

I/16-1-1

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

E S P A Ñ A



NÚMERO 26

MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
J. GARCIA MORATO, 122.—TELEF. 33-06-19

1952

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.

El empleo del tanino en el análisis químico
de los minerales

POR

L. L. COLIN

M. I. M. M. E. (U. S. A.); M. I. M. M. (London) Ph. D.

Traducción del inglés por Ismael Roso de Luna

L. L. COLIN

M. I. M. M. E. (U. S. A); M. I. M. M. (London) Ph. D.

EL EMPLEO DEL TANINO EN EL ANALISIS QUIMICO DE LOS MINERALES

Durante mis actividades profesionales en Africa del Sur como Ingeniero Consultor de las «Brigadas de Fomento Mineiro» para la orientación de la prospección geológico-metalogénica y minera del Africa Oriental portuguesa, tengo ocasión constante de comprobar la precisión y eficacia de los métodos especiales aplicados por el Dr. L. L. Colin en el análisis de menas de yacimientos que se van descubriendo en nuestras exploraciones, integradas a menudo por especies mineralógicas poco frecuentes o de cierta complejidad.

Resultan estos métodos muy recomendables para análisis de minerales titaníferos ; de tántalo-niobatos ; del uranio contenido en ilmenitas radiactivas y en minerales complejos, como davidita y samarskita, y para la delicada valoración del vanadio contenido en la roscoelita.

He creído de interés que estos métodos del Dr. Ingeniero Colin, colaborador eficazísimo en nuestras actividades metalogénicas surafricanas, sean conocidos en todos sus pormenores, por lo cual en esta traducción no se ha suprimido ni reducido nada del texto original inglés, amablemente remitido por el autor para su publicación en las

Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España.—ISMAEL ROSO DE LUNA.

P R E F A C I O

Los métodos de análisis con empleo del tanino usados antes de aparecer los trabajos del Dr. Schoeller y sus colaboradores, fueron siempre difíciles y laboriosos.

Los trabajos de este investigador comenzaron a publicarse en revistas científicas en los años 1922 a 1936, y en 1937 aparecieron recopilaciones en el libro *The Analytical Chemistry of Tantalum and Niobium*.

Como su nombre indica, este libro trata principalmente del análisis de los minerales de niobio y de tántalo, y demuestra de modo conclusivo la decisiva importancia que en él tiene el uso del tanino. Dicho texto del Dr. Schoeller es hoy el libro de consulta de todo químico que se dedica al análisis de esos complicados minerales.

En los laboratorios de la «Reparticao Provincial de Industria e Geologia» (*), de Vila de Manica, Africa oriental portuguesa, en los que se trabaja acerca de muchos problemas químico-metalúrgicos y últimamente se realizan multitud de análisis de menas radiactivas, han servido de base las investigaciones de Schoeller respecto al tanino.

(*) *Nota del traductor.*—En la extensa colonia portuguesa de Mozambique, los servicios oficiales de minería, geología e industria están concentrados en la «Reparticao de Industria e Geologia», con sede central en la capital, Lourenço Marqués, de la cual dependen diversas «Repartições» provinciales. Entre su personal técnico abundan los Ingenieros de Minas, Geólogos y técnicos civiles de otras especialidades. El Dr. Ingeniero Colin pertenece a la «Repartição» provincial de Manica, en la que realiza interesantísimos trabajos de investigación en química, metalurgia y preparación mecánica de menas.

El reciente descubrimiento de ilmenitas radiactivas en el Distrito de Tete, en la cuenca del Zambeze, llevó a la necesidad de métodos rápidos de análisis para determinar el contenido en uranio de enorme cantidad de muestras. El lento método de Schoeller, tal como sugiere este investigador, no resulta adecuado para tamañas necesidades. Ha sido preciso, por tanto, una vez que la química del tanino se ha hecho más comprensible, modificar aquél sin mermar nada de su exactitud. Los resultados obtenidos con la técnica y fundamentos del procedimiento operatorio descrito en este trabajo han probado ser altamente satisfactorios.

Este artículo resume los métodos y conclusiones a que hemos llegado y esperamos que su publicación sea de alguna utilidad a quienes se ocupan en el análisis de minerales radiactivos.

Durante las investigaciones y ensayos realizados hasta que este trabajo fué acabado con éxito, el autor fué eficazmente asistido por el analista D. José Antonio Martins y los preparadores químicos Sres. D. Vladimiro Jesús Silva y D. Sebastiao José Pereira.

INTRODUCCIÓN

Antes de entrar en detalle con los métodos de análisis, parece oportuno indicar las informaciones que existen acerca de las propiedades de los reactivos orgánicos.

Los reactivos orgánicos que generalmente se usan en análisis de tierras ácidas son el tanino y el «cupferron».

El «cupferron», amonio nitroso-fenil-hodroxilamina, reacciona en disolución, fuerte o débilmente ácida. La regulación del grado de acidez es punto de la mayor importancia. En general el «cupferron», en disolución fuerte-

mente ácida, puede precipitar los elementos siguientes: $\text{Ce}^{(IV)}$, Nb, Ga, Fe, Ta, Sn, Ti, W, $\text{U}^{(IV)}$, V y en presencia de 5 a 10 por 100 de ácidos sulfúrico o clorhídrico Zr y Hf.

En disolución débilmente ácidas, el «cupferron» puede precipitar: Al, Bi, $\text{Ce}^{(III)}$, Cu, Pb, Hg, Ag y Th, pero estas precipitaciones no son siempre cuantitativas.

En sus investigaciones, Lundell y Knowles (2) citan contra el uso del «cupferron» en análisis químico los inconvenientes siguientes:

1.º En la determinación del hierro y el cobre no hay ventaja en usar «cupferron» en vez del análisis gravimétrico. En las precipitaciones realizadas con «cupferron», el hierro acompaña al titanio y al vanadio.

2.º En el análisis de titanio y circón, el «cupferron» es útil para separar el aluminio y el uranio.

3.º En el análisis del torio no hay ventaja en utilizar el «cupferron» en lugar del amoníaco.

4.º El «cupferron» da poca confianza en la determinación del vanadio.

5.º Solamente es útil el «cupferron» como reactivo cuando se conoce de antemano los elementos que entran en el mineral.

6.º El «cupferron» es muy inestable y no se conserva mucho tiempo, pues se descompone en contacto con el aire.

En resumen: el «cupferron» no se puede considerar como reactivo lo suficientemente selectivo para efectuar la separación en una disolución que contenga más de un reducido número de elementos. Para la recuperación y separación de las tierras ácidas es mucho más satisfactorio el tanino.

Además de ser éste más estable, resulta más barato y eficaz y las separaciones no son tan laboriosas.

A) CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DEL TANINO

El tanino o ácido digálico ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_9$) es soluble en agua caliente, formando una suspensión coloidal de micelas cargadas negativamente; su uso como reactivo en análisis se basa en la facultad de precipitar «sales» de hidróxidos metálicos, cargados positivamente, por medio de coagulaciones recíprocas.

No se conoce con toda exactitud la naturaleza de la reacción que tiene efecto entre el tanino y los iones inorgánicos, pero es muy posible que se formen complejos de *adsorción* y que la precipitación se realice por la neutralización de las cargas coloidales por las cargas opuestas de los iones inorgánicos.

B) NATURALEZA DE LOS PRECIPITADOS

Los precipitados son muy flocculentos, pero bien filtrables, en especial si se filtran bajo ligero vacío y se mezclan con pequeña cantidad de pulpa de papel, aunque esto último no es condición esencial. Los precipitados del tanino deben lavarse bien siempre, con disoluciones que contengan un electrolito volátil, como, por ejemplo, cloruro o nitrato amónicos mezclados con un poco de tanino. Estos electrolitos ayudan en la calcinación final del tanino, que de otro modo sería difícil.

Después de calcinar el precipitado quedan los óxidos sueltos en forma de polvo, que rápidamente adquieren peso constante y pueden ser fácilmente fundidos con bisulfato potásico.

Schoeller (1) clasifica los precipitados del tanino en tres grupos:

Grupo A: Precipitados.

W, Ta, Nb: insolubles en ácidos inorgánicos.

Ti: soluble en ácidos inorgánicos.

Ta, Nb, Ti: insolubles en disoluciones débilmente acidificadas con ácido oxálico y medio saturadas con cloruro amónico; insolubles en disolución de ácido tartárico casi neutra con presencia de acetato amónico.

W: no se precipita por sí mismo de disoluciones que contengan ácidos orgánicos, pero precipítase parcialmente cuando está en contacto con otros complejos de tanino.

Grupo B: Precipitados.

Estos precipitados son solubles en disoluciones débiles de ácido oxálico cuando se hallan medio saturadas con cloruro amónico; insolubles en oxalato amónico.

Grupo C: Precipitados.

Estos precipitados son solubles en disoluciones casi neutras de ácido tartárico y acetato amónico; son insolubles en tartrato amónico.

C) REACCIONES DEL TANINO

El tanino es un reactivo indispensable en la química analítica del tántalo, niobio y titano, lo cual se debe a una combinación de las propiedades siguientes:

El tanino precipita cuantitativamente las tierras-ácidas y otros metales a partir de disoluciones de ácido tartárico. Bajo determinadas condiciones, perfectamente establecidas, consíguese con el tanino la precipitación del tán-

talo, niobio y titano en disoluciones de ácido oxálico; los restantes elementos presentes en las tierras permanecen en disolución.

Aun no se ha conseguido explicar satisfactoriamente estas reacciones del tanino en presencia de ácidos orgánicos, pero, según la experiencia de Schoeller y la del laboratorio de Vila de Manica, indica que la precipitación mediante el tanino debe ser realizada en disoluciones neutras o ligeramente ácidas o alcalinas. La precipitación del complejo tánfínico puede verse fallida por un exceso de ácido inorgánico o, en algunos casos, como en la precipitación del vanadio, por un exceso de amoníaco. Por esta circunstancia, debe vigilarse cuidadosamente la acidez o alcalinidad de las disoluciones.

Flagg (3), en su libro sobre reactivos orgánicos, cita que el valor del tanino depende de su poder de precipitación, bien solo o en combinación con otros reactivos, de aquellos elementos que son difíciles de determinar, como, por ejemplo: tántalo, niobio y titano. Su acción es selectiva, pero se pierde su efecto cuando sus disoluciones tienen los valores de pH más elevados.

D) MÉTODO EN EL EMPLEO DEL TANINO

Si se desean los mejores resultados en el empleo del tanino en química analítica, la experiencia ha demostrado que deben tomarse las siguientes precauciones:

La precipitación debe llevarse a cabo en presencia de un exceso del agente coagulador, como, por ejemplo, cloruro, acetato u oxalato amónicos.

El tanino debe agregarse siempre en disolución caliente y a una concentración que varía del 2 al 5 por 100, según los elementos a precipitar. El tántalo, el niobio y el

titano se precipitan generalmente con las disoluciones de tanino más fuertes.

La acidez de la disolución debe vigilarse cuidadosamente. En un medio ácido es mejor neutralizar hasta el punto de neutralidad, después de lo cual la disolución puede acidificarse con 2 centímetros cúbicos del ácido en cuestión: acético, oxálico o tartárico. En un medio alcalino, la cantidad de amoníaco debe ser suficiente para percibir solamente un ligero olor amoniacal. Si la disolución tiene que ser neutra, la neutralización se realiza primero con un mínimo de amoníaco, después de lo cual el exceso se desprende por ebullición.

Antes de añadir el tanino, la disolución que contiene el electrolito apropiado debe llevarse al punto de ebullición. De esta manera la coagulación es más completa y el precipitado se aposa más rápidamente. La cantidad de tanino añadido debe ser como mínimo diez veces la de los óxidos que hay que precipitar.

MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE TÁNTALO-NIOBATOS

Los principales minerales incluidos en este grupo son: tantalita, columbita y stibiotantalita. (Los minerales que contienen elementos radiactivos y de las tierras raras se tratan de manera distinta.)

El diagrama número 1 muestra el proceso completo de análisis en forma simplificada. El esquema sigue fielmente a Schoeller (4), especialmente para las separaciones de tántalo-niobio, las cuales no resultan tan laboriosas como parece. Con un poco de práctica en la técnica de manipulación de los complejos del tanino, las repetidas precipitaciones no ofrecen inconveniente ninguno.

Hemos modificado el tratamiento que recomienda

Schoeller para la separación de los óxidos de hierro, aluminio, circonio, manganeso, berilo, uranio y vanadio. Estos óxidos se recogen todos juntos, después de haber separado de ellos el tántalo, el sodio, el titano y el wolframio. Se hicieron pruebas que han demostrado la posibilidad del empleo del tanino para separar cuantitativamente el titano de los óxidos de hierro, manganeso, vanadio, etc. Esto confirma los resultados de Schoeller (idem, pág. 193).

Sin embargo, en lugar de precipitar el hierro y el manganeso con hidrógeno sulfurado, se separa antes el titano, precipitándole con tanino en una disolución de ácido oxálico. El filtrado, que contiene los óxidos de hierro, manganeso, aluminio, circonio, etc., se le hace alcalino y se precipitan de él, con amoníaco, los óxidos citados, del modo indicado en el diagrama.

Este procedimiento se ha comprobado que da resultados mucho más exactos para el hierro en minerales que contienen mucho titano, pues el precipitado obtenido como sulfuro arrastra generalmente con el hierro algo de titano.

Otra modificación que se ha visto da buenos resultados es el tratar cada filtrado, después de la precipitación de un elemento, con tanino y amoníaco para precipitar los óxidos que pudieran aún contener; éstos se filtran a su vez, se secan y calcinan y pesan antes de fundirlos con bisulfato potásico para comenzar la etapa siguiente del proceso. Este procedimiento es más satisfactorio y más expedito que el sugerido por Schoeller de destruir las sustancias orgánicas con sucesivos ataques con ácidos sulfúrico y nítrico. Además el pesar cada producto calcinado ofrece una vigilancia segura del propio análisis.

DETERMINACIÓN DEL URANIO

El tanino precipita al uranio, a partir de disolución alcalina, en forma de grumos pardos, que pueden filtrarse inmediatamente con facilidad. En ciertas condiciones, el tanino puede separar cuantitativamente el uranio y el titanio; esta propiedad es la base de un método de análisis muy rápido y exacto del uranio contenido en ilmenitas radiactivas.

a) *Uranio en las ilmenitas radiactivas.*

Las ilmenitas radiactivas descubiertas recientemente en Tete, en Mozambique, fueron clasificadas como mineral davidita. Los principales elementos encontrados son ilmenita con pequeñas cantidades de tierras-raras y tierras-ácidas. La principal cantidad de uranio viene probablemente en forma de carnotita. Cuando el laboratorio ha de analizar no sólo cualitativamente, sino cuantitativamente, un gran número de muestras para seguir el ritmo de los trabajos de prospección en el campo, es condición *sine qua non* disponer de un método de análisis rápido y exacto.

El método que se describe ampliamente bajo el epígrafe número 2 fué establecido después de muchos tanteos e investigaciones. Los resultados conseguidos con él han sido comprobados meticulosamente con los obtenidos en análisis realizados en laboratorios extranjeros de las mismas muestras. En realidad el método que se describe se concentra principalmente en el modo de separar rápidamente el uranio para efectuar su análisis final, pero las diversas etapas del proceso son de tal naturaleza, que si se desea, cada grupo de componentes puede irse dejando separado aparte, para efectuar con él un análisis más completo.

Para la determinación cualitativa del uranio se ha adoptado el método de fluorescencia con luz ultravioleta, de los investigadores Sill y Petersen (5). Estos autores afirman en su trabajo que el vanadio no estorba en la aplicación del procedimiento, pero no lo hemos confirmado así en nuestro Laboratorio, pues, por el contrario, hemos podido observar que, aunque el uranio preparado como indican dichos autores produce, efectivamente, una fluorescencia verde amarillenta, el vanadio preparado en las mismas condiciones también produce fluorescencia, de color verde pálido, lo cual es un inconveniente cuando se trata de muestras con pequeña cantidad de dichos dos metales, ya que el color de ambas fluorescencias es imposible de diferenciar. No obstante, en los innumerables análisis efectuados con las ilmenitas radiactivas de Tete se ha observado que la aparición de fluorescencia verdosa ha ido siempre unida a un contenido de uranio.

SEPARACIÓN DE TITANO, HIERRO, VANADIO Y URANIO

El éxito del método usado para el análisis de minerales de las tierras ácidas y de las tierras raras depende de la previa separación del titanio por precipitación con tanino, en disolución justamente acidificada con ácido oxálico. Schoeller (pág. 100) establece que «el tanino precipita cuantitativamente el tántalo, niobio y titanio a partir de una disolución débilmente ácida oxálica medio saturada con cloruro amónico. En estas condiciones quedan sin precipitar los óxidos de circonio, torio, aluminio y berilio».

Para confirmar esto, preparamos una muestra sintética conteniendo los equivalentes de: 0,1250 gramos de Fe_2O_3 ; 0,2500 gr. de TiO_2 ; 0,0086 gr. de V_2O_5 y 0,0600 gr. de U_3O_8 .

El titano fué precipitado de una disolución débilmente ácida de oxalato, medio saturada con cloruro amónico. El filtrado fué hecho alcalino para precipitar juntos los restantes óxidos. Después de fundido este precipitado, fué precipitado el hierro en disolución alcalina por carbonato amónico. El filtrado alcalino fué tratado con tanino y el precipitado obtenido de óxido de vanadio y uranio fué calcinado y fundido. El vanadio se separó del uranio mediante precipitación con tanino en una disolución débilmente ácida de ácido acético y acetato amónico. El procedimiento acabado de exponer se indica en esquema en el diagrama número 2.

Lo recuperado fué: 0,1247 gr. Fe_2O_3 ; 0,503 gr. TiO_2 ; 0,0083 gr. V_2O_5 ; 0,0601 gr. U_3O_8 . Las impurezas contenidas en los óxidos precipitados de titano y de uranio se vió que eran hierro.

b) *Uranio en los minerales complejos.*

Los minerales de la familia de la samarskita han sido hallados en muchas partes de Mozambique. El análisis completo de la samarskita se facilita mucho con el empleo del tanino como agente separador.

El proceso completo de análisis se da en el diagrama número 3.

El método de ataque inicial es el sugerido por J. Lawrence Smith, que es probablemente el mejor para separar rápidamente las tierras raras.

El torio y los óxidos de cerio, iterbio e itrio tienen la propiedad de formar fluoruros insolubles, mientras que los otros minerales incluso tántalo, niobio y titano son solubles. La separación de estos elementos solubles sigue el proceso detallado en los diagramas número 1 y número 2.

Adoptamos el procedimiento de precipitación en frío

de las tierras raras con amoníaco y un mínimo de cloruro amónico, pues se encontró que los elementos de las tierras raras tenían tendencia a disolverse cuando las disoluciones alcalinas se hervían y a precipitarse después en polvo fino, blanco, cuando el filtrado se enfriaba. Para la precipitación del torio se prefirió el «ácido sebácico» (6) al thiosulfato sódico (6), pues con este último, además de originarse azufre coloidal, muy engorroso, resulta aquélla mucho más laboriosa. Con ácido sebácico el precipitado de torio se acumula rápidamente y puede filtrarse en seguida. La separación de los elementos de las tierras raras se hace siguiendo el procedimiento general de Scott (8).

DETERMINACIÓN DEL TITANO

Durante la campaña de prospección de minerales radiactivos en Tete fueron enviadas al Laboratorio para su análisis completa multitud de muestras de rutilo, ilmenita y magnetita titanífera. También puede hacerse el análisis de estos minerales por procedimiento análogo al descrito, valiéndose del tanino para realizar las diferentes separaciones, especialmente la separación del titano y del vanadio. Hay poca literatura técnica acerca de los métodos para separar rápida y eficazmente esos dos elementos, pero el empleo del tanino en presencia del oxalato amónico y cloruro amónico dió un precipitado grumoso de titano que pudo separarse por filtración, dejando en el filtrado los óxidos de vanadio junto con algo de hierro.

En el diagrama número 4 se indica en detalle el procedimiento.

DETERMINACIÓN DEL VANADIO EN LA ROSCOELITA

En muestras de mica verde que fueron enviadas al Laboratorio se hallaron pequeñas cantidades de vanadio. En algunos casos el mineral venía mezclado con algo de mispikel y calcopirita, lo cual prolongaba necesariamente el análisis. Cuando se averiguó la presencia del vanadio se realizó una prospección amplia y minuciosa, que llevó a la necesidad de analizar cuantitativamente más de 1.000 muestras.

En el diagrama número 5 se expone el método de análisis a que finalmente se llegó, siguiendo el cual, un operador pudo hacer ocho análisis completos de vanadio por jornada de trabajo.

El tanino produce con el vanadio un precipitado azul oscuro cuya sensibilidad alcanza hasta una proporción de uno a un millón. Dado que muchas de las muestras o no contenían vanadio o solamente indicios de él, resultaba el uso del tanino para la precipitación final una gran ventaja, pues el color de la disolución daba un inmediato y seguro indicador acerca de si la muestra contenía vanadio en cantidad apreciable o carecía de él por completo.

El tratamiento preliminar de la disolución con amoníaco y carbonato amónico elimina los óxidos de hierro, silicio, aluminio, titanio, etc., mientras que la precipitación con tanino del filtrado en una disolución débilmente acética de acetato ácido de amonio suministra el vanadio libre de cualquiera otro elemento. La determinación final volumétrica con permanganato potásico evita efectivamente el peligro de arrastre de sílice, circunstancia que debe evitarse cuidadosamente en los análisis gravimétricos.

ANÁLISIS DE MINERALES TÍPICOS DE TETE

Por juzgarlo de interés, damos a continuación una tabla de análisis de alguno de los minerales típicos de Tete:

Grupo A	Grupo B	Grupo C		
W: pardo. Ta: amarillo. Nb: rojo. Ti: pardo rojizo. V: azul oscuro.	Zr: incoloro. Th: incoloro. Al: incoloro. Fe: negro azulado. Cr: verde. U: pardo.	Ce: se oscurece por exposición. Tierras raras: incoloro. Mn: se oscurece por exposición. Be: incoloro.		

DENSIDAD	Davidita	Samarskita	Estibiotantalita	Titanomagnétita
	4,60	5,0	7,0	4,8
SiO ₂	2,76	10,93	0,40	13,65
Sb ₂ O ₃	—	—	39,56	—
FeO.....	34,92	7,78	—	12,80
Fe ₂ O ₃	8,80	—	—	58,08
V ₂ O ₅	trazas	—	—	0,68
TiO ₂	38,80	7,43	—	14,70
Nb ₂ O ₅ W.....	—	37,05	2,80	—
W.....	3,00	—	—	—
Ta ₂ O ₅ W.....	—	10,05	55,20	—
Grupo Ce. W.....	—	6,46	—	—
Grupo Y. W.....	1,40	3,56	—	—
ThO ₂ W.....	—	1,76	—	—
U ₃ O ₈	9,60	12,88	—	—
U ₂ O ₃	—	—	1,84	—

Recibido junio 1951.

BIBLIOGRAFIA

- 1 *Analytical Chemistry of Tantalum and Niobium* by Schoeller, 1937.
- 2 LUNDELL and KNOWLES: *Ind. Eng. Chem.* 12, 344 (1920).
- 3 *Organic Reagents*, by Flagg. (1948), pág. 265.
- 4 SCHOELLER: *Idem*, pág. 121 et seg.
- 5 SILL and PETERSEN: *Ind. & Eng. Chem.*, vol. 19, sep. 1947, 646.
- 6 SCHOELLER: *Idem*, pág. 166.
- 7 *Modern Quantitative Analysis* by Mitchell and Ward (1932), pág. 149.
- 8 *Methods of Chemical Analysis* by Scott and Furman, 1939, pág. 950.
- 9 *Idem*, pág. 249.

DISOLUCIÓN

Evaporar hasta 150 c. c.; reducir el férrico a ferroso; hervir cinco minutos con 25 c. c. HCl conc.: filtrar.

PRECIPITADO

Elementos del grupo 2; destruir materia orgánica con H₂SO₄ y HNO₃ y continuar con las separaciones.

PRECIPITADO

Ta₂O₅ : Nb₂O₅WO₃.

Fundir con 4 g. K₂CO₃; disolver en agua. Añadir reactivo Bedford (1 g. MgSO₄ + 2 g. NH₄Cl + + 20 c. c. H₂O + 4 gotas NH₃). Hervir. Filtrar y lavar con cloruro amónico.

DISOLUCIÓN

Evaporar hasta 20 c. c. y diluir hasta 100 c. c. Neutralizar con amoníaco y acidificar justamente con ácido oxálico. Añadir 2,5 g. con cloruro amónico. Hervir. Añadir disolución al 2 % de tanino. Filtrar.

PRECIPITADO

Ta₂O₅ : Nb₂O₅.

Acidificar con HCl. Añadir 2,5 g. de NH₄Cl y ajustar exactamente la acidez con NH₃. Hervir. Añadir 2 g. de acetato amónico + disolución de tanino al 5 %. Aposar el precipitado. Filtrar.

DISOLUCIÓN

WO₃.

PRECIPITADO

TiO₂.

DISOLUCIÓN

Oxidos de Fe, Al, Mn, Zr, Be, V, Ca, etc. Hacer alcalina con NH₃. Hervir y agregar disolución de tanino al 20 %. Filtrar. Lavar con NH₄Cl + tanino.

PRECIPITADO

Ta₂O₅ : Nb₂O₅.

Fundir con KHSO₄. Disolver en 75 c. c. de oxalato amónico. Hervir. Valorar con disolución de tanino al 5 % hasta que el precipitado amarillo se oscurece (indica Nb). Filtrar.

PRECIPITADO

Oxidos de Fe, Mn, Al, Zr, Be, V.

Fundir con KHSO₄. Disolver con ácido tartárico al 10 % y añadir 10 g. de NH₄Cl y saturar con H₂S. Agregar un exceso de NH₃ + (NH₄)₂S. Reposar dos horas. Filtrar.

DISOLUCIÓN

Oxidos de Ca, Mg, Na K.

Destruir materia orgánica y continuar el proceso ordinario para determinar cada elemento de este grupo.

PRECIPITADO

Sulfuros de Fe y Mn.

DISOLUCIÓN

Hervir con HCl durante 15 minutos. Neutralizar con NH₃ y precipitar en caliente con exceso de tanino al 2 % en agua. Filtrar y lavar. Calcinar y pesar.

PRECIPITADO

Ta₂O₅.

DISOLUCIÓN

Evaporar hasta 75 c. c. Hervir. Valorar con NH₃ hasta neutralizar. Hervir y valorar cuidad samente con disolución de tanino al 5 %. Un precipitado amarillo indica Ta. Repetir hasta que no aparezca Ta.

CALCINADO

Fundir con KHSO₄. Disolver en H₂SO₄ diluido. Filtrar y tratar en frío la disolución con pulpa de papel y 6 % de «cupferron» en agua.

PRECIPITADO

Nb₂O₅.

PRECIPITADO

ZrO₂.

DISOLUCIÓN

Hervir 15 minutos con HNO₃ hasta destruir el «cupferron». Enfriar y alcalinizar con NH₄OH. Hervir. Precipitar con tanino al 2 % en agua caliente. Filtrar. Calcinar y pesar.

PRECIPITADO (CALCINADO)

Fundir con KHSO₄. Disolver en H₂SO₄ al 10 %. Alcalinizar con NH₄OH y (NH₄)₂CO₃. Hervir. Filtrar.

PRECIPITADO

Al₂O₃.

DISOLUCIÓN

Acidificar con H₂SO₄. Hervir para eliminar el CO₂. Neutralizar con NH₄OH. Hervir y añadir caliente 2 % de tanino en agua. Filtrar, calcinar y fundir con Na₂CO₃. Disolver en agua. Filtrar. Lavar con agua.

PRECIPITADO

BeO.

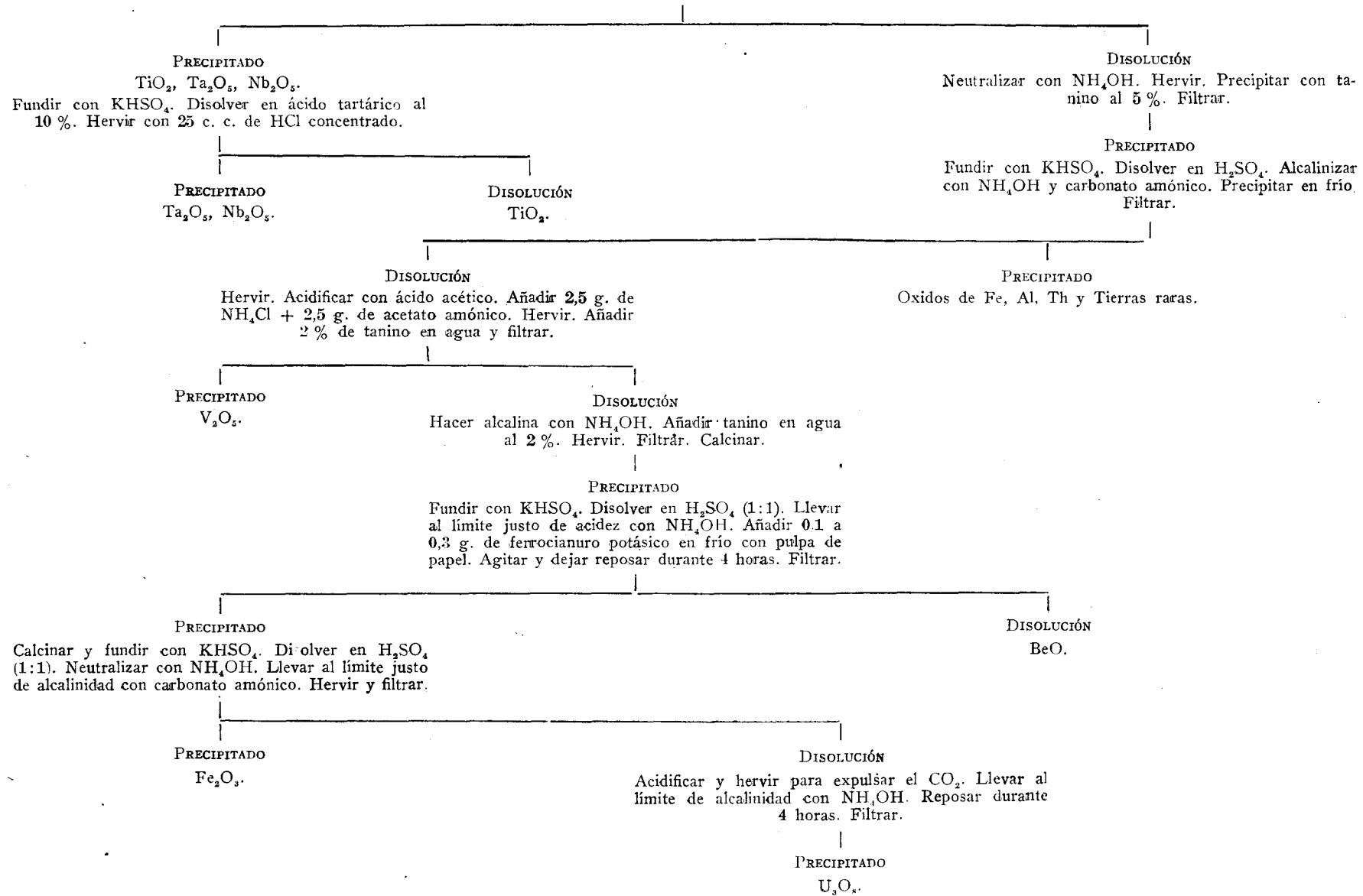
DISOLUCIÓN

Acidificar y expulsar CO₂. Neutralizar con NH₄OH y acidificar con 2 c. c. de ácido acético. Añadir

DIAGRAMA NUM. 2

DETERMINACION DEL URANIO EN LA "DAVIDITA"

Fundir 0.25 g. de muestra con 3 g. de KHSO_4 . Disolver en ácido oxálico al 10 %. Hervir. Llevar al límite justo de acidez con amoníaco. Añadir 2,5 g. de NH_4Cl . Hervir y precipitar con disolución de 5 % de tanino en agua. Reposar 2 horas y filtrar.



DETERMINACION DEL URANIO Y DE LAS TIERRAS RARAS

Disolver 0,5 g. de la muestra en HF concentrado. Evaporar hasta 5 c. c. Diluir con 100 c. c. de agua.
Lavar, decantar y filtrar.

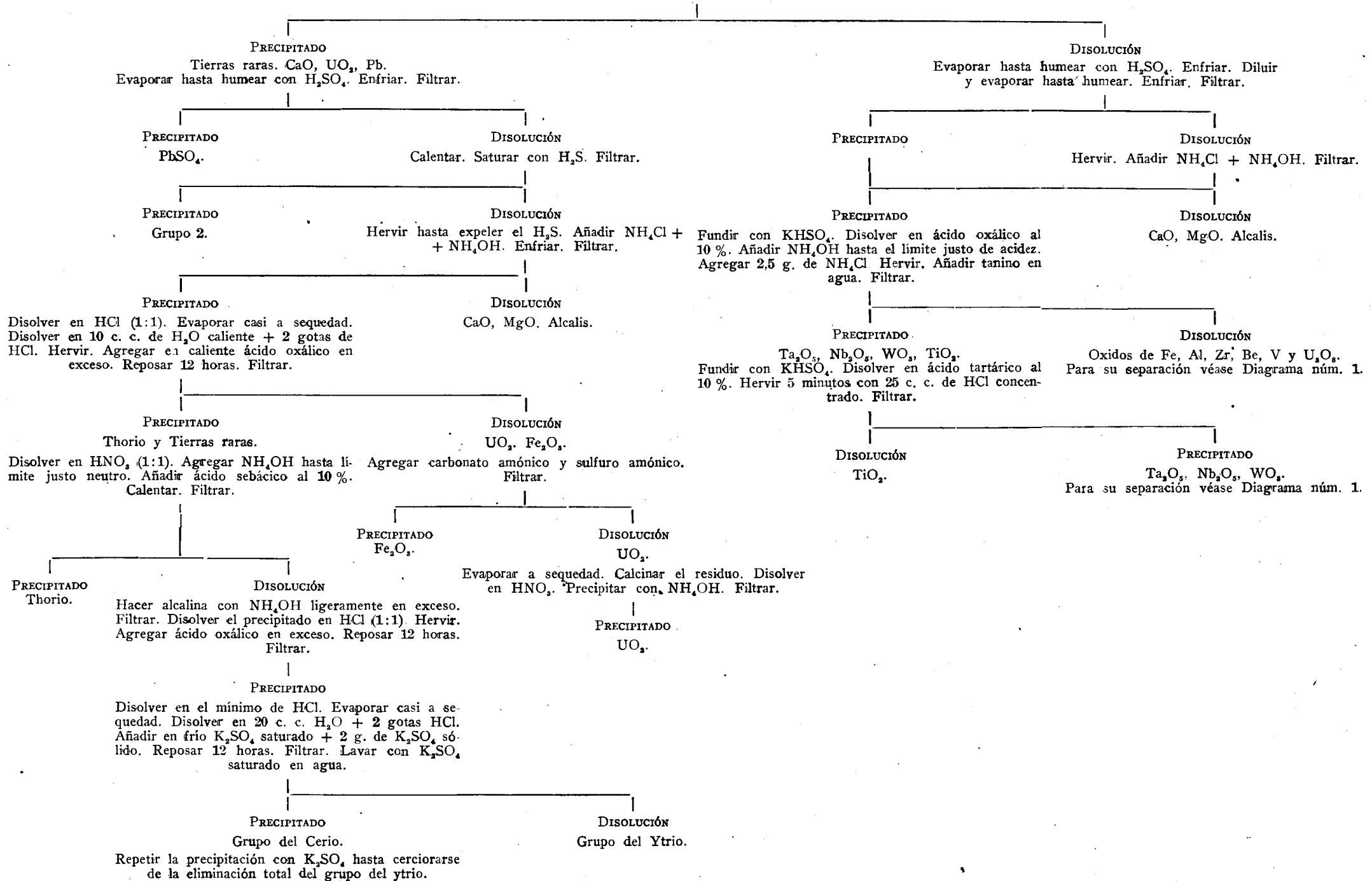


DIAGRAMA NUM. 4

DETERMINACION DEL TITANO

Fundir 0,25 g. de muestra con 3 g. de KHSO_4 . Disolver en oxalato amónico al 10 %. Añadir 25 g. de NH_4Cl . Hervir. Agregar tanino al 5 % en agua. Reposar por 2 horas. Filtrar. Calcinar.

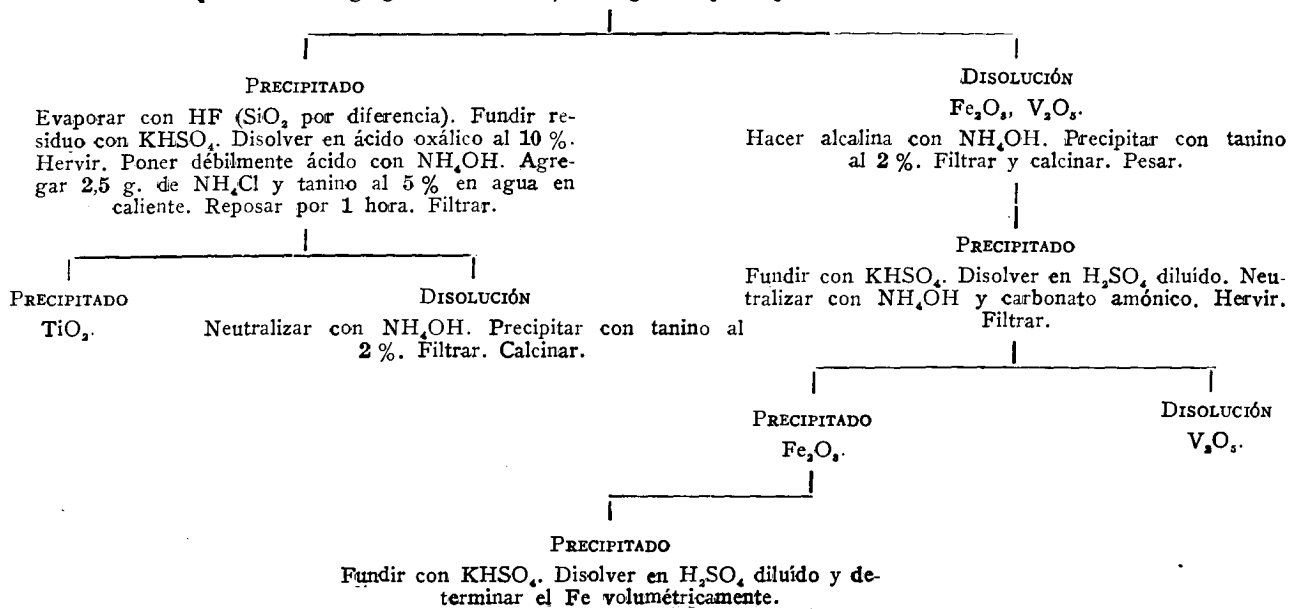


DIAGRAMA NUM. 5

DETERMINACION DEL VANADIO EN LA ROSCOELITA

Fundir 2 g. de muestra con Na_2O_2 . Disolver en agua.
Hervir por 10 minutos. Enfriar. Filtrar.

PRECIPITADO
 SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 .

DISOLUCIÓN

Acidificar con H_2SO_4 hasta que el líquido contenga 8% de ácido. Comprobar la ausencia de Fe en la disolución. La disolución sin hierro llevarla al límite justo de acidez con NH_4OH . Agregar 4 c. c. de ácido acético + 2,5 g. de NH_4Cl + 2,5 g. de acetato amónico. Hervir. Precipitar el vanadio con disolución de tanino al 2%. Filtrar.

PRECIPITADO

V_2O_5 .

Calcinar y fundir con KHSO_4 . Disolver en H_2SO_4 caliente y diluido. Reducir el vanadato a vanadilo con 2 g. de Na_2SO_3 sólido, agregado a la disolución. Hervir y expulsar el SO_2 . Introducir en la disolución, en caliente, una esquirola limpia de mármol para engendrar CO_2 . Una vez libre de SO_2 , después de 15 minutos diluir hasta 150 c. c. Valorar, gota a gota, con $\text{N}/10 \text{ K}_2\text{CrO}_7$ y ferricianuro potásico, si hay Fe presente, hasta que el indicador se coloree azul. Entonces valorar en caliente con $\text{N}/50 \text{ KMnO}_4$ hasta virar a rosa.

La determinación de uranio y torio
por el método de Coppens

POR

EUGENIO TORRE ENCISO

E. TORRE ENCISO
Catedrático de Ciencias Naturales del Instituto de La Coruña

LA DETERMINACION DE URANIO Y TORIO POR EL METODO DE COPPENS

EL MÉTODO DE LAS EMULSIONES FOTOGRAFICAS NUCLEARES

En el año 1896 comprobó Becquerel que las placas fotográficas eran impresionadas por las sales de uranio aunque se mantuviesen envueltas en papel negro. Con ello quedaba descubierta la radiactividad, este nuevo campo del saber científico que ha alcanzado modernamente tan formidable desarrollo.

La impresión de las emulsiones fotográficas se debe a la activación del bromuro argéntico por efecto de la ionización provocada por las radiaciones emitidas. La ionización más intensa es la que ocasiona la radiación *alfa*, y por tanto sus huellas son las más fáciles de observar. Pero las huellas que las partículas α dejan en las emulsiones ordinarias son inadecuadas para un exacto reconocimiento y recuento. Por esta razón se trató de perfeccionar la técnica de fabricación de material fotográfico, a fin de obtener emulsiones de grano sumamente fino que pudieran utilizarse en trabajos de investigación de sustancias radiactivas.

Hoy existen en el comercio placas que responden per-

fectamente a estos fines, como las fabricadas por las casas Ilford y Kodak. Puestas estas placas en contacto con un cuerpo radiactivo durante un tiempo de exposición adecuado, y una vez convenientemente reveladas, exhiben al microscopio ordinario las huellas impresas en la emulsión por los proyectiles α . Estas huellas adoptan la forma de trazos rectilíneos de unas cuantas micras o decenas de micras de longitud, y si se observan con grandes aumentos, cada trazo se resuelve en una sucesión de gránulos de plata reducida.

Como es natural, el número de trayectorias α inscritas por un material dado depende de su concentración en sustancias radiactivas y del tiempo de exposición. Por tanto, era de esperar que se ideasen métodos capaces de permitir la determinación cuantitativa del contenido en elementos radiactivos de un material cualquiera, fundados en el examen de una placa impresionada durante un tiempo dado. Un método de esta naturaleza es el que ha sido puesto a punto en Francia por el Profesor Coppens con indudable éxito, pues permite no sólo determinar la concentración global en U y Th en minerales y rocas cuyo débil contenido en radioelementos no puede ser detectado por otros métodos, sino que permite también descubrir la fina distribución de la radiactividad en una roca cualquiera y reconocer los cristales o inclusiones que la producen. Los espléndidos resultados obtenidos por el Profesor Coppens han sido acogidos con gran interés en los medios científicos de muchos países.

Una grave dificultad que restaba precisión al método es la que se refiere a la desaparición espontánea de la imagen latente de las trayectorias α en las placas. En efecto, se pudo comprobar que la imagen latente experimenta un fenómeno de debilitamiento cuando la exposición ha sido lar-

ga—más de una semana—o cuando se retrasa el revelado, pudiendo llegar a extinguirse totalmente. El Profesor Coppens ha contribuido también a resolver este problema, y en sus trabajos cita medios que permiten operar actualmente con tiempos de exposición de hasta tres meses.

Determinación de la concentración en U y Th y de la razón $\frac{C_{Th}}{C_U}$

Esta determinación se basa en el recuento del número N de trayectorias *alfa* inscritas en la placa por centímetro cuadrado y segundo. Hay que tener en cuenta que la radiación *alfa* es en parte absorbida por el mismo cuerpo que la emite. Esto obliga a introducir en las fórmulas un coeficiente de absorción.

Los cálculos que siguen han sido desarrollados en lo fundamental por Mme. I. Curie (*J. Phys. Rad.*, noviembre, 1946, 7), y permiten hallar el valor de N en minerales que contienen en equilibrio, sea los radioelementos de las series del U y del Ac, sea los de la serie del Th, sea los de las tres series a la vez. Como su exposición detallada nos obligaría a extendernos demasiado, damos a continuación un resumen de los mismos.

Sea R el alcance de una partícula *alfa* en el aire a 0° y 760 mm., y R' el alcance correspondiente en el sólido examinado. Llamaremos K a la razón

$$K = \frac{R'}{R}$$

Las partículas *alfa*, luego de haber atravesado una parte del sólido, penetran en la emulsión de la placa fotográfica y la impresionan, dejando en la misma la huella de su trayectoria. Pero para que estas trayectorias resulten visibles, su recorrido en la emulsión debe alcanzar un valor mínimo

suficiente ρ' , el cual corresponde a un alcance en el aire que llamaremos ρ . La razón K_1 entre ambos sería, por consiguiente:

$$K_1 = \frac{\rho'}{\rho}$$

El valor de la razón K_1 se puede obtener fácilmente midiendo las trayectorias más largas emitidas por un cuerpo radiactivo que contenga, por ejemplo, únicamente uranio y sus derivados. En este caso las trayectorias de mayor longitud son las que corresponden a las partículas α emitidas por el RaC', cuyo alcance en el aire es igual a 6,87 cm.; y como quiera que las trayectorias más largas inscritas en las emulsiones por diferentes minerales de uranio exentos de torio miden 38 micras, tendremos:

$$K_1 = \frac{38}{68700}$$

y por tanto el alcance en el aire de una partícula visible debe ser:

$$\rho = \frac{\rho'}{K_1} = \frac{68700}{38} \rho'$$

y su alcance en la roca debe corresponder a un alcance en el aire igual a $R - \rho$, debiendo ser igual a $K(R - \rho)$ (fig. 1).

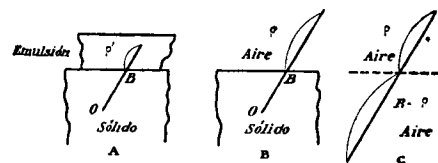


Fig. 1.—Para que la trayectoria de un rayo α sea visible en la emulsión fotográfica, debe tener como mínimo un trayecto ρ' en dicha emulsión (A). A esta longitud ρ' en la emulsión corresponde una longitud ρ en el aire (B). Si R es el alcance total del rayo en el aire, su alcance en la roca corresponde a un alcance $(R - \rho)$ en el aire (C).

Respecto a las trayectorias que forman con la normal a la superficie un ángulo θ , serán visibles si provienen de un punto O situado a una profundidad AO tal que

$$AO \leq K(R - \rho) \cos \theta.$$

Si suponemos que el cuerpo radiactivo emite N partículas *alfa* por cm.^3 y segundo, se puede calcular el número n de las que emergen por centímetro cuadrado de superficie libre y por segundo, encontrándose que

$$n = \frac{N}{4} K(R - \rho) \quad [1]$$

y puesto que $\rho = \frac{\rho'}{K_1}$, tendremos:

$$n = \frac{N}{4} K \left(R - \frac{\rho'}{K_1} \right)$$

Ahora bien, con los medios ópticos generalmente utilizados se distinguen perfectamente las trayectorias de 3 micras de longitud. Así, pues, si $\rho' = 3\mu$, podremos escribir:

$$\rho = (68700 : 38) \rho' = 5400 \mu = 0,54 \text{ cm.}$$

de donde, sustituyendo en (1), resulta:

$$n = \frac{N}{4} K(R - 0,54) \quad [2]$$

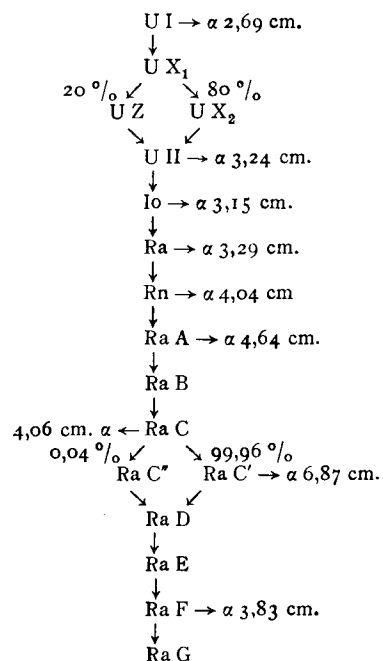
fórmula que, como vamos a ver, es de decisiva importancia.

Consideremos ahora las series radiactivas. En general, una roca cualquiera puede contener todos los elementos de las series del uranio y del actinio, o los de la serie del torio, o los de las tres series a la vez.

En la transformación radiactiva de un átomo se emiten, aparte otras radiaciones, o bien una partícula α de velocidad y alcance completamente características del átomo en cuestión, o bien se desprende una partícula β ; en

algunos casos se emiten simultáneamente partículas α y β .

Veamos lo que ocurre con la serie del U representada por el siguiente esquema que incluye los rayos α emitidos y su diferente recorrido en el aire.



