunstancias de la Geología histórica de la zona, las relaciones de edad de las rocas encajantes y la evidencia mineralógica y paragenética, sino también con otras medidas de edad independientes y de datos isotópicos obtenidos con el plomo en relaciones o asociaciones de minerales no radiactivos.

El cálculo de la posible concordancia de edades a partir de datos de edad discordante, se ha simplificado grandemente por el método gráfico de Wetherill de planear las razones de los moles de Pb^{206}/U^{238} (N_{206}/N_{238}), radiogénico con Pb^{207}/U^{235} (N_{207}/N_{235}), radiogénico después de corregido de la contaminación común por el Pb^{206} y el Pb^{207} . Las correlaciones lineales que se ven en este procedimiento gráfico, han sido extendidas a las relaciones molares del total Pb^{206}/U^{238} ($(N_{206}/N_{238}) + (N_{206}/N_{204})$), con total Pb^{207}/U^{235} ($(N_{207}/N_{235}) + (N_{207}/N_{204})$). Esta modificación permite el cálculo de edades concordantes para muestras inalteradas, usando solamente la relación de Pb^{207}/Pb^{206} de la contaminación por plomo común.

Si los datos isotópicos son útiles para dos muestras de la misma edad X e Y , de un mismo o diferente depósito o afloramiento de las distintas relaciones normalizadas

$$\begin{bmatrix} (N_{206}/N_{204})_X - (N_{206}/N_{204})_Y \\ (N_{238}/N_{204})_X - (N_{238}/N_{204})_Y \end{bmatrix} = \text{const.} \begin{bmatrix} (N_{207}/N_{204})_X - (N_{207}/N_{204})_Y \\ (N_{235}/N_{204})_X - (N_{235}/N_{204})_Y \end{bmatrix}$$

pueden dar edades concordantes corregidas para cantidades desconocidas de un plomo común, con una razón desconocida de un plomo común, con una razón desconocida Pb^{207}/Pb^{206} .

Si el thorio está ausente las diferentes razones pueden ser normalizadas con mayor abun-

gancia del índice isotópico Pb^{207}). Similares gráficos de las diferentes razones normalizadas para tres muestras genéticamente emparentadas ($x-y$) y ($y-z$), darán edades concordantes corregidas, adición para un periodo desconocido de pasada alteración o contaminación inicial por una generación antigua de plomo radiogénico o de razón desconocida Pb^{207}/Pb^{206} .

No son corrientemente factibles soluciones numéricas prácticas para muchos de los cálculos de edad concordante. Los equivalentes algebraicos de estos nuevos métodos gráficos dan ecuaciones que pueden ser programadas con máquinas calculadoras. Para parámetros geológicamente probables, las ecuaciones de orden más alto tienen dos raíces reales positivas, que rápidamente convergen en las edades exactas concordantes corregidas para plomo original radiogénico y para pérdida o ganancia del plomo o uranio. Las modificaciones de estas ecuaciones generales de edad se han extendido solamente hasta el segundo grado y han sido derivadas para el uso con calculadoras.

Los métodos gráfico y algebraico juntos, sugieren claramente el tipo y número mínimo de muestras necesarias para que por medio de un análisis matemático adecuado de Pb discordante se establezca la edad isotópica. Este planteamiento matemático también pone en claro que los datos de plomo isotópico discordantes solo, no pueden dar las bases para la elección de una de las soluciones de edad concordante. Las nuevas ecuaciones en particular dan un estímulo para mejorar nuestras constantes físicas, técnicas analíticas y métodos de demuestre; para que podamos derivar todos con la información geológica que sea factible, y un estudio comprensivo de edad, por el plomo isotópico.—L. F.

CANNON, R. S., PIERCE, A. P., ANFWELER, J. C. y BUCK, K. L.: *The data of isotope geology related to problems of ore genesis*. «Economic Geology», vol. 56, núm. 1, enero-febrero, 1961.