Como puede observarse, la serie anterior proporciona ocho clases de rayos α , haciendo caso omiso de los emitidos por el Ra C que representan un escaso porcentaje (0,04 por 100). Ahora bien, si un cuerpo emite N rayos α por centímetro cúbico y segundo, el número de partículas α visibles por centímetro cuadrado y por segundo para toda la serie en equilibrio radiactivo será:

$$\frac{N}{4} \Sigma K (R - \rho)$$

y como quiera que K apenas varía de un cuerpo a otro en la serie, podemos escribir:

$$\frac{N}{4} K \Sigma (R - \rho)$$

en donde $\Sigma (R - \rho)$ es la suma de las longitudes $R - \rho$ de todos los miembros de la serie.

Por tanto, para la serie uranio-radio que nos ocupa, considerando que $\rho = 0,54$ cm., tendríamos:

$$\begin{aligned} N_{UI} &= \frac{N}{4} K (2,69 - 0,54) \\ N_{UII} &= \frac{N}{4} K (3,24 - 0,54) \\ N_{Io} &= \frac{N}{4} K (3,15 - 0,54) \\ N_{Ra} &= \frac{N}{4} K (3,29 - 0,54) \\ N_{Rn} &= \frac{N}{4} K (4,04 - 0,54) \\ N_{RaA} &= \frac{N}{4} K (4,64 - 0,54) \\ N_{RaC'} &= \frac{N}{4} K (6,87 - 0,54) \\ N_{RaF} &= \frac{N}{4} K (3,83 - 0,54) \end{aligned}$$

lo que arroja el siguiente total:

$$N_U = \frac{N_u}{4} K (31,75 - 8 \cdot 0,54) = \frac{N_u}{4} K \cdot 27,43$$

en donde N_u es el número de partículas α emitidas por centímetro cúbico y segundo por el uranio. Se sabe que cada gramo de uranio emite $n_u = 1,19 \cdot 40^4$ rayos α por segundo. Si d es la densidad del sólido, 1 cm.³ del mismo pesa d gramos, y cada centímetro cúbico de uranio emitirá $d \cdot n_u$ partículas por segundo. Y si en el cuerpo radiactivo la concentración en uranio es C_U , el número de rayos α emitidos será:

$$N_u = n_u \cdot d \cdot C_U, \text{ o sea, aproximadamente } N_u = 1,2 \cdot 10^4 \cdot d \cdot C_U$$

Por consiguiente, el número de partículas α procedentes de la serie del uranio emitidas por el cuerpo radiactivo por centímetro cuadrado y segundo es

$$N_U = \frac{1,2 \cdot 10^4}{4} d \cdot C_U \cdot K \cdot 27,43$$

a las que hay que añadir, como vamos a ver en seguida, las partículas α procedentes de la serie del actinio.

Consideremos ahora la familia radiactiva del actinio. Esta serie proporciona prácticamente siete rayos diferentes, pues la pequeña fracción aportada por el Ac C' es despreciable.

Un razonamiento análogo al que seguimos anteriormente nos conduce a la siguiente fórmula:

$$N_{Ac} = \frac{N}{4} K \cdot 29,60$$

Así, pues, teniendo en cuenta el valor de la razón entre las concentraciones en U y en Ac (4 por 100 del último), se puede establecer que un mineral de uranio emite por centímetro cuadrado de superficie libre y por segundo

$$N_U = \left(\frac{1,2 \cdot 10^4}{4} d \cdot C_U \cdot K \cdot 27,43 \right) + \left(\frac{1,2 \cdot 10^4}{4} d \cdot \frac{4 C_U}{100} K \cdot 29,60 \right)$$

o sea, realizando operaciones:

$$N_U = 0,3 \cdot 10^4 \cdot d \cdot C_U \cdot K \cdot 28,6 = 8,58 \cdot 10^4 \cdot d \cdot C_U \cdot K \quad [3]$$

Por último, idénticas consideraciones aplicadas a la serie del torio permiten obtener la siguiente fórmula:

$$N_{Th} = \frac{N}{4} K \cdot 25,67$$

siendo N el número de α emitidos por centímetro cúbico de torio y por segundo. Como el torio puro emite $0,3 \cdot 10^4$

rayos por gramo y segundo, si d es la densidad del cuerpo y C_{Th} la concentración en torio, tendremos:

$$N_{Th} = 0,3 \cdot 10^4 \cdot d \cdot C_{Th}$$

y por tanto el número de rayos α visibles emitidos por centímetro cuadrado y segundo será:

$$N_{Th} = \frac{0,3 \cdot 10^4}{4} d \cdot C_{Th} \cdot K \cdot 25,67 = 1,92 \cdot 10^4 \cdot d \cdot C_{Th} \cdot K \quad [4]$$

Veamos ahora cómo se puede llegar a la evaluación del coeficiente de absorción.

Si R y R' son los alcances de un rayo α en el aire y en el sólido o roca considerada, d y d' las densidades del aire y de la roca y A y A' los pesos atómicos correspondientes (el aire se puede considerar formado de átomos de peso atómico 14,4), el poder de frenado atómico relativo sería:

$$s = \frac{R}{R'} \cdot \frac{d}{d'} \cdot \frac{A'}{A}$$

El poder de frenado de una molécula viene dado por la suma de los poderes de frenado de los átomos.

De la fórmula anterior se deduce que

$$K = \frac{R'}{R} = \frac{\frac{d}{A}}{\frac{d'}{A'} s}$$

El peso específico del aire a 0° es $1,29 \cdot 10^{-3}$ g./cm.³ y en las condiciones ordinarias (15°) es $1,22 \cdot 10^{-3}$ g./cm.³ Por tanto:

$$K = \frac{\frac{1,22 \cdot 10^{-3}}{14,4}}{\frac{d'}{A'} s} = \frac{0,85 \cdot 10^{-4}}{\frac{d' s}{A'}}$$

Ahora bien, si en un centímetro cúbico de materia exa-

minada hay una concentración C_1 de un cuerpo de peso atómico A_1 y de poder de frenado s_1 , más una concentración C_2 de un cuerpo de peso atómico A_2 y de poder de frenado s_2 , etc., podemos escribir:

$$K = \frac{0,85 \cdot 10^{-4}}{d' \Sigma \frac{C_1 s_1}{A_1}}$$

Si ahora sustituimos K por su valor en las fórmulas (3) y (4), se convertirán en las siguientes:

$$N = 8,58 \cdot 10^4 d C_U \frac{0,85 \cdot 10^{-4}}{d' \Sigma \frac{C s}{A}}$$

$$N = 1,92 \cdot 10^4 d C_{Th} \frac{0,85 \cdot 10^{-4}}{d' \Sigma \frac{C s}{A}}$$

Finalmente, simplificando e introduciendo $K' = \frac{0,85}{\Sigma \frac{C s}{A}}$ resulta:

$$N = 8,58 C_U K' \quad [5]$$

$$N = 1,92 C_{Th} K' \quad [6]$$

fórmulas de aplicación inmediata. Y si el cuerpo contiene a la vez U y Th , la fórmula aplicable será:

$$N = (8,58 C_U + 1,92 C_{Th}) K' \quad (*) \quad [7]$$

Conocido el valor de K' , los productos $C_U K'$ y $C_{Th} K'$ pueden calcularse directamente si se conoce N . Y por último, se puede construir una gráfica (fig. 2) que da inme-

(*) Actualmente el Dr. Coppens aplica fórmulas que discrepan ligeramente de éstas, y en las que se tienen en cuenta recientes trabajos de distintos autores que rectifican en parte los datos que sirvieron de base a los anteriores cálculos.

diatamente el valor de C_U en función de $C_U K'$ y el valor de C_{Th} en función de $C_{Th} K'$. Esta gráfica puede utilizarse indistintamente para determinar las concentraciones C_U y C_{Th} cuando el cuerpo radiactivo contiene solamente Th o solamente U , ya que si bien el coeficiente K'

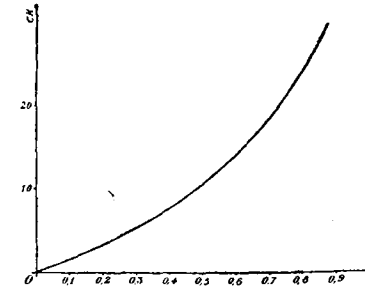


Fig. 2.—Gráfica en donde se representan las variaciones del producto CK' en función de C (según Coppens).

varía con el peso atómico, los radioelementos U y Th tienen pesos atómicos muy similares.

Si el cuerpo radiactivo contiene a la vez U y Th , la gráfica puede darnos también las concentraciones C_U y C_{Th} a condición de conocer el valor de la razón $\frac{C_{Th}}{C_U}$ que llamaremos m . Este es un dato fácil de determinar experimentalmente con bastante precisión como veremos luego. Conocido m , basta dividir la concentración total C —dada por la gráfica por $1 + m$ para obtener C_U . En efecto, podemos escribir:

$$C = C_U + C_{Th} = C_U \left(1 + \frac{C_{Th}}{C_U} \right) = C_U (1 + m)$$

de donde

$$C_U = \frac{C}{1 + m}$$

y como, por otra parte, tenemos $m = \frac{C_{Th}}{C_U}$, resultará:

$$C_{Th} = m C_U$$

Este procedimiento es el que se sigue cuando se trata de averiguar el contenido en U o en Th de minerales radiactivos o de concentrados de estos minerales naturales o artificiales. Pero si lo que se desea es conocer el contenido global de U y Th en una roca, hay que determinar primero la razón $\frac{C_{Th}}{C_U}$ y luego despejar C_U o C_{Th} para sustituir en la fórmula (7). Así, por ejemplo, habiendo obtenido que $\frac{C_{Th}}{C_U} = 3$ (valor medio de esta razón en las rocas eruptivas y metamórficas corrientes), resultará $C_{Th} = 3 C_U$, y, por tanto, podremos escribir:

$$\begin{aligned} N &= (8,58 C_U + 1,92 C_{Th}) K' = (8,58 C_U + 1,92 \cdot 3 \cdot C_U) K' \\ &= 14,34 C_U K' \end{aligned}$$

y considerando $K' = 16$ tendremos finalmente:

$$C_U = \frac{N}{14,34 \cdot 16} = \frac{N}{229,4} = 0,0043 N$$

En cuanto a la razón $\frac{C_{Th}}{C_U}$ dato fundamental para estos cálculos, su valor puede determinarse experimentalmente, aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{Th}}{C_U} = \frac{3,3}{\frac{v_1}{v_2} - 0,8}$$

en la cual tenemos:

v_1 = número de trayectorias α por cm.² y segundo cuyo alcance en el aire supera los 7 cm. de longitud. Estas trayectorias proceden exclusivamente del

Th C' (8,6 cm.), uno de los productos de desintegración de la familia radiactiva del torio.

v_2 = número de trayectorias α por cm.² y segundo cuyo alcance en el aire está comprendido entre 7 y 5,8 cm. de longitud. Incluye las trayectorias procedentes del Ra C' (6,9), del Ac A (6,4) y una parte de las emitidas por el Th C' (la parte cuya longitud disminuyó por absorción antes de penetrar en la emulsión).

El resto de las trayectorias α menores de 5,8 cm. de longitud inscritas en la placa por los demás productos de desintegración de las restantes series radiactivas no se toma en consideración. Por tanto, para obtener resultados aceptables es preciso que el número total de trayectorias sea suficientemente elevado, pues sólo cuentan para el cálculo las trayectorias más largas.

Medida de la longitud de las trayectorias.

Como acabamos de indicar, se miden únicamente las trayectorias de longitudes superiores a 7 cm. (en el aire) y aquellas cuyas longitudes oscilan entre 7 y 5,8 cm. Las primeras señalan evidentemente la presencia del Th, pues proceden del Th C'.

Como es natural, es preciso conocer la relación existente entre las longitudes de los alcances de la emulsión y en el aire. Esta razón es, como ya sabemos:

$$K_1 = \frac{38}{68700}$$

y, por tanto, una longitud de 8,6 cm. en el aire corresponde a unas 48 micras en la emulsión; 7 cm. en el aire, a unas 38 micras, y 5,8 cm. a unas 32 micras. Ahora bien,

las longitudes en la emulsión se miden con ayuda de un micrómetro (se utiliza objetivo de inmersión), y si, por ejemplo, para un determinado aumento del microscopio una división del micrómetro equivale a 1,43 micras, se puede establecer el siguiente cuadro de equivalencias:

Alcances en el aire	Alcances en la emulsión	Número de divisiones del micrómetro
8,6 cm.	48	34
7,0 cm.	38	27
5,8 cm.	32	22

Por consiguiente, las trayectorias que hay que medir serían, por una parte, las que miden más de 27 divisiones del micrómetro, y por otra, aquellas cuya longitud está comprendida entre 22 y 27 divisiones. Se prefiere la medición de trayectorias paralelas o casi paralelas a la superficie de la emulsión, pero cuando el número de trayectorias inscritas en la placa no es muy grande, puede ser necesario medir trayectorias oblicuas, siempre que la oblicuidad se mantenga dentro de ciertos límites. No se toman en consideración las trayectorias que forman un ángulo mayor de 45° con la superficie de la emulsión.

Un inconveniente para estas medidas es la variación que experimenta el espesor de la emulsión como resultado de las operaciones de revelado y secado. El espesor de la capa sensible de las placas Ilford antes del revelado es de 50 micras, después de revelar y secar se reduce prácticamente a 18 micras. Por tanto, al examinar la placa ya impresionada y revelada, una longitud observada de x micras corresponde a una longitud real en la placa sin revelar, expresada por la siguiente fórmula:

$$\frac{50}{18} x = 2,77 x \text{ micras.}$$

Por otra parte, la medida de la longitud de las trayectorias oblicuas no está exenta de dificultades, pues lo que en realidad se mide con el micrómetro ocular es la proyección horizontal de la trayectoria. Su proyección vertical se obtiene enfocando sucesivamente sus dos extremos mediante el tornillo micrométrico graduado, y anotando el desplazamiento señalado por éste. Con estos datos, la

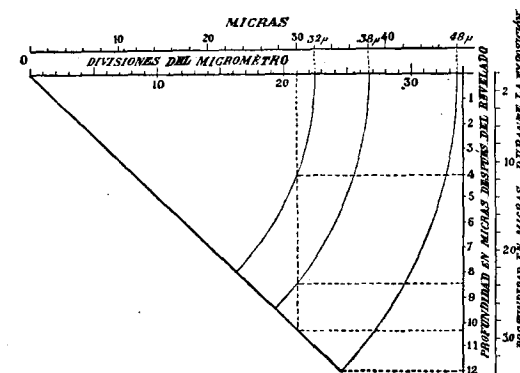


Fig. 3.—Ábaco para la determinación de la longitud de las trayectorias oblicuas, según Coppens.

aplicación del teorema de Pitágoras permite calcular la longitud real de una trayectoria oblicua.

Para evitar los cálculos siempre enojosos se puede construir, como lo ha hecho el Profesor Coppens, un ábaco (figura 3), que da inmediatamente la longitud de las trayectorias oblicuas cuyo ángulo con la superficie de la emulsión es inferior a 45°, y en el que se tiene en cuenta la merma en longitud experimentada por efecto del revelador. En el eje horizontal se toman las proyecciones horizontales de las trayectorias, y en el eje vertical las profundidades de las mismas antes del revelado, ambos datos expresados en idénticas unidades de medida, es decir, en

micras. Pero a fin de hacer posibles una lectura directa, al eje horizontal se superpone otro graduado en las correspondientes divisiones del micrómetro, y una segunda escala al lado del eje vertical expresa las correspondientes profundidades en micras después del revelado. Los arcos de círculo señalan las longitudes límites de las trayectorias que interesa tener en cuenta, a saber, las que corresponden a 32, 38 y 48 micras (alrededor de 22, 27 y 34 divisiones del micrómetro, respectivamente).

Si se toman las medidas de las proyecciones horizontal y vertical de una trayectoria—la primera con el micrómetro ocular, la segunda mediante la graduación del tornillo micrométrico—y se llevan sobre la gráfica, la trayectoria queda inmediatamente clasificada. Todas las trayectorias que, por ejemplo, tengan una longitud aparente de 21 divisiones del micrómetro y cuya distancia vertical entre sus puntos extremos está comprendida entre 4 y 8,5 micras, tendrán una longitud comprendida entre 32 y 38 micras (5,8 y 7 cm.) por caer entre los dos arcos de círculo más próximos al punto 0 de la gráfica. Aquéllas cuya longitud aparente sea la misma (21 divisiones) y cuya distancia vertical varía entre 8,5 y 10,5 micras poseerán una longitud superior a 38 micras (7 cm.), cayendo en el espacio comprendido entre los dos arcos de círculo más alejados del punto 0.

Recuento del número de trayectorias.

El recuento al microscopio del número de trayectorias α no ofrece realmente grandes dificultades, aunque es operación delicada y laboriosa que exige bastante tiempo y cierto grado de entrenamiento. Se puede realizar con aumentos moderados y se facilita la labor mediante el em-

pleo del tubo binocular oblicuo y de una platina provista de carro. Debe evitarse, regulando el tiempo de exposición, que el número de trayectorias sea excesivo, porque en este caso la superposición o amontonamiento de las mismas imposibilitaría un cómputo exacto.

Una serie de recuentos cuidadosamente efectuados permiten obtener la media de las trayectorias inscritas por campo del microscopio durante un tiempo dado, y con este dato se calcula después el número N de trayectorias inscritas por centímetro cuadrado y segundo.

Aplicación del método a unas muestras de arena circóntera de Lage.

Expuestas las dificultades inherentes al método y el modo de orillarlas, vamos a examinar ahora en rápida ojeada los resultados conseguidos.

En términos generales puede decirse que los resultados logrados con el método de Coppens coinciden con los obtenidos por los distintos métodos físicoquímicos utilizados hasta ahora. Por lo que respecta a las rocas eruptivas y metamórficas, las determinaciones efectuadas por dicho investigador permiten afirmar que en promedio contienen alrededor de 7,5 gramos por tonelada de uranio y 25 gramos de torio, es decir, aproximadamente tres veces más torio que uranio. En cuanto a las rocas sedimentarias, se ha comprobado que las arenas de algunas playas son especialmente ricas en radioelementos, sin duda por acumularse en ellas minerales radiactivos, tales como el circón, por la acción espontánea de las corrientes de agua. Se han encontrado arenas con 60 gramos de uranio y 150 gramos de torio por tonelada, cantidades de cierta consideración

que permiten abrigar la esperanza de una futura explotación de esta clase de yacimientos.

Como es natural, los concentrados obtenidos artificialmente pueden también ser particularmente ricos en elementos radiactivos. Entre los trabajos que bajo la dirección del Profesor Coppens he realizado en Francia, figura la determinación del contenido en torio de unos concentrados circoníferos procedentes de un granito caolinizado de Lage (Coruña). Se utilizaron las placas Ilford tipo C₂ con un espesor de emulsión de 50 micras, y para las observaciones se disponía de un microscopio Nachet, modelo Universal H, con accesorios de la misma marca.

Para realizar la determinación basta extender las arenas en capa fina sobre una placa Ilford durante un tiempo de exposición razonable. Nos servirá de ejemplo las determinaciones efectuadas con una de las muestras.

He aquí los datos que interesan :

Tiempo de exposición : 16 horas y 15 minutos = 58500 segundos.

Media del número de trayectorias por campo del microscopio : 15.

Diámetro del campo : 250 micras.

Superficie del mismo :

$$3,14 \frac{250^2}{4} = 49062 \mu^2 = 49062 \cdot 10^{-8} \text{ cm.}^2$$

Por consiguiente el número de trayectorias por cm.² y segundo será :

$$N = \frac{15 \cdot 10^8}{49062 \cdot 58500} = 0,5$$

Si se admite que dichas arenas sólo contienen torio, tendremos :

$$1,92 \cdot C_{\text{Th}} \cdot K' = 0,5$$

y adoptando como valor de K' el que se acepta para el circón, o sea, K' = 16, resultaría finalmente :

$$C_{\text{Th}} = \frac{0,5}{1,92 \cdot 16} = 0,016 \text{ (por unidad)} = 1,6 \text{ } \%. \text{}$$

Una muestra de otro concentrado diferente de la misma procedencia resultó ser un tercio su concentración en torio.

En general, las cifras obtenidas por el método del Profesor Coppens están sujetas a errores que oscilan entre el 10 y el 20 por 100.

Aplicación del método a un granito de Santa Margarita.

El método de las emulsiones nucleares se adapta maravillosamente bien al estudio de las inclusiones o cristales radiactivos, y, por ende, al de la distribución de la radiactividad en las rocas. En efecto, no solamente permite hallar la concentración global en U y Th de una muestra de roca, sino la de cada cristal radiactivo en particular, y en este aspecto el método no ha sido superado por ningún otro.

Mientras que para la determinación del contenido global se recomienda emplear muestras pulverizadas de rocas, para el estudio que estamos considerando se utilizan muestras pulimentadas, o mejor aún, preparaciones de rocas idénticas a las que emplean los petrógrafos para el examen microscópico, aunque en este caso sin cubreobjetos. Como es sabido, los pequeños cristales radiactivos suelen estar enclavados en la mica, y acostumbran a presentarse rodeados de un halo pleocroico. La figura 4 muestra una microfotografía, obtenida durante mi estancia en Francia, de una preparación de granito procedente de La

Coruña (cantera de Santa Margarita), en donde se puede distinguir un cristal de biotita con una inclusión de esta clase.

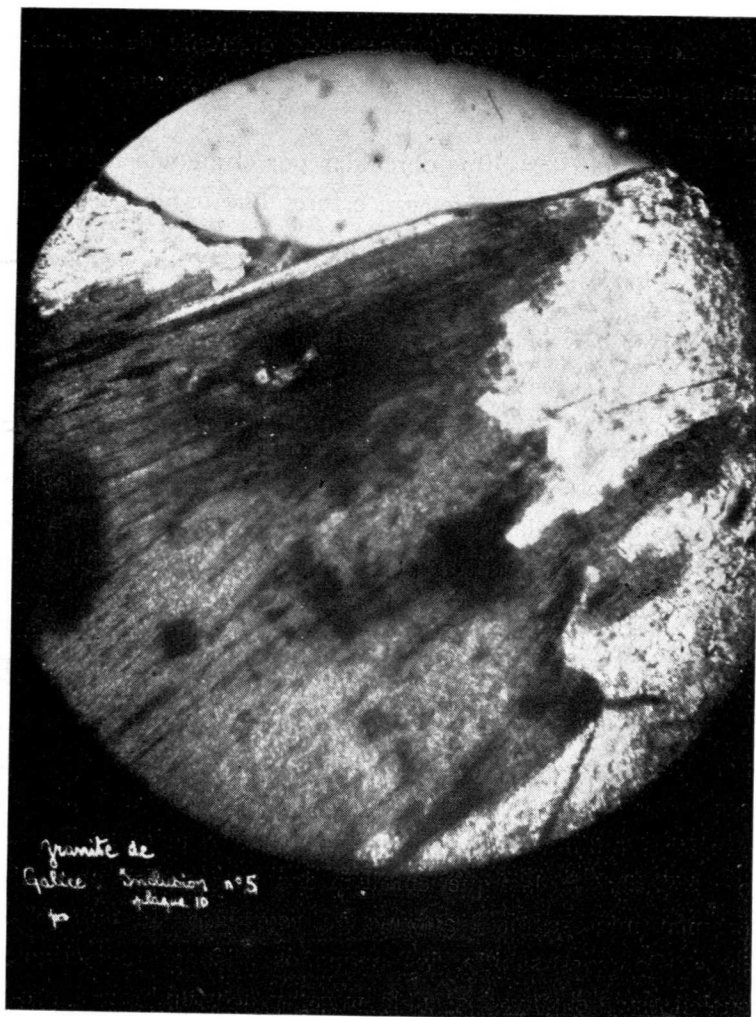


Fig. 4.—Microfotografía de una preparación de un granito procedente de Coruña. Dentro del cristal de biotita puede apreciarse la presencia de una inclusión radiactiva.

Si en el momento de colocar la placa fotográfica sobre la preparación iluminamos durante unos segundos, el contorno de la preparación se manifestará en la placa después de revelada. Con ello será posible la superposición de la preparación y de la placa, y la localización exacta de los pequeños cristales productores de la radiación *alfa*.

En ocasiones, las trayectorias α emitidas por uno de estos cristales constituyen típicos grupos en forma de estrella, como el que puede apreciarse en la microfotografía reproducida en la figura 5. Esta estrella fué proporcionada por otra de las preparaciones del granito de La Coruña (cantera de Santa Margarita).

Como era de esperar, los mismos cálculos pueden perfectamente aplicarse a la investigación de los cristallitos radiactivos presentes en una preparación de roca. Aquí también la determinación de la razón $\frac{C_{Th}}{C_U}$ y de las concentraciones C_{Th} y C_U se realiza mediante medidas y recuentos de los distintos grupos de trayectorias atribuibles a cada uno de aquellos cristales. Sólo que ahora los recuentos se refieren a la superficie del cristal radiactivo—obtenida con ayuda del micrómetro—, y a base de este dato se calcula después el número de trayectorias por $cm.^2$ y segundo. La identificación de cada cristal es tarea sencilla: basta colocar en la platina del microscopio la preparación y la correspondiente placa convenientemente superpuestas, y enfocar sucesivamente el plano de cada una (hay que emplear un objetivo de suficiente distancia frontal).

Operando de este modo es fácil comprobar que cada cristal radiactivo impresiona una extensión de la placa en la cual las trayectorias forman una mancha cuyo contorno se adapta perfectamente al del cristal, hasta tal punto que muchas veces el simple examen de la mancha permite re-

conocer la forma del cristal que la originó (fig. 5). Esto es lo que ocurre realmente cuando el cristal se encuentra en contacto inmediato con la emulsión. Si el cristal queda

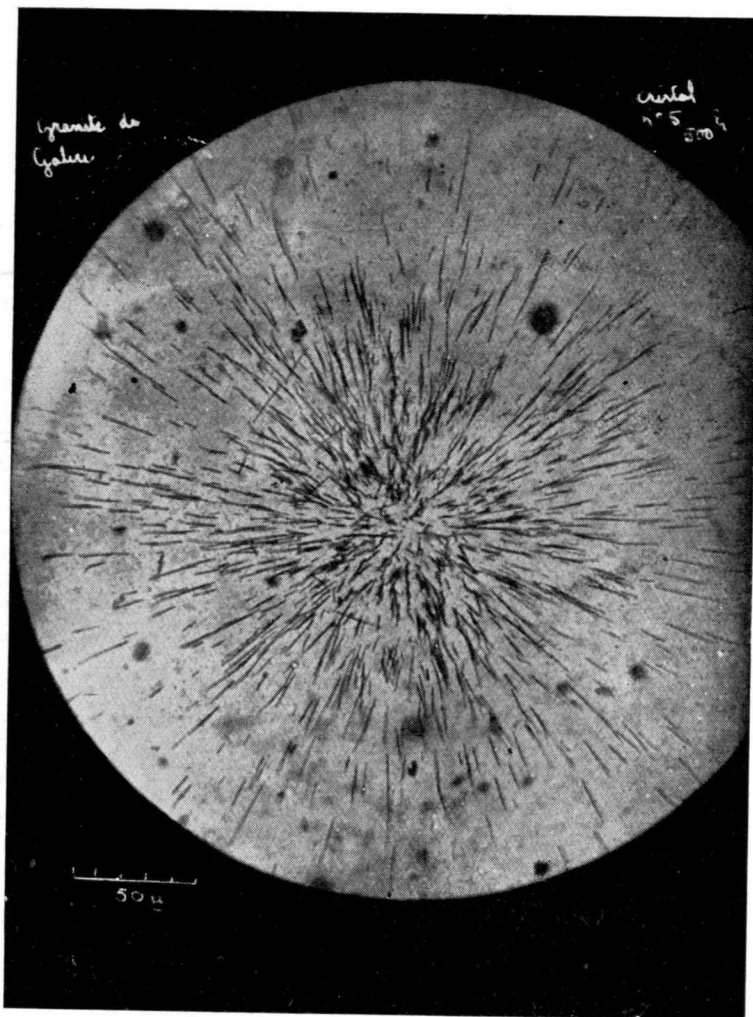


Fig. 5.—Microfotografía que muestra un grupo de trazas en forma de estrella producido por un granito de Coruña. Tiempo de exposición: 500 horas.

separado de la emulsión por una capa de aire, la superficie impresionada se ensancha y tiende a deformarse, aunque con frecuencia permite deducir aún la forma aproximada del cristal. En todo caso, si después de tener enfocada una mancha enfocamos el plano de la preparación, podremos salir de dudas.

Según el Profesor Coppens, las inclusiones o cristallitos radiactivos más frecuentes en las rocas se pueden clasificar en cuatro principales categorías, como se resume en el cuadro siguiente. Los tipos de cristales que figuran en este cuadro dan cuenta de los 2/3 de la radiactividad de una roca. El tercio restante procede casi siempre de los radioelementos finamente repartidos por su masa.

Clasificación de las inclusiones radiactivas según Coppens

	Cu (%)	CTh (%)	Superficie de la inclusión
1. Con fuerte contenido en uranio...	70	Unas centésimas	Unas décimas de mm. ²
2. Con fuerte contenido en torio....	0	70	Unas décimas de mm. ²
3. Con débil contenido en uranio....	1 a 1,5	0	De unas decenas a unos cientos de μ. ²
4. Con débil contenido en torio.....	0	1 a 2	1 a 3 mm. ²

Los cristales de los grupos 3 y 4 no exhiben una radiactividad uniforme, sino que, por el contrario, parecen incluir diminutos granos dotados de fuerte radiactividad finamente repartidos por el cristal. Cuando estos cristales son pulverizados, suministran partículas cuya radiactividad puede ser superior o inferior a la global.

El Profesor Coppens ha señalado la existencia de otros tipos de inclusiones no incluidos en el cuadro anterior. En algunas, el contenido en U se aproxima al 10 por 100. Una inclusión radiactiva de esta clase la hemos encontrado nosotros en el granito de La Coruña en el curso de nuestros trabajos realizados en Francia. La superficie de la inclusión, de forma alargada irregular, fué hallada con ayuda del micrómetro, y resultó ser de unas 2.000 micras cuadradas, o lo que es igual, $2.000 \cdot 10^{-8}$ centímetros cuadrados. El tiempo de exposición había sido de 500 horas, y el número de trayectorias contadas fué 710.

Con estos datos, y supuesto que toda la radiactividad procedía del uranio, por no haberse comprobado la presencia de trayectorias largas, la aplicación de la fórmula (5) conduce al siguiente resultado:

El número N de trayectorias por cm.^2 y segundo será:

$$N = \frac{710 \cdot 10^8}{2000 \cdot 500 \cdot 3600} = \frac{710}{36} = 19,72$$

de donde

$$19,72 = 8,58 C_U K'$$

Sustituyendo ahora K' por su valor medio 20 tendremos:

$$C_U = \frac{19,72}{8,58 \cdot 20} = 0,11 \text{ (por unidad)} = 11 \%$$

Expreso mi más profunda gratitud al ilustre Profesor Doctor R. Coppens, Consejero Técnico del Comisariado de Energía Atómica de Francia, que ha puesto el máximo interés en enseñarme todos los aspectos importantes de su método y ha dirigido personalmente los trabajos prácticos que hube de realizar para familiarizarme con las técnicas. A los esposos Coppens debo también atenciones inolvida-

bles que me fueron dispensadas durante mi estancia en Vannes y enriquecen mi vida con gratísimos recuerdos. Expreso también mi agradecimiento al Doctor I. Parga-Pondal, paladín de los estudios petrográficos y geológicos de la región gallega, quien supo alentarme cuando una larga cadena de dificultades amenazaba con frustrar mi viaje de estudios. Finalmente, estoy muy reconocido al distinguido Ingeniero de Minas Dr. J. M. López de Azcona, prestigiosa autoridad española en cuestiones de radiactividad, que me animó y facilitó la publicación de este trabajo.

Recibido 23-I-52.

BIBLIOGRAFIA

- COPPENS (R.): «Sur la disparition de l'image latente dans la photographie des trajectoires des particules». *C. R. Acad. Sc.*, 227, 61, 1948.
- «Utilisation de la plaque photographique pour les recherches et les mesures des faibles radioactivités». *Bull. Soc. Sc. Bret.*, t. 23, 17, 1948.
- «Sur la disparition de l'image latente dans la photographie des trajectoires des particules». *J. Phys. Rad.*, VIII, t. X, 11, 1949.
- «Action du borate de sodium sur la conservation de l'image latente dans la photographie des trajectoires des particules». *J. Phys. Rad.*, VIII, t. X, 56, 1949.
- «Sur l'activité des inclusions radioactives contenues dans les roches éruptives». *C. R. Acad. Sc.*, 228, 176, 1949.
- «Sur la répartition des minéraux radioactifs dans un granite». *C. R. Acad. Sc.*, 228, 1218, 1949.
- «Sur une nouvelle espèce d'inclusion radioactive contenue dans les roches éruptives». *C. R. Acad. Sc.*, 228, 1938, 1949.
- «Sur une inclusion radioactive à forte teneur en uranium et thorium contenue dans un granite». *C. R. Acad. Sc.*, 229, 617, 1949.
- «Inclusions à faible teneur en uranium contenues dans des granites». *C. R. Acad. Sc.*, 229, 1221, 1949.
- «Sur la radioactivité des sables des plages de la rivière de Crach (Morbihan)». *C. R. Acad. Sc.*, 229, 1319, 1949.
- «Étude de la radioactivité de quelques roches par l'emulsion photographique». Tesis. París. Masson. 1949.

- COPPENS (R.): «Sur l'emploi de l'emulsion photographique pour la détermination de la radioactivité des roches par l'examen des trajectoires des rayons α ». *J. Phys. Rad.*, t. 11, 21, 1950.
- «Sur l'activité des petits cristaux à halo pléochroïque contenus dans un granite». *C. R. Acad. Sc.*, 231, 343, 1950.
- «Sur la différentiation du xénotime, du zircon et du sphène par l'étude de l'absorption des rayons X». *C. R. Acad. Sc.*, 232, 1681, 1951.

Algunas notas referentes a las minas del Estado
neerlandés

POR

ALFONSO DE ALVARADO

Ingeniero de Minas

ALFONSO DE ALVARADO

Ingeniero de Minas

ALGUNAS NOTAS REFERENTES A LAS MINAS DEL ESTADO NEERLANDES

A principios del corriente siglo, en 1902, se inició la intervención directa del Estado holandés en la delimitación y explotación de minas de carbón, y sucesivamente fueron abiertas las cuatro minas del Estado: Wihelmina, Hendrik, Emma y Maurits. Con anterioridad a aquella fecha el Gobierno neerlandés había otorgado concesiones mineras a compañías privadas en distrito carbonero de Limburgo, así es que se produjo la situación de desarrollarse adyacentes explotaciones hulleras de propiedad privada y de propiedad estatal.

Con ocasión de asistir al III Congreso Internacional de Estratigrafía Carbonífera, celebrado en Heerlen el pasado año, tuvimos oportunidad de visitar la gran mina Maurits, de propiedad y explotación estatal, enclavada a unos siete kilómetros al S. de Sittard.

Esta hullera, considerada la mayor de Europa, trabaja una concesión de 17 millas cuadradas, equivalentes a algo más de 46 kilómetros cuadrados, fué planeada para producir 5.000 Ts. día, y sus actuales instalaciones permiten rebasar la cifra de 10.000 Ts. día. Se emplean en esta explotación unos 400 técnicos y funcionarios diversos ac-

tuando unos 8.000 obreros, de los que 5.600 trabajan en labores subterráneas.

La mina Maurits es base de un amplio plan dedicado a la completa utilización del carbón mineral. Esta amplitud de miras había ya tenido expresión al instalarse en la mina Emma una planta de hornos de coque para 3.500 toneladas día y otra de igual capacidad y con adiciones sucesivas que llegó a más de 6.000 Tns. día, integrando una de las mayores plantas de Europa. Esta instalación suministra gas a todo Limburgo y Norte de Brabante, y se ha conectado con las redes de gas del Ruhr y de Bélgica.

También se suministra gas a una instalación para fijar nitrógeno, fabricando abonos, que forma parte del complejo y explota los recursos de carbón como base de amplia serie de productos químicos. Además la central de fuerza, muy potente, de esta gran mina hace una contribución importante a la red de fuerza eléctrica de Holanda.

Las minas del Estado neerlandés han sido justamente exaltadas como modelo de empresa estatal, pero al citarlas como prueba de las virtudes de la nacionalización, se debe tener en la imaginación (según el número de *Colliery Engineering*, de que tomamos varios datos) que muchos puntos de su organización difieren fundamentalmente de la adoptada en la industria minera británica, pues las minas estatales holandesas se manejan como un negocio de empresa privada. Son dependientes del ministro de Asuntos Económicos y de tres directores nombrados por el Gobierno, pero bajo este nivel el Gobierno no participa más en la conducción de las minas estatales, la organización es limitada y tiene que costearse su marcha como toda otra empresa comercial.

Los técnicos y empleados no son funcionarios públi-

cos, y destaca además la diferencia, respecto a Inglaterra, de que, desarrolladas las minas estatales neerlandesas simultáneamente con minas de propiedad privada, no existe monopolio, deben producir carbón sobre base de competencia, y no precisa inflación de precios para pagar la ineficiencia.

GEOLOGÍA DEL DISTRITO CARBONERO

Durante la gran guerra última se hizo un detallado estudio de la formación hullera por el profesor Dijkers, que ha sido publicado por la Sociedad Geológica Neerlandesa; pero la mayor parte de los datos que condensamos a continuación nos han sido facilitados por el Geologisch Bureau voor het Nederlandsche Mijng gebied, instalado en Heerlen bajo la dirección de los profesores doctores W. Jongmans y A. A. Thiadens. Se han determinado en estos estudios tanto la estratigrafía del hullero productivo y terrenos de cobertura como espesores de los horizontes y correlación de las capas de carbón.

Característica esencial de esta zona carbonera es que el hullero productivo no aflora a la superficie sino que está cubierto y oculto por terrenos más modernos, cuyo espesor total varía de 220 a 250 ms., según los parajes, con estratificación sensiblemente horizontal, o subhorizontal, discordante sobre el carbonífero plegado, al que afectan varias fallas normales, levantamiento y cobijaduras.

Por ello la investigación y explotación de esta rica zona hullera, uno de cuyos pequeños afloramientos es conocido y empezó a explotarse en el siglo XIII, sólo pudo ampliarse cuando al desarrollarse estudios de geología minera fueron bien conocidas las vecinas zonas alemanas y belgas, al par que, avanzando la técnica de perforación

de pozos por procedimientos de congelación, se hizo más segura la profundización a través de arenas acuíferas y terrenos pantanosos.

En la zona ya minada de la concesión Maurits el hullero productivo, o «Coal Measures», presenta espesor variable de 250 a 400 ms. y buza aproximadamente al N. con inclinación dominante de 15 a 20 grados. Así es que marchando de N. a S. se van encontrando tramos cada vez más viejos del hullero, con sus lechos cubiertos por tapa de más modernos sedimentos. El espesor del tramo productivo aumenta marcadamente hacia el Norte bajo la influencia de las fallas de Heerlerheide, Geleen y Feldbiss, que son fracturas límites de la formación del valle de Roer, yacente al N. de Sittard.

Hay indicaciones de sedimentación rítmica entre los lechos de hulla, en el orden ascendente: capa de carbón, pizarra, pizarra arenosa, arenisca, pizarra con «stigmarias», capa de carbón. Al marchar hacia el O. se nota tendencia a converger las líneas de correlación y a ser más sencillas las secciones, indicando así que el borde de sedimentación estaba algo al O. de este campo de explotación, es decir, de la primitiva cuenca carbonera.

El plegamiento de los estratos ha dado como resultante principal el buzamiento N. de las capas que ya antes indicamos, pero este monoclinial es interrumpido por flexiones o curvaturas cual la de Krawinkel en el ángulo S. E. del sector, y otra formación semejante, llamada de Puth, sita hacia el E., que se desarrolla en mayor escala.

Más grande importancia que los pliegues alcanzan en este sector minero los sistemas de fallas, cuyos saltos o desplazamientos por empuje van desde centenares de metros en algunas, cual la de Heerlerheide, hasta planos de fractura, donde no ha tenido lugar movimiento percep-

tible. Pueden distinguirse y clasificarse cobijaduras, empujes hacia arriba y fallas normales o con descenso. Las cobijaduras pueden estar directamente relacionadas con el plegamiento y pueden distinguirse tres grupos, en que las direcciones de máximo buzamiento presentan azimuts de 60, 110 y 150 grados y el ángulo de inclinación es de unos 40 grados, siendo el salto producido en las capas raramente superior a 20 metros.

Los levantamientos están más abruptamente inclinados y no muestran relación alguna con los pliegues. Un ejemplo notable es el empuje hacia arriba, según falla casi vertical, con desplazamiento de 120 ms. Hay una serie de cinco fallas, con ángulo de inclinación superior a 70 grados, cuatro de las cuales siguen la misma dirección de la antes indicada, o sea azimut 60, y otra es casi perpendicular a aquéllas. Hay además tres fallas, de azimut 90, consideradas como levantamientos, «Upthrusts» o empujes hacia arriba, y casi exactamente verticales.

Más numerosas son las fallas normales que las de los otros tipos ya reseñados, y su inclinación más frecuente varía de 55 a 65 grados. Como excepción merece citarse la falla de Wughterbosch, al O. del campo carbonero, que se inicia en este sector, pero alcanza mayor importancia en el distrito belga de Limburgo-Mosa, donde presenta salto de 80 metros.

En primer lugar, el buzamiento septentrional da lugar a que las capas de carbón explotables se presenten hacia el N. bajo una mayor profundidad de cobertura, así es que para compensar mayor costo de las labores preparatorias hay que trabajar en más amplias extensio-

nes. Así vemos en el esquema de concesiones que éstas son relativamente pequeñas en el ángulo SE., mientras la Emma y Maurits, más septentrionales, son mucho mayores.

El coste de trabajos de preparación era en extremo importante, pues sobre el hullero se presenta cubriéndolo un tramo de arenas movedizas miocenas que dificultan el éxito de las preparaciones, hasta que pudo aplicarse la profundización de pozos por método de congelación. Aun así, la profundización resulta muy costosa, y por ello se proyectaron sólo dos pozos, de 5,8 metros diámetro, para la gran concesión que someramente describimos. La multiplicidad de capas, su inclinación relativamente considerable y el espesor, de 0,80 a 2 metros en los considerados explotables, deben tenerse en cuenta para elegir métodos de explotación, sin olvidar la serie de fallas.

Una capa puede no ser económicamente valiosa en un sector del campo de explotación y tener valor considerable en otro sector. Un campo hullero de este tipo no es modo alguno apropiado para aplicación del corriente sistema inglés de «long wall» o tajos largos de arranque con galerías de transporte excavadas en la misma capa de carbón.

Para hacer frente a las características de estas capas productivas del Limburgo, la gran mina Maurits desarrolló sus preparaciones según el llamado sistema de horizontes o niveles. Las principales vías de arrastre son avanzadas en la roca en una serie de diferentes niveles, siendo dichos caminos horizontales y con tan pocas curvas como sea posible, mientras ramales de galerías secundarias arrancan de las principales a ciertos intervalos para cortar los bancos de carbón que se proyecta explotar.

FIGURA 1.—CORTE GEOLÓGICO S.-N. EN LA CONCESIÓN MAURITS

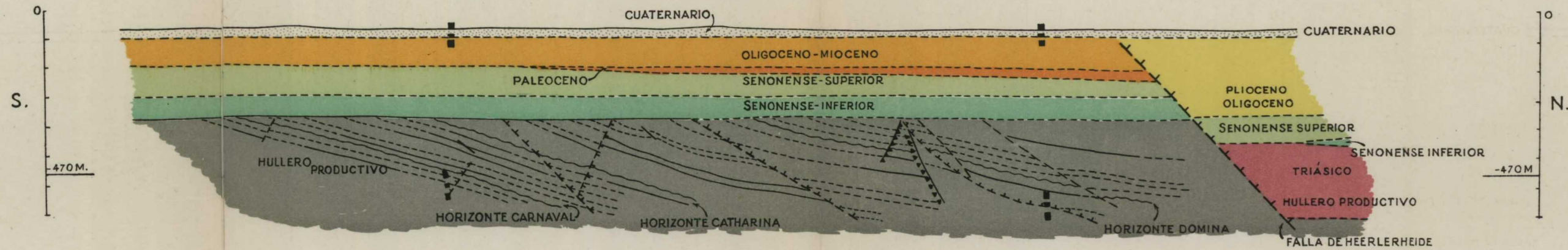
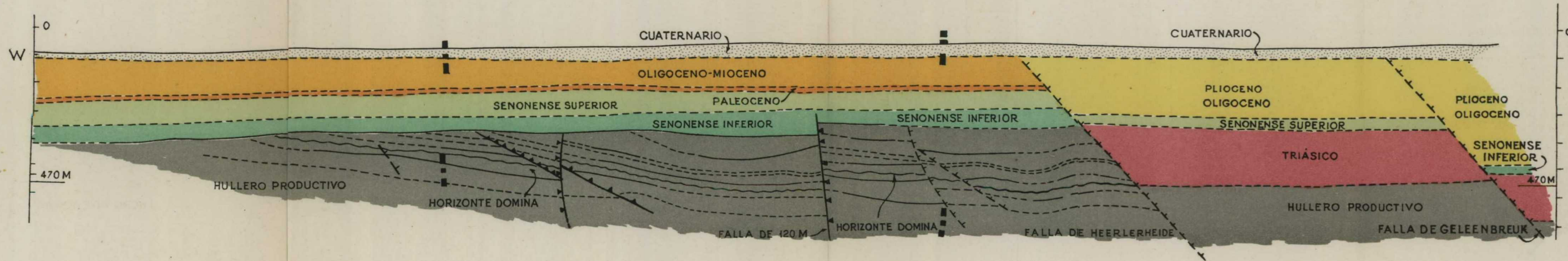
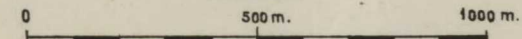


FIGURA 2.—CORTE GEOLÓGICO E.-O. EN LA CONCESIÓN MAURITS



- Cuaternario
- Plioceno-Oligoceno
- Mioceno-Oligoceno
- Paleoceno
- Senonense superior
- Id. inferior
- Triásico
- Hullero productivo
- Intersección de horizontes estratigráficos
- Capas de carbón reconocidas
- Id. id. inciertas
- Fallas normales
- Arrastres o cobijaduras
- Sallos inversos o movimientos ascensionales

ESCALA



A causa de la inclinación de las capas, estos ramales de transporte en dos niveles adyacentes cortarían al mismo banco de hulla en dos diferentes puntos y entre ellos se montará para el arranque un «frente largo», siguiendo la inclinación del lecho de carbón y avanzando según su rumbo o dirección. Como un solo tajo de arranque, entre los dos niveles, resultaría demasiado largo, es usual dividir su longitud en dos tajos o «frentes largos» (long-wall), haciendo caer por un pozo inclinado la producción del tajo alto al horizonte inferior, y aunque los gases son cuidadosamente vigilados, por fortuna no exigen hasta ahora la limitación de longitud de los frentes de arranque.

Las galerías principales de arrastre tienen normalmente 2,5 por 3,0 ms. de sección y están sostenidas por varios tipos de cuadros y arcos de acero, usualmente separados un metro, con encofrado de madera o de acero. En ciertas galerías donde se presentan fuertes presiones se emplea revestimientos con bloques de hormigón.

Las dimensiones para establecimiento de los pisos son materia de economía minera, y al principio se prepararon cuatro pisos o niveles principales, a 391, 455, 548 y 660 metros de profundidad, el más alto y el inferior de los cuales se extiende sólo a parte del campo de explotación, algo más de su mitad, mientras los dos intermedios alcanzan toda su extensión. Tales diferencias de extensión dependen en el nivel o piso superior del contorno de las capas de carbón y en el piso inferior, o cuarto, dependen del hecho de que aún estaba desarrollándose su preparación. Actualmente se piensa que los pisos deben tener entre sí 150 ms. de separación.

Los ramales de galería se emboquillaron primeramente a intervalos de sólo 400 metros y más tarde a intervalos de 800 metros. Se da a los tajos una longitud fron-

tal que varía de 100 a 300 metros, y se planea un avance de 2 metros por día, lo cual se obtiene en dos turnos o relevos de arranque, mientras el turno de noche se dedica a preparación del frente.

FORTIFICACIÓN, ARRANQUE, VENTILACIÓN, EXTRACCIÓN

El sostenimiento o fortificación de los techos y frentes varía según las condiciones. Generalmente se excavan los frentes, empleando sólo para fortificación puntales y largueros de acero, suplementados con cuñas también metálicas. Ciertos tajos, sin embargo, tienen que ser sólidamente rellenados para evitar daños en la superficie o para seguridad de las labores cuando la capa de carbón es gruesa y muy inclinada.

Precisa evitar la subsidencia, con daños consiguientes, en los edificios superficiales, carreteras, vías férreas y, sobre todo, del Canal Juliana, que corre a lo largo del río Mosa, en cuyos muelles se carga parte de la producción de carbones limpios para su transporte a centros de consumo.

Arranque.—La introducción o uso de martillos perforadores y picadores en estas minas tuvo lugar gradualmente desde el principio de su explotación; pero adoptándose rápidamente los perforadores, resultó que los martillos picadores daban resultado menos satisfactorio, ya que cada martillo requiere un operador y su esfuerzo corporal es insuficientemente disminuído. Para evitar tales limitaciones, ya es bien sabido que en varios países se proyectaron máquinas cortadoras de carbón, que han sido continuamente perfeccionadas, usando las cuales el carbón cortado junto al muro y quebrantado por barrenos podía seguidamente ser cargado.

Con esas máquinas cortadoras se obtuvieron notables éxitos en distritos carboneros de Inglaterra y Norteamérica, en que los frentes no presentan dificultades debidas a proximidad de pies derechos, estemples y costeros, pero sólo en pequeña escala podían aplicarse en Limburgo a tajos de arranque de condiciones muy distintas.

Durante los años en que Holanda estuvo ocupada por los alemanes, Norteamérica hizo grandes progresos para aumentar la producción por unidad jornal (manshift), pero aplicando esta mecanización creciente al sistema de huecos y pilares, o tajos cortos, que produce bastantes pérdidas de carbón. Las grandes máquinas cortadoras empleadas en las regulares, gruesas y poco profundas capas de hulla, frecuentes en U. S. A., con techo muy sólido, no pueden ser utilizadas, salvo excepciones, en casi ninguna mina de Europa.

Alemanes e ingleses, separadamente, trataron de resolver el problema de mecanizar el arranque, paleo y transporte en los tajos largos. Para los carbones duros se han estudiado y construído las «cortadoras-cargadoras» tipos Meco-Moore, Eickhoff, Demag, etc., máquinas que son arrastradas a lo largo de su frente de arranque, libre de puntales, por medio de cable de acero. Dos plumas, o cuchillas, horizontales efectúan cortes al largo del techo y del muro, mientras una tijera vertical actúa en la travesera de la máquina, acabando así de aflojar el carbón. En general estas máquinas son voluminosas y no deben trabajar más que en capas carboneras de mucho espesor y con techos muy sólidos, en parte libres de puntales. Esto hace prácticamente imposible utilizarlas en las minas neerlandesas.

Dos otros métodos, para carbones blandos, fueron desarrollados en Alemania durante la segunda guerra mun-

dial. En el primer sistema un chasis, con artesa y herramienta rascadora, es arrastrado por un potente torno a lo largo del frente de carbón, y en cada pasada se arrancan unos cuantos centímetros en dirección. Cilindros de aire comprimido aprietan el chasis contra el carbón, y en el extremo de cargue del frente la «pala-rascadora» echa el todo uno sobre la cinta transportadora, vibratoria, que lo conduce fuera del tajo a coladero oscilante y a las galerías de arrastre.

Otro método, también de origen germano, se basa en el llamado «arado» para carbón, que consiste esencialmente en una cuchilla y un plano inclinado. El arado sujeto a un cable es arrastrado, a través del carbón, por un torno; 20 a 30 cms. de carbón son cortados o arrancados en una longitud de 100 a 250 ms., y el plano inclinado despeja la pista de la cuchilla del mismo modo que se separan las tierras en un surco; a lo largo del plano cae la hulla o, mejor dicho, es empujada a la cinta transportadora. Se «rasca» o «ara» el carbón en una altura de 30 a 80 cms., y el que queda arriba cae por su peso o con pequeña ayuda de martillos picadores. Los frentes en que se aplican estas máquinas deben estar totalmente libres de costeros, estemples y aun puntales metálicos.

A fin de tratar de utilizar estos dos métodos en las minas holandesas, sus más expertos técnicos visitaron los distritos alemanes en que eran aplicados y se familiarizaron con ambos sistemas. Después de introducir en sus máquinas-herramientas las modificaciones que exige la naturaleza de las capas de Limburg, se iniciaron los experimentos del método «rascador-cortador» en la mina estatal Maurits, a principios de 1947, y los del sistema «arado y plano» poco más tarde en la mina Oranje-Nassau 2.^a

El gran problema del arranque mecanizado, en ambos

métodos, era llegar a establecer un tajo largo libre de puntales y estemples, ya que en este caso era muy difícil el sostenimiento del techo. A más de numerosos experimentos sobre resistencia de los techos, en las capas hulleras, se fabricaron y ensayaron nuevos tipos de puntales, largueros y barras de acero, cuya adopción ha permitido avanzar gradualmente la mecanización; los huecos producidos en cada turno de arranque son rellenados parcialmente por el turno de arreglo de frente, introduciendo escombros por coladero en el extremo superior.

Las ventajas del arranque mecanizado son muchas y, en primer lugar, destaca la gran mejora de las condiciones en que trabajan los obreros de los frentes. Abandonados el martillo picador, usado apenas, y el paleo del carbón, los obreros se ven casi totalmente libres del polvo y del ruido. Además, haciendo las máquinas el trabajo más duro, la labor del minero es principalmente la erección de soportes y controlar el avance de las «cortadoras» o «aradoras» por medio de la válvula del cilindro de presión, resultando su trabajo más variado e higiénico al par que requiere mayor habilidad y preparación.

Otra interesante ventaja es que, conseguida la aplicación de estos métodos a capas de hulla delgadas, que antes se juzgaban inexplotables económicamente, el tonelaje de estos lechos de carbón es una adición a las reservas calculadas en estas minas.

Avances en roca dura.—La excavación y avance de galerías en las rocas estériles duras es un trabajo que por su lentitud, barrenando a mano, y producción de polvo a veces silíceo, no ha agradado nunca mucho a los mineros. Aun no se ha llegado a una mecanización completa, pero la supresión del paleo a mano, sustituido por palas mecánicas, y la perforación con martillos de aire

comprimido, cuyas barrenas huecas facilitan el riego y humedad suficiente de los taladros, han permitido disminuir mucho el polvo, acelerar los avances, y que el trabajo resulta menos duro y menos dañoso.

Ventilación.—En la mina Maurits, dotada de sólo dos grandes pozos maestros, se efectúa la ventilación por dos grandes «abanicos» o ventiladores rotatorios, uno de los cuales queda en reserva usualmente. Tienen 6,40 ms. de diámetro, están impulsados por motores eléctricos de 2.000 HP. y producen una circulación de 16.000 ms. cúbicos de aire por minuto, con depresión o succión equivalente a 285 mms. de agua.

El sistema de pisos adoptado para la explotación hace muy fácil la ventilación ascensional, llegando el aire primero al piso más profundo y subiendo sucesivamente a los otros niveles. Hay instaladas puertas, para evitar cortos circuitos, en los cuatro pisos, y los circuitos están dispuestos para que ningún frente de arranque reciba aire que haya sido anteriormente viciado, por su paso a través de otro taller de arranque o avances.

Extracción.—Como indicamos, el espesor de los terrenos muertos, o de cobertura, determinó que sólo se hayan perforado en la gran mina Maurits dos pozos maestros, de amplio diámetro, dividido cada uno en dos compartimentos de extracción y servicios.

El número 1 lleva dos pares de jaulas, uno de ellos para servir de nivel 548 ms. y el otro para el nivel 660 ms. Las jaulas tienen cuatro pisos, cargando dos cubas o vagonetas por piso, y la carga se hace tanto en la superficie como en el fondo del pozo por arietes de empuje neumático. La carga de carbón o materiales diversos no se hace simultánea, sino sucesivamente en los cuatro pisos, mientras para circulación de personal hay galerías

de embarque que permiten acceso simultáneo a los cuatro pisos de las jaulas.

El pozo número 2 lleva en un departamento un par de jaulas que sirven sólo al nivel 455, y en el otro un par de «skips» de 10 toneladas, con descarga en el fondo, sirviendo el nivel 660 ms. y que extraen no menos del 60 por 100 de la producción total de carbón. Todo este tonelaje no procede sólo de ese piso, sino que bajo el compartimento de jaulas de este pozo número 2 está instalada una «caída» o pocillo espiral por la cual el carbón de los pisos 455 y 548 ms. cae a las tolvas de los «skips», estando la alimentación de las tolvas regulada por masas rotatorias.

Una de las principales objeciones hechas a la extracción por «skips» es que rompen mucho carbón, pero, en estas minas tal defecto no tiene importancia, porque las baterías de coquización y la central térmica de energía eléctrica absorben todos los menudos y finos producidos. En vista de la fuerte producción obtenida con un solo par de «skips» se tomó en consideración instalar otro par de éstos en un segundo compartimento de pozo; pero fué decidido que no resultaría práctico por perturbar la circulación de hombres y materiales, fácil cuando hay un par de jaulas sirviendo cada uno de los tres niveles.

Las máquinas de extracción están alojadas en grandes torres sostenidas sólo en tres columnas, inclinadas, de apoyo, con suficiente estabilidad y llevando cada torre dos poleas Koeppel, una para cada compartimento, de 7 ms. de diámetro y acopladas a motores eléctricos de 1.980 HP. con directa toma de corriente. Sus ruedas guías, de 6,2 ms., van alojadas en un piso inferior, y se aplica al conjunto de las máquinas un sistema de control

Ward Leonar con cinco motores-generadores de 3.000 HP., uno de los cuales en reserva.

Entre los tajos de arranque y los enganches de carga o cámaras de embarque, en los pozos maestros, el carbón es arrastrado por trenes de vagonetas y cubas, con locomotora por aire comprimido o siguiendo otras galerías generales y ramales, excavadas en roca y dotadas, las más recientes, de cintas transportadoras vibratorias, con mecanismo de aire comprimido para sacudidas y movidas eléctricamente.

Aire comprimido y bombas.—Se han hecho dos instalaciones diferentes: una de ellas de alta presión, a 2.500 libras por pulgada cuadrada, equivalentes a unas 390 atmósferas, cuyo aire acciona las locomotoras subterráneas, y otra que alimenta una red de baja presión, a unas 15 atmósferas o sea 100 libras por pulgada cuadrada, que proporciona aire comprimido a los martillos perforadores y picadores, transportadores de cinta o vibratorios en frentes y galerías, aparatos de carga en los enganches de pozo y otras herramientas.

Una primitiva instalación, de seis compresores Skoda accionados por motores de gas, ha sido dejada como reserva y sustituida por otra que integran: un compresor recíproco Borsig que da 3.000 ms. cúbicos hora de aire, a alta presión, movido eléctricamente, de 1.000 HP., más tres tubos compresores Stork Pokorny y Gutehoffnünigs Hütte, de 25.000 y 70.000 ms. cúbicos por hora, de aire a baja presión. Los cuartos de bombas para desagüe se hallan instalados, en cada piso, junto al pozo y cerca de la estación de transformadores, conteniendo usualmente cada instalación dos bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos, de 1.300 HP., con devanado en jaula de ardilla.

PREPARACIÓN MECÁNICA, ENERGÍA, BATERÍAS DE HORNOS

El lavadero de carbones de la mina Maurits es de los más perfeccionados y completos, comprendiendo instalaciones de cribas, flotación y medios densos. Lo estimamos por ello interesante, y en la adjunta figura 3 se representa un esquema de circulación de carbones y estériles en esta planta.

El «todo uno» es traído al piso de rejillas clasificadoras por transportador de cinta cuando procede de «skips» y por cuba vagoneta y vertedero cuando ha sido extraído en jaulas. Se hace una sola separación entre el grueso, superior a 90 mms., que, escogido a mano, se carga en vagones y el tamaño inferior que pasa al lavadero. Aquí otra rejilla clasificadora separa en el carbón bruto cuatro tamaños, 90 a 34 mms., 34 a 14 mms., 14 a 8 mms., y menor de 8 mms., que son tratados en cajas lavadoras tipo Coppée.

Trabaja en paralelo con estas cribas y tratando carbones de 90 a 8 mms. una lavadora de medios densos, de tipo estudiado y patentado por las minas del Estado neerlandés. Sin tratar de detallar sus características y funcionamiento, consignaremos sólo sus rasgos principales.

A quien desee informarse detalladamente del funcionamiento de la caja lavadora, con suspensión de lodos, y aparatos auxiliares empleados en este lavadero, tras detenidos estudios de la Sección de Investigación Minera, que dirige el ingeniero M. G. Driessen, recomendamos interesante folleto de nuestro compañero F. Vigil Bernardo.

Publicado en 1946 por la Comisión para Distribución

8 mms. va a un colector secador, de succión, de donde el menudo, entre 8 y 0,5 mms., es retirado para pasar a un secador centrífugo, donde se reduce su humedad a 7 por 100, quedando apto para la coquización. Los finos, que vierten por la corriente superior del secador de succión, se emulsionan con aceite y pasan, como espuma, a conos de flotación, cuyos productos limpios se aglomeran en un filtro de vacío rotatorio y después su humedad es reducida a 12 por 100 en un secador centrífugo.

Para evitar la contaminación de las aguas del río, los líquidos que fluyen fuera del lavadero son tratados, antes de su descarga, en una planta de espesadores depuradores del tipo Dorr. La instalación de lavado resulta muy eficiente, obteniéndose, con regulares pérdidas, carbones limpios de sólo 7 a 8 por 100 de cenizas.

Energía, central productora.—La planta productora de fuerza instalada en la mina alcanza 150.000 kw. de potencia instantánea y está integrada por ocho calderas, planta de pulverización y ocho turbo alternadores.

Las calderas, instaladas en dos edificios separados, producen vapor a 750° f. y 68 atmósferas de presión, son de patente Babcock Wilcox, tipo fondo de tolva y de combustión controlada automáticamente, sistema Askania, con cuatro quemadores de llama larga por caldera; su consumo total de carbón pulverizado es de unas 1.300 toneladas día. El menudo lavado es primeramente tratado en secadores rotatorios, que se calientan por gas de los hornos de coquización o por combustible en polvo. De allí el menudo seco pasa a ser pulverizado en molinos de bolas y luego bombas de aire comprimido, cuatro de 15 toneladas horas y dos para 40 toneladas hora, realizan un transporte del polvo sobre una distancia de 400 ms. entre la

salida de los molinos y las tolvas-depósito, en nivel superior de las casas de calderas.

Hay montados ocho turbo alternadores de potencia variable, entre 8.000 y 30.000 kw. y de diferentes constructores, que producen corriente trifásica a 10.000 voltios de tensión; por creerlo fuera de lugar no entraremos en reseña detallada de los generadores de corriente ni de sus múltiples aparatos auxiliares. Aproximadamente un tercio de la energía eléctrica producida se consume en la mina y otro tercio se utiliza en los hornos de coque y planta fijadora de nitrógeno. El resto de la energía pasa a unirse con la corriente de las otras hulleras y se entrega a la red de la provincia de Limburgo, habiendo también conexiones de esta red con suministros de Alemania y Bélgica.

Baterías de coquización.—Las minas estatales holandesas producen carbones semibituminosos y bituminosos, teniendo éstos excelentes propiedades de coquización, por lo cual esta industria fué establecida casi al principio de la explotación minera, iniciándose la instalación de la planta vecina a la mina Emma en 1916. No se puso en marcha plena hasta 1920, por escasez de carbón, debida a la primera gran guerra.

Gracias a su débil contenido de fósforo y azufre y a su gran resistencia al quebrantamiento, este coque metalúrgico adquirió pronto reputación internacional y la creciente demanda aconsejó la instalación, en 1929, de una segunda batería de hornos inmediata a la mina Maurits que se proyectó primeramente para 3.500 toneladas día, con buena planta de quebrantamiento y mezcla de carbones, para obtener calidad uniforme del coque metalúrgico. Se añadieron sucesivamente 225 y otros 75 hornos nue-

vos y al estallar la segunda guerra mundial la capacidad total llegaba a unas 10.000 toneladas por día. La gran guerra dió lugar a importante baja de la producción, algunas unidades fueron destruídas y las baterías más antiguas están siendo sustituídas por otros de tipo moderno.

Se obtienen en estas baterías enormes cantidades de gas, parte del cual es empleado para calentar los mismos hornos, destinándose el sobrante a usos diversos. La masa principal del gas excedente es consumido por la industria propia de fijación del nitrógeno, donde el hidrógeno del gas se une al nitrógeno atmosférico, siendo base de la manufactura de fertilizantes. Esta industria química no es el único consumidor, sino que grandes cantidades de gas de los hornos coquizadores, de 15 a 18 millones de metros cúbicos por mes, comprimidos a seis o siete atmósferas, pasa a la red de distribución de gas, en las provincias de Limburgo y Brabante, llegando a 180 kms. de distancia.

PRODUCCIÓN TOTAL Y UNITARIA

Antes de la segunda guerra mundial, en 1938, la producción global de las minas de carbón holandesas había llegado a la cifra de 13 1/2 millones de toneladas, de los que tres millones se empleaban en producción de coque y un millón era transformado en briquetas. Durante la ocupación alemana fué mayor el número de mineros y éstos tenían que trabajar turnos más largos; sin embargo, la producción disminuyó gradualmente, por sabotajes y resistencias pasivas, hasta quedar en la mitad.

Los dos primeros años de la liberación fueron aun más desfavorables, por destrucciones parciales de instalaciones, mal estado de las labores deliberadamente descuida-

das, escasez de materiales y reducido número de mineros, ya que muchos quisieron abandonar el oficio en que habían sufrido trabajos forzados. Para remediar el mal, siendo el carbón más necesario que nunca, el Gobierno organizó Comités Consultivos, Nacionales y de Empresa, con lo cual, cambiadas las relaciones entre directores y obreros, se logró gradual intenso aumento de producción y mucho más alto rendimiento del personal subterráneo.

El tonelaje producido fué de 8.313.827 por 18.925 mineros y 34.133 obreros en total el año 1946 de 11.032.326 toneladas por 25.272 mineros y 42.357 obreros de todo género en todo el año 1948 y de 12.247.365 toneladas, por 27.248 mineros y 47.228 obreros de todo género, el año 1950. Tan fuerte aumento es debido no sólo a la instalación de nuevas máquinas, y al mayor número de productores, sino al mayor rendimiento por jornal subterráneo que pasó de 1065 kgms. en mayo, 1945 a 1736 kgms. en diciembre de 1950, siendo el más alto de la Europa occidental; este alto nivel de producción unitaria se sostenía cuando, en 1951, visitamos esta cuenca minera y es probablemente superior a la media de cualquier otro país, o sea récord del mundo.

OTRAS INSTALACIONES, AVANCES TÉCNICOS Y SOCIALES

Para no extendernos demasiado ni apartarnos de las directrices habituales en «Notas y Comunicaciones», dejamos sin consignar muchos de los datos recogidos que se refieren a industrias químicas, altos salarios, avances técnicos y sociales, alojamientos, etc. Nos limitaremos a citar algo de lo más saliente.

En previsión de riesgos de guerra y bombardeos, du-

rante cuatro años se trabajó para establecer un gran túnel profundo de conexión entre las minas «Emma» y «Maurits», cuyos pozos distan 10 kms., permitiendo la evacuación de personal por aquel de los pozos maestros que no sufran inutilización. Hay además bien entrenados equipos de salvamento minero, vigilancia de los gases y amplio servicio de asistencia médica, normal y de urgencia.

Merecen especial mención no sólo los talleres mecánicos, sino el Laboratorio Central y la Estación Central de Experimentación, en cuyos centros se realizan investigaciones sistemáticas, de resultados más lentos, pero muy superiores, finalmente, a las empíricas. Este centro enfoca su atención en lavado de carbones y problemas mecánicos, mientras el primero dedica preferente estudio a problemas físicos y químicos. Divididos ambos organismos en secciones, una de las experimentales, llamada de Investigación Minera, ensaya y estudia perforación de pozos, movimiento de estratos, ventilación, desprendimiento de grisú, sostenimiento de techos, arranque de carbones, etcétera. Otra trata de Ingeniería mecánica, es decir, maquinaria en general. Por su parte el Laboratorio Central aborda estudios de análisis, química orgánica e inorgánica, investigaciones sobre el carbón, aerodinámica, corrosión de materiales y otras varias.

Singularmente generosas y atrayentes son las organizaciones escolares para cultura general, educación y entrenamiento de jóvenes aprendices mineros, con enseñanzas técnicas y práctica gradual de trabajos mecánicos y subterráneos.

Los problemas de alojamiento, del personal técnico y obrero, han sido abordados con toda eficacia, comodidad, higiene y cierto lujo, alojándose las familias casi totalmente en casitas aisladas rodeadas de vegetación y resul-

tando notable la higiene y limpieza personal, realmente extremadas. Hay escalas de salarios, establecidas según años de entrenamiento y práctica en el trabajo, gradualmente ascendentes. Por último, diremos que las instituciones de seguro y auxilio de accidentes, enfermedad, muerte y vejez, así como pensiones familiares para técnicos, empleados y obreros, son de lo más amplio y generoso que se conocen.

Madrid, febrero 1952.

El magnetómetro aerotransportado

POR

JOAQUIN BORREGO GONZALEZ

Ingeniero de Minas

JOAQUIN BORREGO GONZALEZ

Ingeniero de Minas

EL MAGNETOMETRO AEROTRANSPORTADO

Entre las técnicas más recientes que se aplican a la prospección geofísica se encuentra la del magnetómetro aerotransportado, cuyo descubrimiento realizado hace muy pocos años abre vastos e insospechados horizontes en el campo de la exploración de minerales ocultos y representa una poderosa ayuda a los demás métodos geofísicos. Por ello, considerando que es interesante divulgar este recientísimo método de investigación, vamos a describir, aunque sólo sea someramente, este curiosísimo aparato.

Para que pueda juzgarse sobre la importancia que tiene esta invención, exponemos también un ejemplo de prospección realizada por este nuevo método en Pensilvania (Estados Unidos), para mineral de hierro, en una zona en la que no existía ninguna manifestación externa, y en la que fué descubierto un importante yacimiento de este mineral.

Dada la enorme complejidad electrotécnica y radiotécnica de este ingenioso aparato, no es posible en un artículo hacer una descripción correcta, ya que se halla compuesto de servo-motores, cuya complicada técnica sólo es accesible a excelentes especialistas en estas materias, y por ello hemos de limitarnos a dar una idea que, aunque no sea suficiente para una comprensión total y perfecta del aparato, servirá para formar un juicio sobre su constitución y funcionamiento.

En esencia consiste en un órgano de medida, cuyas dimensiones no son mayores que las de un encendedor de bolsillo.

Está compuesto de dos minúsculos solenoides P_1 , P_2 , colocados uno al lado del otro, como se representa en el

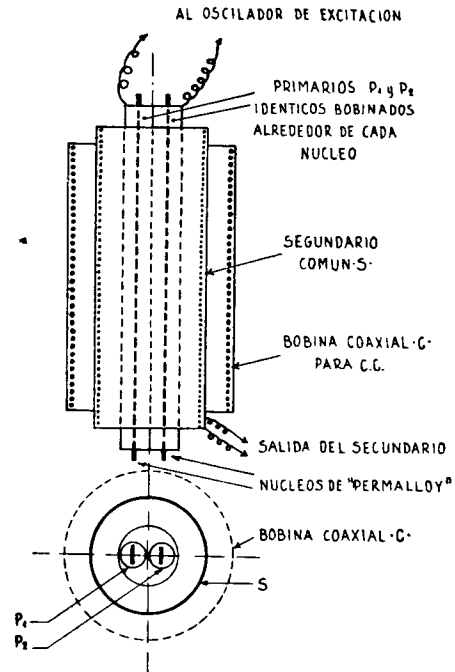


Fig. 1

esquema de la figura 1. En el eje de cada uno de ellos hay un núcleo constituido por una cinta delgada de acero especial, tipo «permalloy», que posee la propiedad de saturarse magnéticamente, en un campo de muy pocos Oerstedts (1).

(1) El Oerstedt es la unidad en m. C G S de campo magnético.

Una corriente alterna de frecuencia media circula por ambos arrollamientos, creando campos magnéticos alternativos en el interior de P_1 , P_2 , que son en cada instante iguales y opuestos.

La amplitud de estos dos campos alternativos es ligeramente superior al campo de saturación de ambos núcleos, y de este modo se logra que el magnetómetro tenga una sensibilidad extraordinaria.

Una bobina exterior a modo de secundario S rodea a los dos solenoides P_1 , P_2 .

Cuando el magnetómetro está colocado en un campo magnético exterior nulo, el flujo de inducción que recorre la bobina S es idénticamente nulo en cada instante, por razón de simetría, y, por lo tanto, la bobina secundaria S común no es asiento de ninguna fuerza electromotriz de inducción. La simetría se destruye al colocar el magnetómetro en el campo magnético terrestre por el hecho de ser los dos núcleos imantados en el mismo sentido por este campo. En este fenómeno de imantación sólo interviene la componente del campo terrestre paralela al eje del magnetómetro.

El aparato se utiliza como de los llamados de cero, haciendo circular por una bobina coaxial C una corriente continua de una intensidad tal que cree un campo magnético igual y de sentido contrario al de la componente útil del campo terrestre. Esta corriente continua también pasa por la bobina S al mismo tiempo que una tercera corriente de modulación que sirve para estabilizar el magnetómetro en el espacio.

Cuando a pesar de esta corriente continua no se logra la simetría exactamente con esta compensación, aparece una fuerza electromotriz de inducción que se manifiesta en la bobina S.

Un pequeño servo-motor sirve para regular automáticamente la intensidad de la corriente continua en la bobina C y al mismo tiempo las rotaciones de este servo-motor se aprovechan para accionar una pluma registradora que inscribe sobre una banda móvil las variaciones de esta corriente continua durante el vuelo, o sea la componente útil del campo magnético terrestre.

Si llamamos α al ángulo del magnetómetro con la dirección del campo H, la componente útil de este campo que se mide tiene por valor

$$M = H \cos \alpha$$

Cualquier inexactitud de orientación del magnetómetro se traduce en una modificación del ángulo α tal, que $\Delta\alpha$ y esta variación producirá un error

$$\Delta M = -H \sin \alpha \Delta\alpha$$

Si α no es nulo sucede que las variaciones inevitables de $\Delta\alpha$ en el curso del vuelo producirían, a pesar de los procedimientos más perfectos de estabilización, errores importantes en el valor de M.

Por todo lo anteriormente expuesto, se ve que el magnetómetro funcionará en las mejores condiciones de precisión cuando esté orientado paralelamente a la dirección del campo magnético terrestre y medirá, por consiguiente, la intensidad total del campo.

En este caso, los defectos que pudiera haber en la estabilización no producirán más que errores de segundo orden y su precisión llega a ser entonces del orden de una gamma (2).

(2) El gamma γ es la unidad adoptada por los geofísicos para la prospección magnética y vale $\gamma = 10^{-5}$ Oerstedts, o sea la cienmilésima parte de la unidad C G S de campo magnético.

La estabilización se consigue que sea muy perfecta con dos pequeños servo-motores síncronos defasados, que accionan los ejes de una suspensión «cardan», sobre cuya suspensión se fija el magnetómetro que, gracias a una verdadera maravilla de precisión e ingenio, asegura la estabilización que se necesita y un automatismo total.

Todo el aparato va encerrado en un fuselaje que tiene forma parecida a la de las bombas aéreas y suele denominarse con el nombre de «bird» (pájaro) y va remolcado por un cable a unos 25 metros del avión. Con esta separación se logra evitar la influencia magnética del avión. Todos los aparatos de registro van a bordo de la aeronave.

La operación de la prospección se realiza por perfiles continuos, poco más o menos rectilíneos y paralelos, siendo conveniente que sean perpendiculares a la dirección tectónica general de la región que se va a investigar y con una longitud de unas decenas de kilómetros.

A veces se realizan también perfiles transversales para control de las medidas.

La duración de ejecución de un perfil no pasa de veinte minutos, y por ello es necesario efectuar la corrección diurna, lo que supone que la situación magnética es constante y sin perturbación durante la observación.

La altitud a que debe volar el avión es del orden de unos 160 metros.

Una de las dificultades más importantes de este tipo de prospección reside en referir las observaciones al plano según la posición del avión en vuelo, a fin de que las indicaciones se correspondan exactamente con los lugares de observación.

Esta dificultad se ha resuelto mediante un sistema de registro múltiple que consiste en tres bandas. Una de ellas registra las indicaciones del magnetómetro; otra que es

película sensible, registra por medio de una cámara giroscópicamente estabilizada, la fotografía de una estrecha faja de terreno, por encima del cual vuela el avión y señala al mismo tiempo con una línea fina, el camino seguido por el mismo, durante el vuelo. Por último, otra banda accionada por un radio altímetro, señala de modo continuo la altitud del vuelo.

Estas tres bandas llevan unas marcas con números llaves estampados en las tres simultáneamente, lo que permite relacionarlos con gran exactitud.

Con los datos magnéticos obtenidos en varios perfiles paralelos se dibuja luego el mapa magnético con curvas isogammas de 10 en 10 gammas de intervalo.

Una de las primeras prospecciones llevadas a cabo por este sistema fué realizada en el año 1947, por un equipo de la Aero Service Corporation, que compuesto de un centenar de personas pudieron investigar una extensa zona en la región de las islas Bahamas, cubriendo una extensión de unos 850.000 kilómetros cuadrados, sobre lugares en que el mar era poco profundo. Esta investigación se hizo por un coste aproximado de 1.000.000 de dólares.

El equipo de aparatos para esta prospección costó entonces alrededor de 1.000.000 de dólares.

A continuación resumimos un artículo publicado en el número de agosto de 1951, de E. & M. J., por Homer Jensen, Jefe de la Sección de Magnetómetro de la Aero Service Corporation de Philadelphia, en la que se da cuenta del descubrimiento de un nuevo e importante yacimiento de magnetita, con el magnetómetro aero transportado en el Este de Pensilvania. Este yacimiento se hallaba totalmente oculto.

Muchos años de exploraciones del suelo habían des-

cubierto masas magnéticas de escasa importancia, lo que hacía suponer la existencia en la región de masas importantes ocultas, y como el mineral que se esperaba encontrar era magnetita de alta ley, el uso del magnetómetro estaba muy indicado. El reconocimiento aéreo fué elegido por seis razones:

- 1.^a Por su alta sensibilidad.
- 2.^a Por su registro continuo.
- 3.^a Por no afectarle los accidentes superficiales del terreno.
- 4.^a Por la velocidad de ejecución y detalle.
- 5.^a Por el éxito que podría tener la exploración.
- 6.^a Por lo concluyente de sus resultados.

Los geólogos sabían que únicamente la prospección magnética aérea permitía una búsqueda rápida, extensa y concluyente. Los estudios superficiales habían sido aislados y poco definitivos, y los que se hicieron, se llevaron a cabo con grandes dificultades por las condiciones del terreno.

Para abordar la investigación se hicieron previamente estudios sobre masas magnéticas conocidas, volando primero a unos 100 metros de altura, con líneas de vuelo perpendiculares a la dirección de la estructura. Se comprobó que a 160 metros se obtenía una señal satisfactoria, y como esta altura es más conveniente y segura, se eligió como la más favorable para realizar la prospección en la zona aún desconocida. La prospección fué ejecutada en treinta días y, en seguida, se registraron importantes anomalías magnéticas variando a veces la señal unas 5.000 gammas en pocos segundos.

En el mapa magnético que reproducimos (fig. 2), se indican los caminos de vuelo, que son: AB-CD-EF, etc., y también se incluye el perfil magnético correspondiente al

camino CD (fig. 3), que registró en el punto P un importante pico de anomalía, claramente observada en el registro

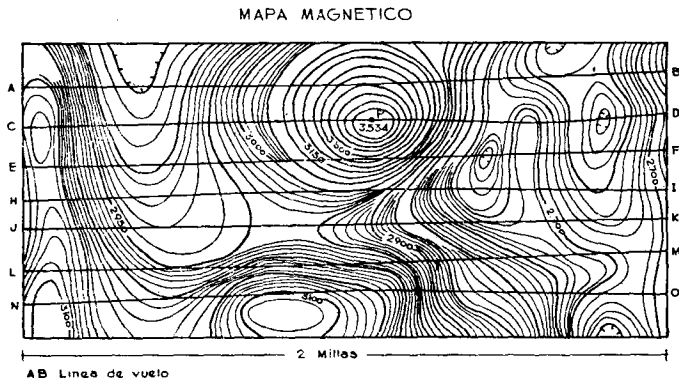


Fig. 2

tro del magnetómetro aero transportado, correspondía a un yacimiento de magnetita en calizas paleozoicas recubiertas por sedimentos triásicos.

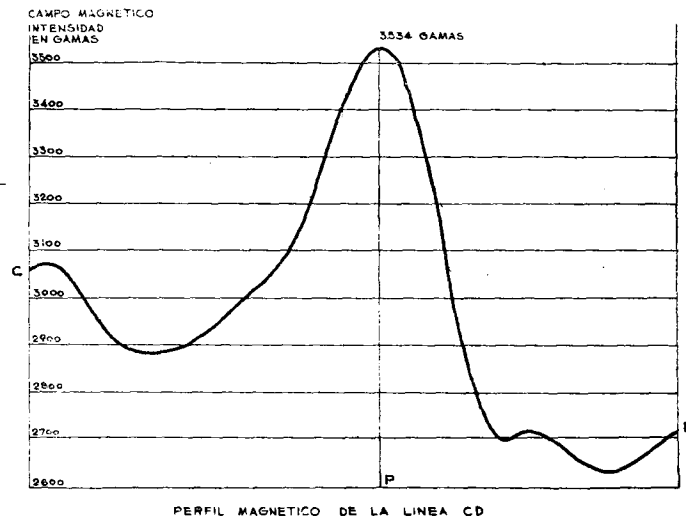


Fig. 3

Los sondeos mecánicos verificados posteriormente determinaron que la masa de mineral se encontraba a una profundidad entre los 500 y 1.000 metros sin la menor manifestación externa.

El magnetómetro empleado en esta investigación fue el de alta sensibilidad utilizado por la Gulf Research and Development Co. en 1947. Se utilizaron en esta investigación unos 1.700 metros de película de 35 milímetros para registrar 9.000 kilómetros de vuelo sobre la zona.

El trabajo fue realizado en pleno invierno, sin que las nieves impidiesen ejecutarlo, lo que representó una ventaja sobre cualquier otro sistema, y permitió hacer las comprobaciones y sondeos en la primavera y el verano.

La zona investigada tenía una extensión de unas 360.000 hectáreas y el coste por hectárea fue de unos 17 centavos de dólar.

Por este mismo sistema se ha descubierto otro yacimiento en el Estado de Ontario.

Recibido 13-II-1952.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DUÉ ROJO (A.), S. I.: *La prospección magnética por avión en Estados Unidos*, «Revista de Geofísica», año VII, núm. 26, página 211, 1948.
- (2) WIER (K. L.): *Comparisons of some aeromagnetic profiles with ground magnetic profiles*, «Transactions American Union», vol. 31, núm. 2, pág. 191, 1950.
- (3) HOMER JENSEN: «Revista E and M J», agosto 1951.

Sobre el origen de la dolomita triásica
del Puerto de Velate (Navarra)

POR

JOAQUIN GOMEZ DE LLARENA

JOAQUIN GOMEZ DE LLARENA

SOBRE EL ORIGEN DE LA DOLOMITA TRIASICA DEL PUERTO DE VELATE (NAVARRA)

En publicaciones anteriores (5-7) hemos dado a conocer la existencia de importantes depósitos de magnesita (*) sedimentaria en el paleozoico de los Pirineos navarros de Francia y España. Las observaciones hechas en las canteras de Urepel (Aldudes, Navarra francesa) y en las de Asturreta (al norte de Eugui, en el valle alto del Arga, Navarra española) inducen a admitir como origen de la magnesita su precipitación directa en el medio marino, de facies lagunar semejante a la que en la actualidad presentan los manglares de la zona tropical. A juzgar por los datos obtenidos de la numerosa literatura extranjera dedica-

(*) La industria llama *magnesita* al carbonato doble de cal y magnesita, en el que la proporción de esta última supera la de la cal, y *dolomita* al mineral que ofrece el caso contrario. Es inevitable esta confusión y olvido de las reglas mineralógicas, e incluso autores de obras de texto siguen el uso impuesto por la industria (Raguin, 14), prescindiendo del término *giobertita*, aún usado oficialmente para designar el doble carbonato rico en magnesita y olvidando que el nombre de magnesita se emplea por los mineralogistas para designar el silicato magnésico hidratado o *espuma de mar*. El carbonato de magnesio puro, o giobertita propiamente dicha, no se conoce como roca sedimentaria. Al hablar del carbonato de cal y magnesita, en donde predomina la primera, usamos con preferencia el término *dolomita*, aunque, en general, sea más frecuente el de *dolomía*.

da al estudio del origen de la dolomita, Asturreta es el mejor ejemplo para demostrar este modo de formación de la magnesita hasta ahora conocido (**). En medio de una monótona serie subvertical de grauvacas y pizarras, que de vez en cuando contienen delgadas capas o vetas de carbón, aparece, cortada por la erosión del río, una sorprendente sucesión de delgados estratos cristalinos con una típica faja central, en absoluta concordancia estratigráfica con sus hastiales. En la superficie de la cara superior del muro y en la de los delgados bancos de dolomita intercalados aquí y allá en la serie de los estratos de magnesita se conservan rippelmarks y huellas de burbujas de gas; en la cara inferior de estos mismos bancos se destacan pistas en relieve de aspecto referible a las producidas por animales reptadores en las playas fangosas o arenosas; más raramente se conservan en esos mismos bancos los restos de tallos de *Calamites*. En las calizas que a modo de salbandas separan la magnesita de su techo y de su muro, he hallado, por primera vez en la región, una fauna de menudos goniátites, bivalvos y braquiópodos que da para esta formación la edad namuriense inferior (16). Mezclados con los fósiles animales aparecen restos de tallos de calamites y frondes de pteridofitas y pteridospermas que confirman esta edad.

Hasta hace poco tiempo el origen de la dolomita resultante de la precipitación y cristalización directa en el medio marino era puesta en duda o negada, a pesar de las distintas observaciones que parecían confirmarla. Todavía en 1932, Twenhofel (19) dice: «El depósito primario

(**) En un trabajo ulterior se hará la descripción de los yacimientos de magnesita paleozoica, como ampliación a las notas ya publicadas (bibliografía 5-7).

de este sedimento se halla por entero en el dominio de la teoría.» Sin embargo, en estos últimos años van apareciendo trabajos y estudios experimentales que demuestran tal posibilidad. Anoto aquí los más interesantes (4, 10, 11, 13, 17, 18).

En la presente nota expongo las observaciones hechas en la cantera de dolomita, o mejor, magnesita en el sentido industrial ya indicado, del Puerto de Velate, explotada en los años anteriores al descubrimiento de los grandiosos yacimientos del valle del Arga y ahora abandonada. En el Puerto de Velate existen menos datos, pero no dejan por ello de argumentar en favor del origen asimismo sedimentario, de precipitación directa, de este mineral en un régimen probablemente también lagunar del mar triásico. El único estudio especial que conozco sobre la dolomita triásica de España debido a Dupuy de Lome y Fernández Maquieira de Borbón (2) supone la formación de los criaderos de giobertita por el metamorfismo de la caliza debido a las aguas magnesianas que penetran en las grietas de esta última. En uno de los más importantes yacimientos de giobertita estudiados por estos autores en la Sierra de Gádor, en la provincia de Almería, reconocen la presencia de numerosos criaderos a lo largo de una falla. La dolomitización ha alcanzado no sólo la caliza triásica, sino también la miocena. Para los autores, el fenómeno hidrotermal se ha iniciado en la época cuaternaria y se continúa en la actualidad. Los cortes geológicos de los diversos yacimientos hacen ver, en efecto, los sistemas de grietas por los que, según los autores, han ascendido las aguas mineralizadoras. En la descripción de los yacimientos de las provincias de Santander (Reinosa, Fresno, etc.) también constituidos en la caliza triásica, se supone por estos autores una geogenia idéntica a la de Almería: las

fallas han motivado la ascensión de las aguas termales que, atacando la caliza, la transformaron en «hidromagnesita carbonatada». Los autores admiten también la posibilidad de que la ofita haya podido producir la dolomitización de la caliza. Por mi parte, no conociendo de visu el yacimiento de Almería, sino solamente unas muestras del mineral, creo plausible estas hipótesis. La naturaleza de la hidromagnesita, constituida por concreciones blancas y tenaces, que los obreros extraían de las grietas de las calizas, contrasta con la cristalina y estratificada de la magnesita del Puerto de Velate, objeto de esta nota.

De la lectura de la obra de los señores Dupuy de Lome y Maquieira de Borbón, sin embargo, creemos deducir, aun teniendo en cuenta la complejidad tectónica que siempre presenta el triásico español y sobre todo la posible influencia metamórfica de la ofita, que la concentración de los depósitos magnesianos en la zona superior podría ser debida en una buena parte a la lixiviación producida por la meteorización diferencial de las calizas triásicas que, disolviendo el carbonato cálcico, dejaría *in situ* el cálcico-magnésico. En uno de los cortes de la zona de Almería se ve un yacimiento de magnesita, que está formado por fragmentos de este mineral en un aluvión cuaternario discordante sobre los estratos pliocenos; parece como si este yacimiento procediera de la demolición y acarreo posterior de las rocas magnésicas triásicas.

EL TRIÁSICO DEL PUERTO DE VELATE

El Puerto de Velate, a la altitud de 822 metros sobre el nivel del mar, se halla en la carretera que comunica Pamplona con el Valle del Baztán, la cual sube primero

por el valle del río Ulzama para descender luego, en vertiginosas revueltas, por el del arroyo Marín hasta alcanzar en Oronoz-Mugaire el río Bidasoa. La carretera, que primero cruza los terrenos eocenos y cretácicos de la cuenca de Pamplona, se desarrolla al iniciarse la subida al Puerto, en los materiales triásicos, los cuales forman una ancha aureola al macizo paleozoico de Quinto Real por su parte occidental. Los tres tramos clásicos del triás de facies germánica aparecen aquí bien representados. El buntsandstein, constituido sobre todo por pudingas y areniscas rojizas y con menor frecuencia por arcillitas asimismo rojizas, forma por sí solo elementos tectónicos independientes del resto de la formación triásica. El muschelkalk, según Lamare (8) se presenta siempre, aquí lo mismo que en los demás yacimientos de los Pirineos vascos, en forma de lentejones aislados, de reducidas dimensiones, de 50 a 500 metros de longitud; por excepción, en las proximidades del Puerto, uno de los yacimientos alcanza, según este autor, cerca de los dos kilómetros. Su espesor es, asimismo, reducido, y oscila entre los 50 y los 500 metros. En cambio, su composición muestra una cierta homogeneidad y constancia. Lamare distingue los siguientes tramos:

a) Dolomías negras o gris oscuro, en gruesos bancos, mostrando a veces un principio de carniolización (2 a 5 metros). Estas dolomías contienen por término medio de 8 a 18 por 100 de MgO.

b) Calizas, dolomíticas o no, en bancos gruesos de superficie gris azulada. Al romperse, la roca presenta un color negro azulado (5 a 10 m.).

c) Calizas en bancos delgados y en placas, del mismo color (10 a 15 m.); su superficie está a menudo cubierta de pistas en relieve, vermiculadas, muy características. En numerosos yacimientos, estas calizas contienen llingulas.

Cerca de Ezcurra se ha recogido un ejemplar de *Pseudomonotis*.

d) Calizas grises, pizarrosas, de grano fino; muestran una cierta analogía con las capas de la base del flysch, pero se distinguen por su aspecto estratificado y su pizarrosidad más regular, así como por la presencia de llingulas (unos 10 m.).

El triásico superior está formado por las arcillas y margas irisadas del keuper, de color rojo predominante. A veces, endurecidas, pasan a arcillitas.

Las carniolas en esta zona apenas acompañan al keuper; en general forman la base de la serie jurásico-cretácica que cerca del Puerto constituye las alineaciones montañosas situadas a su Oeste.

La ofita adquiere un gran desarrollo y llega a formar más abajo una extensa masa que Lamare llama el «litolito de Almandoz».

La tectónica de esta aureola triásica del macizo paleozoico de Quinto Real acusa la gran intensidad de los movimientos orogénicos terciarios que han afectado el contacto de los terrenos antehercinianos del substrato con los de su cobertera. La fragmentación de las unidades tectónicas es tal que Lamare llama «estructura de témpanos» la que repetidamente se reconoce a lo largo de la carretera del Puerto de Velate. Es típica «la asociación caótica del keuper con el muschelkalk», en la que éste aparece embutido en las arcillas irisadas, o incluso en la ofita, roca que aquí desempeña el mismo papel tectónico que aquéllas. En el trayecto comprendido entre los kilómetros 34 y 35 de la carretera se pueden reconocer varios episodios tectónicos de este tipo.

En uno de ellos se encuentra el yacimiento de magnesita objeto de esta nota. Entre los kilómetros 35 y 36, la

presencia de este mineral entre las calizas del muschelkalk ha dado lugar a su explotación durante algunos años, en una cantera que todavía permite reconocer su estratigrafía, como muestra la figura 1. Es probable que esta misma serie de muschelkalk magnesífero se repita en las demás escamas alóctonas que Lamare señala en la zona, pero que recubiertas por el manto vegetal o alterada su superficie,

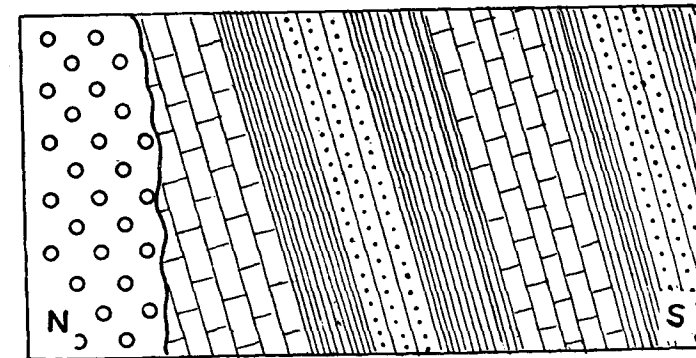


Fig. 1.—Esquema de la cantera de magnesita del Puerto de Velate (Navarra). Muschelkalk inferior (Wellenkalk). Losas: caliza. Líneas paralelas: marga. Puntos: magnesita. Círculos: ofita. El muro corresponde a la izquierda; el techo a la derecha de la figura. La ofita está fallada contra el muschelkalk.

no aparece manifiesta. La ofita, en parte milonitizada, se halla en contacto anormal, por falla, con el muschelkalk. Este consta de calizas gris oscuro, en medio de las cuales aparecen, alternando con ellas, dos series de capas de magnesita. El espesor de cada una de estas series es de unos seis metros. La cantera ha explotado solamente una, la situada más al S. de la formación. Las capas están levantadas hasta quedar subverticales. Su dirección es N. 15° E., y su buzamiento de 70-80° al SE.

La caliza está formada por bancos delgados, poco dife-

renciados a veces. Reacciona fácilmente, atacada por el ácido clorhídrico, con producción de abundante efervescencia. Intercalados entre los bancos de caliza, a medida que se acerca la magnesita, se encuentran unos delgados lechos de marga caliza que ya no reaccionan con el ácido.

Las calizas son aquí azoicas, y lo mismo ocurre con la marga. En aquélla sólo se reconocen algunas concreciones de difícil interpretación. En otras masas de muschelkalk, no lejos de este punto, señala Lamare lóngulas en las calizas pizarrosas finas. En cambio, en las margas encontramos aquí pistas y ripplemarks, que serán objeto de análisis más detenido más adelante.

En transición brusca con esta marga aparecen los estratos de la magnesita. La cantera ha puesto al descubierto dos paquetes (fig. 1); los derrubios de la ladera ocultan la formación, por lo que no podemos decir si existe alguno más. De los dos presentes, el paquete interno es el único explotado por la cantera. Está formado por una serie de estratos de superficie formada por ripplemarks irregulares, cuyo espesor oscila entre tres y cinco centímetros y que, en junto, dan la potencia total de los seis metros. La constitución cristalina de esta magnesita es diferente a la paleozoica del Arga y Quinto Real. En esta última se ve que está formada por estratos sucesivos, bien individualizados; cada uno de ellos se halla formado por una apretada agrupación de romboedros lenticulares, dispuestos normalmente al plano de sedimentación. En medio de cada estrato se destaca una banda negra formada por la materia orgánica. Asimismo, ésta separa un estrato de otro; el contacto muestra una disposición estilolítica.

La magnesita del Puerto de Velate, en cambio, está formada por menudos cristales romboédricos, de unos dos milímetros de lado, de color melado oscuro, con una textura

sacaroida gruesa. No se reconoce orientación especial de esta textura, que, al contrario, muestra una absoluta homogeneidad. Sin embargo, la separación entre estrato y estrato está bien manifiesta. Damos a continuación el análisis industrial de este mineral junto con el de la magnesita de Asturreta y copiamos los datos de la de Almería, tomados de la obra de Dupuy de Lome y Fernández Maquieira (2).

	CO ₂ %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %
<i>Asturreta:</i>					
Cristales de una drusa...	51,50	0,23	1,98	0,08	46,15
Magnesita de «segunda calidad».....	48,45	2,47	4,21	6,00	38,84
Puerto de Velate.....	48,45	1,26	3,31	10,00	36,82

Los autores citados comparan la magnesita de Almería con la de Grecia e India como sigue:

	GRECIA	INDIA	ALMERÍA
CO ₂	51,02	51,82	49,37
MgO.....	49,49	47,89	43,59

En la magnesita de Asturreta he elegido dos ejemplos de distinto material. El primero está tomado de una drusa de cristales de este mineral. La «magnesita de primera calidad», que domina en la formación namuriense, tiene una composición casi idéntica. La «magnesita de segunda calidad» se llama así por disminuir sensiblemente la proporción de MgO en beneficio de CaO. Esto se debe a que en la serie de estratos de magnesita se intercalan pequeñas geo-

das de dolomita, es decir, del mineral en donde predomina la CaO sobre la MgO, con lo que la ley de esta última se rebaja para toda la masa, que luego ha de ser tratada en el horno sin separación de sus minerales componentes.