La existencia de datos de isótopos de plomo examinados en esta nota deja espacio libre para nuevos aportes en cuanto a la calidad de los resultados analíticos y en lo referente a la calidad y cantidad de aplicaciones geológicas. Las explicaciones de sus interpretaciones por translación de datos, en números específicos implican la evolución de plomo, modelos de edad, relación entre varias formaciones o guías para prospecciones, sabemos que pueden ser cambiados con una mejora de datos. No obstante, el contenido general de sus conclusiones creen es válido a pesar de las imperfecciones de los datos. Para el futuro predice el autor qué conclusiones más exactas harán posible afinar en este campo y traer muchas nuevas generalizaciones que no han sido aún descubiertas. Las investigaciones futuras de isótopos de plomo van a depender principalmente del éxito que pueda ser obtenido por la integración y conocimiento de muchos campos de la ciencia, porque están estudiando simplemente productos físicos de desintegración radiactiva como único instrumento para perfeccionar nuestro conocimiento de la Geoquímica del plomo lo suficiente para resolver una amplia variedad de importantes problemas geológicos. Los cosmólogos van a trabajar en el origen de los elementos y abundancia de los núclidos, quieren eventualmente ayudarnos en lo tocante a la composición isotópica del plomo a través de los primeros estados en la historia de la tierra. Los físicos y químicos, trabajando juntamente han estado dando rápidos pasos en el mejoramiento de la calidad de los espectrógrafos de masas aplicados al plomo y en vencer los riesgos de la contaminación del plomo en los procesos de estudio de la separación isotópica del plomo.

En los análisis de los isótopos del plomo deben obtenerse aún una mayor exactitud, menores costo, y técnicas para extraer indicios de plomo de las rocas, sin contaminación en el futuro refinamiento, para aportar en las mejores condiciones los datos de la geología isotópica del plomo.

El tiempo ha venido a confirmar a los geólogos, que en el estudio de los isótopos de plomo, el débil eslabón es la Geología, sin embargo, pocos geólogos han dedicado tiempo a la investigación de isótopos de plomo. El geólogo aún no ha consagrado su propia responsabilidad en definir los problemas geológicos, trazando un estudio de ellos, mientras comprende las realidades decisivas e interpreta y aplica los resultados. Es particularmente importante para el geólogo asegurarse que toda información perteneciente a cada porción geológica es interesante para el progreso. Es tan necesaria la colaboración de los geólogos en este campo, que han querido los autores resaltarla en esta nota.—L. F.

JEAN BRICARD, JACQUES PRADEL y ANDRÉ RENOUX: *La teneur de l'air en petits et gros ions radioactifs*. «C. R. Acad. Scien. Paris», CCXII, 2.119 a 21, abril 1961.

Aplicando a los átomos Ra A procedentes de la desintegración del radon atmosférico las relaciones correspondientes a los iones ordinarios pequeños, se evalúa la duración de fijación de estos átomos sobre las otras partículas en suspensión en el aire y establecen una relación entre los átomos libres y los átomos fijados que se verifica experimentalmente.—L. DE A.

MINERALOGIA

SMITH, W. W.: *Pseudomorphs after olivine in Markie basalt*. «Mineralogical Magazine» London, december, 1959, vol. 32, núm. 247, págs. 324-331.

La pseudomorfofisis con olivino en basalto de Markie de Holyrood Park, Edimburgo, consiste en una íntima mezcla de hematita y clorita, con un pequeño porcentaje de cuarzo. Un claro parentesco existe entre las orientaciones de los dos principales constituyentes que depende de sus estructuras.—L. F.

MITCHELL, W. A.: *A method for quantitative mineralogical analysis by X-ray powder diffraction*. «Mineralogical Magazine», London, june, 1960, vol. 32, núm. 249, págs. 492-499.

Se describe un método de análisis cuantitativo por fotometría de Rayos X con técnica de difracción en muestras pulverizadas. Se usa radiación Co-K α , las dificultades de absorción son superadas por el uso de diluciones de muestras conteniendo un patrón interno. Se ha establecido una escala arbitraria de intensidad universal y se dan los valores de líneas fuertes de un cierto número de minerales. Estos patrones individuales, están de acuerdo con los datos obtenidos con contador de difracción.—L. F.

ROBERT C. MACKENZIE: *The evaluation of clay mineral composition with particular reference to smectites*. «Journées Internationales d'étude des Argiles», 1958.

Se describe una técnica por la cual no solamente se puede decir la fórmula iónica de un esmectita por el análisis químico de una muestra impura, sino también la constitución mineralógica de la muestra puede derivarse con bastante exactitud. La técnica requiere: a) un análisis químico de la muestra saturada con un catión conocido (por ejemplo Ca $^{++}$); b) exactitud de cambio catiónico de la muestra; c) aumento de óxidos libres presentes; d) un

límite de aumento de datos mineralógicos (obtenido por ejemplo, por examen de rayos X). La aplicación del método de Osthaus puede proporcionar una mayor precisión para la determinación de hierro (octaedro y tetraedro) y para el aluminio. Aunque la técnica se explica para la aplicación a siete arcillas esmectíticas, puede ser aplicada con convenientes modificaciones a cualquier grupo de minerales de arcilla.—L. E.