Las observaciones especiales que me inducen a considerar la magnesita triásica como otro ejemplo más de precipitación directa son, como decía al principio, más escasas que las recogidas en Asturreta pero no menos demostrativas. Se reducen a señalar la presencia de ripplemarks y de pistas en los estratos, sobre todo de las margas que, a modo de salbandas, forman el muro y el techo de los paquetes de magnesita. La superficie de estas capas de margas se hace ondulada y, como he podido comprobar en distintas series sedimentarias constituidas en aguas someras, marinas, lagunares o incluso fluviales, se distinguen a menudo en estas ondulaciones las típicas rizaduras del oleaje o ripplemarks, de dimensiones variables. Al estudio de los ripplemarks han dedicado varios autores trabajos extensos, de los que se deducen importantes consecuencias paleogeográficas y sobre la génesis de los sedimentos (19).

Las rizaduras de oleaje pueden confundirse a veces con superficies de retracción del sedimento al secarse el agua en donde se ha formado o con otras resultantes de fenómenos mecánicos de tipo orogénico (pizarrosidad, plegamiento, «boudinage»), pero el examen de la textura de la roca afectada permite distinguir unos de otros los modos de haberse constituido. Al meteorizarse e iniciarse su disyunción, a veces es fácil separar cada una de las capas afectadas por el movimiento ondulatorio del agua que ha producido el ripplemark. Entonces se distingue la cara inferior, con entrantes y salientes acusados, de la supe-

rior, en donde éstos son suaves y abiertos (*). En la cantera del Puerto de Velate se reconoce la presencia de varios tipos de ripplemarks, de tamaño mediano y pequeño en las margas del muro y del techo. Las que figuran aquí pertenecen al muro. No me ha sido posible recoger material adecuado para la fotografía de las capas del techo. La veladura de los negativos tomados en el terreno me impide, asimismo, representar algunos detalles interesantes de la cantera, sobre todo de los ripplemarks y estratos de magnesita *in situ*.

La figura 2 representa un fragmento de superficie ondulada, con señales de pistas en hueco y ripplemarks. Lo reducido de la pieza fotográfica no deja ver la disposición de estos últimos, por lo demás poco manifiesta por la interferencia de dos o más sistemas de ellos. La foto reproduce la cara superior. Las pistas, poco características, pueden referirse al paso de animales reptadores por la superficie del fango de la playa triásica.

La figura 3 reproduce un fragmento de cara superior de estrato margoso con depresiones pequeñas que parecen corresponder a las aberturas de los canales verticales de los gusanos tubícolas.

Las figuras 4 y 5 representan dos típicos ejemplos de rizaduras finas de oleaje, conservadas en los estratos margosos inmediatos a la magnesita.

El mal estado de conservación y lo escaso del material recogido nos impide reproducir aquí los relieves, referi-

(*) Ya en otra ocasión (*Revisión de algunos datos paleontológicos del flysch cretáceo y numulítico de Guipúzcoa*, NOTAS Y COMUNICACIONES del Inst. Geol. y Minero, núm. 15, Madrid, 1946) he señalado la importancia que tiene la observación de las caras superior e inferior de los estratos para el reconocimiento tectónico de una región.

bles a pistas de animales reptadores, que hemos reconocido en la cara inferior de los estratos.

La comparación del muschelkalk del Puerto de Velate con el de las regiones en donde mayor desarrollo adquiere este terreno nos hace ver que podría asimilarse al tramo más bajo de los tres que se distinguen en él. En Alemania (3, 20) se reconocen en el muschelkalk de facies germánica tres horizontes: el inferior, llamado «Wellenkalk», precisamente por presentar la superficie de sus estratos con ondulaciones de oleaje, consta sobre todo de calizas margosas, en delgadas capas. Las ondulaciones varían desde las más finas, comparables a las de la figura 4, hasta las que alcanzan 30 a 40 centímetros de distancia de cresta a cresta. El muschelkalk medio, llamado «grupo de la anhidrita»; consta de calizas dolomíticas y calizas con intercalaciones de anhidrita, yeso y sal. El muschelkalk superior se subdivide en dos tramos: el inferior más bajo es la «caliza de crinoideos», así llamada por la profusión grande con que se encuentran los segmentos de los tallos de *Encrinus liliiformis*; a este tramo sigue otro con *Ceratites nodosus* como fósil característico.

Con las reservas que obliga a mantener el tan reducido desarrollo del muschelkalk y la falta de fósiles que posee en el Puerto de Velate, podríamos, sin embargo, suponer que, por su facies, representa al tramo inferior de los tres que se reconocen en el triás germánico alemán, es decir, al «Wellenkalk».

Las investigaciones de distintos autores españoles y extranjeros sobre el muschelkalk de la Península no se fijan en este aspecto particular de las rizaduras y pistas que nosotros anotamos aquí, si bien se alude por algunos al carácter de «Wellenkalk» reconocido en distintos puntos. Lotze (9) y Richter (15) lo señalan en la cuenca media del Ja-

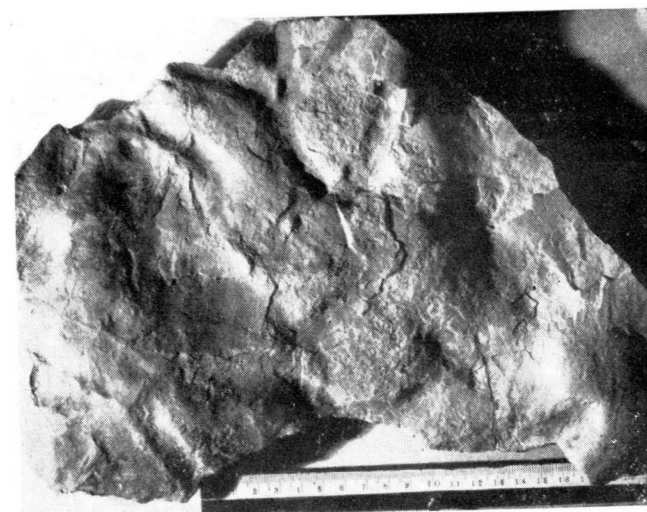


Fig. 2.—Ondulaciones (ripplemarks) y pistas en hueco. Cara superior de las margas del muro de la magnesita. Muschelkalk. Puerto de Velate (Navarra).

(Fot. G. Ll.)



Fig. 3.—Cara superior de las margas del muro de la magnesita. Muschelkalk. Puerto de Velate (Navarra). Las depresiones (en sombra) corresponden, probablemente, a los canales verticales producidos por gusanos tubícolas.

(Fot. G. Ll.)

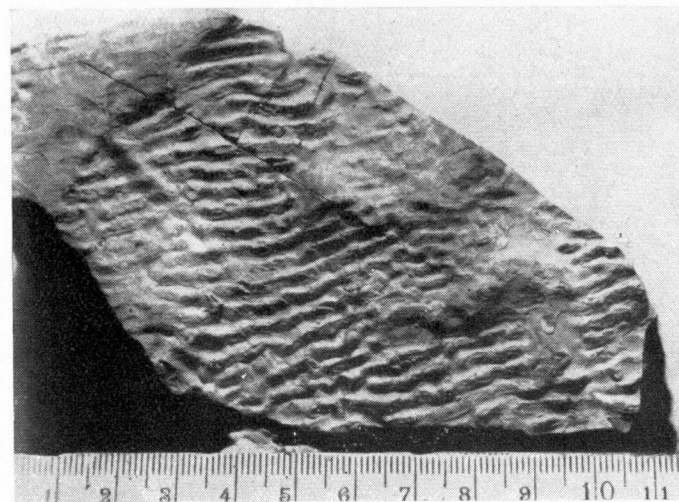


Fig. 4.—Ripplemarks en la cara superior del muro de la magnesia.
Muschelkalk. Puerto de Velate (Navarra).

(Fot. G. Ll.)



Fig. 5.—Ripplemarks en la cara superior del muro de la magnesia.
Muschelkalk. Puerto de Velate (Navarra).

(Fot. G. Ll.)

lón ; Brinkmann (1) en la región valenciana ; Lamare (8) en Ezcurra (Navarra), etc. En cambio, no se anota la presencia de magnesita o dolomita de elevada concentración de magnesio, que acaso está limitada a áreas de poca extensión. Por ejemplo, en la cantera del puerto de San Antón (Berástegui, Guipúzcoa), la caliza ondulada representa a la magnesita de Velate.

Volviendo al objeto principal de esta nota y resumiendo cuanto antecede, llegamos a las mismas deducciones obtenidas sobre el origen de la magnesita paleozoica : Este mineral, encerrado en las calizas del muschelkalk del Puerto de Velate, debe su formación al depósito directo, por precipitación cristalina, del medio marino y bajo condiciones todavía ignoradas, de régimen lagunar acaso de tipo manglar tropical. No encontramos modo alguno de adaptar a los hechos observados las clásicas teorías de la dolomitización arrecifal ni menos aún la de la acción metasomática de las aguas termales magnesíferas sobre la roca caliza. La alternancia tan manifiesta de la caliza, marga y magnesita es primaria y nos recuerda las de otras series químicas, como las de las sales potásicas, sódicas, magnésicas y cálcicas del pérmico y oligoceno o la que se observa en los lagos actuales (golfo de Karabugas en el mar Caspio, depresión de Etoscha en el Africa del Sur) o incluso la admirable «secuencia» del flysch cretácico-eoceno, en donde, de modo más enigmático aún, alternan o se suceden depósitos clásticos (areniscas, pizarras) y químicos (calizas, margas). En nuestra región, Lamare (8) señala las intercalaciones dolomíticas en la caliza neocomiense de Ariztunaldea, en Berástegui (Guipúzcoa), que según este autor, demuestran el origen sedimentario directo, si bien, como caso excepcional, en las dolomías marinas.

Aunque la materia orgánica no parece hallarse en can-

tividad sensible, suponemos que las condiciones de formación de la magnesita triásica debieron ser idénticas a las supuestas para la paleozoica: el mar invadiría de vez en cuando la tierra, en donde, permaneciendo por breve tiempo, dejaría lagunas de escaso fondo. En estas lagunas dominaría una intensa vida animal y vegetal, dando lugar así a la acumulación de gran cantidad de materia orgánica, la cual facilitaría las reacciones químicas necesarias para que las sales magnésicas del mar pasaran a precipitarse en forma de carbonatos dobles de cal y magnesia. Ya los experimentos de Murray e Irvine (12) con el carbonato amónico y la albúmina inician la demostración de esta posibilidad al comprarlo en la caliza. Los recientes experimentos de Lucas y Oddo (10, 11, 13) y las observaciones de otros autores sobre series sedimentarias en donde la dolomita y la magnesita son de origen primario, confirman tal hipótesis.

Las especiales condiciones en que se formó la dolomita triásica navarra han debido existir por los demás lugares de la Península en donde se encuentra el muschelkalk, a juzgar por las descripciones locales. Lamare, al recapitular los resultados de su estudio, se plantea la cuestión de su origen. Por un momento, este autor se pregunta si cada uno de los elementos tectónicos o escamas de muschelkalk, que en forma de lentejones aislados, de mínimas dimensiones, se hallan en gran número en la zona del Puerto de Velate, no se habrá formado en un medio generador aislado—laguna o pantano de un país estepario—, pero no se decide por tal idea, sino que, basándose por un lado en la fijeza de caracteres estratigráficos del conjunto y en el espesor de los depósitos, a menudo igual a la mitad de su longitud y por otro lado en la presencia de fósiles, entre ellos de un *Pseudomonotis*, forma alpina procedente, según

todas las probabilidades, de la región balearica, opta por una explicación, a nuestro juicio, bien difícil de admitir: «La fragmentación de los depósitos se habría efectuado en el fondo del mar, sea por destrucción inmediata del sedimento todavía no consolidado, sea por ausencia de sedimentación en algunos puntos. En ambos casos, el agente de la denudación habría sido una corriente submarina, viva y corrosiva sobre los altos fondos, pero que apenas se haría sentir en las depresiones, en donde pudieron acumularse los fangos calizos» (8, p. 423).

Por nuestra parte, como ya se deduce de lo que decimos poco antes, retenemos la hipótesis que Lamare desecha. El mar del muschelkalk, en régimen típico epicontinental, se ha extendido en amplia extensión por distintas regiones de la tierra, creando lagunas marginales de tipo manglar y depositando en ellas sedimentos que por doquier presentan la misma «facies». El mecanismo físico-químico que los ha formado se nos escapa todavía a nuestro conocimiento, lo mismo que, en realidad, el origen de la mayor parte de los depósitos, químicos o mecánicos, que constituyen las sedimentarias desde los más remotos tiempos, es aún un enigma de la Geología.

R E S U M E N

Objeto de esta nota es la descripción del yacimiento de magnesita del muschelkalk del Puerto de Velate (Navarra). La presencia de finas rizaduras de oleaje y pistas establece la analogía de este terreno, apenas desarrollado, con el tramo del «Wellenkalk», piso inferior del triás medio germánico de Alemania. La magnesita debe su origen a la precipitación directa del medio marino, lagunar. A juzgar por su constitución, es probable que una parte al menos de

los demás yacimientos españoles de magnesita del muschelkalk tengan este mismo origen.

Recibido 3-II-1952.

BIBLIOGRAFIA

1. BRINKMANN, R.: *Las cadenas béticas y celtibéricas del SE. de España*. «Public. extranj. sobre Geol. de España», tomo IV, Madrid, 1948.
2. DUPUY DE LOME, E., y FERNÁNDEZ MAQUIEIRA DE BORBÓN, C.: *Los yacimientos de carbonato de magnesia en España*. «Bol. Inst. Geol. España», tomo XXXIX, 1918.
3. FREYBERG, B. THÜRINGEN: *Geologische Geschichte und Landschaftsbild*. Oehringen, 1937.
4. GEVERS, T. W.: *Terrestrer Dolomit in der Etoscha Pflanze, S. W. Africa*. «Centralbl. Min. Geol.», 1930.
5. GÓMEZ DE LLARENA, J.: *La magnesita de Eugui (Navarra)*. «Bol. R. S. E. Hist. Nat.», tomo XLVIII, 1950.
6. GÓMEZ DE LLARENA, J.: *La magnesite (giobertite) de la haute vallée de l'Arge (Pyrénée de la Navarre espagnole) et d'Urepel (Basses-Pyrénées)*. «C. R. Acad. Sciences», París, 18-XII-1950, tomo 231.
7. GÓMEZ DE LLARENA, J.: *Die Lagerstätten des sedimentären Magnets im Paläozoikum der Westpyrenäen*. «Berg und Hüttenmänn. Monatsheften. Leoben (Österreich)», nov. 1951.
8. LAMARE, P.: *Recherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne*. «Mem. Soc. Geol. France», 1936.
9. LOTZE, F.: *Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. «Beitr. zur Geol. der westl. Mediterrangebiete», Berlin, 1929.
10. LUCAS, G.: *La sédimentation calcaire. Action du carbonate de sodium sur l'eau de mer*. «C. R. Acad. Sciences», París, 1948.
11. LUCAS, G.: *La sédimentation calcaire. Action des amines fortes carbonatées sur l'eau de mer*. «C. R. Acad. Sciences», París, 1949.
12. MURRAY, J., and IRVINE, R.: *On coral reefs and other carbonate of lime formations in modern seas*. Edimburg, 1800.
13. ODDO, G.: *Formazione simultanea dei giacimenti di zolfo, petroli e sali solubili di sodio, potasio e magnesio dalle acque marine. Conferma sperimentale di questa nuova ipotesi*. «Ann. Chim. appl. Ital.», 1949.
14. RAGUIN, E.: *Géologie des gites minéraux*. París, 1949.

15. RICHTER, G.: *Die iberischen Ketten zwischen Jalón und Demanda*. «Beitr. zur Geol. der westl. Mediterrangebiete», Berlin, 1930.
16. SCHMIDT, H.: *Nuevas faunas namurienses de los Pirineos occidentales de España (Navarra y Guipúzcoa)*. «Public. extranj. sobre geol. de España», tomo VI, Madrid, 1951.
17. SCHWADE, I. T.: *Salt-Dolomite intergrowths*. «Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.», 1947.
18. TEODOROVITCH, G.: *On the genesis of the dolomite of sedimentary deposits*. «C. R. Acad. Sciences», U. R. S. S., 1946.
19. TWENHOFEL, W. H.: *Treatise of sedimentation*. London, 1932.
20. WAGNER, G.: *Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte*. Öhringen, 1950.

Sobre la constitución geológica del anticlinal
mesozoico de Cuevas de San Clemente (Burgos)

POR

MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CAMARA

MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CAMARA

SOBRE LA CONSTITUCION GEOLOGICA DEL
ANTICLINAL MESOZOICO DE CUEVAS DE SAN
CLEMENTE (BURGOS)

Al hacer los trabajos de campo para la formación de la Hoja de Lerma, hemos estudiado con detención una zona del ángulo NE. que corresponde a una sierra integrada por materiales mesozoicos, parte o prolongación de la gran mancha mesozoica que se extiende al Sur de la Sierra de la Demanda por la provincia de Burgos y parte occidental de la de Soria, y que termina en sus lados Sur y Oeste, soterrándose bajo los sedimentos del mioceno superior, del mismo modo que toda la mancha y la Sierra de la Demanda por sus aires Norte y Oeste en terrenos de las provincias de Burgos y Logroño.

Morfológicamente forma un anticlinal que a modo de punta o espolón prolonga la mancha, estrechándose, hasta desaparecer a la altura de Cubillo del Campo. Parte de él, en su flanco SO., corresponde a la Sierra de Covarrubias, pero en su centro y flanco NE. se sale de ella; por eso me ha parecido mejor llamarle anticlinal de Cuevas de San Clemente que de la Sierra de Covarrubias, ya que este pueblecito queda muy cerca del eje y está hacia la mitad de su recorrido.

Forma este anticlinal una alineación montañosa muy áspera en algunos puntos, aunque de poca altitud; su altitud y escabrosidad aumenta hacia el Este y va disminuyendo suavemente hacia el Norte y Oeste hasta desaparecer debajo de los sedimentos miocénicos horizontales. Las mayores alturas se encuentran en el flanco SO., en la cara que hace frente al eje, donde además la topografía alcanza su máxima variedad y es mucho más agreste que en el resto del anticlinal; la banda Covarrubias, Mazariegos, Cuevas de San Clemente, Cubillo del César, es la más abrupta y en la que se alinean las principales culminaciones de la mancha, que siguen paralelas a la carretera de Burgos a Soria; las Mambras con sus 1.241 metros y línea de cotas al Norte de ellas de 1.180, 1.177, 1.160, 1.140, 1.138, 1.122, etc.

La vertiente SO. de esta sierra, que forma parte del flanco SO. del anticlinal, es suave, va disminuyendo muy lentamente de altura, según la inclinación de las capas hasta quedar al nivel del pontiense, bajo el cual se ocultan las calizas que forman su parte superior, según una línea que partiendo de Tornadijos va por Mecerreyes a Puente-dura.

El flanco NE. también tiene una banda escarpada que hace frente al eje y que, por lo tanto, su cara mira al SO.; ésta es menos agreste que la anterior y su altura media es de unos 1.150 metros; la escarpa situada al Este de Cubillo del César tiene 1.114 metros.

Entre estas dos escarpas que se hacen frente y que corresponden a la parte más resistente a la erosión del anticlinal, a las calizas del cretácico superior, y siguiendo la dirección del eje del anticlinal hay una depresión, de dirección, como la de las escarpas, de SE. a NO., debida

a la erosión diferencial, que corresponde exactamente a la cabeza del anticlinal erosionado. La mayor parte de esta depresión está integrada por materiales detríticos, de arenas y guijos albenses, multicolores, con una estrecha banda en el centro de calizas y margas jurásicas que forman el núcleo aflorante del anticlinal, creando en conjunto una topografía ondulada, de laderas muy abarrancadas, de gran contraste morfológico y de colorido con la de los bordes y las cumbres cretácicas que la encuadran.

En el borde SO. del anticlinal, sobre la formación mesozoica, se encuentran otra formación detrítica, que también forma zona montañosa, con cerros altos de laderas muy escarpadas y con cornisas de frentes verticales, como se ven entre Mecerreyes, Covarrubias, Puente-dura, Ura y Castroceniza, cuya edad es francamente terciaria, sin que pueda asegurarse más que se depositó antes del tortoniense.

Integran, pues, este anticlinal una formación jurásica en el eje, una albense sobre ella y el cretácico superior con sus tres pisos bien desarrollados y una serie brechoide y de pudingas de edad terciaria.

Esta parte ha sido muy poco estudiada; antes de nuestros trabajos sólo un geólogo, el francés M. Larrazet, la había recorrido, seguramente muy rápidamente, para completar el trabajo que le sirvió de tesis doctoral sobre la geología de la región oriental de la provincia de Burgos y algunos puntos de las provincias de Alava y Logroño, publicado en 1896, del cual se han tomado los pocos datos que de esta zona figuran en la *Explicación del mapa geológico de España* escrita por don Lucas Mallada. Aunque en el trabajo hay importantes errores es muy útil y ha servido de base a algunas de nuestras excursiones y con-

tiene datos estratigráficos bien establecidos y aporta nuevos datos paleontológicos, seguramente los primeros que fueron conocidos.

Este autor reconoció bien la banda jurásica que forma el núcleo aparente del anticlinal y la potente banda detrítica que descansa sobre él, acertadamente atribuída al *albense*; sobre éste vió, también con acierto, unas capas cenomanenses, fosilíferas, a las que siguen una serie turonense y otra senonense, fosilíferas, todo ello de conformidad con los resultados de mis trabajos de campo. En lo que hay disconformidad entre lo afirmado por Larrazet y lo observado por mí es en la existencia de un contacto anormal en el borde del flanco SO., entre el senonense y el albense, que le obliga a admitir la existencia de una falla longitudinal a lo largo del límite meridional de la sierra entre Mecerreyes y Tornadijo. La realidad es, y se ve claramente, que las calizas senonenses quedan cubiertas por unas brechas calizas, concordantes con ellas, y descansando sobre éstas aparecen capas de guijos y arenas rojizas, con muchas manchas claras, amarillentas y hasta blancas, que por una visita rápida, o quizá vistas desde lejos, pudo creer que eran materiales albenses, cuando su verdadera edad es terciaria, pontiense o quizá pliocena. Este importante error se repite en la *Explicación del mapa geológico* de Mallada, indudablemente por datos tomados de Larrazet y no por observación propia. Lo mismo he de decir de la falla de Mazariegos que pone en contacto anormal el albense con el turonense, cuando en realidad no existe tal contacto anormal, ya que el cenomanense fosilífero descansa concordante con el albense, como sucede en toda la sierra. Finalmente, a una gran mancha de pudingas con grandes cantos de gran potencia entre

Castroceniza, Retuerta, Covarrubias, Mecerreyes, Puente-dura y Ura la atribuye edad diluvial, siendo indudablemente terciaria, post-eocénica y pretortoniense, como después demostraré. Mallada, probablemente sin más datos de observación que los de Larrazet, incurre también en este importante error, no sólo en la explicación del mapa, sino también en la hoja correspondiente del mapa geológico a escala 1 : 400.000, error que sigue en el a 1 : 1.000.000. Sobre esta formación se escribe en la *Explicación del mapa geológico de España* lo que sigue: «Los cantos son en gran parte calizos y cuarzosos y alcanzan en algunos sitios grandes dimensiones, midiendo mucho más espesor al SE. de Mecerreyes y en las inmediaciones de Cascajares y Covarrubias, donde se sobreponen al infracretácico. En el valle del Mataviejas, cerca de la confluencia con el Arlanza, es donde mayor desarrollo alcanzan las acumulaciones de cantos del cretácico.»

DESCRIPCIÓN DE LOS TERRENOS QUE FORMAN EL ANTICLINAL

Como ya he indicado, el anticlinal de Cuevas de San Clemente está integrado por una serie de capas calizo margosas jurásicas, una formación mucho más potente y compleja cretácica y una serie de brechas y pudingas calizas de cobertera. (Fig. 1.)



Fig. 1

Corte transversal del anticlinal de Cuevas de San Clemente. 1, bajocien- se; 2, albense; 3, cenomanense; 4, turonense; 5, senonense; 6, brechas eocénicas; 7, pudingas y cascajos pontienses; F, f.lla.

JURÁSICO

Este terreno forma una banda estrecha de unos 1.500 metros de anchura, que se individualiza y sale de la gran mancha mesozoica en término municipal de Terrazás, al NE. de Salas de los Infantes, y siguiendo dirección SE.-NO. continúa hasta un poco antes de llegar a Cubillo del César, donde termina muy estrechada, casi en punta, alcanzando una longitud de treinta kilómetros aproximadamente. Forma ésta el núcleo visible o aflorante del anticlinal y se ve por todas partes rodeada por el albense.

El sitio más adecuado para estudiar bien esta banda jurásica es el camino que va de Cuevas de San Clemente a Cubillo del César y las lomas y barrancos que quedan a derecha e izquierda de él, así como un camino paralelo a éste que parte de Mazariegos. El camino corta casi normalmente la banda y permite reconocer bien la sucesión de las capas. Parte de la carretera Burgos-Covarrubias, nada más salir de Cuevas de San Clemente y después de atravesar una serie de arenas con guijos, blancas, rojas, amarillentas se alcanza la base del albense, con arcillas rojas y vinosas y pudingas menudas rojizas con cantos de cuarcita blanca, que en la parte más baja alternan con delgadas capas de caliza margosa. Esta última serie cubre concordantemente unas calizas arcillosas y margas compactas, amarillentas, que asoman precisamente en la parte más alta del camino, con buzamiento al SO., cargadas de braquiópodos, pecten, ammonites planos y delgados empotrados en la roca, que no hemos podido aislar ni clasificar y algunos fragmentos de Lima. Siguiendo el camino rumbo al Este, se van sucediendo capas calizas de color más claro y divididas en lajas; el buzamiento va disminuyendo hasta

que a unos 500 metros del primer afloramiento no pasa de los 10° y así sigue unos 200 metros, a partir de los cuales aparecen las mismas capas con débil buzamiento al NE., hacia Cubillo del César. Esta serie de capas es rica en grandes ammonites del género *Perisfinctes*, de los cuales no he podido especificar ninguno de los tres ejemplares recogidos sueltos; los empotrados en la roca se rompen sin poder sacarlos; sólo un ejemplar de los tipos más pequeños pudo ser determinado específicamente. También encontramos un *Spherocegas* en bastante buen estado de conservación. Las capas amarillentas del flanco NE. que siguen a éstas son muy ricas en terebratulas y rinconelas y en pecten con formas pequeñas y grandes. Toda la fauna encontrada, como puede verse por la lista de fósiles que incluimos, es *bajociense*, y este piso es, por tanto, el único del jurásico que aflora en el anticlinal objeto de este estudio.

Poco antes de llegar el camino al primer barranco que le corta casi normalmente, se ven las capas algo más levantadas y formar un pequeño repliegue y ya en el mismo barranco se levanta a más de 65° de buzamiento al SO. y poco antes de la cima de la loma del otro lado del barranco, antes de bajar al valle de Cubillo del César, se inclinan las capas de nuevo al NE. En esta parte el jurásico que seguía un régimen anticlinal normal, suave, se accidenta y queda cortado por una falla en el eje del agudo anticlinal del repliegue, de pequeño salto, ya que a pesar de ella no sale terreno más antiguo que el bajociense, ni en el contacto se encuentra otro más moderno que el albense. En esta loma, al empezar el descenso el camino hacia Cubillo del César, queda cubierto el anticlinal jurásico por las arenas y cascajos del albense.

Como no aflora más parte del anticlinal jurásico que el

bajociense y en ningún sitio hemos podido reconocer su yacente, no puede darse cifra alguna del espesor de este terreno.

C R E T Á C E O

Ocupa este terreno muchísima más extensión que el jurásico y constituye la parte más externa del anticlinal mesozoico. Ya he dicho antes que el núcleo aflorante de este anticlinal está rodeado en toda la extensión del afloramiento por el cretáceo. Toda la formación cretácea es concordante entre sí y con el jurásico: sus buzamientos son pequeños, no pasando de los 30° y siendo frecuentes los de 15 a 20 y aun menos en las capas superiores en el flanco SO.

Consta de tres pisos bien caracterizados y diferenciados litológica y paleontológicamente. El inferior completamente detrítico, predominantemente silíceo, que corresponde al *albense*; el medio margoso-calizo, más o menos arenoso, de edad cenomanense, y el superior, esencialmente calizo con fauna turonense y senonense, siendo casi siempre difícil la separación de estos pisos por encontrarse en el límite términos calizos litológicamente iguales y con ninguno o pocos fósiles, aunque éstos se hallan abundantes en hiladas superiores del senonense e inferiores del turonense. He encontrado fauna típica del cenomanense, turonense y senonense, y también la había encontrado Larrazet, pero en el *albense* no se ha encontrado aún ningún resto fósil en esta zona.

A L B E N S E

En todas las partes se ve descansar directamente y en concordancia sobre el bajociense una formación detrítica,

integrada por una serie de pudingas y areniscas, arenas y cascajos, y arcillas más o menos ricas en arena, de variada coloración, blanca, amarilla, roja y hasta vinosa; dominando la blanca en la parte superior y la roja en la inferior, que por su posición estratigráfica y composición litológica idénticas a las de otras zonas próximas bien estudiadas (véase hojas de Cilleruelo de Abajo y mi trabajo *La constitución geológica del anticlinal de Honrubia*. Estudios geológicos núm. 14), no dudo en atribuir al *albense*, como también lo hizo Larrazet, siendo ésta la única formación correspondiente al cretácico inferior en el anticlinal, lo que alarga considerablemente la laguna estratigráfica, que aquí va del bajociense al *albense*.

Ocupa esta formación una larga mancha, mucho más ancha que la jurásica, a uno y otro lado del núcleo bajociense y entre las escarpas de las sierras cretácicas a que antes me he referido, formando casi siempre la base de sus cerros y laderas y quedando en él los pueblos de Cubillo del César, Mazariegos, Cuevas de San Clemente y Cubillo del Campo. Probablemente es el piso de mayor espesor, pues el aparente en esta zona es de más de sesenta metros. Su buzamiento sólo es medible en las capas más consistentes y en sus contactos con el jurásico y con el cenomanense, cuando éste es limpio, por los que se ve que puede asignársele un buzamiento medio de 20°. La composición, como ya se ha dicho, es esencialmente silícea; arenas blancas muy puras, arenas más o menos cargadas de hematites que las colorean de rojo o amarillo, a veces con abundantes nódulos de limonita (Lám. V, fig. 1), que pueden recogerse en gran cantidad en el camino de Cubillo del Campo a Tornadijos y al Oeste de Mazariegos cerca siempre de su contacto con el cenomanense. Los can-

tos de pudingas, gravillas y cascajos son siempre de rocas cuarcíticas, bien redondeados, lisos y brillantes. En las inmediaciones del jurásico las pudingas silíceas se hacen muy consistentes y alternan con delgadas capas de calizas más o menos arcillosas y con capas de caliza pisolítica, con pisolitas del tamaño de avellanas y aun mayores, que se encuentran muy abundantes en el camino de Mazariegos a Cubillo del César.

CENOMANENSE

Sobre estas arenas y cascajos albenses descansa, concordantemente, una serie de margas, calizas margosas, margas y calizas sabulosas y calizas: las primeras tiernas y las demás de alguna a mucha consistencia, ricas en fósiles de edad francamente cenomanense, que en conjunto presentan un espesor medio de unos 30 metros.

En la zona de Mazariegos y camino de este pueblo a Covarrubias y a Mecerreyes empieza el cenomanense con un banco de caliza muy sabulosa, rico en ostras negras, *O. lignitorum*, pequeñas y grandes. Entre Cuevas de San Clemente y Cubillo del Campo no hemos visto este nivel. Sobre esa capa de poco más de un metro de espesor aparecen unas capas margosas, blanco amarillentas o gris claro, con exogiras y otros lamelibranquios, gasterópodos y equinodermos; sobre ellas descansan margas blancas consistentes, en lajas, cargadas de moldes de pequeños lamelibranquios; sobre estas capas, que se ven muy bien a la entrada de la garganta entre Cuevas de San Clemente y Mecerreyes, a unos 300 metros al Sur del primer pueblo, viene otra serie de margas amarillentas tiernas, con lamelibranquios, gasterópodos, algún ammonites

y equinodermos. Encima de éstas se encuentra un nivel con pequeñas ostras y un banco calizo estéril, sobre el que descansan calizas con ostras grandes; encima de éstas apa-

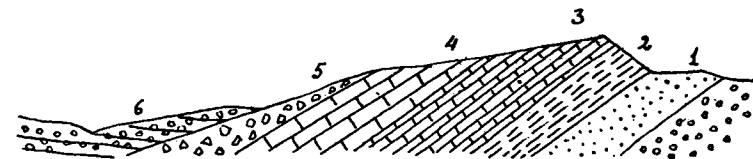


Fig. 2

Corte geológico de Cubillo del Campo a Madrigal del Campo. 1, albense; 2 cenomanense; 3, turonense; 4, senonense; 5, brechas eocénicas; 6, cascajos pontienses.

rece una capa de calizas sabulosas blancas sobre la cual descansa otro banco de caliza con grandes ostras.

He hecho tres cortes de esta formación cretácica: uno

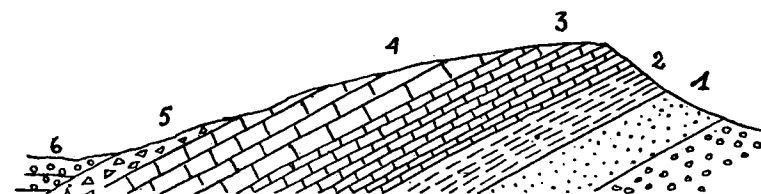


Fig. 3

Corte geológico de Mazariegos a Mecerreyes. 1, albense; 2, cenomanense; 3, turonense; 4, senonense; 5, brechas eocénicas; 6, pudingas y arcillas miocénicas.

desde Cuevas de San Clemente por el camino de Torre-cilla (fig. 1); otro de Cubillo del Campo por el camino de Torrenadizo, y otro de Mazariegos a Mecerreyes (figs. 2 y 3); en todos los cuales la sucesión es análoga. Una serie inferior que empieza al Oeste de Mazariegos por un banco de caliza sabulosa con multitud de *Ostrea lignitorum* y diversos lamelibranquios difícilmente determinables: una se-

rie margosa con *Venus* sp., *V. rothomagensis*, *Pleuromia* sp., *Exogira pseudo-africana*, *E. Columba*, *Ostrea deletri*, *O. aff. nunmus*, *O. rediviva* y *O. sp.*; *Arca royana*, *A. pasiana*, *A. sp.*, *Pholandomia joutanesi*, *Anisocardia off. hermitel*, *Cardium guerangeri?*, *Astarte* sp., *Lima* sp., *Pecten* sp., *Turritella* sp., *Tylostoma torrubiae*, *Acanthoceras aff. rotomagensis*, terebrátulas pequeñas, *Hemiaster tumidosus*, *Pseudadiadema guerangeri?* Esta fauna es indiscutiblemente cenomanense y muy semejante a la encontrada por mí en Tejada (véase Hoja de Cilleruelo de Abajo) y por Larrazet en Ontoria del Pinar.

El espesor de este cenomanense oscila entre 40 y 20 metros, pudiendo tomar como medio el de 30 metros. El cultivo de las laderas en el cenomanense dificulta la limitación precisa en el mapa entre el albense y el cenomanense. Su límite con el turonense es más claro y preciso, puesto que las calizas y margas con Hammites le fijan muy bien.

TURONENSE

Aparecen las primeras capas turonenses con fósiles característicos a media ladera de los cerros de la sierra, al Oeste de la carretera Burgos-Soria, donde hay una estrecha banda de calizas de color gris claro, hasta blancas en fractura reciente, con fauna cenomanense y algún fósil típico del turonense, por lo que, en el campo, dada la analogía litológica de las capas del límite, es muy difícil fijar éste si no llevan Hammites. Me parece lo más acertado, y en esto estoy de acuerdo con Larrazet, fijar el comienzo de turonense en las primeras capas con Hammites y *Petriaster vernuilli*, que se encuentran en unas capas calizo

margosas y margas sabulosas de poco espesor, encima de las últimas capas calizas con fauna cenomanense.

La estratigrafía de este piso puede seguirse muy bien en la garganta que sigue la carretera de Cuevas de San Clemente a Mecerreyes y en el camino de Cuevas de San Clemente a Torrecilla. Larrazet levantó un corte, que reproducimos, de la serie cretácica en esta garganta (fig. 4). En esta zona el espesor visible del turonense es, según La-

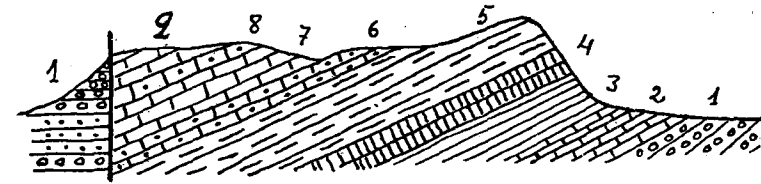


Fig. 4

Corte geológico del cretácico de Cuevas de San Clemente, según Larrazet. 1, albense; 2, caliza cenomanense; 3, calizas y areniscas, turonense inferior; 4, calizas muy fosilíferas, turonense medio; 5, caliza dolomítica poco fosilífera, turonense superior; 6, caliza con ostras y políperos, senonense inferior; 7, calizas dolomíticas sin fósiles; 8, calizas bastante fosilíferas (*O. plicifera*), senonense medio; 9, calizas dolomíticas no fosilíferas, senonense superior; F, falla.

razzet, de 140 metros; en nuestros cortes a escala resulta menor. Se ve claramente que consta de tres series; la inferior es de calizas y margas más o menos sabulosas, de 40 a 50 metros de potencia y en algunos puntos no llega a los 30; la media es de caliza en gruesos bancos, con muchas ostras grandes del grupo de la *O. biauriculata* y *O. hipopodium* y moldes de otros lamelibranquios; de capas delgadas de caliza margosa, con muchos lamelibranquios pequeños, *Ostrea*, *Arca*, *Pholamia*, *Cardium*, *Crasatella*, *Citorea*, *Tellina*, *Pleuromia*, *Turritella*, etc., y termina con un grueso banco de caliza que forma cornisas altas en la sierra, con ostras y gasterópodos, sobre el que descansa

otro grupo de capas delgadas de calizas duras y losas, con equinodermos, lamelibranquios y gasterópodos, que en conjunto tienen un espesor de unos 30 metros. La serie superior está formada por bancos de calizas duras, poco fosilíferas, con algunos gasterópodos y lamelibranquios incalcificables; entre ellos se ha podido identificar *Cytherea* sp. y *Natica* sp. El espesor de ésta es semejante al de la anterior, puede fijarse entre 25 y 30 metros, con lo que el espesor total del turonense oscila entre 75 y 95 metros.

SENONENSE

Más difícil es aún la separación de este piso porque las rocas del límite son en ambos calizas grises duras. Cuando la primera capa senonense es fosilífera y lleva fósiles característicos, como acontece en el camino de Cuevas de San Clemente a Torrecilla, puede fijarse bien el comienzo del senonense, como lo hizo Larrazet, en las primeras capas que llevan *Ostrea plicifera*. La primera parte de la serie es bastante fosilífera, pero no es frecuente encontrar en ella fósiles característicos; los más constantes son *Ciclotites* y *Janira*, así como las grandes ostras del grupo de la *O. vesicularis*. Esta primera serie puede alcanzar los 30 metros de espesor. Sobre estos bancos con *O. vesicularis* descansan capas calizas duras con venas de espato calizo, sin fósiles, y sobre ellas bancos que forman grandes escarpas, con muchas *Ostrea plicifera* y *O. proboscidea*, *Trigonia* sp., *Janira* sp. y *Ciclotites* sp. Esta serie tiene unos 15 metros y sobre ella descansa una potente masa caliza de más de 30 metros de espesor en algunos puntos, muy poco fosilífera, con algunos *Pecten*, *Ostrea* y lame-

libranquios indeterminables. El cretácico termina con una serie de bancos calizos, de caliza muy cristalina, blanca, muy espatizada, sin fósiles, de unos 40 a 50 metros de espesor, sobre la cual hay abiertas varias canteras. Estas calizas equivalen aquí al nivel con Radiolites de Castroceniza (véase Hoja de Cilleruelo de Abajo) y más concretamente aún a los niveles con Idalinas y Cuneolinas de Nebreda en esa misma hoja. Larrazet asigna al turonense unos 200 metros de espesor, potencia muy superior a la que resulta de nuestros cortes; quizá se debe esto a que no pudo usar en sus trabajos de tan buen mapa con curvas de nivel.

Un poco al Sur de los últimos afloramientos senonenses del anticlinal, en la pequeña mancha de la garganta de Ura, hemos encontrado en las últimas capas del senonense puestas al descubierto por la escavación de la garganta, frente al pueblecito de Ura, unas calizas compactas y duras, pseudolitográficas, muy ricas en formaminíferos característicos de las últimas capas del senonense, *Idalina antiqua*, *Cuneolina pavonia*, *Lacazina elongata*, *Meandropsina* sp., *Periloculina zitteli*, hallazgo que, unido a los de fósiles francamente senonense logrado por mí y por Larrazet anteriormente, fijan bien en una amplia zona el senonense de este anticlinal.

LA FORMACIÓN TERCIARIA DE COBERTERA

En casi todos los sitios en el borde del anticlinal, sobre todo en el de su flanco SO., he podido observar que encima de las últimas capas senonenses hay siempre unas capas de brechas, conglomerados brechoides o pudingas gruesas de cantos calizos y cemento calizo, margoso o ar-

cilloso calcáreo, blanco, amarillento hasta rojo. Puede verse bien esta formación en la entrada de la garganta que sigue la carretera viniendo de Mecerreyes hacia Cuevas de San Clemente y al borde de la mancha entre Tornadijos, Mecerreyes, Covarrubias, Retuerta, Castroceniza, Ura y Puenteadura.

Como acabo de indicar, en esta formación de cobertera tenemos que distinguir dos términos distintos, petrológica y estratigráficamente; el inferior brechoso y el superior de pudingas. El primero está integrado por brechas calizas de cantos muy angulosos y de variable tamaño, de caliza cretácica, principalmente senonense, con cemento arcilloso calcáreo rojo, que descansa sobre este piso concordante con él. No he encontrado en ellas ningún fósil, pero por analogía con las que se encuentran en la Hoja de Cilleruelo de Abajo y por su concordancia con el senonense superior, se las puede asignar edad eocénica. En esta Hoja, en la cual hay también una sierra cretácica semejante a la de Covarrubias, se desarrolla más esta formación que se extiende hacia el Este por el valle de Silos, donde la estudié detalladamente por primera vez y de cuyos resultados di cuenta en 1921. En estos sitios, brechas igual que las que estamos estudiando, se encuentran debajo de una serie de capas que terminan con un banco calizo, con fauna luteciense continental (ronyacense) descrita en el trabajo mío de 1921 y en la explicación de la Hoja de Cilleruelo de Abajo, e inmediatamente encima de calizas con *Lychnus* en el valle de Silos, entre este pueblo y el de Quintanilla del Coco, por lo que las atribuí edad eocénica. Aquí falta la serie luteciense y no he encontrado capas con *Lychnus* sobre el senonense; pero mientras no se demuestre lo contrario me parece lo más prudente atri-

buir las la misma edad que las del valle de Silos y de la Hoja de Cilleruelo de Abajo.

Sobre estas brechas descansan, con pequeña discordancia angular, capas de variable potencia de pudingas calizas, al principio algo brechoides, con gruesos cantos redondeados de caliza cretácica y cemento igualmente calizo, suavemente inclinadas al SO. El espesor aumenta de Norte a Sur, siendo mínimo en la zona de Tornadijos y máximo entre Castroceniza y Ura. En la parte Sur, estas pudingas descansan directamente sobre las calizas senonenses (Castroceniza y Ura), con *Idalinas*, *Cuneolina* y *Lacazina*, y parecen haber fosilizado una superficie de erosión postcretácica. En la Hoja de Cilleruelo de Abajo, a la misma formación la hemos atribuído edad oligocénica, sin que para ello haya otras razones que las tectónicas y de posición estratigráfica. Indudablemente se han depositado después de la orogenia pirenaica que plegó la serie cretácica, pero como están movidas hay que admitir que estaban ya depositadas cuando la orogenia alpina, y como sobre ellas descansan el tortoniense o el sarmatiense-pon-tiense, completamente horizontal, es forzoso atribuirles edad entre el mioceno superior-tortoniense y el oligoceno medio. Pueden ser, pues, del oligoceno superior al mioceno inferior, aquitanienses o burdigalienses.

Del estudio detallado que precede se deduce que la banda mesozoica que aquí aflora experimentó un plegamiento que formó un anticlinal recto, simétrico, muy abierto, con ligeros repliegues en su flanco NE. (fig. 1) y una pequeña falla vertical en el mismo flanco, falla longitudinal que carece de importancia topográfica y tiene muy poca, también, estratigráfica, ya que ni siquiera ha hecho poner

en contacto dos terrenos diferentes, pues no afloran en ella ni el lías ni el toarciense.

El plegamiento ha afectado a la vez a todos los pisos estudiados, que son completamente concordantes entre sí, lo que demuestra que no ha habido ningún plegamiento intracretácico y que la fase de plegamiento ha tenido que ser postcretácica, lo que nos permite afirmar que el plegamiento de toda la formación mesozoica se produjo entre el eoceno y el oligoceno, es decir, que corresponde a la fase pirenaica. Pero después de éste y anterior al tortoniense y pisos miocénicos superiores, debió producirse algún ligero movimiento que afectó a las pudingas de cobertura que descansan discordantes sobre el cretácico superior y llevan encima las capas del mioceno superior completamente horizontales. Este movimiento puede haberse producido entre el oligoceno superior y el mioceno inferior —fase sávica—o entre el burdigalense y el helveciense —fase estárica—. Mientras no se logre averiguar exactamente la edad de estas pudingas quedará en duda la del movimiento que las ha inclinado.

El estudio estratigráfico, sobre todo el de facies, permite reconocer la existencia de movimientos epirogénicos importantes entre el jurásico y el cretácico y entre éste y el tortoniense. El bajociense es francamente marino y es el último piso jurásico que se depositó en esta zona, la cual después de él debió quedar fuera de las aguas oceánicas y ni éstas ni las continentales nos han dejado depósito alguno anterior al albense. El albense es continental, francamente detrítico, con guijos gruesos y arenas, muy rara vez calizo margoso. En esta época (la albense) se inicia el hundimiento del suelo y deja de ser continental esta parte para quedar sumergida bajo las aguas marinas;

la transgresión marina que ahora se inicia empieza a dejar de nuevo depósitos marinos, primero, cenomanense, de mar somero, como claramente lo atestigua su fauna; el suelo continúa hundiéndose y la costa alejándose de estos sitios y se depositan calizas, primero cenomanenses, turo-nenses y senonenses después; pero aun en estos tiempos el mar sigue siendo poco profundo, como lo demuestran las grandes ostras, los gasterópodos y toda la fauna, incluso la microfauna, que en ellas se encuentra. La regresión marina se inicia ya en el senonense, y bien lo acredita la facies con bancos de radiolites de Castroceniza y la formación garumnense del valle de Silos y después queda toda la región fuera de las aguas y se forma la capa de brechas con arcilla de decalcificación y cemento travertínico que en casi todos los sitios se encuentra sobre las calizas marinas o lacustres del cretácico superior. Al final del cretácico quedó, por tanto, nuevamente emergida toda esta región y todos los sedimentos posteriores al senonense son francamente continentales, no habiendo vuelto a ver las aguas marinas sobre su suelo.

PALEONTOLOGÍA

Gracias a los trabajos de Larrazet se conocieron por primera vez bastantes fósiles del cretácico y algunos del jurásico de este anticlinal. Yo he podido aumentar considerablemente la lista de fósiles dados por Larrazet y la de los que se citan en la *Explicación del mapa geológico nacional*. La mayoría de los fósiles recogidos por mí han sido clasificados en el Laboratorio de Paleontología del Instituto Geológico y Minero de España. A continuación doy la lista de los fósiles hasta ahora conocidos.

Fauna jurárlica—bajociense—del afloramiento entre Cuevas de San Clemente y Cubillo del César

Terebratura sthepani Dav. (Lám. IV, fig. 2.)

T. waltonii Dav. (Lám. IV, fig. 1.)

T. sphaeroidalis Sow.

Waldeimia emarginata Sow. (Lám. IV, fig. 3.)

T. sp.

Rhynchonella sub-tetraedra Dav. (Lám. IV, fig. 4.)

R. sp.

Pholadomya crassa Ag.

Pecten sp. forma grande.

P. sp. forma pequeña.

Perisphinctes martiusi d'Orb. (Lám. III, fig. 1.)