RADIOGEOLOGIA

GEORGES JURAIN: *Sur la possibilité d'utiliser le dosage du radon des eaux souterraines dans la prospection de gîtes uranifères*. «C. R. Acad. Scien. Paris», CCLIII, págs. 3.090 a 92.

La valoración del radón en las aguas subterráneas puede constituir un método de prospección del uranio, con resultados satisfactorios y costo reducido. Se puede utilizar en prospección general, en lugar de la aérea radiométrica. Es posible su utilización como una fase de prospección semisistemática. Su situación real, es entre la prospección estratégica que se limita a zonas favorables a una mineralización y la táctica que tiene por fin el descubrir los propios cuerpos mineralizados.

En resumen, se puede considerar como un complemento no reemplazando en ningún caso la prospección radiométrica tradicional.—L. DE A.

SEISMOLOGIA

TAZIEFF, H.: *Interprétation des glissements de terrain accompagnant le grand séisme de Chili*. «Bull. de la Société belge de Géologie», t. LXXVI fasc. 3, págs. 1 a 11.

Con ocasión de los seísmos del 21 y 22 de mayo de 1960, una superficie de 160.000 Km² comprendida entre los paralelos 36° y 43° S., de la Cordillera de los Andes y la costa de Pacífico ha sido movida con una violencia que se le puede atribuir el grado VII en la escala internacional (aceleración comprendida entre 100 y 200 mm./seg²) (espanto general, derrumbamiento de chimeneas en mal estado y de campanarios de iglesias mal construidos, etc.). El grado VIII corresponde a una aceleración comprendida entre 250 y 500 milímetros por segundo cuadrado, ha alcanzado la mayor parte de las localidades de esta región, que ha visitado el autor de este trabajo. En las intensidades de IX (γ entre 500 y 1.000 mm./seg.², gran número de casas son seriamente dañadas, hay algunos derrumbamientos) y en X (γ entre 1.000 y 2.000 mm./seg.², la mayor parte de los edificios son destruidos con sus cimientos, carriles retorcidos, daños en los puentes, brechas en las calles, desmoronamientos, etc.), han sido estos grados alcanzados e incluso aventajados especialmente en Valdivia, Puerto Mont y en la región Rinihue-Panguipulli.

Las condiciones que reinan en la falda de la montaña de la Cordillera de los Andes, son ciertamente las favorables para los grandes desplazamientos de terrenos; la distancia del epicentro es de más de doscientos kilómetros, las rocas están secas, la superficie de recepción de las avalanchas es horizontal. A pesar de esto, masas importantes se pueden encontrar hasta cerca de un kilómetro de sus raíces.

¿A cuántos kilómetros, por lo tanto, pueden ser acarreados y sobre qué espesor, los estratos de sedimentos neríticos o batiales (gargantas de agua, por consiguiente lubricadas, mucho más aptas para resbalar), en o cerca de la zona epicentral (donde la aceleración hori-

zontal puede sin dificultad pasar y en el caso de un seísmo de esta amplitud) y sobre la superficie inclinada de una flexión continental, de un cañón o de una fosa submarina?

Sin incurrir en la exageración, está permitido admitir que, en estas condiciones, las distancias de varios kilómetros pueden a veces ser recorridas en unos minutos por masas de decenas de millones de toneladas.

La importancia de este mecanismo en la génesis de ciertos acarreos no debería ser desatendida, y sería interesante examinar a la luz de esta «tectónica sísmica» ciertos aspectos mal aclarados de las cadenas plegadas, tales como los «acarreos sin raíces».—L. E.

VULCANOLOGIA

DEBNAEYER, M. E.: *Composition de la lave actuelle du Nyiragongo et de quelques laves si millaires de ce volcan*. «Bull. des Séances de l'A. R. S. O. M.», 1960, N. S., vol. VI, fasc. 6, págs. 999-1.103.

En el fondo del cráter de Nyiragongo, volcán activo de la cadena de los Virunga (Kivu), existe un lago permanente de lava en fusión. Se compara la composición químico-mineralógica de las muestras de la lava actual, tomadas en 1959 por la misión del Centro nacional de Vulcanología (Bélgica), con las de las lavas de la misma naturaleza provenientes de diversas manifestaciones satélites del edificio volcánico principal. Los parámetros magmáticos de la lava actual: III.9.1.3 [1 (2), '4, '3, '4], son los de una melilita sodopotásica, familia de las Nigongitas. Densidad, 3.02; índice de refracción, 1.686. —L. E.