P. sp. (Lám. II.)

Spaeroceras aff. gervilii Sow. (Lám. III, fig. 2.)

Larrazet había citado únicamente *Perisphinctes* sp. y *Rhynchonella* sp. Mallada cita *Ammonites Martiusi*.

Fauna cenomanense

Hemiasiter tumidosus, Mazariegos, Cubillo del Campo, y Cuevas de San Clemente. (Lám. V, fig. 1.)

Pseudodiadema gerangeri? Cotteau, Cuevas de San Clemente.

Tylostoma torrubiae Sharpe, Cuevas de San Clemente.

Turritella aff. vibrayeana d'Orb, Cuevas de San Clemente.

Ostrea lignitorum Coquand, Mazariegos. (Lám. VI, fig. 1.)

Ostrea deletrei Coquand, Mazariegos.

O. aff. nummus Coquand, Mazariegos.

O. rediviva Coquand, Cubillo del Campo y Cuevas de San Clemente. (Lám. VI, fig. 2.)

O. vesiculosa Lamk, Cuevas de San Clemente.

O. cf. carinata Sow, Cuevas de San Clemente.

O. sp., Cubillo del Campo.

Exogira africana Lam, Mazariegos, Cubillo del Campo y Cuevas de San Clemente.

E. flabellata d'Orb., Mazariegos, Cubillo del Campo y Cuevas de San Clemente.

E. conica Sow, Mazariegos, Cubillo del Campo y Cuevas de San Clemente.

E. pseudoafricana Chofat, Mazariegos y Cubillo del Campo. (Lám. VI, fig. 3.)

E. columba Lam., Cubillo del Campo.

Arca royana d'Orb, Mazariegos.

A. pasayana d'Orb, Cubillo del Campo.

A. sp., Cubillo del Campo.

Cardium guerangeri? d'Orb, Cubillo del Campo.

Venus rothomagensis d'Orb, Cuevas de San Clemente.

V. sp., Mazariegos y Cuevas de San Clemente.

Pleuromya sp., Mazariegos y Cuevas de San Clemente.

Pl. aff. serverensis Chofat, Mazariegos.

Pecten sp., Mazariegos.

Pholadomya joutannesi Chofat, Cubillo del Campo.

Astarte sp., Cuevas de San Clemente.

Lima sp., Cuevas de San Clemente.

Aathoceras aff. rotomagensis Defrance, Cuevas de San Clemente. (Lám. III, fig. 3.)

A. gentoni Brong, Cuevas de San Clemente.

Turonense

Hammites rochebrunei Coq., Cuevas de San Clemente.

Periaster vernewilli Desor, Cuevas de San Clemente y Mazariegos.

- Cidaris* sp., Cuevas de San Clemente.
Terebratula sp., formas pequeñas, Cuevas de San Clemente y Mazariegos.
Nucleolites minimus Agas., Cuevas de San Clemente.
Ostrea columba minor, Lm sp., Cuevas de San Clemente, Mazariegos y Cubillo del Campo.
O. cf. biariculata Vils., Cuevas de San Clemente, Mazariegos y Cubillo del Campo.
Lucina sp., Cuevas de San Clemente.
Nerinea sp., Cuevas de San Clemente y Mazariegos.
Natica sp., Cuevas de San Clemente y Mazariegos.
Voluta sp., Cuevas de San Clemente.
Fusus sp., Cuevas de San Clemente.

Senonense

- Ostrea plicifera* Duj., Cuevas de San Clemente, Mazariegos y Cubillo del Campo.
O. proboscidea Arch., Cuevas de San Clemente, Mazariegos y Cubillo del Campo.
O. vesicularis Lamk, Cuevas de San Clemente, Mazariegos y Cubillo del Campo.
Arca sp., Cuevas de San Clemente, Mazariegos y Cubillo del Campo.
Pecten sp., Cuevas de San Clemente.
Cardium sp., Cuevas de San Clemente.
Lima sp. forma grande, Cuevas de San Clemente.
Trigonia sp., Cuevas de San Clemente.
Janira sp., Cuevas de San Clemente.
Lucina sp., Cuevas de San Clemente.
Plicatula sp., Cuevas de San Clemente.
Cucullea sp., Cuevas de San Clemente.
Pleurodonta sp., Cuevas de San Clemente.

- Cyphosoma* sp., Cuevas de San Clemente.
Cerithium sp., Cuevas de San Clemente.
Ciclolites sp. formas pequeñas, Cuevas de San Clemente.
Nautilus sp., Cuevas de San Clemente.
Rhynchonella cf. difformis d'Orb, Cuevas de San Clemente.
Idalina antiqua d'Orb, Ura. (Lám. VII.)
Cuneolina pavonia d'Orb, Ura. (Lám. VIII, figs. 3 y 4.)
Lacazina elongata, Ura. (Lám. VIII, fig. 2.)
Meandropsina sp., Ura.
Periloculina zitteli M. Chalmas. (Lám. IX, figs. 2, 3 y 4.)
Ostrea plicifera, *O. proboscidea* y *O. vesiculares* se encuentra también en el senonense de Mecerreyes.

Recibido 13-II-1952.

BIBLIOGRAFÍA

- ROYO GÓMEZ, J.: El terciario continental de Burgos. *Gia. Ex. A-VI*, XIV Congr. Geol. Int. Madrid, 1926.
 — — Moluscos del terciario continental de Burgos. *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. XXIX. Madrid, 1929.
 SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M.: Estudios geológicos en el macizo cretácico del Este de la provincia de Burgos. *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. XXI. Madrid, 1921.
 — — Datos geotectónicos, estratigráficos y paleontológicos de la terminación occidental de la sierra cretácica del Sur de la provincia de Burgos. *Estudios Geológicos Inst. Lucas Mallada*, núm. 5. Madrid 1947.
 — — Explicación de la Hoja núm. 314 (Cilleruelo de Abajo). *Inst. Geol. y Min. de España*. Madrid, 1950.
 LARRAZET: Recherches géologiques sur la région orientale de la province de Burgos et sur quelques points des provinces de Alava et de Logroño. Tesis doctoral. París 1896.
 MALLADA, L.: Explicación del Mapa Geológico de España. *Com. Map. Geol. España*. Madrid.

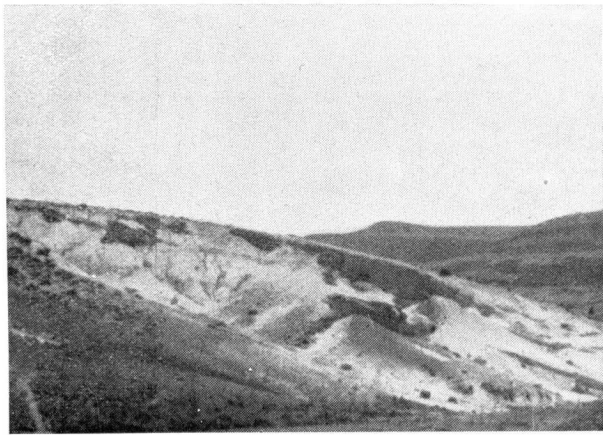


Fig. 1.—Capas de arenas y guijos albenses en el camino de Cuevas de San Clemente a Cubillo del César.

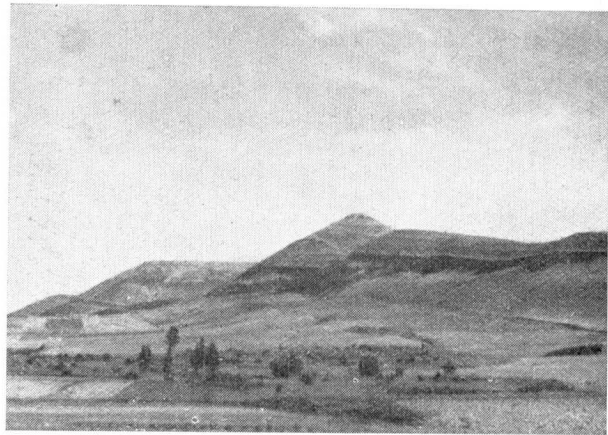


Fig. 2.—La sierra de Covarrubias al Sur de Mazariegos; llano albense, base y media ladera cenomanense, cima y parte alta turonense.

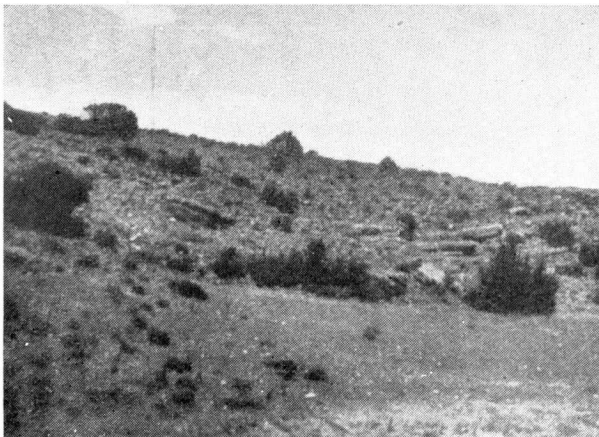


Fig. 3.—Brechas calizas supracretácicas. Carretera de Merreyes a Cuevas de San Clemente.

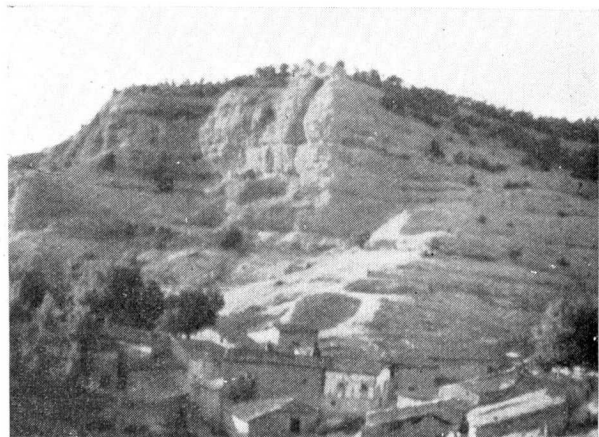
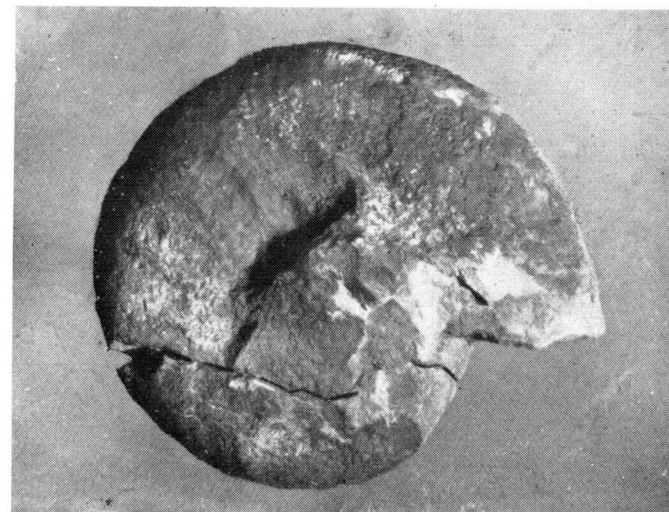
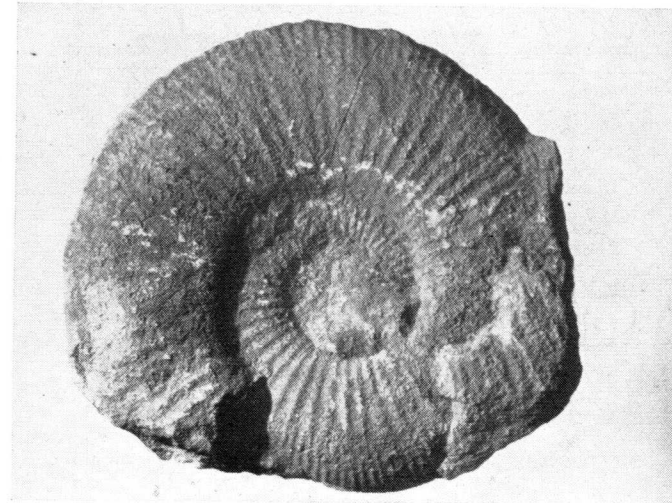


Fig. 4.—Potente banco de pudingas aquitanienses? en la garganta del río Mataviejas, encima de Ura; en el fondo el pueblo.





Perisphinctes sp. Cubillo del César.

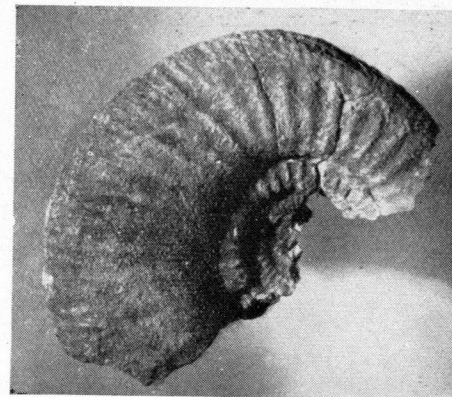


Fig. 1.—*Perisfictes martiusi* d'Orb. Cubillo del César.

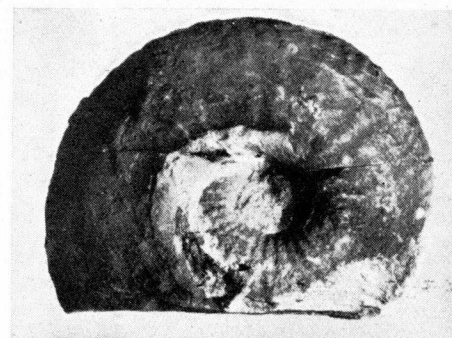


Fig. 2.—*Sphaeroceras* aff. *gervillii* Sow. Cubillo del César.

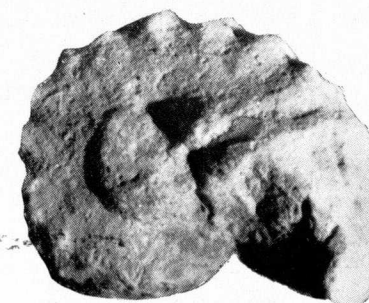


Fig. 3.—*Acanthoceras* cf. *rotomagensis* DeFrance. Cuevas de San Clemente.

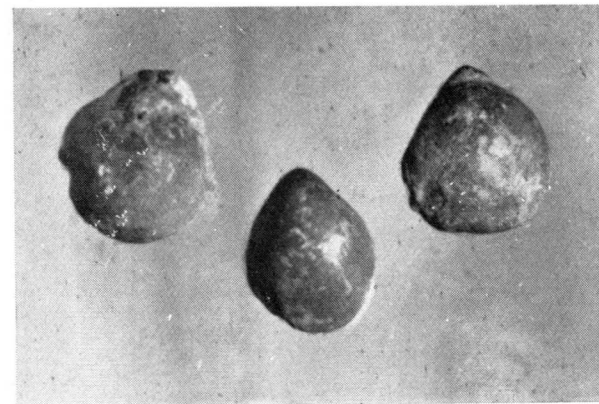


Fig. 1.—*Terebratulà waltoni* Dav. Cubillo del César.

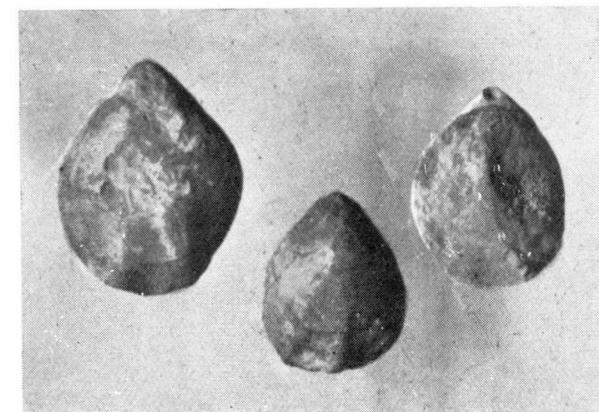


Fig. 2.—*Terebratulà stephani* Dav. Cubillo del César.

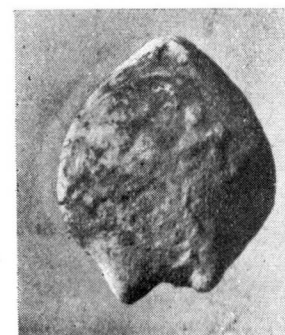


Fig. 3.—*Waldheimia emarginata* Sow. Cubillo del César.

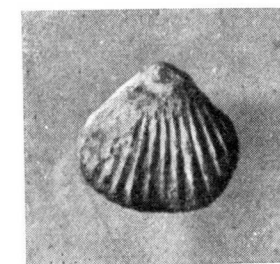


Fig. 4.—*Rhynchonella subtetraedra* Dav. Cubillo del César.

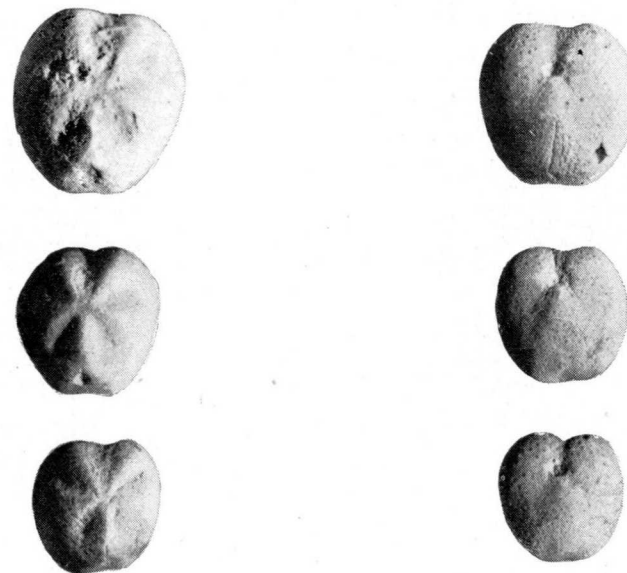


Fig. 1.—*Hemiaster tumidosus* Loriol. Mazariegos.

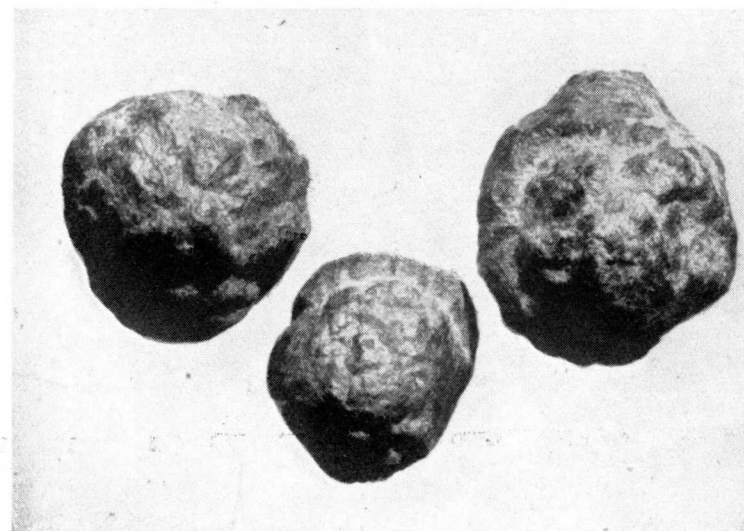
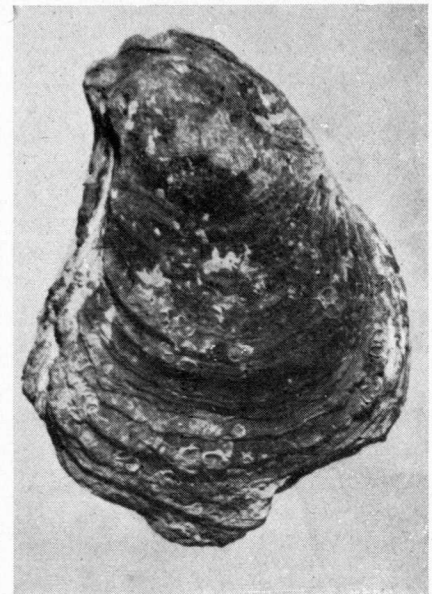
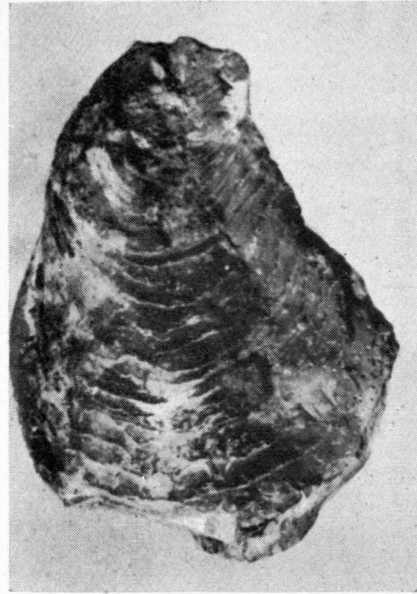
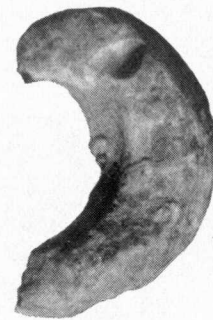
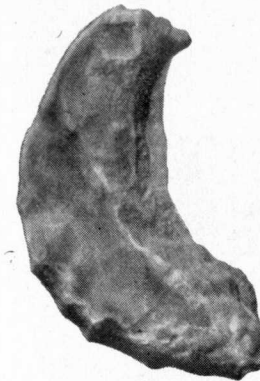


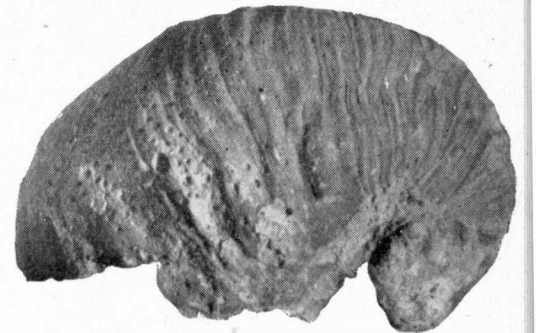
Fig. 2.—Nódulos de limonita en el albense. Mazariegos.



1



2



3

Fig. 1.—*Ostrea lignitorum* Coquand, Mazariegos.
Fig. 2.—*Ostrea rediviva* Coquand, Cubillo del Campo.
Fig. 3.—*Exogera pseudo-africana* Chofat, Mazariegos.

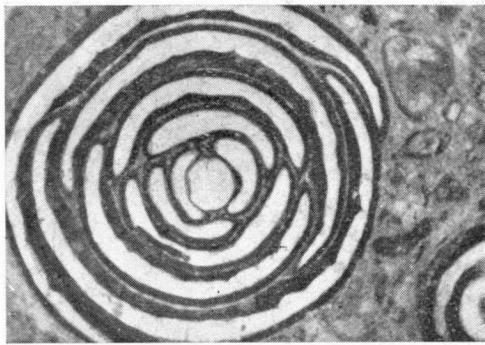


Fig. 1.—*Idalina antiqua* d'Orb. Corte transversal pasando por las cámaras centrales. Caliza senonense de Ura.



Fig. 2.—Sección de *Idalina antiqua* d'Orb. Caliza senonense de Ura.



Fig. 3.—*Idalina antiqua* d'Orb. Caliza senonense de Ura.



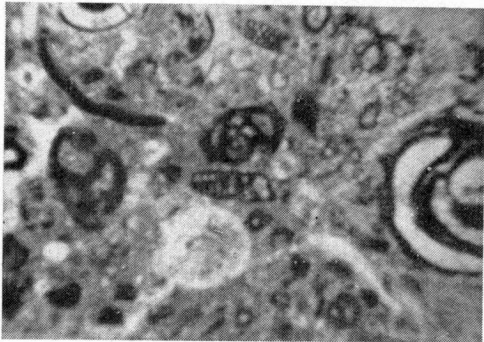


Fig. 1.—Caliza del senonense superior cargada de foraminíferos. Ura.

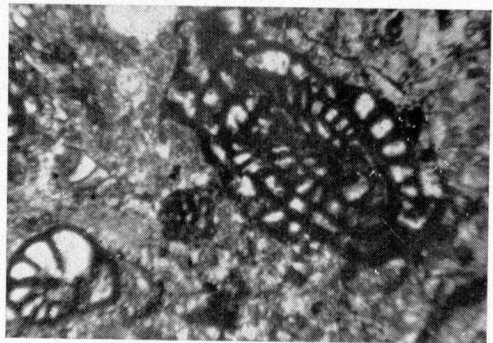


Fig. 2.—Sección de *Lacazina elongata* M/C M. Chalmas. Caliza senonense. Ura.

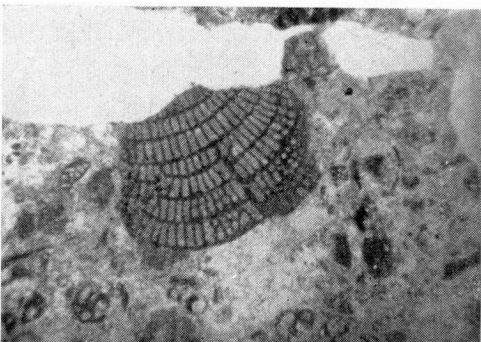


Fig. 3.—*Cuneolina Pavonia* d'Orb. Ura.

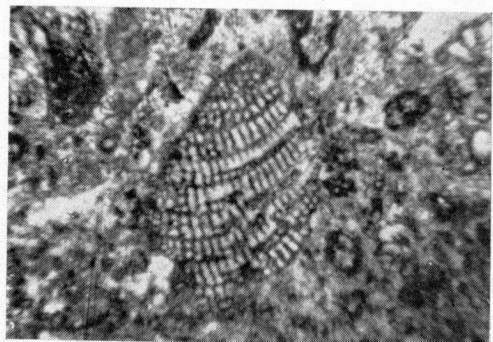


Fig. 4.—*Cuneolina Pavonia* d'Orb. Ura.





Fig. 1.—Caliza del senonense superior con foraminíferos. En el centro sección de *Periloculina Zitteli* M. Chalmas. Ura.

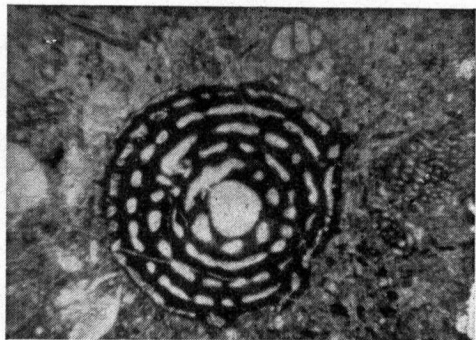


Fig. 2.—Sección de *Periloculina Zitteli* M. Chalmas. Caliza senonense de Ura.

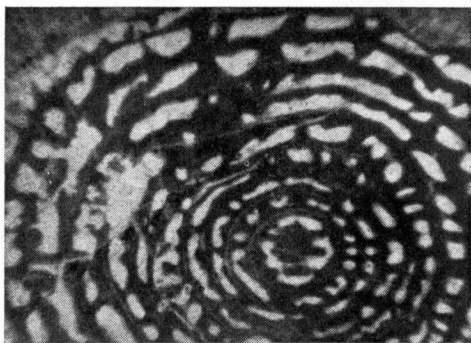


Fig. 3.—*Periloculina Zitteli* M. Chalmas. Corte transversal pasando por las cámaras centrales. Caliza senonense de Ura.

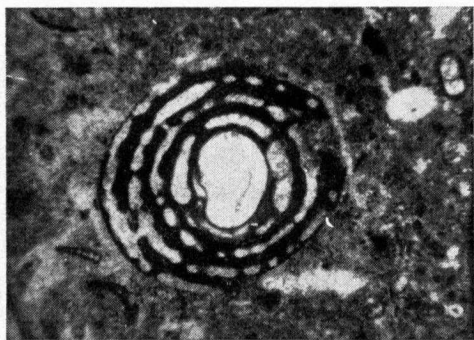


Fig. 4.—Sección de *Periloculina Zitteli* M. Chalmas. Caliza senonense de Ura.



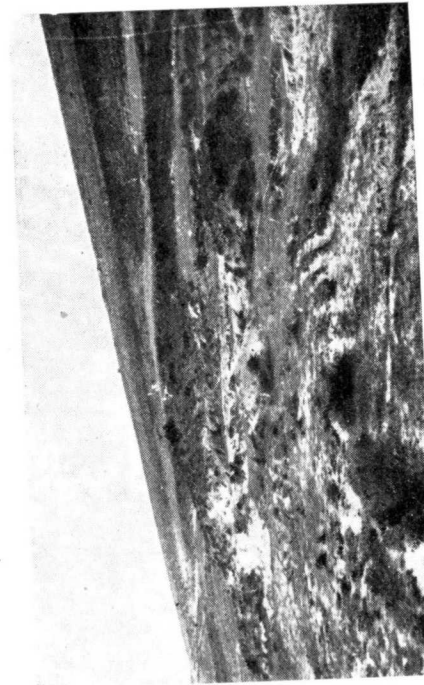


Fig. 1.—Contacto del alvense con el cenomanense, cerca de Cubillo del Campo, al Oeste de la Carretera Burgos-Soria.

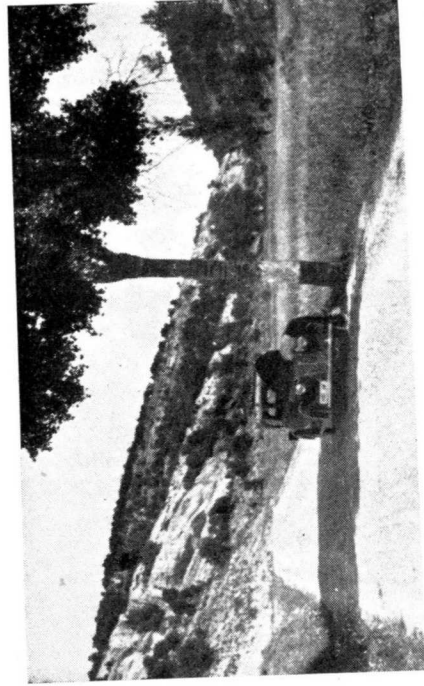


Fig. 2.—Entrada a la Garganta al Sur de Cuevas de San Clemente-Turonense.

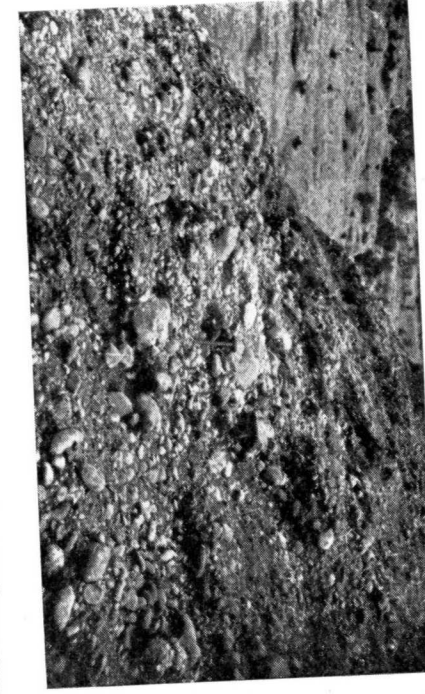


Fig. 3.—Pudingas oligocénicas en la Garganta del río Mataviejas, al Sur de Ura.



La producción de abonos fosfóricos
sin el empleo de ácido sulfúrico

POR

FEODOR GOLDIS
dipl. ing. techn. phys.

FEODOR GOLDIS
dipl. ing. techn. phys.

LA PRODUCCION DE ABONOS FOSFORICOS SIN EL EMPLEO DE ACIDO SULFURICO

INTRODUCCIÓN

El fósforo forma parte fundamentalmente de los fertilizantes. Se emplea en forma de fosfatos de cal solubles, que se valoran por el fosfato disuelto en citrato amónico al 1 por 100, por reproducir dicha solución las condiciones del mantillo agrícola. El fósforo sin disolver no se pierde, sino se absorbe lentamente en el suelo.

Lo ideal sería encontrar el fósforo en compuestos naturales directamente asimilables por las plantas. Existen tres fuentes principales: fosforitas y apatitas mineras, escoria Tomás de la siderurgia y huesos animales de los mataderos.

Las apatitas y fosforitas contienen como parte activa el ortofosfato cálcico terciario, insoluble en el suelo, combinado o mezclado con fluoruro y cloruro de cal, carbonatos, silicatos, cuarzo, etc., según el yacimiento.

La escoria Tomás contiene al lado de compuestos complejos de cal metafosfato cálcico, que directamente se asimila en el suelo.

Algunas fosforitas y la escoria Tomás, sirven fina-

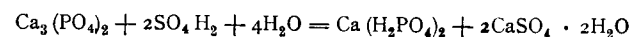
mente molidas directamente para fertilizante, con la ventaja en determinados casos de su lenta asimilación.

El ortofosfato de cal, procedente de huesos, ocupa un lugar insignificante frente a la producción minera.

El problema industrial consiste en convertir el ortofosfato de cal insoluble en otra composición soluble, como las sales primarias y secundarias del mismo ácido, al lado del metafosfato.

EL SUPERFOSFATO CLÁSICO

La apatita o fosforita, cuya parte activa siempre constituye el ortofosfato de cal, se hidrolizan por el ácido sulfúrico al 65 por 100 según la reacción:



El «superfosfato» queda rebajado por yeso inerte con una ley final del 24,55 por 100 en P_2O_5 , frente al 45,8 por 100 del ortofosfato primitivo.

El ácido sulfúrico no solamente grava la economía del proceso, sino rebaja el producto comercial por el yeso, desventaja para el transporte.

Además el abono presenta una acidez final al reaccionar el ácido sulfúrico remanente con los vestigios de fluoruros y cloruros, los cuales en la reacción directa tan sólo habían sido eliminados en un 50 por 100. El clorhídrico generado en el suelo es nocivo para las plantas hasta tal extremo que el comercio valora los abonos según la menor o mayor acidez residual, a parte de su ley en ácido fosfórico.

Modernamente la industria neutraliza esta acidez mediante amoníaco, formando sulfato amónico, solución que complica el programa industrial. A pesar de cuantos in-

convenientes se han expuesto, la producción de superfosfatos aumentó continuamente por la cómoda disponibilidad de ácido sulfúrico, hasta tal extremo que, actualmente, el 60 por 100 de la producción mundial de ácido sulfúrico se destina a superfosfatos. No hablemos del contrasentido industrial, que tan importante tonelaje de una materia prima primordial se inutilice en un proceso de hidrólisis. Hoy día el mundo atraviesa una apremiante escasez de ácido sulfúrico, y es solamente por este motivo económico que la industria quizás se decida a buscar nuevos derroteros.

EL TRIPLE-SUPERFOSFATO

La producción de fosfatos solubles sin ácido sulfúrico ha sido iniciada por la industria desde hace años al aumentar la producción de fósforo en el horno eléctrico.

El fósforo se obtiene calentando una mezcla de fosforita, arena y carbón en el horno eléctrico, destilando vapor de fósforo, que se quema con aire hacia pentóxido, que con agua forma ácido fosfórico.

Dicho ácido ataca la fosforita natural, formando ortofosfato primario. El producto final tiene una ley teórica del 60,7 por 100. Los haluros deben eliminarse por un procedimiento, desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, tratando en el horno eléctrico una mezcla de fosforita y arena con vapor de agua.

Sorprende a primera vista que este triple-superfosfato no haya desplazado el superfosfato tradicional. En efecto, las nuevas instalaciones industriales derivan cada vez más hacia el triple-super. Pero hay que considerar que en tiempo normal el superfosfato constituye una inversión de «áci-

do sulfúrico» y que las antiguas instalaciones se encuentran amortizadas y las nuevas son más sencillas y más económicas que los dispositivos electrotérmicos del nuevo procedimiento. Además, el nuevo procedimiento todavía no ha llegado a la marcha continua automática, única etapa donde se puede enjuiciar la rentabilidad económica, inherente a un proceso químico industrial.

La actual producción de triple-super se destina para dosificar la ley exacta de los superfosfatos corrientes y a la exportación o transporte donde privan elevados fletes.

Examinando el conjunto de la defluorinación americana y del proceso al ácido fosfórico, notamos el contrasentido de reducir con carbón a fósforo para quemarlo en seguida a pentóxido. Por lo tanto, al estudiar un procedimiento de marcha continua, basado en estos principios, nos limitaremos a disociar la fosforita en silicato de cal y pentóxido.

EL NUEVO PROCEDIMIENTO CONTINUO

Las materias primas disponibles oscilan entre el tipo fosforita y apatita, pero generalmente contienen más haluros de lo que corresponde a la fórmula «apatita». Describimos dos procedimientos independientes: «fosforita» y «apatita» para conseguir en ambos casos metafosfatos de cal al lado de silicato de cal, y en el caso de apatita, fluorhídrico y clorhídrico comerciales. En ambos procesos trabajamos con calor eléctrico, excluyendo aire de combustión con elevado rendimiento térmico en ausencia de nitrógeno y carbónico. Las temperaturas de reacción, indicadas en las tablas de características, no ofrecen dificultades industriales y permiten el empleo de refractarios económicos, como carbón, silita y silicatos.

La presente comunicación resume un estudio industrial de un problema local concreto, donde se trata de producir en pie de un determinado yacimiento peninsular de fosforita, metafosfato, utilizando energía hidráulica local. Aquí tan sólo podemos reproducir los resultados de interés general, sin entrar en los cálculos, que reservamos a una ulterior publicación.

Las bases teóricas y conceptos industriales nuevos se encuentran desarrollados en nuestra obra *Introducción a la doctrina de la Técnica*, Madrid, 1949, y en el libro *El beneficio integral de las piritas*, reseñado en el número 25 de 1952, de esta Revista. Recomendamos también la lectura de los trabajos de Jeanprost sobre el principio de Kubierschky en *Chimie et Industrie*, París, febrero de 1951.

Según las definiciones de nuestra obra, designamos el artificio industrial de flujo continuo con el nombre de *fluctor*.

EL FLUCTOR DE FOSFORITA

Según el esquema 01, una mezcla de fosforita y arena, finamente molidas, baja de la tolva 01 por el husillo de alimentación al precalentador 02, donde el mineral se calienta a 1.000° C en contracorriente tipo «S. D.», con aire de circulación cerrada. De 02 pasa el mineral incandescente al primer reactor 03, donde con calor eléctrico auxiliar se forma silicato cálcico líquido y pentóxido de fósforo.

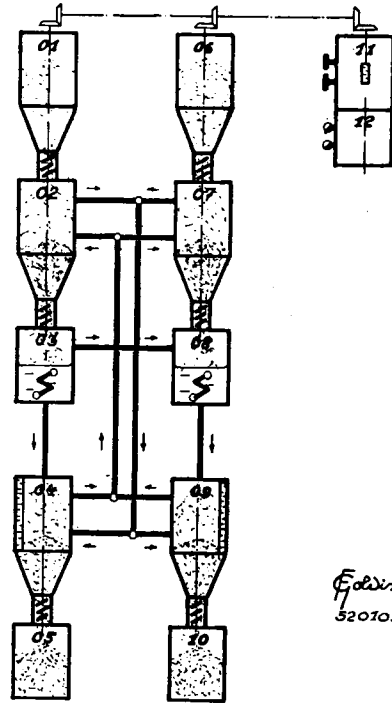
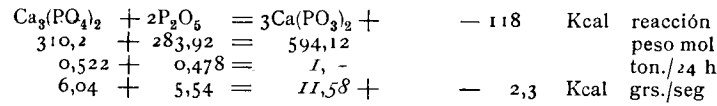


Fig. 01. - Fluctor «Fosforita»

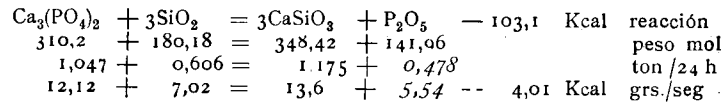
TABLA 01

PRODUCCION DE METAFOSFATO DE FOSFORITA Y ARENA

Reactor: 08



Reactor: 03



BALANCE:

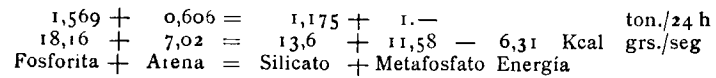


TABLA 02

FLUCTOR « FOSFORITA »

Características

Denominación	Producto	°C	atm.	seg	m³	t/24 h	gr/seg	Kcal/seg	kw	
									eléc.	mecán.
01 Tolva	Fosforita	30	1	600	0,008	1,047	12,12	—	—	—
02 Precalentador	Arena	(700)	10	10	0,035	0,606	7,02	—	—	—
03 Reactor	Aire	1550	10	10	0,01	—	12,15	—	—	—
04 Recuperador	CaSiO ₃	(750)	10	10	0,04	—	13,0	—	—	—
05 Depósito	Aire	100	1	24 h	—	—	5,54	—	—	—
06 Tolva	CaSiO ₃	100	1	600	1, —	1,175	13,6	—	—	—
07 Precalentador	Fosforita	(700)	10	10	0,002	0,522	13,81	—	—	—
08 Reactor	Aire	1200	10	10	0,011	—	13,6	—	—	—
09 Recuperador	Ca ₃ (PO ₄) ₂	(362)	10	10	0,005	—	1,04	—	—	—
Caldera	Aire	1200	10	10	0,005	—	3,81	—	—	—
Depósito	Agua	210	20	10	0,006	—	11,58	—	—	—
Turbina	Metafosfato	100	1	24 h	0,7	1, —	2,15	—	—	—
	Vapor	210	20	10	—	(0,0002)	5,75	—	—	—
12 Dinamo	Energía	—	—	—	1,8156	—	5,75	—	—	2,74
								3,2698	11,92	2,45

PRODUCCION DE METAFOSFATO DE APATITA Y ARENA

Reactor: 11

$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF, Cl$	+	$7P_2O_5$	+	H_2O	=	$10Ca(PO_3)_2$	+	HF	+	HCl	+	328,79	Kcal	reacción
1025,3		+ 993,72		+ 18,02	=	1980,4		+ 20,01		+ 36,47				peso mol
0,5173		+ 0,502		+ 0,0092	=	1,-		+ 0,0101		+ 0,01844				ton./24 h
5,99		+ 5,82		+ 0,1067	=	11,58		+ 0,117		+ 0,2135		+ 1,923	Kcal	grs./seg

Reactor: 06

$Ca_3(PO_4)_2$	+	$3SiO_2$	+		=	P_2O_5	+	$3CaSiO_3$	+		+	- 103,1	Kcal	reacción
310,2		+ 180,18			=	141,42		+ 348,42						peso mol
1,096		+ 0,637			=	0,502		+ 1,231						ton./24 h
12,69		+ 7,38			=	5,82		+ 14,25		+		- 4,21	Kcal	grs./seg

Reactor: 03

$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF, Cl$	+	SiO_2	+	H_2O	=	$3Ca_3(PO_4)_2$	+	$CaSiO_3$	+	HF	+	HCl	- 98,91	Kcal	reacción
1025,3		+ 60,06		+ 18,02	=	930,6		+ 116,14		+ 20,01		+ 36,47		peso mol	
1,208		+ 0,0707		+ 0,0212	=	1,006		+ 0,1368		+ 0,0236		+ 0,0429		ton./24 h	
13,98		+ 0,818		+ 0,2455	=	12,69		+ 1,581		+ 0,2745		+ 0,498	- 1,349	Kcal	grs./seg

BALANCE:

1,7253	+	0,7077	+	0,0304	=	1,-	+	1,3678	+	0,0337	+	0,06134		ton./24 h	
19,97	+	8,198	+	0,3522	=	11,58	+	15,831	+	0,3915	+	0,7115	- 3,636	Kcal	grs./seg
Apatita	+	Arena	+	Agua	=	Metafosfato	+	Silicato	+	Fluorhid.	+	Clorhidrico			

FLUCTOR « APATITA »

Características

	Denominación	Producto	°C	atm.	seg	m³	t/24 h	gr/seg	Kcal/seg	kw	
										elec.	mecán.
01	Tolva	Apatita	30	1	600	0,005	1,208	13,98			
		Arena					0,707	0,818			
02	Precalentador..	»	(700)	10	10	0,024	»	»			-0,0084
		Aire						8,42			
03	Reactor	$Ca_3(PO_4)_2$ HF... ..	1400	10	10	0,01					- 8,59
		$CaSiO_3$ HCl									
04	Tolva	Arena	30	1	600	0,004	0,637	7,38			
05	Precalentador..	»	(700)	10	10	0,012	»	»			-0,0064
		Aire						3,91			
06	Reactor	$CaSiO_3$	1500	10	10	0,007		15,83			- 22,7
		P_2O_5						5,82			
07	Recuperador...	$CaSiO_3$	(750)	10	10	0,032		15,83			
		Aire						10,47			
08	Depósito	$CaSiO_3$	100	1	24 h	0,9	1,368	15,83			
09	Tolva	Apatita	30	1	600	0,003	0,5173	5,99			
10	Precalentador..	»	(700)	10	10	0,01	»	»			-0,0034
		Aire						3,42			
11	Reactor	Metafosfato..	1200	10	10	0,0015	1,-	11,58	2,2916		
		Hf HCl									
12	Recuperador...	Metafosfato..	(600)	10	10	0,014	1,-	11,58	2,1508		
		Aire						5,28			
	Precalentador..	H_2O	180	10	10	0,0008		0,0305	0,3522		
13	Depósito	Metafosfato..	100	1	24 h	0,7	1,-	11,58			
14	Condensador...	HF	30	10	10	0,003		0,3915			
		HCl	(615)					0,7115			
15	Depósito	Fluorhidrico. ...	30	10	24 h	0,04	0,031	0,3915			
16	Compresor	HCl	30	100			0,0615	0,7115			- 0,1415
17	Depósito	Clorhidrico	30	100	24 h	0,5	0,0615	0,7115			
18	Compresor	Agua... ..	30	10			0,0305	0,3522			-0,0035
19	Tu. bina	Vapor.	210	20	30		(0,0003)	7,82			3,72
20	Dinamo	Energía eléc. ...									7
						2,2663					3,2

INSTALACIONES - PILOTO

360 días
Balances anuales

Tabla 07

CONCEPTO	APATITA NACIONAL 30 %		APATITA IMPORTACION 60 %		FOSFORITA NACIONAL 30 %		FOSFORITA IMPORT 60 %	
	Ton.	Ptas.	Ton.	Ptas.	Ton.	Ptas.	Ton.	Ptas.
Inversión técnica		500.000				450.000		
Capital comercial		1.000.000						
Potencia en kw.		1.500.000				1.450.000		
Productores... ..	28,2				41,6		41	
Plazo montaje ... meses	5				10			
Producción								
Metafosfato 71,7 %	360	1.218.000.						
Silicato cálcico	492	98.400						
Fluorhídrico... ..	14,18	171.800			423	84.600		
Clorhídrico	22,15	15.500						
GASTOS		1.503.700				1.302.600		
kw/h./ton. M. F.	800							
Mineral 10 %	2.070	580.000		1.035	1.000	526.000	982	
Arena... ..	253	12.650			1.880	10.900	940	
Energía eléctrica ... kw/h		72.000			218	90.000		
Amortización técnica	288.000	664.650			300.000	626.900	88.250	
Explotación		150.000				145.000		625.150
		350.000				300.000		
Beneficio bruto... ..		1.164.650				1.071.900		1.070.150
Carga fiscal		339.050				239.700		232.450
BENEFICIO NETO... ..		150.000				145.000		
		189.050				85.700		87.450
Capitalización	12,6 %							6 %

tadas del Africa del Norte, aunque últimamente ha surgido la posibilidad de aprovechar idénticos criaderos de fosforitas en el Sahara español, recién explorados.

La actual industria de superfosfatos representa, por lo tanto, un anexo de la industria de ácido sulfúrico, con sus factorías, distribuidas en los puertos marítimos de importación.

El nuevo procedimiento supedita la producción de metafosfatos a la disponibilidad de energía eléctrica—en España *a priori* hidráulica—, la cual se llevaría desde el salto a bocamina de yacimiento interior o a fábrica de puerto de importación.

Otra vez estudiamos cuatro industrias comparadas sobre el denominador común de una potencia disponible de 10.000 kws., según las premisas particulares de nuestro estudio profesional, base de esta comunicación. Además, como en seguida veremos, a esta potencia corresponde una producción aproximada de 100.000 toneladas de metafosfatos, los cuales equivalen a medio millón de toneladas actuales de superfosfatos, cantidad más que suficiente para saturar al lado de las instalaciones existentes las necesidades nacionales.

Descubrimos en las tablas 08 y 09 que el nuevo procedimiento establece firmemente la supremacía económica de los pobres minerales nacionales sobre la importación de mayor ley, al eliminar el desembolso de divisas de importación. A pesar de las necesarias dependencias mineras, transporte hidráulico de mineral y distribución de energía, el capital total de las instalaciones autárquicas es muy por debajo de las sumas requeridas por el movimiento de importación.

El transporte por arrastre hidráulico del mineral molido y concentrado desde bocamina a fábrica-ferrocarril se

Balances anuales

CONCEPTO	Ptas./ton.	APATITA NACIONAL 30 %		APATITA IMPORTACION 60 %		FOSFORITA NACIONAL 30 %		FOSFORITA IMPORTACION 60 %	
		Ton.	Ptas.	Ton.	Ptas.	Ton.	Ptas.	Ton.	Ptas.
PRODUCCIÓN									
Metafosfato 71,7 %	3.380	109.500	370.000.000	125.000	422.000.000	83.000	280.500.000	92.200	311.500.000
Silicato cálcico	200	150.000	30.000.000	171.000	37.400.000	97.500	19.500.000	108.500	21.700.000
Fluorhídrico	12.100	3.720	45.000.000	4.250	51.400.000	—	—	—	—
Clorhídrico	700	6.740	4.710.000	7.640	5.350.000	—	—	—	—
GASTOS			449.710.000		516.150.000		300.000.000		333.200.000
Mina		629.500	31.450.000	—	—	433.000	21.650.000	—	—
Mineral 10 %	50	—	—	356.000	199.500.000	—	—	240.000	134.800.000
Arenera	10	77.800	778.000	—	—	50.300	503.000	—	—
Areña	50	—	—	88.800	4.440.000	—	—	55.900	27.950.000
Energía kwh.	0,25	87.700.000	21.925.000	—	—	—	—	—	—
Amortización técnica	20 %	—	54.153.000	—	225.865.000	—	44.078.000	—	184.675.000
Gastos explotación	10 %	—	6.000.000	—	2.100.000	—	4.300.000	—	1.900.000
Inte és comercial	—	200	21.900.000	—	20.000.000	150	12.450.000	120	11.080.000
BENEFICIO BRUTO	50 %	—	20.000.000	—	40.000.000	—	15.000.000	—	35.000.000
CARGA FISCAL			102.053.000		287.965.000		75.888.000		232.655.000
BENEFICIO NETO			347.657.000		228.185.000		224.112.000		100.545.000
CAPITALIZACIÓN			173.828.500		114.092.500		112.056.000		50.272.500
		75,5 %	173.828.500	27,7 %	114.092.500	65,1 %	112.056.000	14, - %	50.272.500

cargos, que buscan el metafosfato. El agua del pipeline sería de agua de mar en circuito cerrado.

Hasta ahora no explicamos la valoración comercial del silicato cálcico, principal subproducto del procedimiento. Obteniéndolo en forma líquida, fácilmente podremos producir rasilla y baldosines cerámicos vitrificados para el ramo de la construcción y vivienda, evaluando con 200 pesetas por tonelada métrica muy por debajo su salida y aceptación comercial.

De por sí, la disponibilidad de silicato de calcio líquido—auténtico vidrio elemental—ofrece la máxima posibilidad de producir lana de vidrio aislante y después textil, a parte de las espumas silíceas, que definimos y anticipamos en nuestra obra inicial. En todos estos casos el valor de la tonelada elaborada subiría a más de 2.000 pesetas.

Empero, tratándose en este estudio de producir metafosfato, remitimos posibles evoluciones derivadas al momento de la realización industrial.

No podemos concluir sin indicar la extrema pureza del metafosfato obtenido, que lo predestina para ingrediente de piensos ganaderos, según práctica norteamericana, hoy día monopolio de las fosforitas de Curaçao, lo cual abre un mercado enorme a la exportación nacional.

En la economía mundial, la transición al metafosfato representa una reducción de varios millones de toneladas en fletes marítimos y continentales, ya que por una parte se elimina el transporte pirita-ácido sulfúrico y por otra parte el metafosfato posee una riqueza por lo menos doble a las fosforitas mineras.

Si hoy día, por razón de fletes, la industria de superfosfatos se encuentra descentralizada y aporta ácido sulfúrico (pirita) y fosforita lo más cerca posible a la zona

de consumo del superfosfato—véase el caso de España—, con el nuevo procedimiento se cumple la ley mínima de transporte industrial al elaborar el producto acabado en bocamina.

Es decir, en el futuro los abonos fosfóricos en forma de metafosfatos se elaborarán a pie de yacimiento—Africa del Norte, Río de Oro, Florida, Curaçao, etc.—, simplificando y racionalizando un sector importante de la economía mundial.

E P Í L O G O

Esperamos haber demostrado que la actual escasez de ácido sulfúrico desaparecerá en cuanto el actual cupo del 60 por 100 de la producción mundial destinado a superfosfatos quede disponible por el nuevo procedimiento de metafosfato.

El metafosfato obtenido es superior en ley, presentación, conservación, almacenaje y trasiego a los productos actuales y ofrece todos los subproductos con valor comercial.

Para España se brinda la oportunidad de una industrialización o transformación económica rápida y económica con posibilidades ilimitadas de ulteriores expansiones en elaborados y derivados.

Madrid, 13 de febrero de 1952.

BIBLIOGRAFIA

Inorganic Process Industries KOBÉ. McMillan, 1948.

The production of triple superphosphate.

The Industrial Chemist, 256, June 1951.

Factory for the production of single and triple superphosphates Engineering, May 1951.

L. D'ANS und E. LAX: *Taschenbuch für Chemiker und Physiker*. 2. Auflage. Springer, 1949.

OBSERVACION

En los balances reproducidos se emplean determinadas simplificaciones operativas, en parte por carecer de los necesarios datos experimentales, pero que en ningún caso afectan la validez industrial de las consideraciones expuestas.

Estudio de la diáspora con corindón y andalucita
de Goyán (provincia de Pontevedra)

POR

ISIDRO PARGA PONDAL y GABRIEL MARTIN CARDOSO
Santiago de Galicia

ISIDRO PARGA PONDAL y GABRIEL MARTIN CARDOSO
Santiago de Galicia

ESTUDIO DE LA DIASPORA CON CORINDON
Y ANDALUCITA DE GOYAÑ (PROVINCIA DE
PONTEVEDRA)

En la vertiente izquierda del Miño y a corta distancia de su desembocadura hay una región constituida por rocas metamórficas interesantes, arrumbadas de N. 20° W. a S. 20° E., que asoman en alineación de crestones orlando la base del macizo granítico de la montaña llamada La Pedrada, y siguen pendiente abajo desapareciendo bajo el manto aluvial de las terrazas de aquel río. Una prolongación al sur de dicha montaña es la Sierra del Argallo, integrada por estratos de rocas cristalofílicas en las que, con las micacitas alternan lechos de cuarzo inyectado y las atraviesan diques de pegmatitas y algunos filoncillos de aplitas. Las pizarras van cargadas de alumosilicatos de metamorfismo, estaurolita, reticita, a veces turmalina y, sobre todo, en una cantidad considerable, la andalucita, que forma nódulos de muy diverso tamaño, en tal profusión y abundancia, que probablemente esta zona del Monte Argallo es el yacimiento más importante de tal mineral en España. Entre los nódulos, de forma concrecionada generalmente, se destacan muchas veces bellos cristales sencillos con el prisma unidad, de andalucita, revestidos con

frecuencia por mica y en casos más raros por *diáspora*.

El objeto de esta nota es dar a conocer la presencia de la diáspora en la falda de la Sierra del Argallo, en el llamado Campo del Maragato, cerca de Goyán. En dicho terreno se abrió hace años una calicata para la extracción de andalucita, la cual, visitada posteriormente por nosotros, nos sorprendió la curiosa asociación hallada en ella de andalucita, corindón y diáspora, esta última en cristales generalmente incoloros, implantados, con desarrollo imperfecto de las caras terminales y facies tabular predominante. La andalucita y el corindón aparecen entremezclados en los nódulos. El núcleo suele ser de corindón, y alrededor o intercalados se extienden granos y cristales de andalucita, pequeños nidos de diáspora, laminillas de mica y agujas de turmalina. Se localizan sobre todo en la proximidad de un dique de pegmatita normal, de 1 metro de potencia.

El corindón es de un bello azul claro, no encontrándose bien cristalizado, pero sí en láminas o granos. En las láminas y en la superficie de exfoliación, según (0001) aparece con frecuencia el sistema conocido de estrías hexarradiadas (fig. 1).

Limitándonos a la diáspora, objeto de esta nota, hemos estudiado química y morfológicamente los cristales, que con su facies tabular están constituidos por las siguientes formas (1):

(010), (210), (211), (011), (023), (133), (233), (110) y (111)

(1) Fuera de las tres primeras caras mencionadas y bien desarrolladas en todos los cristales, las restantes sólo han podido ser identificadas en un solo cristal y no muy fácilmente, por su desarrollo defectuoso.

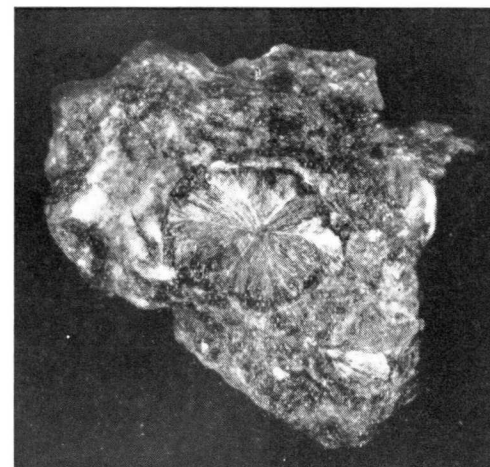


Fig. 1.—Nódulo de corindón partido en el que se observan las estrías exaradiadas. Está incluido en roca formada por andalucita, cuarzo y moscovita.

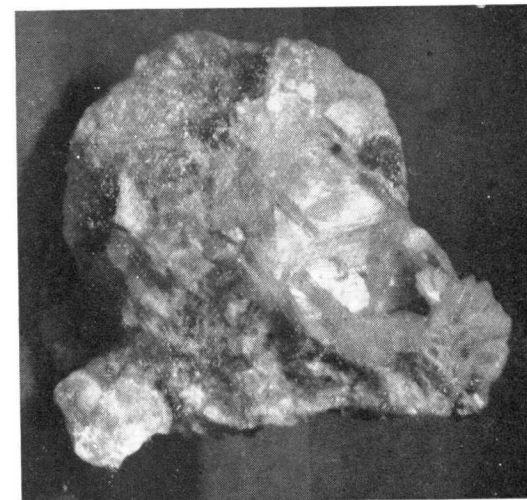


Fig. 2.—Grupo de cristales hialinos de diáspora en la misma roca anterior.

La cara (010) es la más desarrollada, estriada según [001] y muchas veces en forma de escalera, apareciendo entonces la arista [101] como dentada por la alternancia de facetas (110) y (010) debidas a una agrupación paralela. Las caras (110) y (111) carecen de brillo.

El aspecto de los cristales recuerda hasta cierto punto a los de Campolongo (Tessino) y a los de Chester (2).

El análisis químico sobre ejemplares perfectamente incoloros y transparentes dió los resultados (I. Parga):

Al ₂ O ₃	84,43 %
Fe ₂ O ₃	0,38
H ₂ O	15,10
H ₂ O	0,16
	100,07

No contiene nada de sílice, titanio, calcio, magnesio ni manganeso.

Siendo la composición ideal de la diáspora AlO.OH.

$$\begin{aligned} \text{Al}_2 \text{O}_3 &= 84,98 \% \\ \text{H}_2\text{O} &= 15,02 \end{aligned}$$

resulta que los cristales de Goyán son de una pureza extraordinaria y no es comparable a ninguno de los análisis típicos que se insertan en las obras de Hintze (4) y de Doelter (5). Lástima que la imperfección de los cristales no permita dar un resultado acabado en el estudio morfológico, completando así el rotundo análisis cuantitativo.

(2) V. GOLSCHEMIDT, *Atlas der Kristallformen*. Atlas, Taf. 51, fig. 14 y Taf. 52, fig. 23, respectivamente.

(4) MINTZE, *Handbuch der Mineralogie*.

(5) DOELTER, *Handbuch der Mineralchemie*.

El examen de algunos ejemplares de diáspora en láminas finas agrupadas en orientación regular sobre las caras de andalucita, nos ha permitido en cambio, descubrir íntimas relaciones entre ambos cuerpos, y confirmar en un caso más las conclusiones expuestas por P. Niggli (6) en su estudio sobre las relaciones existentes entre las singonías hipocúbica e hipohexagonal.

En efecto, sobre las caras (110) de la andalucita se apoyan las (010) de diáspora con tres orientaciones diferentes:

	Andalucita	Diáspora
Paralelismo	1.º [001]	con [001]
id:	2.º [001]	con $[\bar{1}01]$
id.	3.º [001]	con [101]

Comparemos las dimensiones de los períodos de traslación en las direcciones indicadas:

ANDALUCITA	DIÁSPORA
$[001] = 5,56 \text{ \AA}$ (1) paralela a $[001] = 2,83 \text{ \AA}$ (2) $= 1/2$ de 5,6	
$[001] = 5,56 \text{ \AA}$ id. a $[011] = 5,23 \text{ \AA}$	

Como se ve, admitiendo una ligera deformación reticular, los nudos de ambas redes coinciden. Si tomamos como origen $[[000]]$ de las mallas respectivas, un ion de aluminio de coordinación 6 (octaedros de oxígeno) (3), en la primera orientación de las indicadas más arriba no sólo coinciden $[001]$ de la andalucita con $[001]$ de la diáspora en los iones

(6) P. NIGGLI, *Berichtungen zwischen hypokubischer und hypohexagonder Syngonie*. «Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen». B. XXII, 1942, págs. 316-317.

(1) W. H. TAYLOR, *The Structure of Andalusite*. *AlSiO* (Z. f. K. Bd. 71, 1929, págs. 205-218).

(2) M. DEFLANDRE, *Sur la structure cristalline de la diaspore*. «Bull. Soc. Franc. Min.», t. LV, págs. 140-165.

(3) J. S. HEY and W. H. TAYLOR, *The coordination number of Aluminium in the aluminosilicates* (Z. f. K. Bd. 80, 1931, págs. 428-441).

de Al, sino también en las columnas octaédricas de oxígeno que siguen la dirección del eje c en ambos minerales. En cada columna la distancia entre dos iones sucesivos de aluminio es de 2,8 Å, valor igual precisamente al del período de traslación de la diáspora y mitad del período de traslación de la andalucita en dicha dirección c .

La coincidencia se muestra en el esquema de la fig 3

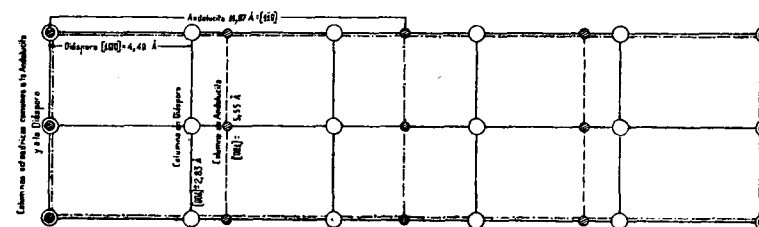


Fig. 3.—Esquema de la orientación paralela de los planos $[010]$ de la diáspora y $[110]$ de la andalucita, coincidiendo la dirección del eje $c = [001]$ de ambos. Puede observarse que en esta dirección el período de traslación $[001]$ de la diáspora es la mitad del de la andalucita $[001]$; y que cinco veces el período de la diáspora, según $[100]$, es igual a dos de la andalucita $[110]$. Por tanto la malla plana doble primitiva de la andalucita en el plano $[110]$ coincide con la malla múltiple diez veces primitiva del plano $[010]$ de la diáspora. Los círculos representan iones de aluminio de la andalucita (rayados) y de la diáspora (blancos).

En las otras dos orientaciones, las columnas octaédricas de oxígeno formarían un ángulo de 60 grados al cruzarse las de la andalucita con las de las diáspora, siendo los puntos de cruce de ambas mallas: $[[000]]$, $[[\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}]]$ andalucita y $[[000]]$ $[[002]]$ $[[004]]$ (diáspora).

En el esquema de la figura 3 se ven gráficamente estas coincidencias.

Por otra parte, en la figura 2 se muestra una fotografía de un pequeño grupo de cristalitas de diáspora con el eje de zona $[001]$, tomando tres posiciones diferentes en án-

gulos de 120 grados entre sí, de conformidad con la agrupación compacta de iones de oxígeno exagonal, que en la diáspora, como es sabido, sigue la dirección de los planos (100). En la orientación sobre la andalucita seña-

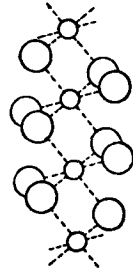


Fig. 4.—Columnas verticales de aluminio (círculos pequeños) en coordinación con seis iones de oxígeno (círculos grandes). Según Taylor y Hey.

lada antes bajo los números 2 y 3, los planos (010) de la diáspora quedan paralelos a (112) de la andalucita, según los cuales se orientan también varias caras de los octaedros columnares de oxígenos. De nuestras observaciones deducimos que probablemente las mencionadas columnas octaédricas señaladas por Taylor y Hey (fig. 4) deben jugar un importante papel en la yuxtaposición orientada de la diáspora sobre la andalucita.

Madrid 19 de febrero de 1952.

Memoria descriptiva de la Hoja núm. 1.033.
Palacio de Doñana

POR

JUAN GAVALA

JUAN GAVALA

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA HOJA N.º 1.033
PALACIO DE DOÑANA

INTRODUCCIÓN

Continuamos con la Memoria de la Hoja del Palacio de Doñana la descripción del área que abarca el estuario del río Guadalquivir, de la que ya presentamos un estudio de conjunto en la Hoja de *El Asperillo*.

Como ya dijimos entonces, se trata de una extraña comarca de Andalucía, cuyo suelo estéril y despoblado desentona del ambiente de exuberancia y lozanía que envuelve a la campiña sevillana; tanto más extraña esa comarca si se tiene en cuenta que ha ido creándola el gran río andaluz a través de los siglos con el constante aporte de las arenas y los limos arrastrados por sus aguas, y arrancados a tierras feracísimas, en parte cultivadas y enriquecidas por el trabajo de cientos de generaciones. En casi todas las regiones españolas son los terrenos modernos de acarreo los más feraces y los más densamente poblados, y se da el caso anómalo de que las formaciones cuaternarias del Guadalquivir, y precisamente bajo el cielo y el sol de Andalucía, hacen excepción a esta regla general, por causa de una clasificación mecánica de los sedimentos tan excesivamente minuciosa que, amontonando

en un lado las arenas silíceas y en otro los limos arcillosos, ha originado suelos o excesivamente porosos o excesivamente impermeables, impropios para el desarrollo de la vegetación herbácea, sin cuyo concurso el manto de tierra vegetal no puede llegar a producirse.

Corresponde, en efecto, la casi totalidad del terreno que abarca la Hoja del Palacio de Doñana a los depósitos diluviales que el Guadalquivir y otros ríos inmediatos de menor cuenca, que surcan la Meseta Central y la Cordillera Penibética, depositaron no sólo a lo largo de sus antiguos valles, mucho más amplios que los actuales, sino también y de modo principal en el borde meridional de la Sierra Morena, ensanchando con ese depósito notablemente el dominio de la tierra firme y haciendo retroceder las aguas del Océano de 30 a 60 kilómetros entre la raya de Portugal y el meridiano de Sevilla.

Esta zona litoral de Andalucía, donde confluyen las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz, es una comarca no consolidada aún en su totalidad y por cuya conquista definitiva luchan todavía el mar y el gran río andaluz. Y de esta lucha, en que alternativamente dominó una u otra de las fuerzas puestas en juego, es consecuencia su peculiar topografía y los bruscos cambios que en la composición del suelo se advierten al recorrer estos despoblados territorios.

Durante la época pliocena fué toda esa zona dominio indiscutido del Océano, que se extendió allí tierra adentro a mayores distancias de las costas actuales que el mar cuaternario. En su fondo se fueron depositando los acarrees de los ríos, mezclas de arenas silíceo-calcáreas y de arcillas, que según la proporción relativa de unos y otros elementos formaron las areniscas, calizas toscas y margas

que hoy bordean en estrecha faja los terrenos antiguos de la Meseta y los secundarios y eógenos de la Cordillera Penibética. En la masa de estos depósitos pliocenos, poco coherentes, hasta cierto punto uniformes y fácilmente denudables, labraron más tarde sus valles cuaternarios el Guadalquivir, el Río Tinto, el Odiel, el Guadalete y otros afluentes intermedios, y después de barrer la masa de los depósitos pliocenos continuaron la profundización de sus estuarios en los terrenos que servían de base a esta formación.

Tras el período de excavación de los estuarios, en los comienzos de la era cuaternaria, llegó un momento en que los acarrees fluviales comenzaron a rellenarlos, y nuevas capas de sedimentos con espesor similar al del Plioceno se formaron en la comarca objeto de nuestro estudio. Estos depósitos cuaternarios, diluviales, son más homogéneos que los del Terciario superior, pues se componen exclusivamente de grandes masas de arenas silíceas y lechos de gravas cuarzosas. El Odiel, el Tinto, el Guadalquivir y el Guadalete entremezclaron sus acarrees en la zona litoral de nuestros días, a lo largo de la cual se enlazaban entre sí sus estuarios, y sólo bastante aguas arriba se advierte en los valles respectivos cierta individualización de los sedimentos propios de cada uno, y las arenas de las zonas comunes van pasando gradualmente a depósitos de elementos más gruesos hasta predominar las gravas y los cantos rodados, algunos de cuyos bancos se hallan convertidos en duros conglomerados. En estos últimos se encuentran ya cantos de caliza, que en la zona marítima debieron desaparecer por el rozamiento con los materiales silíceos.

En el seno de esa masa de arenas diluviales, levantada sobre el nivel del mar poco después de su depósito, vol-

vieron a abrir en la época aluvial nuevos estuarios los ríos antes mencionados; pero debido sin duda a un régimen pluvial menos severo, estos nuevos estuarios no alcanzaron las grandes dimensiones de los de la época diluvial, y si bien el Tinto y el Odiel mezclaron aún en época tan reciente sus sedimentos al efectuar el relleno de su común estuario, el Guadalquivir y el Guadalete labraron ensenadas independientes, que independientemente rellenaron más tarde con sus propios acarreos.

Este trabajo de relleno de los estuarios aluviales continúa aún en nuestros días, y de él, y de la acción de la ola marina y del movimiento de las arenas voladeras de la costa resultan las exiguas y lentas modificaciones contemporáneas del país costero del Golfo de Cádiz.

Tres series de sedimentos sucesivamente depositadas y en gran parte arrasadas después por los ríos que afluyen a la costa atlántica entre Huelva y Cádiz constituyen, por lo tanto, el subsuelo de esta parte del litoral andaluz; así es que sería punto menos que imposible definir y precisar la constitución geológica de un trozo cualquiera de este territorio, y mucho menos escribir su historia geológica y hacerla comprender al lector sin explicar de antemano las vicisitudes por que ha pasado todo el país a través de la época cuaternaria. Constituye este territorio una unidad perfectamente definida porque sus distintas partes se han formado a consecuencia de un trabajo de las fuerzas naturales orientado siempre en idéntico sentido, y su topografía contemporánea es la resultante de fenómenos meteorológicos constructivos unos y destructores otros, pero de tal modo coordinados que sus efectos no hubieran podido manifestarse de modo distinto.

Por esas razones creímos, más que interesante, necesario preceder la descripción geográfica y geológica, tanto

de la Hoja del El Asperillo como de las demás que abarcan áreas pertenecientes a este país relativamente moderno, de una reseña del territorio que ocupan los estuarios diluvial y aluvial del Guadalquivir, del proceso de excavación y relleno de cada uno y de la influencia que ha ejercido y todavía ejerce la acción directa del mar en el desarrollo de sus distintas fases.

Con objeto de hacer esta reseña lo más breve posible nos valemos de una serie de planos y esquemas que ponen de manifiesto con bastante claridad las diversas etapas porque ha pasado el estuario del Guadalquivir desde los comienzos de la edad cuaternaria hasta nuestros días.

La presente Hoja abarca terrenos de las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz, y dentro de esta última, en los términos de Trebujena y Sanlúcar de Barrameda, un pequeño espolón terciario que pertenece a la península que separa las marismas de Sanlúcar de las del Bujón y Mesa de Asta.

La descripción de las capas terciarias que asoman en dicho espolón habremos de darla con detalle en la Hoja de Sanlúcar, en la que ocupan grandes extensiones, por lo que ahora sólo diremos que son dos los niveles geológicos que allí se presentan: uno, de margas y calizas tabulares perteneciente al eoceno superior, con la facies típica del Flysch, y otro correspondiente al oligoceno inferior, de margas blanquecinas con profusión de diatomeas, rocas que en el país se conocen con el nombre de «albarizas» y tienen la particularidad de formar el suelo que más se presta al cultivo de las variedades de vid que producen el renombrado vino de Jerez. Las capas de uno y otro terreno, en estratificación concordante unas veces y con ligeras discrepancias angulares otras, por ser el tramo de albarizas transgresivo respecto a los últimos niveles del eoceno,

alternan repetidamente en los afloramientos. Las inclinaciones pasan a veces de 55° en las calizas tabulares y margas del eoceno, siendo difícil apreciar las de las albarizas por presentar éstas de ordinario textura maciza.

Entre los terrenos cuaternarios del relleno del estuario del Guadalquivir hay que distinguir los que corresponden al diluvial, compuestos esencialmente de arenas y gravas silíceas, y los de época aluvial, preponderantemente arcillosos. Los primeros se hallan circunscritos al ángulo NO. de la Hoja y quedan cubiertos por la arena de las dunas actuales a lo largo de una línea que va desde el Palacio de Doñana hasta la playa de Matalascañas y bordea la laguna de Santa Olalla.

La mayor parte de la superficie de la Hoja se halla ocupada por terrenos de marismas, depósitos arcillosos impregnados de sal y poblados de una vegetación *sui generis*. Las partes más altas, que son, por lo general, las que bordean los cauces actuales y que a lo largo del Guadalquivir forman lo que se llama «montaña del río», han sido objeto de un parcial desalado y en ella abunda la planta denominada en el país «almajo dulce» (*Suaeda fructicosa*). Algunas de estas áreas desaladas no parecen guardar relación con los cauces que hoy cruzan la llanura marismosa, y en realidad así es; pero puede asegurarse que todas han bordeado en tiempos cauces que aparecen ahora cegados por las más modernas avenidas de los afluentes del estuario. En algunas zonas, el propio río Guadalquivir carece de zonas altas limítrofes: cuando así ocurre, es debido generalmente a que en su curso divagante ha socavado sus propias orillas, destruyendo la «montaña» y avanzando hasta los terrenos bajos situados a su espalda. Tal es el caso del tramo comprendido entre el Caño del Yeso

y el Puntal de Carabineros, y del situado frente al Caño de Brenes.

Aparte de esas zonas, por decirlo así elevadas, que en la marisma se conocen también con el nombre de «vetas dulces», forman el terreno los denominados «lucios», que durante la mayor parte del invierno están cubiertos por las aguas de avenida. En éstos cabe distinguir a veces tres niveles: uno, el más general, ligeramente inferior al de las vetas dulces, poblado del arbusto denominado «almajo salado» (*Salicornia fructicosa*); otro, de nivel algo inferior, en que abunda el denominado «Sapillo» (*Arthrocnemum macrostachyum*), y, por último, el de las áreas sin vegetación, en donde el agua perdura gran parte del verano. El Lucio Real, en la Isla Mayor, y el de Los Ansaes en la marisma de Aznalcázar, son típicos.

La zona litoral está cubierta, como se dibuja en el mapa, por arenas de las dunas actuales que en sentido normal a la costa penetran tierra adentro entre 4 y 5 kilómetros. Al Norte del vértice Trigo, y a Poniente del camino de Almonte a Sanlúcar de Barrameda, se hallan las ruinas romanas en cuyas proximidades el Profesor alemán Adolfo Schulten intentó, sin éxito, descubrir la antigua Tartessos.

Favorecidas seguramente por las corrientes de marea, las arenas voladeras han avanzado más de lo normal frente a la desembocadura del Guadalquivir en las llamadas dunas de la Algaida, cubiertas de frondosos pinares. Se trata, sin embargo, de un fenómeno del pasado, pues estas dunas, ni tienen hoy movimiento apreciable, ni reciben nuevas aportaciones del cordón litoral.

Un estudio de los terrenos salinos del estuario aparecerá en la Hoja de Los Palacios, núm. 1.019.

Febrero de 1952.

Noticias

Coto Minero Nacional Carbonell.

Por Decreto de la Presidencia del Gobierno de 1 de febrero de 1952 (*Boletín Oficial del Estado* núm. 40) se crea el Coto Minero Nacional Carbonell, enclavado en la provincia de Córdoba, que comprende los terrenos incluidos en la siguiente designación:

Se toma como punto de partida la veleta de la iglesia de Ojuelos Bajos.

Primera línea.—De veleta de la iglesia de Ojuelos Bajos a Vértice Piconcillo.

Segunda línea.—Vértice Piconcillo a Vértice Coscojal.

Tercera línea.—Vértice Coscojal a Vértice Calaveruela.

Cuarta línea.—Vértice Caraveruela a Vértice del Castaño, pero solamente hasta la intersección de dicha línea con la de límite de provincia Córdoba-Badajoz.

Quinta línea.—Continúa desde el punto anterior por el límite de la provincia de Córdoba con Badajoz y Sevilla hasta su intersección con el Arroyo Mojones o de La Baja, continuando por dicho arroyo hasta su desembocadura en el río Bembézar.

Sexta línea.—Desembocadura del Arroyo Mojones o de La Baja en el río Bembézar a Vértice Lanchuelas.

Séptima línea.—Vértice Lanchuelas a Vértice Estrampales.

Octava línea.—Vértice Estrampales a Vértice Almendro.

Novena línea.—Vértice Almendro a Vértice Caña.

Décima línea.—Vértice Caña a veleta de la torre de la iglesia de Ojuelos Bajos.

De este modo queda cerrado el contorno del Coto Minero Nacional Carbonell, constituyendo una zona definitivamente reservada para el Estado por su interés nacional.

Los vértices designados corresponden a las triangulaciones verificadas por el Instituto Geográfico y Catastral.

Con la denominación dada a este coto, se recuerda la labor realizada en aquella zona por el Ingeniero Vocal de este Instituto Ilmo. Sr. D. Antonio Carbonell (q. e. p. d.), descubridor de los criaderos de uranio de la provincia de Córdoba.

Plan de publicaciones de las Hojas del Mapa Geológico Nacional de escala 1 : 50.000 para el año 1952.

- 1.^a Región.—Número 20, Sisargas; 159, Bembibre; 235, San Cebrián.
- 2.^a Región.—Número 167, Montorio; 345, Roa de Duero; 375, Fuentelcésped.
- 3.^a Región.—Número 286, Huesca; 330, Cardona; 447, Villanueva y Geltrú; 472, Reus.
- 5.^a Región.—Número 602, Navamorcuende; 626, Calera; 660, Corral de Almaguer; 686, Turleque; 687, Villacañas; 713, Alcázar de San Juan.
- 6.^a Región.—Número 933, Alhama de Murcia; 956, San Javier; 977, Cartagena; 978, Llano.
- 7.^a Región.—Número 945, Castro del Río; 1021, Morón; 1033, Palacio de Doñana; 1047, Sanlúcar.

Séptimo Congreso Italiano del metano y del petróleo.

Dada la importancia que tienen los hidrocarburos gaseosos del Valle de Pánada y la esperanza de encontrar algún día hidrocarburos líquidos, ha inducido a los italianos a la celebración de los Congresos internacionales del metano y del petróleo. El séptimo tendrán lugar en Taormina, del 21 al 24 de abril.

El orden del día es el siguiente:

- 1.º Prospección geológica.
- 2.º Prospección geofísica.
- 3.º Investigación y producción.
- 4.º Transporte, depósito y distribución.
- 5.º Refino del aceite mineral.
- 6.º Utilización térmica.
- 7.º Utilización química.

Orden del día del IX Congreso Geológico Internacional.

Orden del día del Congreso de Argel, que se celebrará del 8 al 15 de septiembre próximo:

- 1.º Correlaciones del antecambriano del Africa con el de otras regiones del mundo.
- 2.º El paleozoico del Africa del Norte y sus correlaciones.
- 3.º Mecánica de la formación de las rocas; influencia sobre las concepciones tectónicas.
- 4.º Topografía submarina y sedimentos actuales.
- 5.º Los prehomidos y los hombres fósiles.

- 6.º La génesis de las rocas filonianas.
- 7.º Desiertos actuales y antiguos.
- 8.º La hidrología de las regiones áridas y subáridas.
- 9.º Contribuciones de la Geofísica a la Geología.
10. Génesis de los yacimientos de hierro.
11. Origen de los yacimientos de fosfato de cal.
12. Cuestiones diversas de Geología aplicada.
13. Cuestiones diversas de Geología general.
14. Los campos de petróleo de las regiones mesógenas (Mediterráneo y Oriente Medio).
15. La Paleovulcanología y sus relaciones con la Tectónica.

Segundo Congreso de la Unión Internacional de Medicina Termal y Climatotalasoterapia.

Bajo el alto patronato de los Ministros de Sanidad y Educación Pública de la República Francesa y de su Alteza Real el Príncipe de Mónaco, se celebrará el Segundo Congreso de esta Unión Internacional durante los días 3 a 8 de abril de 1952.

Los temas de estudio son los siguientes:

- a) Contribución al estudio de los climas y microclimas mediterráneos: sus indicaciones.
- b) Organización, equipo y administración de una estación crenoclimatotalasoterápica tipo.
- c) Contribución al estudio científico y clínico de las crisis termales y climáticas.
- d) Contribución al estudio del azufre termal.
- e) Contribución al estudio de la terapéutica creno-climática de las enfermedades de la nutrición y de las convalecencias en general.

Directorio Ibero Americano de Medicina Termal y Climática.

Constituído el Directorio, se han propuesto los siguientes temas de estudio para el curso 1952:

Organismos mundiales consagrados a estudios hidrológicos y climatotalasoterápicos.—Ponentes: Dres. Aguirre de Carcer y Lucas Gallego.

Publicaciones hidrológicas mundiales.—Ponentes: Dres. Aznar Reig y Conde Gargollo.

Métodos de explotación balnearia mundiales.—Dr. Puerta Chávarri y Sres. Alguacil, Collar y Orti.

La Geología y la Ingeniería hidrológicas en el mundo. Su intervención en las explotaciones balnearias.—Ponentes: Ingenieros Acciaiuoli, Templado y López de Azcona y Dr. Hernández Pacheco.

La Química, Físico-química y Meteorología modernas, en sus relaciones con los manantiales y los climas.—Ponentes: Dres. López de Azcona y Portús.

Organización médica mundial balnearia y climática.—Dres. Ayuso, Aparicio y Ernas.

Organización hotelera y turística balnearia mundial.—Ingeniero Orti, Sr. Collar y Dr. Moreno.

Gravámenes sobre balnearios e industria balnearia.—Dr. Puerta Chávarri, Sres. López de Azcona, Alguacil y Collar.

Intervención del Estado en las explotaciones balnearias.—Dres. Ayuso, Santamarina y Aguirre de Carcer; Ingenieros Acciaiuoli y Templado.

La Farmacia en la distribución de las aguas embotelladas.—Dres. Gutiérrez Colomer y Callao Fabregat.

Intercambio hidrológico mundial. Campaña social y propaganda hidrológica.—Dres. Ayuso, Santamarina de Cuba, Romero Velasco y Mozota Sagardía.

Estadísticas balnearias mundiales.—Dres. Ayuso, Aguirre de Carcer, Ingeniero Acciaiuoli y Dr. Santamarina de Cuba.

Centro de energía atómica en Brasil.

El Brasil se está preparando para iniciar la instalación de un centro piloto de producción de energía atómica. El anuncio de esta decisión fue hecho en septiembre pasado por Alberto da Motta, Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones del Brasil y miembro desde 1946 de la Comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas. Esta instalación se ubicará en el estado de Minas Geraes, y como dijo el Almirante Da Motta, les permitirá efectuar experimentos en escala reducida para llegar a un dominio pleno de la energía nuclear. También manifestó que no se ha pensado en la producción de bombas atómicas en el Brasil.

Reactor noruego.

El pasado mes de agosto se iniciaron los ensayos a 100 Kw. del reactor de agua pesada construido en Noruega por la Comisión Conjunta Holandesa-Noruega de Energía Atómica. Se espera que el nivel de energía se aumente a 300 Kw. y que el flujo de neutrones alcance 3×10^{11} /cm² seg. Según las informaciones últimas, el uranio para la construcción del reactor es holandés.

Con este reactor son Inglaterra, Canadá, Francia, Los Estados Unidos y Noruega los países que poseen reactores nucleares. A medida que aumenta el número de ellos en funcionamiento, disminuye, según las

revistas científicas, la necesidad de mantener secreta la información nuclear.

Coste del reactor de Kjeller (Noruega).

Sin tener en cuenta el coste del uranio, tanto en su parte minera como metalúrgica, el coste del nuevo reactor es:

	<i>Dólares</i>
Construcción del reactor y protección	72.000
Depósito y sistema de refrigeración del reactor	50.000
Equipo eléctrico y automático	57.000
Agua pesada	2.000.000
<i>Total</i>	2.179.000

Nuevo reactor en Inglaterra.

Un segundo reactor ha empezado a funcionar recientemente en Sellafield, Inglaterra. Terminado antes de la fecha prefijada, producirá plutonio, al igual que el primer reactor de la misma localidad que empezó a funcionar a primeros del pasado año.

Ciudad del Uranio (Canadá).

La ciudad más reciente del Canadá ha recibido el nombre de «Uranium City»; pertenece a la provincia de Saskatchewan, conocida anteriormente por la del Trigo, y que en lo sucesivo tendrá por divisa «provincia del Uranio»; en ella están emplazadas muchas de las nuevas minas productoras de uranio que están suministrando pezblenda a los Estados Unidos.

VIII Asamblea General de la Unión Geográfica Internacional

Del 8 al 15 de agosto próximo se celebrará en Washington la VIII Asamblea General de la Unión Geográfica Internacional y simultáneamente el XVIII Congreso Internacional de Geografía. En las diversas secciones de esta Asamblea se tratarán cuantos problemas están relacionados con la Geografía y Ciencias afines.

Reactor atómico de bolsillo.

Existen ciertos isótopos que por su período pequeño, como ocurre con el Na²⁴, de 14,7 h., no compensa su fabricación en los centros atómicos grandes como Brookhavan y Oak Ridge, lo que obliga a fabri-

carlos en los sitios de consumo; esto animó a la «North American Corporation» a la construcción de un modelo de reactor atómico denominado de bolsillo, de forma octogonal y 5,8 m. de diámetro, a base de uranio con una energía de 160 Kw. Su costo se calcula en 1.000.000 de dólares, lo que permitiría a las entidades importantes poner generadores de este tipo.

Actividades minerometalúrgicas de la Academia de Ciencias de la U. R. S.

En la última Memoria publicada por este Centro, que es la del año 1950, se destaca la importancia dada al reconocimiento y explotación de los yacimientos de su subsuelo, habiendo publicado durante ese tiempo diecisiete monografías sobre estratigrafía, criaderos minerales y mineralogía.

También continuaron los trabajos sobre la exploración de nuevas formaciones petrolíferas en el sur del Cáucaso y elevación del rendimiento de las actuales, así como los estudios sobre fundición de magnetita y minerales de titanio.

Petróleo alemán.

La producción de petróleo bruto en Alemania en 1951 se elevó a 1.366.247 toneladas, con un aumento del 22 por 100 de la producción de 1950.

Convención Nacional del Petróleo en Venezuela.

El pasado septiembre se reunió en Caracas la «Convención Nacional del Petróleo», con el fin de estudiar la posibilidad de aumentar la producción y captación del petróleo, así como la utilización del gas natural y la explotación de los yacimientos de minerales de hierro, bauxita y manganeso del sur del Orinoco.

La producción diaria de petróleo bruto es de 1.7 millares de barriles, que representa el 14 por 100 de la mundial, ocupando el segundo lugar, mientras que en la exportación ocupa el primero, con 80 millares de metros cúbicos de petróleo y derivados.

Producción de carbón en Norteamérica.

Se prevé que la producción norteamericana de carbón en 1952 alcanzará los 600 millones de toneladas, lo que representará un aumento de 24 millones de toneladas, aproximadamente, sobre la de 1951.

Notas informativas

Hoja núm. 686. Turleque (Toledo)

Esta Hoja, de la cual es autor el Ingeniero de Minas D. Juan A. Kindelán y Duany, comprende las estribaciones orientales de los Montes de Toledo.

Describe el autor las formaciones de cuarcitas de la alineación Sierra de Los Yébenes-Manzaneque y Mora, situándolas en el Ordoviciense, habiendo encontrado algunos fósiles de esta edad, que señala.

Las cuarcitas de estas sierras presentan varios accidentes tectónicos, en forma de dos ondas completas cuyo eje presenta una virgación con concavidad NO, pues en la Sierra de Los Yébenes su dirección es O.NO a E.SE, en la de Manzaneque O.SO-ENE, y en la de Mora SO-NE.

Al Sur de estas sierras señalan pizarras cambrianas oscuras y verdosas en concordancia por el Norte con las cuarcitas; pero hacia el río Algodor se hacen verticales y muestran indicios de grandes presiones, para buzarse hacia el Sur en el ángulo SO. Señala en ellas un pliegue anticlinal cerrado.

Hacia Levante, las pizarras se ocultan bajo sedimentos miocenos, en general arcillo-sabulosos, con algunos restos calcáreos muy arrasados, que forman la mayor parte del valle de Turleque y que clasifica como pontienses, siguiendo su opinión de que deben comprenderse en el Pontense las calizas y las formaciones arcillo-sabulosas subyacentes, que afirma aquí por la proximidad, dentro de la misma formación, a la Puebla de Almoradier, donde Hernández Pacheco (E.) encontró Hipparion Gracile.

Al Sur y SE de la Hoja, reconoce algunos cerros de cuarcitas ordovicienses, correspondientes a las prolongaciones orientales de la Sierra de Guadalerza (fuera de la Hoja), que corresponden a la segunda faja Siluriana de los Montes de Toledo.

Señala por último las «rañas» constituídas por tierras oscuras y rojizas, con profusión de cantos de cuarcita, de gran interés agrícola, y aunque los incluye en el Diluvial, conforme se ha venido haciendo hasta ahora, expresa su opinión, después de realizar un análisis de este extremo, de que no hay razones suficientes para considerarlas diluviales y en realidad son sedimentos aun en formación, por lo que debieron incluirse en el Aluvial.

Tectónicamente considera el plegamiento del paleozoico de edad herciniana; pero opina que una vez levantado y plegado, sufrió un nuevo

empuje que produjo la virgación referida, el cual fué anterior al Triás, ya que sedimentos cercanos de esta edad están muy poco movidos.

Llega así a la conclusión de que el plegamiento principal se debe a primeras fases hercínicas, mientras que la virgación es debida a las fases Saálica y Pfálica de extensión de los movimientos hercínianos.—EL INGENIERO JEFE DE LA 5.ª REGIÓN.

Hoja núm. 1.021. Morón de la Frontera (Sevilla)

El territorio abarcado por esta Hoja se sitúa en el contacto de la depresión del Guadalquivir con la faja de plegamientos subbéticos que la ciñe por el Sur. En el valle del Guadalquivir se incluye solamente la esquina N.W. de la Hoja, ocupada por depósitos miocenos y cuaternarios. Todo el resto pertenece al subbético andaluz, unidad tectónica que en forma de faja de plegamientos mesozoicos y terciarios corre desde Murcia al Campo de Gibraltar constituyendo el borde meridional del valle del Guadalquivir.

El sector comprendido por la Hoja muestra las características ordinarias de muchas comarcas subbéticas: un «substratum» triásico, con afloramientos muy extensos, fuertemente afectado por todos los movimientos posthercínianos, sobre el que se desparraman, sin conexión orográfica aparente, macizos aislados del Lías y el Jurásico superior. El material de las manchas triásicas está integrado por las margas irisadas, con yesos, carniolas y ofitas, del Keuper. En las unidades jurásicas y liásicas, la presencia de fósiles, aunque escasos, permite el deslinde de varios niveles, mereciendo señalarse por su interés un liás medio de carácter alpino con braquiópodos en la Sierra de Esparteros. El cuadro estratigráfico se completa con abundantes y extensos retazos de Flysch transgresivo perteneciente al Eoceno inferior, cuya edad se confirma con el hallazgo de bastantes formas fósiles.

En el capítulo dedicado a la tectónica regional se describe con detalle la estructura de las entidades calizas liásicas y jurásicas diseminadas sobre el paisaje triásico. Casi todas ellas son potentes conjuntos monoclinales, arrumbados en general de E. a O. y con buzamientos muy pronunciados al S. Manifiestan una señalada vergencia al N. que pone de relieve la energía de los empujes orogénicos terciarios procedentes del S.E. Como rasgo distintivo de ellas hay que subrayar la presencia de fallas longitudinales dirigidas de E. a O. (Sierra de Esparteros, Sierra de Peñagua), de edad muy reciente.

Los caracteres estratigráficos y tectónicos mencionados permiten incluir con seguridad la comarca de la Hoja de Morón en la gran unidad estructural que hemos denominado el «subbético». Este se distingue, en efecto, por la presencia de un triás margoso de estructura caótica, por la organización de las unidades jurásicas en macizos aislados a modo

de «klippes», etc., rasgos que caracterizan a la zona de Morón. El subbético fué considerado por varios autores (entre los que merecen mención especial los Sres. Falot y Blumenthal), en los primeros estudios que se hicieron de varios sectores de Andalucía, como una unidad tectónica alóctona. Los datos que suministra el conocimiento del territorio de Morón no aportan, sin embargo, pruebas en favor de esta interpretación, ya que no muestran los acostumbrados caracteres de los fenómenos de corrimiento (sucesiones anormales, cabalgaduras, ventanas tectónicas, etc.). Representan, por tanto, un nuevo argumento en pro de la autoctonía del subbético, hipótesis hacia la que vienen derivando las publicaciones más recientes sobre las cordilleras béticas.

Las diferencias que la presente Hoja muestra respecto al Mapa geológico a escala 1 : 400.000 consisten principalmente en la distribución y número de las manchas triásicas y eocenas.

Otros capítulos de la Memoria tratan de la historia geológica del territorio, de su geografía física y humana, de su hidrología subterránea y de su minería. El primer capítulo viene dedicado a la reseña de la poco abundante bibliografía que versa directamente sobre la comarca de la Hoja.

Las descripciones estratigráficas y tectónicas son aclaradas por esquemas y cortes de detalle que se intercalan en el texto, al que acompaña asimismo una selección de fotografías.—ILDEFONSO PRIETO. EDUARDO ALASTRUÉ.

Hoja núm. 892. Fortuna (Murcia y Alicante)

Este trabajo, debido a los Ingenieros de Minas D. José Meseguer Pardo y D. Rufino Gea, comienza con una reseña de los estudios realizados anteriormente sobre la región, en el cual se detallan las investigaciones llevadas a cabo.

Sigue el resumen geográfico de las comarcas, con la descripción de la orografía, hidrografía, características climáticas, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen sirve de introducción al estudio de la Estratigrafía, que abarca las rocas ígneas y los sistemas Triásico, Jurásico, Cretáceo, Eoceno, Mioceno, Pleistoceno y Holoceno.

Las masas endógenas forman tres asomos principales, situados en el Cabezo Negro, en la cumbre del Agudico y al N. del caserío de Los Vives, y deben clasificarse como diabasas labradóricas. Han metamorfizado los estratos circundantes y las erupciones debieron producirse durante el transcurso del Keuper.

El sistema Triásico determina varios afloramientos que se distribuyen por el centro de la comarca y se compone de areniscas, margas yesíferas y calizas de tono oscuro. Aunque tales asomos no son exten-

sos, puede afirmarse que el Triásico constituye el substrato de toda la región. Las areniscas y margas venían atribuyéndose reiteradamente al Keuper; mas el descubrimiento fosilífero de M. Schmitd, corroborado por M. de Cincúnegui, ha demostrado que corresponden en realidad al nivel más alto del Buntsandstein. Las calizas marmóreas, aunque desprovistas de fósiles, se incluyen en el Muschelkalk por sus caracteres litológicos y posición estratigráfica.

El Jurásico constituye la mayoría de los núcleos montañosos de la mitad Norte de la Hoja y ofrece bastantes tramos que corresponden a los tres pisos del sistema. Se integra de calizas y margas de diversa naturaleza, en general bastante fosilíferas, y cuyos trastornos hacen aparecer a las masas como elementos arrastrados a consecuencia de intensos empujes tangenciales. Las sierras de Barinas y el Cantón, que han venido figurando en los Mapas como triásicas, pertenecen en realidad al Jurásico inferior y medio. En la Sierra del Algayat, el Lías calizo posee una potencia superior a 500 metros.

Determina el Cretáceo pequeñas manchas al Mediodía de las Sierras de La Pila y El Corque, al S. del pueblo de Macisvenda y al pie de la vertiente meridional del Algayat. Consta de calizas y margas de distinta índole, correspondientes a bastantes de los pisos del sistema, y el rasgo más notable de éste es la extensión de la facies margo-caliza y, sobre todo, roja.

El Eoceno aparece en la Sierra de La Pila, en torno de la de Quivas y al Mediodía de la de Barinas. Se halla representado por el piso medio en el cual pueden distinguirse tres horizontes principales: inferior, de margas azuladas que alternan con calizas; medio, de calizas sabulosas, y superior, de calizas compactas, semicristalinas. Puede faltar a veces alguno de ellos; pero son muy constantes las calizas sabulosas del nivel medio, cuyo carácter distintivo es la homogeneidad de composición.