HERMAN, P., VANDERSTADTEN, R. y HUBAUX, A.: *Sublimés du Nyiragongo (Kivu)*. «Bull. des Séances de l'A. R. S. O. M.», 1960, N. S., t. VI, fasc. 6, págs. 916-971.

Los sublimados estudiados comprenden estalactitas, aftitalitas y encostramientos que están constituidos esencialmente de yeso y de thenardita y accesoriamente de halita, silvina, epsolita, hieratita, KCoF, KMgF y de sulfatos amorfos. La aftitalita es más radiactiva y más rica en V y en Mo que los otros minerales. Los fluoruros dobles mezclados con la thenardita pueden precipitar los de la lixiviación de los sublimados con agua, en el laboratorio. Sin embargo, esta formación puede con facilidad producirse *in situ* y representar un modo de fijación y de concentración simple del Si, Mg, Al, Co, y F.

Sigue al estudio de los sublimados un comentario acerca de la comparación entre los productos del Nyiragongo y los del Nyamuragira y de las relaciones que pueden existir entre la naturaleza de los sublimados, la composición de magma y la del gas emitido por el volcán.—L. E.

I N D I C E

	PÁGS.
Estudio mineralógico de las augitas egirínicas del valle de Alfara (Tarragona), por el DR. J. MARCET RIBA	5
Relación de las principales actividades para investigación de hidrocarburos, llevadas a cabo en España durante 1960, por J. M. ^a RÍOS	67
Estudio preliminar del corte del río Farfaña, por J. BIOT y J. P. GIRAUDET	103
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO Y ARRILAGA	107
Un siglo de aplicación de la Espectroquímica a la Geoquímica española, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	119
Mapa de los minerales de hierro de España, por MANUEL PASTOR MENDIVIL y JOSÉ SUÁREZ FEITO	137
Las rocas del Cámbrico, por LUIS C. GARCÍA DE FIGUEROLA	141
Paleogeografía del Albense en las cadenas celtibéricas de España, por HENNING SAEFTEL	163
El yacimiento de hierro de Tindouf (Gara Djebilet), por R. MICHEL y L. CLARIOND.	193
Sobre la estratigrafía del Jurásico en los alrededores de Málaga (España), por J. AZEMA	219
Nota preliminar sobre la geología de la llamada zona mixta tal como se desarrolla en el extremo Este de la sierra de los Filabres (SE. de España), por W. P. ROEVER, C. G. EGELER y H. L. NIJHUIS	223
Notas sobre datación geológica, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	233
Nuevo yacimiento pliocénico de facies salobres en el subsuelo de Barcelona, al Este del Tibidabo, por SUZETTE GILLET y JUAN VICENTE	253
Noticias	293
Notas bibliográficas	311
Geonucleónica	313
Mineralogía	315
Radiogeología	316
Seismología	316
Vulcanología	317

SUMARIO

	PÁGS.
Estudio mineralógico de las augitas egrinicas del valle de Alfara (Tarragona), por el DR. J. MARCET RIBA	5
Relación de las principales actividades para investigación de hidrocarburos, llevadas a cabo en España durante 1960, por J. M. ^a RÍOS	67
Estudio preliminar del corte del río Farfña, por J. BIOT y J. P. GIRAUDET	103
Fotogeología, por MANUEL MARÍA DE ALVARADO Y ARRILAGA	107
Un siglo de aplicación de la Espectroquímica a la Geoquímica española, por JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA	119
Mapa de los minerales de hierro de España, por MANUEL PASTOR MENDIVIL y JOSÉ SUÁREZ FEITO	137
Las rocas del Cámbrico, por LUIS C. GARCÍA DE FIGUEROA	141
Paleogeografía del Albense en las cadenas celtibéricas de España, por HENNING SAEFTEL	163
El yacimiento de hierro de Tindouf (Gara Djebilet), por R. MICHEL y L. CLARONDI	193
Sobre la estratigrafía del Jurásico en los alrededores de Málaga (España), por J. AZEMA	219
Nota preliminar sobre la geología de la llamada zona mixta tal como se desarrolla en el extremo Este de la sierra de los Filabres (SE. de España), por W. P. ROEVER, C. G. EGELER y H. L. NIJHUIS	223
Notas sobre datación geológica, por ANTONIO DUE ROJO, S. I.	233
Nuevo yacimiento pliocénico de facies salobres en el subsuelo de Barcelona, al Este del Tibidabo, por SUZETTE GILLET y JUAN VICENTE	253
Noticias	293
Notas bibliográficas	311
Geonucleónica	313
Mineralogía	315
Radiogeología	316
Seismología	316
Vulcanología	317