El Mioceno, de facies marina, ocupa algunos espacios comprendidos entre los relieves mesozoicos y se desarrolla con amplitud al Mediodía y Oeste de la Sierra del Corque, en las de Abanilla y Las Ventanas, y al S. de la de Crevillente. Los estratos se extienden en transgresión sobre las formaciones más antiguas y consta de depósitos detríticos de base, a los que siguen, en orden ascendente, margas, molasas, calizas y areniscas. Pertenecen a dos pisos: Burdigalense y Vindobonense, el primero de los cuales incluye algunos conglomerados y areniscas de aspecto particular, mientras el último ofrece tres horizontes: inferior, constituido por un gran bando compacto, fosilífero, verdadero falun; medio, de molasas, y superior, de margas blancas, grises o azuladas, que suele tener poco espesor y hasta puede faltar en absoluto.

Ocupa el Pleistoceno las zonas llanas enmarcadas por los accidentes orográficos y se desarrolla con preferencia al S. de la Sierra de Crevillente. Esta formación, de facies continental, esencialmente detrítica, comprende tierras más o menos arcillosas, cantos rodados, aglomerados

poco coherentes y calizas tobáceas o concrecionadas. Dichos materiales proceden de la derrubiaci3n de los terrenos más antiguos, cuyos detritus han sido arrastrados a nivel inferior para depositarse en las hondonadas. En la superficie se encuentran tierras de labor que, por su excelente calidad, se destinan a cultivos provechosos.

El Holoceno comprende algunos depósitos que se localizan en el valle comprendido entre las Sierras de La Pila y El Corque; forma un isle0 de cierta extensión en derredor del pueblo de Fortuna, y se desarrolla al Mediodía de Albaterra, en la esquina SE. de la Hoja. También deben referirse a esta formaci3n los aluviones que deposita el río Chicamo en sus frecuentes avenidas.

El complejo de terrenos de la comarca se ve afectado por violentas acciones diastróficas, correspondientes a distintas épocas, que señalan la complicada tectónica de tipo alpino que caracteriza a toda la cordillera Penibética. Los núcleos orográficos, alineados de un modo general en la direcci3n del eje de los plegamientos, ofrecen anticlinales de flancos disimétricos, pliegues de diversos tipos, fallas, dislocaciones e incluso estructuras en las que es patente la intervenci3n de fenómenos cuya explicaci3n debe buscarse, mejor que en las oscilaciones del suelo, en desplazamientos o arrastres horizontales originados por el predominio de las presiones tangenciales.

A pesar del cúmulo de estudios realizados, no cabe decidir una síntesis definitiva de la estructura que determinan algunos de los elementos tectónicos, la cual no se interpreta de la misma manera por los distintos geólogos. En cualquier circunstancia, ha de reconocerse que los macizos mesozoicos no parecen autóctonos, sino que han debido de sufrir ciertas traslaciones en sentido horizontal. Las dolomías de La Pila, los retazos de Hoya Hermosa y las Sierras de Quivas y La Espada, se muestran como un conjunto sujeto a determinado arrastre, en virtud del cual las hojas desplazadas vienen a descansar sobre una serie de Malm, Neocomiense, Cretáceo superior y, finalmente, Luteciense. Una intumescencia de esta serie la forman las Sierras del Lugar y El Corque, que pertenecen al substrato del retazo de La Pila. Del mismo modo, los macizos jurásicos de Barinas, el Cantón y Los Frailes, integran una unidad superpuesta al Eoceno y al Cretáceo en iguales condiciones tectónicas que La Pila y Quivas. También la Sierra del Algayat, los cerros de Hondón de las Nieves y la Sierra de Crevillente, representan otra unidad tectónica que parece cabalgar sobre una serie de Cretáceo nerítico, Eoceno y Burdigalense.

Desde el punto de vista sísmico, la zona posee un elevado coeficiente de inestabilidad, y las dislocaciones producidas han ocasionado una serie de bloques tectónicos bien definidos. La línea sismotectónica más notable la constituye la prolongaci3n al SO. de la profunda arista de hundimiento Cabo de la Nao-Crevillente, que pasa por Abanilla y va a coincidir con la línea sísmica Campos Ceutí-Lorquí o del río de Mula,

situada más allá del límite occidental de la Hoja. Tal prolongación no reviste en nuestro territorio el carácter de arista de hundimiento y separación de macizos secundarios y terciarios, que posee más al E., pero es posible que las dos líneas constituyan un solo accidente en los macizos hercínianos subyacentes.

Otra línea tectónica de significación es la falla Abanilla-Torre vieja, bien aparente en Redován, al S. de la Hoja, que pudo iniciar la desconexión de las Sierras de Orihuela y Callosa de Segura, en virtud del hundimiento del bloque de la Cruz de la Muela en la primera de dichas sierras. Esta falla establece la separación de dos bloques: uno, oriental, limitado al N. por la línea Abanilla-Crevillente, y otro, occidental, determinado por la importante tectoclasa Cieza-Murcia y la fundamental del Guadalentín o Sangonera. Los datos de fecha moderna han permitido localizar en el bloque oriental un epicentro aislado, correspondiente a la línea Abanilla-Torre vieja, que se sitúa a unos tres kilómetros al S. del primero de dichos pueblos; núcleo sísmico de grado máximo V y pequeña frecuencia en comparación con la de la zona, próxima, del Segura inferior y Torre vieja.

El territorio que comprende la Hoja ha debido estar poblado desde tiempos muy remotos, y así lo ponen de manifiesto diferentes e interesantes hallazgos prehistóricos.

Los elementos estratigráficos de la comarca poseen condiciones distintas desde el punto de vista hidrológico. El Jurásico no tiene demasiada riqueza de aguas subterráneas, mientras que las areniscas y calizas del Eoceno contribuyen a la formación de los manantiales más caudalosos. Los más importantes de estos son: la Fuente de la Zarza, próxima al caserío de igual nombre, y la del Algarrobo, al N. de la aldea de Barinas. En el Mioceno no se originan grandes manantiales ni de buena calidad. Uno de los más abundantes es el del Cantalar, situado al NO. de Fortuna. Asimismo, a medio kilómetro al SE. de La Garapacha, la galería de los Heredados rinde cinco litros de agua por segundo. A un kilómetro al SE. de Macisvenda brota la fuente de Chicamo, que produce 60 litros por segundo.

Debe destacarse por su importancia el manantial minero-medicinal del Balneario de Fortuna, sito a tres kilómetros al N. del pueblo, que goza de antigua y merecida fama. Según los últimos aforos, el caudal asciende a 14 litros por segundo y todavía podría aumentarse ampliando la captación.

El territorio de la Hoja carece de interés minero por hallarse desprovisto de riqueza metalífera, al menos en explotación actual. En el valle comprendido entre la sierra de Abanilla y la del Corque aparecen indicios de azufre, y aunque las mineralizaciones observadas no constituyen un criadero definido, señalan la posibilidad de existencia de yacimientos aprovechables. Respecto a materiales pétreos, se explotan en canteras algunas calizas, areniscas y arcillas, para su empleo en cons-

trucción. Otra sustancia utilizada son los yesos del Triásico, que tienen bastante pureza y sirven para cubrir las necesidades locales.

La explicación termina con un capítulo dedicado a Agronomía, en el que se da cuenta sumaria de la materia y se indican los principales cultivos.—J. M. P.

Hoja núm. 891. Cieza (Murcia)

Este trabajo, debido al Ingeniero de Minas D. José Meseguer Pardo, comienza con un compendio de los estudios anteriores, en el que se señalan las investigaciones ya realizadas sobre la geología de la región.

Sigue el resumen geográfico del territorio, en el que figuran la orografía, clima, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen sirve de introducción al estudio de la Estratigrafía, que comprende las rosas ígneas y los sistemas Triásico, Jurásico, Cretáceo, Numulítico, Mioceno marino y continental, Pleistoceno y Holoceno.

Las rocas endógenas asoman al mediodía de Cieza y de la sierra del Lloro, diseminadas en los paquetes de Triás yesífero que acompañan a los contactos anormales. Corresponden al grupo de las diabasas.

El sistema más antiguo es el Triásico, que forma diferentes asomos, y a pesar de la limitada extensión de éstos, constituye el substrato regional. Las capas son de facies continental, aunque acaso haya sido esta un área de comunicación entre tal dominio y el marino, de suerte que vendría a constituir un elemento intermedio. Corresponden a areniscas, margas yesíferas y calizas negras, compactas. Las areniscas y margas venían atribuyéndose reiteradamente al Keuper, mas el descubrimiento fosilífero de M. Schmidt en la provincia de Alicante, corroborado por M. de Cincúnegui, ha demostrado que pertenecen en realidad al nivel más alto del Buntsandstein. Las calizas, aunque desprovistas de fósiles, se incluyen en el Muschelkalk, por sus caracteres y posición estratigráfica.

El Jurásico se halla representado por sus tres grandes pisos, en el inferior de los cuales se incluyen unas dolomías de pátina oscura, que aparecen en la base de la serie. Al Dogger y al Malm corresponden otros bancos calizos oolíticos y de color blanco, o bien margosos y preferentemente grisáceos. El cerro de la Atalaya de Cieza es un anticlinal de dolomías oscuras, cuya rama S. forma la eminencia donde se asienta el antiguo Castillo. La sierra del Lloro, que ha venido figurando en los Mapas como numulítica, constituye un complejo de dolomías del Lías y formaciones de los otros pisos jurásicos, con diversas anomalías y descansando sobre el Triás en contacto mecánico.

El Cretáceo comprende tres pisos: inferior, de areniscas deleznales; medio, de margas, y superior, formado por grandes bancos de caliza compacta. Se presenta en diferentes puntos, y al mediodía de Cieza,

en vez de apoyarse sobre el Jurásico, se halla en contacto directo con el Triás y forma además lentejones pellizcados en las margas yesíferas de éste.

El Eoceno alcanza gran amplitud en todo el cuadrante norderoriental de la Hoja y se halla representado por el piso medio o Luteciense, integrado, en la parte superior, por calizas claras y compactas que forman grandes bancos, e inferiormente, por niveles de margas, maciños y calizas de grano grueso, que alternan con hiladas margosas.

El Mioceno se desarrolla desde el Cretáceo de la Cabeza del Asno y la sierra Larga, hasta el río Segura; constituye parte del terreno llano al SE. de la sierra de Ascoy; continúa por el gran valle que separa las sierras de Venis y La Pila; se extiende por los términos de Abarán y Blanca, e integra finalmente las lomas de Las Ventanas y las sierras de La Naveta y de la Espada. Si se consideran las series separadas por discordancias pueden distinguirse en el sistema las siguientes divisiones: 1. Margas azuladas y areniscas pardas, que representan, probablemente, el Burdigalense. 2. Moladas y estratos muy plegados, correspondientes al Vindebonense. 3. Conglomerados y margas de gran espesor, que se atribuyen al Tortoniense. 4. Margas blancas con nódulos de azufre, pertenecientes al Pontiense.

El Pleistoceno ocupa los valles que separan las sierras terciarias y se reduce casi a los derrubios de las rocas de aquéllas, que determinan depósitos con alternancias de mantos arcilloso-arenosos y gravas, que en algunos sitios se han convertido en verdaderos conglomerados.

El Holoceno comprende los depósitos modernos de cantos, arenas y limos, debidos a los aportes de los barrancos y cursos acuíferos, los cuales muestran su mayor potencia en el lecho del Segura. Los aluviones se han acumulado en ambos márgenes del río, determinando zonas de extraordinaria fertilidad, en las que las tierras se entremezclan con los légameos que aquél acarrea en sus frecuentes avenidas.

El complejo de terrenos de la comarca se ve afectado por violentas acciones diastóricas, correspondientes a distintas épocas, que señalan la complicada tectónica de tipo alpino, que caracteriza a toda la cordillera Penibética. Se observan anticlinales de flancos disimétricos, pliegues de diversos tipos, fallas, dislocaciones e incluso estructuras en las que son patentes los desplazamientos horizontales o corrimientos, debidos al predominio de las presiones tangenciales. Entre Cieza y Calasparra no se advierten pruebas de los últimos, pero en la cima de La Pila las dolomías del Liásico inferior descansan sobre el Eoceno de la base, en contacto anormal, con interposición de las margas del Triás. En la cumbre de la Atalaya se observa también el corrimiento horizontal de las margas triásicas sobre el Mioceno. El macizo del Lloro es un complejo de elementos jurásicos y cretáceos, apoyado sobre el Buntsandstein en contacto anormal, y las disposiciones locales son el resultado de grandes dislocaciones. Probablemente la serie secunda-

ria fué despegada y se deslizó sobre el Triásico, dislocándose, independientemente, durante el movimiento. En la vertiente S. aparecen anomalías tectónicas de muy difícil interpretación, pues la serie invertida no enlaza con la normal de la sierra.

Desde el punto de vista sísmico, el territorio posee un elevado coeficiente de inestabilidad y las dislocaciones producidas han ocasionado una serie de bloques tectónicos bien definidos. La línea sismotectónica más notable la constituye la fractura Cieza-Alcantarilla o del Segura medio, que ocupa el curso de este río entre los referidos pueblos. Esta dislocación, de significado interés geológico, establece la separación de dos bloques: uno, oriental o de Yecla, limitado al E. por la línea Villena-Elche y al Mediodía por las fallas del Guadalentín, Abanilla-Torre Vieja y la arista de hundimiento Crevillente-Cabo de la Nao, y otro, occidental o de la sierra de Espuña, comprendido entre la falla del Guadalentín, por el S., y la fractura Caravaca-Cieza, por el N. La inestabilidad del bloque de Yecla se revela por la paraclasa del Segura medio y por otras varias, más pequeñas, transversales a ella. Las líneas tectónicas Caravaca-Cieza y Cieza-Alcantarilla ofrecen focos sísmicos de cierta actividad. El más significado en la Hoja es el de Cieza, de pequeña frecuencia y grado máximo IV. Muy próximo al límite meridional se halla el de Ojós, de mediana frecuencia y grado VII.

Los elementos estratigráficos de la comarca ofrecen, desde el punto de vista hidrológico, condiciones algo diferentes. El Triásico es muy pobre de aguas y además los manantiales son bastante escasos. Los estratos jurásicos tampoco dan origen a surgencias de consideración, pues aunque las calizas absorben buena parte de las aguas caídas, sólo se producen manantiales en los contactos con las margas triásicas. El Cretáceo de las sierras Larga y Cabeza del Asno carece de surgencias. Las calizas y areniscas del Eoceno son las que motivan los manantiales más caudalosos. Los más importantes son: la fuente del Ojo, al pie de la sierra de Ascoy, que rinde 20 litros de agua por segundo; la de Los Pradicos, el alumbramiento de la Prinenfantilla, con caudal de unos 30, que sirve para abastecer a Cieza, y la de la Colonia de Ascoy, que produce 12 litros por segundo. El Mioceno ofrece algunos niveles acuíferos en los maciños y calizas situados bajo las margas impermeables del tramo superior. La fuente de Morcillo, a dos kilómetros a Levante de Cieza, rinde dos litros por segundo. El Pleistoceno posee niveles acuíferos en el contacto de las gravas con las arcillas coetáneas o con las margas miocenas. La fuente del Peral produce dos litros de agua por segundo y los manantiales de la ladera N. de la sierra de Ascoy suman más de 10 litros en igual período de tiempo.

El territorio de la Hoja no ha ofrecido gran interés minero, pues no contiene yacimientos importantes, al menos en explotación actual. En el valle del Boquerón, a un kilómetro al N. de la sierra de La Pila, radica un grupo de minas de azufre que se encuentran inactivas. En

otra época se extrajo buen tonelaje de mineral, que llegó a alcanzar 60, por 100 de azufre y se beneficiaba por fusión directa de seis hornos sistema Claret. Por diversas circunstancias quedó suspendido el laboreo, pero de las labores de reconocimiento y explotación de las capas parece deducirse la existencia de cantidades apreciables de mineral. También en la falda N. de la sierra del Lloro se realizaron, hace tiempo, labores mineras en busca de minas de hierro y se obtuvieron pequeñas cantidades para la venta. Respecto a materiales pétreos, se explotan en el país, en bastantes canteras, algunas rocas que se emplean en construcción. Otra sustancia utilizada son los yesos blancos del Triásico, que tienen bastante pureza y sirven para cubrir las necesidades locales.

La explicación termina con un capítulo dedicado a Agronomía, en la que se da cuenta sumaria de la materia y se indican los principales cultivos.—J. M. P.

Hoja núm. 893. Elche (Alicante)

Se debe este trabajo al Ingeniero de Minas D. José Meseguer Pardo y comienza con una reseña de los estudios anteriores sobre la región, en la que se señalan las investigaciones llevadas a cabo.

Sigue un documentado resumen geográfico de la comarca, en el que se describen la orografía, hidrografía, características climáticas, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen sirve de introducción al estudio de la Estratigrafía, que abarca los sistemas Triásico, Jurásico, Cretáceo, Eoceno, Mioceno, Pleistoceno y Holoceno.

Forma el primero de dichos sistemas, diversos asomos que interrumpen el Mioceno de la sierra de Crevillente y de los cerros situados en el borde septentrional del territorio, y se compone de areniscas, margas irisadas yesíferas y calizas marmóreas de color oscuro. Aunque los afloramientos no son extensos, cabe afirmar que el Triásico constituye el substrato de toda la región, de suerte que puede esperarse siempre su hallazgo a mayor o menor profundidad. Las areniscas y margas venían atribuyéndose reiteradamente al Keuper, pero el descubrimiento fosilífero de M. Schmidt, corroborado por M. de Cincúnegui, ha demostrado que corresponden en realidad al horizonte más alto del Buntsandstein. Las calizas marmóreas, muy potentes, carecen de restos orgánicos clasificables, mas la semejanza con otras, no lejanas, bien determinadas, hace incluirlas en el Muschelkaik.

El Jurásico inferior y medio tienen gran desarrollo en el extremo oriental de la sierra de Crevillente, lo mismo que en las de la Ofra, Michavila y Orts, que constituyen con la primera una unidad tectónica de tipo alpino. El Malm, en cambio, sólo determina una estrecha banda que bordea el NE. de la sierra de Crevillente por la ladera sudoriental. Se compone el sistema de calizas y margas de diversa naturaleza, en

general bastante fosilíferas, cuyos trastornos hacen aparecer a las masas como fragmentos desgajados de los macizos coetáneos situados al O. en la inmediata provincia de Murcia.

Los estratos cretáceos, constituidos por calizas más o menos margosas, fuertemente plegadas, forman una estrecha faja en el extremo de la sierra de Crevillente y aparecen asimismo al N. de Sierra Gorda, en una mancha que se prolonga por la Hoja, límite, de Elda.

Se compone el Eoceno de areniscas grises amarillentas, en las que se intercalan delgados lechos de arcilla, y aparece en tres pequeñas colinas de la partida de Uchel, en la hondonada del mismo nombre, y en el paraje, cercano, de Las Amoladeras, todos ellos al NO. de la comarca.

El Mioceno de facies marina, más desarrollado que los anteriores sistemas, limita al Mediodía el Secundario de la sierra de Crevillente, constituye la cadena de accidentes que se alzan por la zona septentrional del territorio y forma, por último, las alturas de la llamada Sierra de Santa Pola. Tiene carácter transgresivo y comienza con una base de conglomerados y 100 metros de molasas, a los que sigue un espesor semejante de margas con intercalaciones de arenisca. Las capas están bastante levantadas (30 a 45°) al S. de la sierra de Crevillente y en la del Tabeyán, pero en general aparecen poco inclinadas, con suave buzamiento hacia el Mediterráneo. La discordancia que ofrecen con el Mesozoico atestiguan la existencia, por lo menos, de dos fases en los movimientos orogénicos. En el límite oriental de la Hoja, la asociación del *Pecten aduncus*, Eich., propio del Mioceno, con el *Flabellipecten alessii*, Phil., exclusivamente plioceno, que también existe en el Saheliense de Orán, hace atribuir a este piso las capas superiores de la formación, en lugar del Plioceno, como se ha venido indicando en muchos estudios anteriores. Sin embargo, es de señalar que en algunas lomas se encuentran múltiples *Pecten* y *Ostrea* que parecen de edad pliocena. También se atribuyen al Saheliense las capas situadas al N. de la meseta de Santa Pola, que encierran especies pliocenas, pero que aparecen asimismo en el referido piso.

El Pleistoceno, superpuesto al Mioceno, determina diferentes manchas en las hondonadas del NO. y NE. de la comarca, pero principalmente se extiende por la llanura del campo de Elche, hasta quedar limitado al Mediodía por las zonas bajas y pantanosas, inmediatas al mar, que son más recientes. En general corresponde a la facies continental y muestra alternancia de mantos pedregosos y tierras arenáceas o arcillosas, sobre las que se extienden superiormente, en multiplicados lugares, travertinos claros o rojizos, más o menos compactos. Este Pleistoceno de la llanura es el resultado del relleno por el Vinalopó, de una gran albufera o serie de lagunas formadas en otra época y cuyos restos son las que aún subsisten. Por la superficie del litoral debió de

extenderse en otro tiempo un Cuartario marino que ha desaparecido por la acción de las olas en el período actual.

Los depósitos holocenos se localizan al NO. del territorio, como también en la zona de huerta de San Felipe Neri y en los saladares inmediatos al Mediterráneo.

El complejo de terrenos de la comarca se ve afectado por violentas acciones diastróficas, correspondientes a distintas épocas, que señalan la complicada tectónica de tipo alpino, que caracteriza a toda la cordillera Penibética. Los accidentes orográficos, alineados, de un modo general, en la dirección del eje de los plegamientos, ofrecen anticlinales de flancos disimétricos, pliegues de diversos tipos, fallas, dislocaciones e incluso estructuras en que es patente la intervención de fenómenos cuya explicación debe buscarse, mejor que en las oscilaciones del suelo, en desplazamientos o arrastres horizontales, originados por el predominio de las presiones tanguenciales.

No es fácil decidir una síntesis definitiva de la compleja estructura de la sierra de Crevillente, que no se interpreta de la misma manera por los diferentes geólogos que han abordado su estudio, pero en cualquier circunstancia debe reconocerse que los macizos mesozoicos no parecen autóctonos y que han debido producirse corrimientos sobre el Triás, según parecen indicar las alineaciones del Jurásico. Este último ha sido arrastrado, lo mismo que el Cretáceo, aunque sin llegar a cabalgar sobre el Mioceno.

El sector meridional del país es una zona tectónicamente hundida, como lo demuestra la sumersión del Mioceno de Santa Pola y el buzamiento del mismo en Crevillente y en las sierras del borde septentrional de la Hoja.

Desde el punto de vista sísmico, la comarca posee un elevado coeficiente de inestabilidad, y las dislocaciones producidas han ocasionado una serie de bloques tectónicos, bien definidos. La línea sistemotectónica más notable es la profunda arista de hundimiento Crevillente-Cabo de la Nao, que separa el bloque erguido de la sierra, del hundido de Elche, este último limitado al O. por la falla Orihuela-Guardamar, debida a fenómenos de descompresión post-alpínicos. El territorio de Elche posee dos núcleos activos, de poca frecuencia y grado máximo VI: uno en Crevillente y otro próximo a Santa Pola. La mayoría de las sacudidas en la última proceden de sismos en los núcleos de Elche o de Rojas, pero se han advertido otras en conexión, tal vez, con algún foco submarino.

La constitución geológica de la sierra de Crevillente motiva en ella algunos niveles acuíferos que se aprovechan con labores de alumbramiento. Existen tres galerías principales: la primera, llamada de la «Fuente Antigua», produce 25 litros de agua por segundo, que sirven para el abastecimiento del pueblo; la segunda, que lleva el nombre de «San José y María», rinde 27 litros por segundo, destinados al riego,

y en la tercera, denominada «La Verónica», se logran 15 litros por segundo, que se emplean también para riegos. Al S.-SO. de Crevillente se ha realizado en el Pleistoceno el alumbramiento de «La Albaterana», consistente en un pozo de 18 metros de profundidad, en el que se elevan 20 litros de agua por segundo, con destino asimismo al riego.

En la arista miocena del N. del territorio brotan algunos manantiales en los contactos de los conglomerados y molasas con las margas impermeables.

El Pleistoceno del campo de Elche posee un nivel freático poco profundo, debido a las aguas pluviales que absorbe la formación detrítica y quedan retenidas por el manto de arcilla infrayacente. Estas aguas, en general poco aptas para usos domésticos por encontrarse cerca del mar y a nivel próximo al de éste, se alumbran por pozos de tres a diez metros de profundidad, y aunque el caudal de cada uno no es demasiado grande, en conjunto componen un volumen que alivia las necesidades para los riegos.

No existe minería en el territorio y sólo son objeto de aprovechamiento algunas rocas que se emplean como materiales de construcción. Diversas calizas y areniscas constituyen buenos materiales para dicho fin, y se utilizan también algunas arcillas para la fabricación de tejas, ladrillos y otros elementos de uso local. Igualmente se explotan los yesos del Triásico, que poseen gran pureza y sirven para cubrir las necesidades de la comarca. Finalmente, en la zona de Santa Pola existen diferentes salinas con una producción de cloruro sódico más o menos considerable.

La explicación termina con un capítulo dedicado a Agronomía, en el que se da cuenta sumaria de esta materia y se indican los principales cultivos.—J. M. P.

Hoja núm. 778. Don Benito (Badajoz).

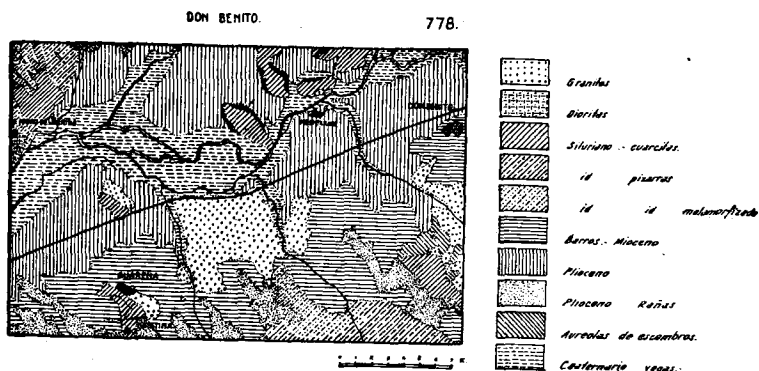
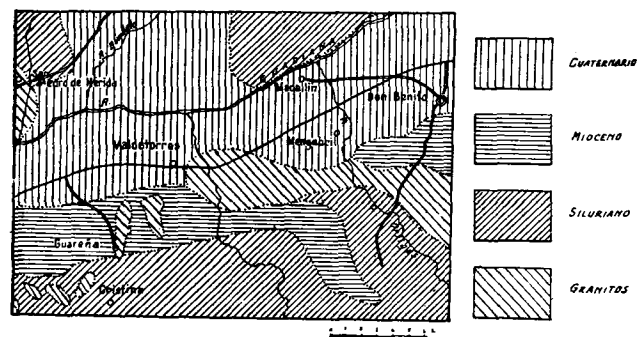
Los campos representados en esta Hoja, son de topografía sencilla. Constituidos por la gran llanura, atravesada por los brazos y caños del Guadiana, entre las zonas de Don Benito y las de San Pedro de Mérida y Villagonzalo.

En síntesis, se trata de un substrato granítico y paleozoico (Siluriano inferior Ordoviciense), cubierto por un complejo Terciario, del que emergen algunas aplastadas lomas y redondeados cerros que dan así origen, en general, a relieves insulares en medio de la llanura y cuyos desniveles aparecen más destacados, por el dominio grande de ésta.

El complejo terciario, todo él horizontal, es bastante variado, representando en sus zonas más inferiores al Mioceno continental, mediante conjuntos arcillosos o barros, como sucede al S. de Don Benito, entre los ríos Guadamez y Ortigas y en los campos de Guareña, y al Plioceno

en las zonas de menor altitud, pero superiores estratigráficamente, que aunque arcillosas, son siempre ricas en materiales arenosos, como acontece en la llanura ya dependiente del valle del Guadiana, que muy ancha, abarca un gran espacio, ocupado por graveras y arenales cuaternarios.

En las zonas meridionales y en relación con los relieves cuarcíticos que se extienden hacia el S., cubren el territorio masas cascajosas de ra-



Esquema de la Hoja geológica de Don Benito, comparada con el mapa geológico a escala 1:400.000.

ñas o terrenos rañizos, que dan origen a alargadas mesas bien destacadas al E. y SE. de Guareña.

A veces, en el conjunto terciario, destacan los terrenos de caleño que vienen a ser zona de tránsito entre los niveles miocenos y los del plioceno.

Grandes manchones de granitos, como ocurre entre Don Benito y la Sierra de Ortiga, entre el río Guadamez y el arroyo del Chaparral, o en manchas muy pequeñas, como la de Guareña, generalmente muy arrasadas y rodeadas de microgranitos y aplitas, forman conjuntamente con

el terciario, la superficie general de los campos. Destacando sobre ellos quedan los aislados relieves paleozoicos que no son sino restos muy desmantelados del conjunto paleozoico, que, como se ha indicado, quedan soterrados por el terciario o sobrepuesto al batolito granítico; manchones paleozoicos que se presentan muy típicos, en la zona de Medellín y al N. del Guadiana, en la Sierra de Yelves, descollando de todos la Sierra de Ortiga, con su abultada y embotada mole, al S. de Don Benito.

La influencia del batolito metamorfozando al Paleozoico, es grande, dando origen a veces las zonas metamorfozadas a verdaderos conjuntos de aspecto Estrato-Cristalino. Tal es lo que ocurre hacia la loma del Manantial, en la parte central del borde S. de la Hoja, o con la banda intercalada entre los pizarrales silurianos y las dioritas, de los campos de San Pedro de Mérida.

Teniendo en cuenta lo indicado, se aprecia que hoy corre el Guadiana algo al N. y fuera de la verdadera depresión terciaria que no ha de ser profunda en estas zonas, por cuanto los materiales graníticos y paleozoicos son alcanzados en algunos pozos practicados en el terciario, cerca ya del Guadiana y no a gran profundidad.

En el mapa geológico a escala 1:400.000, cuyos datos son los mismos que los del actual, a escala 1:1.000.000, se representa la formación cuaternaria con gran extensión y a uno y otro lado del valle del Guadiana, cuando en realidad el cuaternario sólo forma los terrenos inundados por el río. El resto del país lo forma el caleño o los arenales del Plioceno que cubre al Mioceno, que en gran parte está incluido en esta gran mancha cuaternaria de los antiguos mapas.

El Mioceno ofrece distribución muy diferente, así como contornos muy distintos, pero todas las manchas, como se indicaba, están situadas al S. del Guadiana.

El Siluriano, en los mapas antiguos, abarca mucha mayor extensión, quedando reducido ahora a manchones aislados, que no pueden relacionarse con la distribución antes indicada.

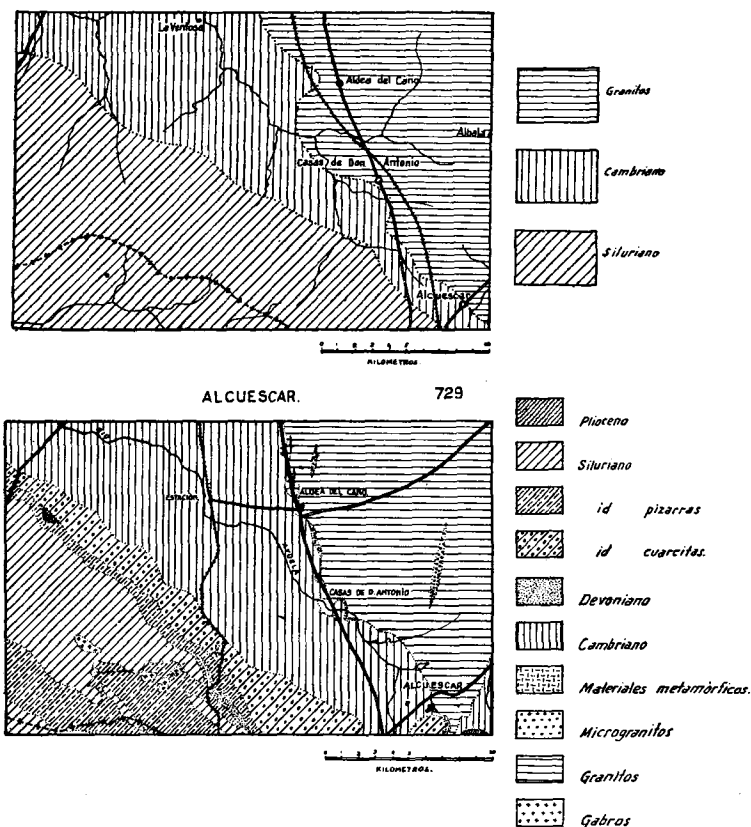
Morfológicamente, toda esta zona es una superficie muy arrasada, casi soterrada al finalizar el Plioceno, por los materiales terciarios.

Durante el Plioceno superior y Cuaternario antiguo, el país por ciclos de erosión se rejuvenece y surgen poco a poco determinados relieves paleozoicos, quedando en gran parte la llanada ocupada por una amplia y somera depresión lacustre que se rellena y colma a lo largo del Cuaternario, desapareciendo la depresión lacustre al rebajarse el umbral que la determinaba, situado en el estrecho comprendido entre Don Alvaro y Villagonzalo, umbral constituido por el batolito de dioritas.

Es, pues, muy diferente la distribución que ahora ofrecemos en este mapa de los terrenos, deducida del estudio efectuado, no teniendo con los antiguos mapas sino muy remota relación.—ROSO DE LUNA y HERNÁNDEZ-PACHECO.

Hoja núm. 729. Alcuéscar (Cáceres y Badajoz)

El carácter fundamental de la Hoja de Alcuéscar es en ponerse en contacto dos países de características muy diferentes: uno constituido por el paleozoico inferior, cambriano-siluriano-devoniano, en perfecta concordancia e intensamente plegados por la orogenia variscica, deter-



Esquema de la Hoja geológica de Alcuéscar, comparado con el mapa geológico a escala 1:400.000.

minando ello corridas de pliegues muy seguidos que se orientan de NW. a SE., dando origen tales alineaciones a la zona terminal de la Sierra de San Pedro, de relieve típicamente hespérico; el otro está representado por un rígido batolito granítico que da origen un poco más al E., a la Sierra de Montánchez, cuyo acentuado relieve está determinado por frac-

turas orientadas de NE. a SW., que aíslan a diferentes compartimientos que han jugado en la vertical y que rehundiéndose en general de NW. a SE., han dado origen a relieves del tipo de las hispánidas, sumamente característicos.

Además, puede indicarse que es precisamente en el dominio de esta Hoja donde orográficamente la Sierra de San Pedro termina, al chocar con el batolito granítico de Montánchez, iniciándose ya otro tipo de relieves, en parte soterrados por las formaciones de canturral de tipo de raña que caracterizan aquí al plioceno.

Al NE. de las serratas que constituyen la Sierra de San Pedro se extiende una gran llanura pizarrosa sumamente uniforme y plana, que no es sino el resultado de un arrasamiento que ha convertido el país en típica y extensa penillanura. Más hacia el NE., un pequeño resalte va marcando el dominio del batolito granítico que se eleva sobre el llano de la penillana unos 35-40 metros.

En estas zonas la monotonía es grande, dominando en la penillanura los pizarrales en régimen isoclinal y en el macizo granítico los berrocales sumamente típicos, sólo alterados en su monotonía por la presencia a veces de corridas y bandas de microgranito que se destacan en el terreno por la rugosidad de sus formas.

En las zonas del SW., allí donde dominan el conjunto del paleozoico inferior plegado en paquetes de pliegues armónicos, con ligera vergencia hacia el NNE., recorren el país, marcando la dirección de los pizarrales diferentes y paralelas alineaciones de cuarcitas, roca que es la que corona a las serratas, que va marcando con sus agudas aristas las culminaciones que ofrecen en general clara y mantenida isoaltitud, que muy rara vez sobrepasa los 700 m. (710 m., vértice Canaleja, punto culminante de la Hoja). Esta zona, por el SW. continúa sin perder su carácter en la Hoja contigua de Mirandilla, pero por el NE., el dominio de las alineaciones de tipo hespérico, termina bruscamente, dando origen a la alineación externa que es la principal y que representa el flanco meridional de un gran anticlinorio, que ha sido desmantelado totalmente por la erosión, anticlinorio que cubría el dominio de las pizarras cambrianas replegadas en apretado régimen isoclinal, y convertidas por arrasamiento en penillanura.

Entre las alineaciones de cuarcitas corren anchas vallonadas labradas en el dominio de las pizarras de *Calymene*, pero la erosión sólo ha dado origen a un relieve de no acentuados desniveles, aunque sí de topografía compleja, y a veces fragosa, que es la que da el carácter de estas zonas de la Sierra de San Pedro, aún con restos del extenso matorral de jaras.

En las sinclinales del Siluriano, mejor conservadas y descansando muy frecuentemente sobre los niveles de cuarcitas o sobre potentes masas del conglomerado de base del Ordovicense, quedan manchones de Devoniano, que están representados por un complejo litológico de gran variedad, dominando no obstante las pizarras arcillosas de colores amari-

lento rojizo, muy deleznable, que alternan hacia la base con bancadas de grawakas, y hacia las zonas altas con grandes masas de calizas de tipo arrecifal. Con frecuencia estas zonas encierran en tales calizas restos de fósiles de corales, braquiópodos y crinoides. conjunto que representa al Gediniense o Devoniano inferior.

No se aprecia como se ha indicado discordancia tectónica, pero sí existe, y muy potente, la discordancia erosiva, con ausencia de depósito, pues fácilmente se ve que en esta serie, desde el Postdamiense al Gediniense, falta todo el Ordoviciense superior. La plasticidad, por otra parte, hace que en ocasiones la discordancia tectónica parezca existir, cuando tal fenómeno no es debido sino al diferente grado de plasticidad de los materiales, muy rígido el conjunto cuarcitoso y de conglomerados ordovícicos y muy plástico el conjunto devoniano y en especial el formado por grawaka y pizarras. Hacia el sur de la Sierra de San Pedro, se inicia el manto de canturrales de la raña de edad pliocena, que cubre pronto con su masa al paleozoico cambriano-siluriano.

La masa granítica es homogénea, dominando los granitos de grano gordo, de tipo porfiróide, de una o dos micas, siendo la más frecuente la negra. En esta masa, y hacia la periferia, se descubren rocas microgranudas. En otras zonas los materiales paleozoicos metamorfizados dan origen a migmatitas que pasan en tránsitos insensibles al batolito granítico. Tal es lo que se observa a lo largo del escarpe que va marcando el borde del batolítico.

Es pobre la minería, consistente en pequeños diques de cuarzo, en relación con masas filónicas de fosforita. En la actualidad se han excavado otras con mineralización pobre de wolfram y casiterita, explotación que en muchos casos ha sido del tipo de aluviones, retirando los minerales de ellos por lavados. En ningún caso tales labores han sido de importancia.

Si analizamos el mapa geológico a escala 1:400.000, y lo comparamos con la Hoja que describimos, veremos que la distribución general de los materiales es la misma. si bien ahora los contactos están detallados y en el paleozoico se diferencian el Ordoviciense cuarcitoso del pizarroso y además se localizan pequeñas manchas devonianas, lo que tiene gran interés, pues se ve, a medida que se estudia este país, que el dominio de tal terreno, al menos en su piso gediniense, debió ser muy extenso.

Se sitúan además algunos manchones amplios de tipo diorítico gábrico, que marcan líneas de fracturas en el dominio de la tectónica variscica, masas eruptivas que nos hacen ver que el substrato inferior, no muy profundo en estos campos, es extenso y que hacia estos parajes no debe alcanzar el estrato cristalino que domina en lo profundo salvado hacia el sur del Guadiana.

Vemos, pues, que, relativamente variada por su relieve y geología, esta Hoja de Alcuéscar es de interés, siendo una de las más típicas y complejas dentro de la gran uniformidad geológica y morfológica que

caracteriza a esta comarca de la Extremadura Central.—ISMAEL ROSO DE LUNA y F. HERNÁNDEZ-PACHECO.

Hoja núm. 328. Artesa de Segre (Lérida)

Esta Hoja forma parte de las que representan el conjunto de sierras marginales iberdenses, situadas al Sur de la Conca de Tremp y comprendidas entre la sierra del Montsec y la depresión oligocena del Ebro.

Estratigráficamente se caracteriza por una serie, bastante completada al N. de la Hoja, cuya base visible es el triás y cuyos elementos más altos son conglomerados oligocenos. Comprenden entre ellos formaciones liásicas, del dogger, turonenses, senonenses, garumnenses y eocenas. Es notable la presencia local de potentes yesos reticos. Esta serie, potente y compleja, se simplifica muy rápidamente hacia el Sur, de modo que queda pronto reducida al esquemático corte de sus manifestaciones más meridionales, típico de las sierras marginales de la depresión del Ebro, y consta, quizás del liás, y además de turonense y senonense sencillos, garumense y eoceno, constituido por caliza de alveolinas. Todos estos tramos con sencillez litológica y espesores muy reducidos.

Características estratigráficas acusadas son el hiato, que alcanza desde el dogger hasta el turonense y que no se señala por discordancia neta y las discordancias intraoligocenas. El oligoceno se compone, como en la depresión del Ebro, del tramo salífero y yesoso basal, el oligoceno normal y los conglomerados marginales y ocupa una gran parte del área de la Hoja.

Tectónicamente es muy movida, lo que combinado con la variada estratigrafía origina una gran complejidad, que en la Hoja se señala por una gran diversidad de manchas y contactos de toda índole. Es, pues, de gran trabajo y complicación.

Las fases que se acusan son la pirenaica, con creación de elementos tectónicos dirigidos de E a O; diversas pulsaciones intraoligocenas que originan discordancias y agudizan los relieves pre-existentes y, finalmente, la fase sálica que va acompañada de tectónica salífera.

Las sales del keuper probablemente han sido desplazadas hacia el Sur, bien por la gravitación de los grandes espesores sedimentarios de las series más septentrionales, bien por los plegamientos de primera fase, bien por la combinación de ambos fenómenos. Al acumularse en la zona marginal bajo series estratigráficas mucho menos potentes y más ligeras, las presiones les obligan a salir al exterior y lo hacen en forma extrusiva. Así se originan pliegues NS. superpuestos a la tectónica anterior o preexistente, y al fragmentarse la ligera cobertura resulta una estructura mosaico de complejidad más aparente y aparatosa que real.

En esta Hoja se describen primero sus características geográficas y

geológicas generales, y se hace una exposición de los antecedentes de anteriores publicaciones sobre la zona.

Después se describen con detalle la estratigrafía, la paleontología y la tectónica, esta última detallando unidad por unidad toda el área de la Hoja. Se ilustran estas explicaciones con abundantes croquis y esquemas.

La historia geológica de la región se describe después con algún detalle. para pasar luego al análisis prolijo de contribuciones anteriores.

Se señalan sobre todo las de L. M. Vidal, y como homenaje se reproducen varios de sus cortes referentes a esta Hoja. Se reseñan a continuación la de M. Dalloni y la obra magistral de P. Misch, que viene expresada, sobre todo, en sus magníficos mapas y cortes.

Finalmente se hace un breve estudio de la hidrología y de la minería, esta última referente únicamente a los yacimientos de bauxita descubiertos recientemente por los autores.

Una bibliografía detallada y abundantes fotografías completan esta Hoja, que describe una de las más bonitas y complicadas zonas de las sierras marginales con adecuada minuciosidad. Son autores de la Hoja los Sres. Almela y Ríos.

Hoja núm. 111. Orduña (Burgos, Alava, Vizcaya)

Esta interesante Hoja enclava en los confines de las provincias de Alava, Burgos y Vizcaya, y se sitúa en plena divisoria cantábrica, participando, geográfica y geológicamente, de las características vascongadas y castellanas de las regiones en que ubica.

Las formaciones más extensamente representadas en ella son las cretácicas, tanto inferiores como superiores, en serie extremadamente potente y compleja, que ha podido ser dividida en veintidós subpisos o facies. Además, se manifiesta el triás, surgente en varias chimeneas salinas que vierten el keuper-eon ofitas, al exterior, entre las formaciones cretáceas. Sobre el cretáceo hay todavía algunos tramos eocenos, y el oligoceno discordante corona la serie.

Esta es continua, desde los tramos más bajos aflorantes del cretáceo (probablemente cenomanenses o ya quizá albenses) hasta el garumnense, cuya existencia no se registra. Los espesores cenomanenses, extraordinariamente grandes al Norte, se reducen hacia el Sur rápidamente dentro del área de la Hoja.

Los neocretáceos, máximos en el centro de la Hoja, se reducen grandemente hacia el Sur, aún dentro de ella, y hacia el Este, en la zona contigua.

La tectónica es más bien sencilla. Una disposición tabular, que afecta la mayor parte de la Hoja, es parte del inmenso isoclinal con suaves pendientes al S. y SO., que termina al S. el anticlinorio cantábrico. Este isoclinal muere en la depresión oligocena de Miranda de Ebro, donde las ca-

pas sufren inversión sinclinal y levantan para formar el anticlinal de Lalas-tra-Sobrón, prolongado en la sierra de Toloño. Un fragmento de este anticlinal, de levantados flancos, cruza el ángulo SO. de la Hoja.

Dos chimeneas salinas, de Orduña y Murguía, comprendidas parcialmente dentro de ella, animan el sencillo cuadro tectónico recién descrito con deformaciones locales.

Los estratos cretáceos muestran fósiles en abundancia, entre ellos algunas curiosas especies, tales como un ammonites gigante. La zona, por su clima lluvioso, composición estratigráfica y disposición tectónica, es rica en manantiales.

Es, en cambio, carente de riquezas minerales conocidas y explotadas, aunque se señalan vetillas de galena y blenda en el diapiro de Orduña.

Los autores han desmenuzado la estratigrafía y fijado con claridad la tectónica, dando un gran avance al conocimiento detallado de la región. Señalan con sinceridad algunos puntos dudosos, cuya aclaración queda pendiente.

Son autores de esta Hoja los señores Almela, Ríos y Muñoz.

Hoja núm. 86. Orozco (Alava y Vizcaya)

La Hoja de Orozco enclava en el límite de las provincias de Alava y Vizcaya. Geográficamente, su relieve es provido, y especialmente en la parte sur aparecen las escarpadas cornisas talladas por la erosión en la caliza turonense, que forman las alturas de Sierra Salvada y que luego se continúan formando la hoya de Orduña, pocos kilómetros al Sur. Esto hace que paisajísticamente sea muy interesante.

El Nervión la cruza de S. a N., y por el valle abierto por él pasan la carretera general y el ferrocarril a Bilbao.

Los pueblos principales son Amurrio, Durango, etc., ya que se da el caso de que el nombre de la Hoja no corresponde a un pueblo, sino a un valle o comunidad.

Geológicamente está cruzada de NW. a SE. por el contacto entre el Eocretáceo y el Neocretáceo. Comprende el cretáceo inferior de facies características con las intercalaciones de calizas aptenses y margas azules, el cenomanense medio inferior imposible de separar de la formación anterior y el cenomanense superior separado bajo la denominación de margas arriñonadas por su disgregación en bolas. El turonense con sus dos tramos calizo y margoso de gran potencia, sobre todo este último, y que en esta zona comprende un tramo de caliza intermedio que adquiere cierta importancia en el relieve del terreno.

El coniacense margoso sólo se inicia en el ángulo SW. Además, como comprende la mitad norte del diapiro de Orduña, aparecen también las margas y carniolas del keuper.

Tectónicamente es muy sencilla; está comprendida entre dos zonas de tectónica violenta; las capas, de dirección constante NW.-SE. y bu-

zamiento siempre al SW., forman un gran monoclinal, sólo alterado localmente por el diapiro. Los buzamientos, que empiezan por ser muy suaves, de 4° a 8° en las alturas de la Sierra Salvada, van aumentando hasta los 75° en las calizas de Llodio, donde se nota la proximidad del gran anticlinal de Vizcaya.

Aunque sólo está comprendida en esta Hoja la mitad Norte del diapiro de Orduña, se incluye el estudio de su origen, edad aproximada, etc.

Se explotan algunas canteras en las calizas de Llodio, y de minas no hay nada interesante, salvo algunos filones de galena y bienda en Barambio, que se explotaban en tiempo de la guerra carlista y vuelven ahora a ser trabajados.

De aguas medicinales hay varios interesantes manantiales, alguno de los cuales, como el de «La Muera», cerca de Orduña, fueron objeto de explotación y tienen construido su balneario, hoy cerrado al público.

Climatológicamente es vascongada, con más de doscientos días de lluvia al año y escasas nieves.

Son autores de esta Hoja los Sres. Almela, Ríos y Muñoz.

Hoja núm. 85. Villasana de Mena (Burgos y Alava)

Esta Hoja del mapa geológico a escala 1: 50.000, enclava en la parte norte de la provincia de Burgos y pertenece geológicamente al borde sur del gran surco cantábrico.

Su superficie está casi totalmente ocupada por formaciones cretáceas, salvo dos manchas triásicas de regular extensión, correspondientes a otros tantos diairos y los mantos cuaternarios que ocultan localmente las formaciones secundarias.

El cretáceo inferior, juntamente con el cenomanense, que se han agrupado en la Hoja, muestran un curioso y rápido cambio de facies.

En la parte Norte la serie eocretáceo-cenomanense ocupa una extensa área con sedimentos muy potentes de facies cantábrica, de areniscas y margas pardas micíferas, mientras que poco más al Sur, junto al diapiro de Bárcena de Pienza, estos mismos niveles muestran una facies ibérica de arenas y margas arenosas con gravilla de cuarzo, de colores blanco, rosado, vinoso, etc. Aquí se encuentran también dos interesantes cuñas marinas cenomanenses muy fosilíferas.

Sobre la facies cantábrica descansa una estrecha faja de margas arriñonadas que en su parte alta tienen aún Orbitolinas y se incluyen también en el cenomanense.

El turonense ocupa la zona más extensa en la parte central de la Hoja, compuesto de un nivel margoso inferior, con una intercalación caliza, y un nivel superior de caliza gris que forma un acusado escalón que corre casi todo a lo largo de la Hoja.

El coniacense, predominantemente margoso y descompuesto en cinco niveles por dos hiladas más calizas, aparece en una irregular mancha en el sur de la hoja, y el santoniense, constituido por calizas arenosas con Lacazina, aflora en varios pequeños asomos en el borde sur, o cerca de él.

Como niveles más altos del cretáceo se encuentran aún dos pequeños retazos de arenisca rojizos que bordean el diapiro de Bárcena de Pienza, de los que el inmediato a Tabliega tiene una abundante fauna de orbitoides.

Las margas versicolores del keuper atraviesan los estratos turonenses en dos extensos diairos, el de Villasana y el de Bárcena de Pienza, continuándose este último por la contigua hoja de Medina de Pomar. Las margas van acompañadas de abundantes carniolas y múltiples apuntamientos ofíticos.

La tectónica es muy sencilla, pues todo el cretáceo constituye un inmenso monoclinal, de buzamiento medio al sur y capas bastante tendidas, atravesado por dos diairos que levantan hasta la vertical, e incluso vuelcan las capas cretáceas en su inmediación, pero a poco que nos alejemos de los diairos, los bancos cretáceos recobran su posición normal. Se trata, pues, de dos típicas chimeneas diapíricas, debidas a los efectos de la isostasia y no a empujes tangenciales.

Aparte de estos trastornos, el cretáceo tiene en Villalacr, un pliegue anticlinal anormal, de dirección NE., que en parte de su recorrido muestra una rotura cerca de la charnela. Este anticlinal, con su falla, viene a morir en el diapiro de Bárcena de Pienza.

Son autores de esta Hoja los Sres. Almela, Ríos y Muñoz.

Notas bibliográficas

COSMOQUIMICA

HANS PETTERSON AND HENRI ROTSCHI: *The nickel content of deep sea deposits.*—Geoch. et Cosmoch. Acta II, 81 al 90, 1952.

Por métodos microquímicos se determinaron el níquel, manganeso y hierro existentes en los núcleos de sedimentos del océano Pacífico Central. Los resultados muestran: a), el contenido de níquel es relativamente mayor que el existente en rocas y sedimentos; b), la ley en níquel varía considerablemente con la profundidad debajo de la superficie sedimentaria. No se evidencia ninguna correlación con el contenido en manganeso y níquel, excepto en los casos en que el cambio de proporción en los sedimentos parece afectar a los tres elementos de la misma manera.

Sugieren los autores que esta abundancia de níquel abismal, en parte de origen cósmico, procede del polvo estelar que cae continuamente en la superficie terrestre. Existen argumentos en pro y en contra de esta tesis.—L. DE AZCONA.

WALTER WHAL: *The brecciated stony meteorites and meteorites containing foreign fragments.*—Geoch. et Cosmoch. Acta II, 91 a 117, 1952.

Indica que las brechas contenidas en los meteoritos pétreos se clasifican en dos fundamentales: a) «brechas homogéneas», en las cuales los fragmentos son de la misma materia que la masa principal que los rodea; b) «brechas polígenas», cuando los fragmentos son de diferente material que el principal que los rodea.

Las brechas de meteoritos pétreos sólo fueron estudiadas anteriormente en su superficie. En esta investigación en secciones delgadas de varios meteoritos, entre ellos del español de Cangas de Onís del 6 de diciembre de 1866, muestran que en muchas brechas poligénicas de los meteoritos pétreos se encuentran acondritas, así como condritas y otros tipos todavía no conocidos. Esto demuestra que las rocas que dieron lugar a los meteoritos pétreos pueden haberse formado en el cuerpo cósmico donde se formaron las brechas polígenas, o en varios de composición idéntica. La investigación da luz sobre el origen de los pétreo-meteoritos.—L. DE AZCONA.

GEOFISICA

HARRY V. WARREN, ROBERT E. DELAVANET y RUTH I. IRISH: *Mejórase la prueba de la ditizona para descubrir metales pesados en las aguas.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:609-618, junio de 1951.)

En diversas zonas del noroeste del Pacífico se produce una dilución extremada de los metales pesados llevados por las aguas naturales a causa del fuerte escurrimiento de las aguas de la lluvia y de la fusión de las nieves y de los bancos de hielo.

El actual trabajo de campo ha demostrado que en algunas zonas solamente resulta práctico aplicar métodos geoquímicos en las búsquedas de cobre y de cinc, si es factible detectar en las aguas naturales cantidades tan pequeñas de estos metales como del 0,001 p. p. m., lo que se alcanza cómodamente con los métodos espectrales.

Se ha introducido una modificación de los métodos de la ditizona que permite a un operador experimentado, en condiciones favorables, detectar concentraciones menores.—L. A.

L. J. KLINKENBERG: *Analogía entre difusión y conductividad eléctrica en las rocas porosas.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:559-564, junio de 1951.)

En un informe reciente de Garrel y otros (1949) se demuestra que la velocidad del transporte de difusión es independiente de la permeabilidad, pero que depende sobre todo de una «porosidad direccional eficaz». Los valores de este parámetro para diferentes rocas se determinaron por mediciones de la difusión. Teniendo en cuenta la analogía que existe entre la difusión y la conducción eléctrica, la «porosidad direccional eficaz» se determina más fácilmente por medio de las mediciones eléctricas.

En un espacio abierto lleno de líquido, las ecuaciones de la difusión y de la conducción eléctricas son, respectivamente:

$$g = -D_1 \text{ grad}^\circ c \quad i = -K_1 \text{ grad}^\circ V,$$

en ellas D_1 y K_1 son la constante de la difusión y conductividad eléctrica del líquido.

En una roca formada por minerales no conductores, la difusión y la conducción eléctricas sólo tendrán lugar en el espacio poroso y a lo largo de trayectorias sinuosas. En este caso, la constante de difusión efectiva y la conductividad eléctrica vendrán dadas por:

$$D_r = \frac{D_1 f}{L} \quad K_r = \frac{K_1 f}{L}$$

en donde f es la porosidad y L un «factor litológico» que depende principalmente de la sinuosidad de la trayectoria. El factor geométrico f/L es la «porosidad direccional eficaz» de Garrel, y es la misma para la conducción eléctrica y para la difusión.

Estas deducciones han sido confirmadas por diferentes experimentos, y se han publicado varias tablas de datos para diversas clases de rocas.—L. A.

JEAN VERHOOGEN: *The Adiabatic Gradient in the Mantle.* «Trans Amer. Geophys. Union», XXXII, 41 a 43, 1951.

Recientemente ha demostrado Benfield la importancia del gradiente adiabático en la determinación de la distribución de la temperatura inicial, causada por la autocompresión en un enfriamiento progresivo de la tierra. El autor sugiere un método con el que se puede determinar con datos sísmicos el gradiente adiabático a cualquier profundidad del manto. El gradiente medio de 200 a 2.600 kilómetros de profundidad es formulado aproximadamente por $1.7 \times 10^{-4} T_{200}$ g./km., donde T_{200} es la temperatura a 200 kilómetros de profundidad. Este gradiente medio está de acuerdo con las valoraciones recientes de Benfield.—L. DE AZCONA.

H. A. SLANCK y K. WHITHAN: *A Further Investigation of the Radioactivity of the Round Lake and Elzavir Batholiths.* «Trans. Amer. Geophys. Union», XXXII, 44 a 48, 1951.

Fué proyectado y construido un contador de campo para la medida de radiactividades débiles. Montado en un carro se usó para investigar la distribución de la radiactividad en dos batolitos en el Escudo Pre-Cambriano. La distribución de la radiactividad fué investigada previamente por los rayos alfa emitidos en preparados y muestras.

Presentan diagramas de los dos batolitos y compara los resultados obtenidos por ambas técnicas. Se discuten las dudas de interpretación debidas a la existencia de potasio en las rocas.—L. DE AZCONA.

GEOGRAFIA FISICA

A. O. WOODFORD: *Los gradientes de las corrientes y el valle marino de Monterrey.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:799-852, julio de 1951.)

Los levantamientos topográficos de precisión muestran en muchos casos numerosas desviaciones, principales o secundarias, en las curvas sim-

ples de perfiles suaves. Muchas de las desviaciones principales pueden ser debidas a imperfecciones, pero la mayor parte son originadas por diferencias en la resistencia de las rocas, tamaño de los arrastres u otras circunstancias específicas geológicas o geomorfológicas. En una sola región, los gradientes de corrientes perfectas son, por lo general, inversamente proporcionales a la función del caudal. Es posible trazar una o más curvas logarítmicas que se aproximen más o menos exactamente a cualquier contorno perfecto dado. Se estableció que el descenso general del nivel de base produce una convexidad distante del perfil. Probablemente esta convexidad se achata y pierde su inicial prominencia a medida que se extiende gradualmente aguas arriba, a no ser que se localice en rocas resistentes, como en un punto de estrechamiento preciso.

El valle marino de Monterrey, a la altura de California, parece ser en un mapa la continuación inmediata hacia el mar del valle terrestre de Salinas. Sin embargo, la cabecera está cortada por el aluvión depositado por el río Salinas y las corrientes adyacentes; el contorno superior irregular se acerca más a una línea recta excepcionalmente escalonada que a una curva logarítmica, y el largo contorno Salinas-Monterrey muestra un rompimiento extremadamente pronunciado o un estrechamiento en los sedimentos débiles de la costa. Por lo tanto, no se cree probable que el cañón submarino sea el producto de un remozamiento subaerial del Salinas o de cualquier otro río terrestre. Parece ser que la mayor parte de los valles marinos con gradientes escalonados son semejantes al de Monterrey, aunque el cañón del Congo es ambiguo y pudiera ser una excepción.—L. A.

ROBERT P. SHARP: *Acumulación y ablación del sistema glaciar de Seward-Malaspina, en el Canadá y Alaska.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62: 725-744, junio de 1951.)

El glaciar superior de Seward es la fuente principal de alimentación del glaciar de Malaspina, al pie de las montañas de la planicie meridional costera de Alaska. La forma de calcular mejor el estado de conservación y el grado de actividad en este sistema, que cubre 4.600 kilómetros cuadrados y contiene unos 1.750 kilómetros cúbicos de hielo, es mediante el estudio de los registros de acumulación y de deshielo.

El balance material, en 1948-1949 rindió un exceso de $9,01 \times 10^{13}$ centímetros cúbicos de agua, a causa de la gran acumulación y lo reducido del derretimiento. El año económico 1947-1948 produjo un déficit de $2,144 \times 10^{14}$ centímetros cúbicos, mayor que la compensación del exceso de 1948-1949. En las condiciones climatológicas existentes, inclusive en un año normal, se produce un déficit de 2×10^{14} cm. cúbicos.—L. A.

GEOLOGIA

WALTER S. WHITE y MARLAND P. BILLINGS: *Geología del cuadrilátero de Woodsville, Vermont-New Hampshire* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62: 647-696, junio de 1951.)

Para determinar principalmente las relaciones estratigráficas y estructurales entre dos series sedimentarias, una en el New Hampshire occidental y central y la otra en el Vermont oriental y central, se ha estudiado el cuadrilátero de Woodsville, en la región del centro oriental de Vermont y en la del centro occidental de New Hampshire. Las rocas de Vermont en este cuadrilátero se componen de tres formaciones, probablemente del ordovicense medio, con un espesor total entre 4.570 y 6.100 m. Estas rocas están separadas por una falla de las de New Hampshire, las cuales son presilurianas, silurianas y devonianas inferiores, con un espesor total aproximadamente de unos 6.100 m. Las rocas volcánicas, principalmente las piroclásticas, constituyen cerca del 10 por 100 de las rocas estratificadas del cuadrilátero de Woodsville. Las rocas plutónicas y las hipabisálticas, probablemente del devoniano remoto, aparecen como diques, capas intrusivas, grandes hojas intrusivas y pequeñas intrusiones de rocas ígneas.

Tres fallas con dirección norte-nordeste dividen el cuadrilátero en cuatro unidades tectónicas principales. La falla Ammonoosuc buza unos 36° al oeste y es más moderna que el plegamiento y el metamorfismo regional. Las fallas de Northey Hill y Monroe están escalonadas y son más antiguas que la mayor parte del metamorfismo. Debido a las fallas, los principales plegamientos son fragmentarios y se conservan solamente como limbos sencillos o como partes de sinclinales. Existen por toda la región innumerables plegamientos secundarios.

El metamorfismo progresivo está bien puesto de manifiesto en el cuadrilátero. Mientras que las rocas de una faja central Norte-Sur pertenecen a la zona de clorita, el metamorfismo aumenta hacia los márgenes Este y Oeste del cuadrilátero, en donde las rocas se apoyan en la zona de estaurotita. La zona de silimanita ha sido alcanzada localmente entre rocas plutónicas. El metamorfismo retrógrado es fuerte, especialmente a lo largo del corrimiento de Ammonoosuc.

El plegamiento, la corriente, el metamorfismo y las intrusiones ígneas son todo fases de la orogenia remota del devoniano acadiano.

Se ha estudiado más detenidamente el origen y cronología de las diaclasas y plegamientos secundarios en la parte de Vermont del cuadrilátero, donde existen evidencias de dos etapas de deformación. Durante la primera etapa, se formó la pizarrosidad paralela a los planos axiales de los plegamientos secundarios contemporáneos. Estos plegamientos son indivisibles debido a la última deformación. Las diaclasas

de desplazamiento se formaron, durante la última etapa, paralelas a los planos axiales de los plegamientos secundarios contemporáneos. Estos últimos plegamientos son muy visibles en muchos lugares y pudieron conducir a una incorrecta interpretación de la estructura estratigráfica y de la principal si se interpretan como plegamientos de arrastre. Las diaclasas de deslizamiento llegan a ser planos de pizarrosidad hacia el Oeste. Este concepto de dos etapas de deformación tiene aplicaciones importantes en la geología de New England y en otros terrenos metamórficos.—L. A.

RONALD L. IVES: *Valle de sedimentos del pleistoceno en la región de Dugway, Utah.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:781-798, junio de 1951.)

De las recientes excavaciones y perforaciones hechas en la región de Dugway en Utah, se ha obtenido una más completa estratigrafía pleistocena remota. Estos descubrimientos confirman y aumentan los de Gilbert, cuyas primeras exploraciones en la zona fueron completamente satisfactorias.—L. A.

STUART L. SCHOFF: *Geología de las Montañas de Cedar, Utah.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:619-646, junio de 1951.)

Las montañas de Cedar, en la región central del Utah, comprenden una superficie de unos 830 kilómetros cuadrados entre el extremo Norte de la meseta Wasatch y el extremo Sur de los montes del mismo nombre, constituyendo la zona limítrofe entre las mesetas de Colorado y la Gran Cuenca. Los terrenos más antiguos pertenecen al Carbonífero; pero, debajo de la mayor parte de la zona, existen sedimentos, con un espesor de varios miles de metros, pertenecientes al Cretáceo superior y al Terciario continental. El grupo Iadianola, de unos 4.570 m. de espesor, se compone principalmente de conglomerados gruesos y areniscas marinas fosilíferas que muestran la época a que pertenece el Colorado. Este grupo descansa concordantemente sobre potentes depósitos fluviales y lacustres ordenados desde Montana al Eoceno (formaciones de Price River, North Horn, Flagstaff, Colton y Green River), que probablemente descansan a su vez en forma discordante sobre formaciones terciarias remotas. La zona estuvo sometida a compresiones orogénicas durante el cretáceo medio, en el cretáceo superior (Montana) y probablemente en el terciario medio. También estuvo sometida a la falla normal del Basin-Range del terciario remoto.—L. A.

NELSON H. DARTON: *Relaciones estructurales entre las formaciones cretácicas y las terciarias de Maryland y Virginia.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:745-780, julio de 1951.)

Presenta el autor los resultados de un estudio sobre las relaciones estructurales y de solape entre las diferentes formaciones de la época terciaria en la región oriental de Washington, Baltimore y Fredericksburg. Se han estudiado también las relaciones entre las distintas formaciones de la época cretácea superior e inferior.

En muchos lugares se determinó la altitud de la base de la formación Calvert (mioceno) y, partiendo de esos datos, se trazaron los perfiles de la estructura que muestran, en una amplia región, que la base del Calvert tiene una suave pendiente regular hacia el Este de unos dos metros por kilómetro, con algunos despeñaderos en las afueras de Washington. Esta pendiente hacia el Sudeste tiene un promedio de dos metros por kilómetro en la región de Baltimore, también con algunos despeñaderos en el Oeste. En la región de Fredericksburg la pendiente es menor de dos metros por kilómetro, y más al Sur esta pendiente conduce al llano de Calvert a solapar el oeste de las rocas cristalinas.

La sucesión de Eocene, que en 1891 tituló el autor como la formación Pamunkey, fué más tarde dividida por W. B. Clark en una formación inferior, Aquia, y una superior, Nanjemoy. Esta última tiene una base de arcilla llamada Marlboro. Cerca de Washington esta arcilla adelgaza hacia el Oeste por debajo del mioceno, el borde del cual se extiende también considerablemente más lejos al Oeste que el borde del solape de arena verde del Nanjemoy. Este último aumenta de espesor gradualmente al Este y al Sur. Al Sur de Fredericksburg, la formación Aquia solapa ligeramente el borde del grupo Potomac en las antiguas rocas cristalinas, y el Potomac, a su vez, es solapado por la formación Calvert (mioceno). La formación de Nanjemoy, con su arcilla de Marlboro, tiene que haberse reducido en espesor, o sufrido erosiones.—L. A.

Publicaciones extranjeras sobre Geología de España. Núm. V. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Inst. «Lucas Mallada», de Investigaciones Geológicas. Madrid, 1951.

El número 5 de esta publicación, salido de la imprenta en diciembre pasado, ofrece a los geólogos españoles la versión española de seis trabajos escritos en alemán e inglés, de gran valor todos ellos para el conocimiento de la Geología hispánica.

El primero es del profesor L. U. de Sitter, holandés, titulado *El desarrollo del Paleozoico en el NO. de España*, traducido del inglés por el ingeniero de Minas don Antonio Almela. Ocupa 39 páginas, y va ilustrado con nueve figuras, mapas y cortes geológicos.

El autor estudia la geología de la parte de la cordillera Cantábrica comprendida entre la costa gallega y los Picos de Europa. Describe los caracteres del precambriano, cambriano, devoniano, con un cuadro resumen del paleozoico inferior del Norte de España. Estudia después las rocas intrusivas de este paleozoico y, finalmente, hace un estudio del carbonífero, a cuyo estudio acompaña un cuadro esquema estratigráfico de las cuencas carboníferas de Asturias y un mapa paleogeográfico del dinanciense. Al final del trabajo figura una larga lista bibliográfica.

El segundo es un artículo escrito en alemán por el profesor F. Lotze, tan conocido por sus estudios sobre Geología de España, titulado *Algunos problemas de la Meseta Ibérica*, traducido por el ingeniero de Minas don José María Ríos; tiene dieciséis páginas y un mapa. Empieza por hacer una descripción y delimitación de la Meseta y analiza las orogénias que la han formado. Después estudia su estructura y problemas que ésta plantea, y termina analizando las cuestiones pendientes.

El tercero es traducción de una nota escrita en alemán por el profesor W. Carlé, que ha hecho el ingeniero de Minas don José María Ríos, titulado *Resultado de investigaciones geológicas en las formaciones antiguas de Galicia*. Ocupa veintinueve páginas y aparece ilustrada con dieciséis figuras en el texto y un mapa.

Después de unas observaciones preliminares, entra en el estudio de las rocas, empezando por la división estratigráfica, devoniano, siluriano, cambriano y precambriano, dudoso; a continuación estudia los granitos y rocas metamórficas, dividiendo este estudio en las siguientes zonas: 1, la granítica de la costa occidental; 2, la banda de neis-anfibolita de Vigo y Malpica; 3, la granitoneísica del Buño y la repartición cronológica de los granitos; 4, el macizo anfibolítico de Carballo-Lalín; 5, la zona de pizarras de la Galicia media, y 6, la de Cadeira-Ortegal-Ortigueira.

Estudia a continuación la tectónica, magmatismo y metamorfismo en la Galicia occidental. Los datos más interesantes del trabajo pueden reunirse brevemente en el resumen siguiente:

En el basamento gallego están representados el cambriano, siluriano y, probablemente, el devoniano más bajo. La edad precámbrica, atribuida por los geólogos españoles a las rocas cristalinas del Oeste de Galicia, debe ser rechazada, al menos en ese grado de exclusividad.

El estilo estructural está caracterizado por pliegues isoclinales; se reconocen repliegues disarmónicos condicionados por la naturaleza de los materiales, así como también pequeñas manifestaciones de despegue. En el paquete arqueado de pliegues que abre su concavidad hacia el Este, la dirección del movimiento de los elementos tectónicos se dirige predominantemente hacia el Este, así como al Norte y Sur, sobre la prefosa astúrica.

Se pueden distinguir tres intrusiones graníticas distintas, las cuales se adaptan bien, en sus grandes rasgos, en lo referente a las directrices dentro del cuadro tectónico. En las zonas intermedias entre los granitos

y pizarras se desarrolla una zona de migmatitas y de metamorfismo de contacto. En la parte occidental de Galicia, y al parecer simultáneamente con el plegamiento, se produjo un intenso metamorfismo regional. El plegamiento debió producirse en la fase astúrica.

La comparación con los variscides de Europa central demuestra una analogía del Oeste y Sur de Galicia con la zona saxo-turingica, y del Norte de Galicia, con la renano-hercínica.

El cuarto es otro trabajo también escrito en alemán por el profesor P. Schmiat-Tomé, traducido igualmente por el señor Ríos, titulado *Basamento paleozoico y cobertera moderna en la parte occidental de España central (provincias de Salamanca y Cáceres)*, de 51 páginas, 18 figuras y un mapa geológico estructural.

Después de un breve preámbulo, entra en el desarrollo del tema, que divide en tres partes: I, Las estructuras del basamento; II, Las de cobertera, y III, El desarrollo tectónico del sistema plegado. Termina con un amplio resumen y la bibliografía.

Es digno de especial mención el estudio que hace de los granitos y de las rocas metamórficas; admite la existencia de tres tipos de granitos, que llama *más viejo*, *viejo* y *joven*, *porfídico*. Y por su edad y relación con la orogénesis los divide en *sinorogénico precoz*, el más antiguo, orientado e incluido en la estructura varisca; *sinorogénico de culminación*, y *sinorogénico póstumo*, que corresponde al joven porfídico.

El quinto es una nota de Franz Lotze, traducida del alemán también por don José María Ríos, titulada *Observaciones respecto a la división de los variscides de la Meseta Ibérica*, que consta de 18 páginas, un mapa y dos cuadros. Empieza por unas observaciones preliminares en las que incluye una división de la Meseta en seis zonas, a las que sigue una serie de apartados dedicados a caracterizar cada una de ellas; en la zona 3, galaico-castellana, incluye un cuadro comparativo de los tipos de granitos, según las divisiones de Carlé y Schmidt-Tomé, sus texturas, relación orogénica, y edades de las intrusiones y solidificaciones, también, según Carlé y Schmidt-Tomé.

La segunda parte es un capítulo sintético, que ilustra el cuadro segundo, en el que se dan los datos de epigénesis, plegamientos, vergencias y plutonismo por cada zona. Termina con una lista bibliográfica.

El sexto y último trabajo del tomo es una extensa memoria de los geólogos alemanes R. Brinkman y Han Gallwitz, traducida al español por el Prof. J. Gómez de Llarena, que se titula *El borde externo de las Cadenas Béticas, en el sureste de España*; ocupa 120 páginas, con 22 figuras intercaladas en el texto y un gran mapa geológico en colores, con varios cortes geológicos, también coloreados, y dos mapas en negro.

La obra está dividida en tres partes: la primera, muy breve, se reduce a una introducción, al planteamiento del problema, realización de los estudios y a un análisis de los estudios efectuados anteriormente.

La segunda, que ocupa casi todo el texto, está dedicada a la tectónica regional y a la estratigrafía; la dividen en seis capítulos. En el primero estudian la zona de la falla del Guadalquivir, de Andújar a Alcaraz; el segundo lo dedican al estudio de la cuenca del Guadalquivir y golfo terciario del Guadiana Menor; el tercero es un estudio de la Sierra de Jaén; el cuarto se refiere al arco montañoso Cazorla-Alcaraz-Hellín; en el quinto se estudian las Cadenas Béticas externas entre Hellín y el Mediterráneo, y en el sexto se hace un estudio detenido del campo de pliegues y fallas al Este de Hellín y Albacete.

La tercera parte está dedicada a la exposición de los resultados generales, evolución paleogeográfico-tectónica; resumen y conclusiones y a fijar la posición de la zona Bética exterior en la tectónica general de las Cordilleras Béticas. Termina la Memoria con una extensa Bibliografía.—M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

Estudios Geológicos núm. 14.—Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto «Lucas Mallada» de investigaciones geológicas. Madrid, 1951.

Acaba de aparecer este número correspondiente al segundo semestre de 1951, que contiene los siguientes trabajos.

Cada número de esta revista lleva en primera plana la fotografía de un eminente geólogo español, a quien va dedicado el número, como homenaje a los que nos precedieron y trazaron ejemplares caminos en la vocación geológica. Este número va dedicado al sabio Ingeniero de Minas D. Domingo de Orueta y Duarte, a cuyo retrato acompaña una breve nota biográfica, resumen de su labor y valiosa aportación científica.

El primer trabajo, escrito por el doctor en Ciencias Naturales y entusiasta paleontólogo don M. Crusafont Pairó, lleva por título *Una fase estelar en la Historia Paleobiológica*. Ocupa 30 páginas, con 6 figuras en el texto. Después de una breve introducción, desarrolla los siguientes temas: El tránsito del mesozoico al cenozoico. La extinción de los grandes reptiles. La explosión de los mamíferos. La explosión de las aves. El superdominio de las angiospermas y de los insectos Holometábolos. Observaciones finales. Bibliografía. El trabajo va dedicado fundamentalmente a relacionar entre sí los grandes fenómenos acaecidos al final de la era secundaria. En él se establecen las interdependencias evolutivas, señalando como causa el factor térmico ambiental, a un descenso y mayor heterogeneidad climática.

El segundo es el resultado de unas investigaciones cristalográficas efectuadas por el Dr. José M.^a Font Tullot, titulado *Estudio de unos cristales de cerusita de Vallirana (Barcelona)* págs. 265 a 270, tres figuras en el texto y dos cuadros numéricos. El autor ha estudiado seis cristales de cerusita de esa localidad, que resultan ser complejos de maclas 110 y agregados paralelos, según (001); en los cuadros se pre-

sentan los valores angulares observados y calculados de acuerdo con la interpretación de los complejos.

El tercer trabajo es también un estudio cristalográfico realizado por los doctores Laurent Capdecombe, de Toulouse, y Candel Vila, de Barcelona, titulado *Nota sobre los cristales artificiales de Tenorita*; páginas 272-279, seis figuras. En este trabajo estudian los autores morfológica y ópticamente los cristales de tenorita obtenidos artificialmente en Tréfileries du Havre (Francia), de los cuales deducen que son monoclinicos. Han encontrado maclas paralelas, según la dirección (011), y otras normales por hemitropía normal a (100). Unas y otras maclas, con frecuencia son polisintéticas. Han observado, también, maclas resultantes de la concurrencia de ambas leyes.

El cuarto se debe al Prof. W. J. Jongmans, de Heerlen (Holanda). Este profesor lleva unos años realizando estudios muy interesantes sobre el carbonífero español y envió para nuestra revista el notable trabajo que reseño, titulado *Las floras carboníferas de España*; páginas 281-330. En este trabajo resume el Prof. Jongmans los resultados del estudio de los fósiles recogidos por él durante su estancia en España el año 1947 y hace, además, una revisión de la bibliografía más importante sobre la Paleobotánica hullera española. Todas las floras halladas en la cuenca central asturiana y en las cuencas circundantes presentan, en conjunto, un marcado aspecto euramericano, y lo mismo puede afirmarse de las de Villanueva del Río (Sevilla), Peñarroya (Córdoba), Puertollano (Ciudad Real), Henarejos (Cuenca) y Surroca (Gerona). Existen, además, en España una serie de pequeñas cuencas hulleras que no le ha sido posible visitar o de las que no posee material, las cuales, por las listas publicadas por L. Mallada y Ruiz Falcó y Madariaga, se puede aceptar que en gran parte presentan floras de tipo estefaniense. El autor advierte que la mayoría de las listas deben ser tomadas con cautela, porque las determinaciones no parecen ofrecer demasiadas garantías en diversos puntos, pues la flora de Valdeinfierno (Córdoba), que se suponía pérmica, ha resultado ser de edad misisipiense.

Es, pues, según el autor, necesario publicar fotografías de las plantas hulleras españolas y realizar nuevas y extensas recolecciones en las diferentes localidades, de cuyo estudio ha de resultar más exacto conocimiento de la geología carbonífera española.

El quinto es un detalladísimo y minucioso estudio de las moronitas españolas, realizado por los señores Colom y Gamundi, titulado *Sobre la extensión e importancia de las moronitas a lo largo de las formaciones aquitano-burdigalienses del estrecho Nor-bético*, que comprende las páginas 331 a 385, 8 figuras, 11 láminas y 11 cuadros de repartición de las especies estudiadas en los distintos yacimientos y uno de distribución estratigráfica comparada de las especies de microfóraminos en el oligoceno-mioceno de las Antillas y de España.

Hasta hace muy pocos años, las formaciones con moronitas parecían

localizadas a la parte occidental del llamado estrecho Nor-bético y sin continuidad hacia el Este. El señor Colom descubrió hace poco la presencia de moronitas en la provincia de Alicante y en las Baleares, en formaciones aquitano-burdigaleses, en la primera provincia, y burgigaleses solamente, en las islas de Mallorca e Ibiza. Además, nuevos estudios demostraron que las formaciones moroníticas españolas no son todas sincrónicas. Empezaron a formarse durante el oligoceno superior y el aquitaniense, perdurando hasta el final del burdigalense. Su extinción coincidió con los últimos empujes tangenciales post-burdigalienses que imprimen a las zonas del estrecho Nor-bético su actual estructura.

Todas las moronitas españolas parecen ser, desde Cádiz hasta Mallorca, depósitos formados en el período entre la fase pirenaica y la sálica. Las moronitas van siempre asociadas a capas de la facies globigerínica.

La inmensa mayoría de las diatomeas de las moronitas españolas son especies bentónicas y no son estas moronitas depósitos batiales como se había dicho, sino formaciones correspondientes a la zona nerítica y de mar somero. Se han encontrado y clasificado más de 500 especies en estas moronitas. Los autores intentan demostrar en este trabajo las relaciones de afinidad y facies de estos depósitos con otros de igual tipo existentes en el Norte de África, Bohemia, Cárpatos rumanos, etc., en la zona alpina oriental y por el Oeste con los célebres depósitos del área antillana y de América Central, Barbados, Haití, etc., para mostrar la lenta evolución en el tiempo y en el espacio de estos depósitos diatomíferos, cuya importancia y relaciones entre sí empiezan a conocerse ahora de manera más precisa y completa.

El sexto está descrito por el Prof. San Miguel de la Cámara; es un artículo que titula *La constitución geológica del Anticlinal de Honrubia*; páginas 387-410, 3 cortes geológicos y 6 láminas, en el que se dan a conocer unos terrenos no conocidos antes y otros mal interpretados o poco estudiados, y accidentes tectónicos que tampoco habían sido vistos antes. Se estudia la estructura y constitución geológica de la Serrezuela, que corta la carretera de Madrid a Francia, por Irún, entre Fresno de la Fuente (Segovia) y Pardilla (Burgos). Este anticlinal tiene 12 kilómetros de anchura, es francamente asimétrico, con vergencia Norte; los buzamientos del flanco Norte oscilan entre los 40° y los 70°, los del Sur no pasan nunca de los 25°, llegando a los 10°. El eje tiene dirección ENE a OSO. El flanco Norte tiene en algunos puntos (Montejo de la Sierra) carácter de flexión, y en otros (Honrubia de la Cuesta), pasa a ser verdadera falla. Está constituido por un fondo o zócalo metamórfico-paleozoico que no pasa del silúrico y una cobertura mesozoica, con keuper, retiense, lias, albense, cenomanense y turo-senonense; lias, cenomanenses y turonense, fosilíferos. En el trabajo, además de los cortes de estos terrenos, figura una larga lista de fósiles, casi todos citados por primera vez de esta localidad. El terciario cubre por sus

bordes estas formaciones y consta de dos términos: uno, ligeramente movido, formado por brechas y pudíngas calizas, discordante con las formaciones anteriores, con débil buzamiento al Norte, cuya edad puede oscilar del oligoceno superior al burdigalense; otro, completamente horizontal, arcilloso, calizo, de edad sarmatiense-pontiense.

El séptimo estudia un nuevo volcán. El Ingeniero de Minas don Antonio Almela descubrió en sus trabajos de campo para la formación de la Hoja de Alhama de Murcia un volcancito; entregó algunas muestras de rocas recogidas en él al profesor San Miguel de la Cámara, quien las encontró tan interesantes que mandó hacer de ellas preparaciones microscópicas y análisis químicos. Resultado de estos estudios es este trabajo, titulado *Sobre un volcán de Verita recientemente descubierto en el mioceno de Barqueros (Murcia)*; págs. 411-429, 13 figuras, 4 láminas y 5 cuadros de datos petroquímicos. El trabajo está escrito por los señores San Miguel de la Cámara, Almela y Fúster Casas.

La erupción ha atravesado las capas miocénicas y se ha extendido sobre ellas, siendo, por lo tanto, post-miocénica, y como no hay, en relación con ella, en la región formaciones sedimentarias más recientes, no puede precisarse más su edad. Ocupa, aproximadamente, un kilómetro cuadrado y en su superficie se encuentran escorias, lavas escoriáceas y compactas. La roca es una *verita* compuesta de *flogopita*, *olivino* y *diópsido* en fenocristales, y pasta hialopilitica con pequeños microlitos de *sanidina*, granillos de *olivino* y *diópsido* y laminillas de *flogopita*, sobre un *vidrio* pardo negruzco.

El estudio petroquímico, hecho a base de tres análisis completos, y su comparación con los de las veritas conocidas de Vera-Garrucha y Fortuna, demuestran que las rocas de esta erupción tienen gran analogía con el tipo de verita de Osann, que se manifiesta no sólo en los datos del análisis y parámetros magmáticos, sino también en la posición de los puntos proyectivos en los diagramas K-mg y Ls-Fs-Ks, de las tres veritas hasta ahora analizadas. En todas las muestras de las veritas de Barqueros, el valor de K_2O es superior al de Na_2O ; es también mayor que en la de Vera-Garrucha y menor que en la de Fortuna.

El séptimo ha sido escrito por el Prof. J. M.^a Fúster Casas, sobre *Granitos y lamprófidos del Puerto de Navacerrada (Segovia)*; páginas 431-441, 2 figuras, 2 láminas y 3 cuadros con datos petroquímicos. El autor ha escrito, con ésta, tres notas sobre *Rocas de España Central*; prosigue, pues, la serie ya iniciada de estudios petrográficos de rocas eruptivas de las cordilleras centrales. En éste fija las características petrográficas y petroquímicas de los granitos y rocas filonianas de las cercanías de la divisoria, entre las provincias de Madrid y Segovia, desde el Puerto de Navacerrada al de Cotos. Las rocas dominantes en este segmento de la Sierra de Guadarrama son granitos de dos micas, muy ácidos y ricos en moscovita, a través de los cuales se inyectan rocas

básicas de características lamprofidicas y, aunque con menos frecuencia, tipos ácidos aplíticos y pegmatíticos en diques de poca potencia.

La novedad más importante del trabajo ha sido la modificación parcial de las reglas clásicas C. I. P. W. para la determinación de la norma, para poder introducir la moscovita entre los minerales normativos, asunto de verdadera importancia en los granitos.

A los señores J. Truyols y M. Crusafont se debe el octavo trabajo, titulado *Caracterización de un sistema de cuñas en el mioceno del Panadés*; págs. 443-454, 2 figuras. En esta nota dan a conocer los autores regímenes alternantes transgresivo-regresivo, revelados por una serie de cuñas, en el mioceno del Panadés, en la depresión prelitoral catalana, fenómeno que se señala por primera vez en la cubeta subsidente mencionada y que se debe a movimientos epirogénicos; los autores indican también las características paleogeográficas y los cambios del litoral mioceno. Las faunas encontradas en los distintos niveles indican alternancias de facies marinas y continentales.

El noveno es un artículo escrito por el Prof. B. Meléndez, titulado *La Teleogénesis. Nueva teoría evolucionista finalista del Prof. Leonardi*; páginas 457-468, en el que da a conocer lo fundamental de la teoría y hace una crítica de ella.

El décimo es también del Dr. B. Meléndez, *Sobre el problema Paleontológico de los Condrites*; págs. 469-476 con 5 figuras. Analiza las opiniones y teorías expuestas sobre la naturaleza de los condrites.

Por fin, este mismo autor da cuenta, en una extensa nota, de los trabajos del tercer Congreso de Estratigrafía y Geología Carbonífera de Heerlen (Holanda), 25-30 de junio de 1951.

Termina el número con una sección de notas bibliográficas y otra de revistas y obras recibidas en la Biblioteca del Instituto.—M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

GEOQUIMICA

ROGER REVELLE y K. O. EMERY: *Concreciones de barita en el fondo del océano*. («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:707-724, junio de 1951.)

Con motivo del dragado efectuado en las costas de California en 1938 se encontraron embebidos en el fango unos seis kilogramos de concreciones de barita de formas tubulares, subesféricas, planas e irregulares, con escasas diferencias en pesos y tamaños. La longitud variaba entre 1 y 25 centímetros. El sulfato de bario está en cantidades de hasta el 77 %, en forma de pequeños agregados radiales.

Se cree que el origen más probable es la interacción del agua de mar intersticial, rica en sulfato del sedimento, con aguas magmáticas ascenden-

tes que contienen bario y estroncio en disolución. Algunas muestras pequeñas indican un origen semejante a los otros dos hallazgos, ya informados, de concreciones de barita en el fondo del mar.—L. A.

VILLIAM H. DENNEN: *Variaciones en la composición química de los contactos ígneos*. («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:547-558, junio de 1951.)

Pueden presentarse grandes variaciones en la composición química de los contactos ígneos.

Un estudio de estas variaciones, mediante el análisis con métodos cuantitativos espectroquímicos de muestras obtenidas a distancias muy cortas indicó que todos los principales componentes de las rocas estudiadas (aluminio, hierro, manganeso, magnesio, calcio, sodio y potasio) son variables cuando se representan gradientes de concentraciones y temperaturas moderadas. Existe la creencia de que la migración del material tiene lugar más tarde, en el proceso de enfriamiento, por la difusión a lo largo de los bordes. Las variaciones de composición resultantes de esta migración transfusiva de iones hidratados es lo suficientemente grande frecuentemente para encubrir cualquier cambio de composición debido a reacciones anteriores.

Las variaciones químicas encontradas pueden estar relacionadas con las composiciones originales de las rocas de caja y del material intrusivo, y así como con el proceso de enfriamiento del sistema. No se han encontrado variaciones en la composición química a través de los contactos de rocas idénticas, químicamente. Generalmente aparecen las variaciones suaves y continuas a lo largo de los contactos entre rocas de composición original diferentes, las cuales se hayan mantenido a elevadas temperaturas. Se encontraron variaciones sumamente irregulares cuando la roca intrusiva y la de caja eran de diferente composición y cuando existían escalones en los gradientes termales. Estas últimas variaciones pueden presentar culminaciones y depresiones geoquímicas en forma de ondas, que desaparecen gradualmente en ambas direcciones de la zona de contacto.—L. A.

DENIS M. SHAW: *The geochemistry of thallium*. «Geoch. et Cosmoch.» Acta II, 118 a 154, 1951.

Con una técnica espectral nueva, valora el autor el talio de los silicatos, con una precisión de ± 20 por 100 y una sensibilidad de 0,05 p. p. m.

El talio se presenta en rocas y minerales ígneos por sustitución del potasio. Su geoquímica es muy semejante a la del rubidio, es concentrado en los residuos magmáticos, en notable proporción en los mine-

rales potásicos de las pegmatitas. También se encuentra en determinados sulfuros. Durante la erosión el talio entra en solución como catión monovalente, pero es extraído de la solución por absorción de las arcillas. Sometido a condiciones fuertemente oxidantes, se acumula en depósitos manganíferos; una fuerte reducción rodea también concentrados de talio en ligera proporción en los carbonatos cálcicos.

Es calculado un valor nuevo de 1.3 p. p. m. para la abundancia del talio en la corteza terrestre y su balance geoquímico es discutido. Las relaciones rubidio-talio son valoradas para varios materiales y discutida su significación. Se muestran algunos aspectos de la geoquímica del talio de gran importancia en petrogénesis.—L. DE AZCONA.

R. L. MITCHELL: *The Spectrographic Determination of Trace Elements* MITCHELL (R. L.): *The Spectrographic Determination of Trace Elements in Rocks, Minerals and Soils*. «Mikrochemie u. Mikrochimica Acta», XXXVI y XXXVII, 1.044 a 47, 1951.

Por la técnica clásica semicuantitativa espectral de arco con capa catódica, determina el autor la ley global de pizcas de elementos en las rocas, minerales y tierras. Para las valoraciones más precisas, se emplea la técnica de patrón interno variable, en la cual las leyes de los elementos en pequeñas cantidades se deducen respecto a las de hierro tomado como elemento de referencia. Este método es combinado con una concentración química para el análisis de extractos de suelos y vegetales. La técnica de concentración química es con el uso de oxina, ácido tánico y tionalida, la cual permite recuperar cantidades del orden de microgramos de la mayor parte de los elementos escasos, la que elimina simultáneamente los alcalinos, alcalino-térreos y los fosfatos.—L. DE AZCONA.

L. R. WAGER y R. L. MITCHELL: *The distribution of trace elements during strong fractionation of basic magma—a further study of the Skaergaard intrusion, East Greenland*. «Geoch. et Cosmo». Acta I, 129 a 208, 1951.

Han determinado los autores los elementos contenidos en pequeñas cantidades en las rocas y minerales de la intrusión Skaergaard. El magma básico original del que se formaron dichas rocas, se ve por sus análisis que tuvo una composición normal. Algunos de los elementos (Cr, Ni) están en concentración elevada en las primeras rocas, mientras que las últimas fracciones los tienen en pequeña cantidad o carecen de ellos; otros elementos (P, V, Cu, Sc, Mn, S) tienen el máximo de riqueza en la fracción media representada por gabros libres de olivino y ferrogabros; otros elementos (Li, Zr, Y, La, Ba, Rb) tienden a permanecer

en el residuo líquido durante el fraccionamiento y se manifiesta su abundancia en la última fracción granítica. Otros como (Co, Sr, Ga, Mo) sólo experimentan cambios pequeños a lo largo de toda la serie; de ellos el Co es un poco más abundante en las fracciones primeras y medias, el Sr en las medias, el Ga en las últimas y el Mo en las primeras y últimas, pero no en las medias. Estudian la distribución de estos elementos en las rocas en relación con la variación de composición de los minerales producidos por los procesos de cristalización fraccionada.

La diferenciación en Skaergaard de gabros, hacia ferrogabros y a granito, es considerada como una tendencia común de fraccionamiento del magma básico de los niveles altos de la corteza y las observaciones de los cambios en la composición de los elementos escasos, es considerada en su significación geoquímica.—LÓPEZ DE AZCONA.

R. L. MITCHELL: *The Trace Constituents of the Soil*. «Cong. Pure. App. Chem. (1947) Trans.». III, 157 a 64, 1951.

El estudio de los elementos contenidos en pequeñas proporciones en los suelos, debe relacionarse con el de las rocas ígneas y sedimentarias, plantas y animales, estos últimos unos por su crecimiento en el suelo y los otros por utilizar aquellas como alimento.

Desempeña un papel fundamental en el aspecto geoquímico la nutrición de plantas y animales, ya que la asimilación diferencial de elementos es afectada por la naturaleza de los suelos y especies de los seres. La mayor o menor cantidad de estos elementos acusados en las cenizas están en general íntimamente relacionados con el exceso o carencia de los mismos en los suelos.

Con este fin efectúa el autor un estudio del origen de estos elementos en los suelos, de su total y fácil solubilidad y el paso de ellos a las plantas.—LÓPEZ DE AZCONA.

MICROSCOPIA

P. BORDET: *Dispositif de Fortune pour l'examen en lumière polarisée convergente*. «Bull. Soc. Fr. Min. et Crist.», tomo LXXIV, números 7 a 12, páginas 498-504). París, 1952.

Describe el autor un dispositivo que permite la observación, con luz convergente, sin necesidad de un condensador y un objetivo de gran apertura numérica. Según él, puede utilizarse un sencillo microscopio o microscopio simplificado, con un objetivo $\times 7$ ó $\times 10$. Sobre la platina giratoria del microscopio se dispone o superpone una lámina de vidrio esmerilado por sus dos caras; la preparación y un porta-objetos de 1,25 mm. de espesor sobre el cual se pega una lente frontal de un objetivo fuerte:

semiesfera de 3 mm. de diámetro, aproximadamente. Debe tomarse la precaución de colocar la lámina a estudiar sobre el centro del campo. Se levanta el objetivo y se mira la semiesfera, que se coloca igualmente en medio del campo. Si se hace pasar ahora luz polarizada, se ve aparecer sobre esta la figura de luz convergente; si ahora se baja el objetivo, se obtienen una imagen muy aumentada. Se puede entonces retirar el ocular y observar de nuevo el fondo del tubo donde aparece la figura de interferencia, pero más pequeña y mejor definida. Con este procedimiento pueden observarse figuras de interferencia de secciones de algunas décimas de milímetro de diámetro.—M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

P. LAFFITE: *Mesure précise de la biréfringence d'une section de minéral dans une lame fine. Application à la détermination rapide des feldspates calcosodiques.* «Bull. Soc. Fr. Min. et Crist.», tomo LXXIV, números 7 a 9, páginas 495-305, tres figuras y dos tablas. París, 1952.

Según el autor, puede determinarse de modo muy preciso la birrefringencia de una sección de mineral con un compensador y un dispositivo que permita el examen con luz convergente.

La medida del ángulo de extinción y de la birrefringencia de una sola sección de la zona normal a (010) de una plagioclasa permite conocer su composición.

La determinación se hace con ayuda de un ábaco que figura en la tabla 1 del trabajo.

Analiza primero las condiciones de determinación de la birrefringencia; luego el cálculo del espesor y aplicación a la determinación de los feldspatos.

En el apartado II describe el ábaco de la tabla 1. En el apartado III hace un resumen de la marcha de la determinación. Inserta algunos ejemplos y termina con algunas observaciones.—M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

P. BORDET et G. NORMARKI: *Une nouvelle platine théodolite pour le microscope polarisant.* «Bull. Soc. Fr. Min. et Crist.», tomo LXXIV, números 7 a 12, páginas 480-492, 1 figura. París, 1925.

En esta breve nota presentan los autores una nueva platina universal para sustituir a la platina de Fedoroff, difícil hoy de adquirir por su elevado precio y por tener que adquirirla en el mercado extranjero. La nueva es sencilla y, por lo tanto, se reduce enormemente su coste, y tiene la ventaja de ser aplicable a cualquier estativo de microscopio polarizante. En el texto se incluye un dibujo sencillísimo de la nueva platina.

La preparación se coloca entre dos semiesferas de vidrio, de manera

que el objeto observado coincida con el centro de ellas. La rotación, en cualquier dirección que se desee, colocando la semiesfera inferior en una cubeta de vidrio semiesférica, en la que encaja exactamente, que le sirve de soporte. Un líquido (aceite de cedro o silicón) sirve a la vez de lubricante y de fijación de la semiesfera.

La rotación, según tres ejes rectangulares (N, H y C), de la platina de Fedoroff, se consigue por medio de un sencillo dispositivo accesorio consistente en un limbo vertical de 90°, metálico; centrado sobre la esfera, sobre el cual puede deslizarse el carro portador de la preparación (eje C). Este lleva, además, una pinza que puede girar alrededor de un radio de la esfera (eje H). La platina puede girar libremente en su plano (eje N).

La medida de los ángulos de rotación puede efectuarse de dos maneras diferentes; las rotaciones alrededor del eje N se leen directamente sobre el limbo de la platina, que está graduado. Las alrededor de los ejes H y C se deducen del desplazamiento sobre un micrómetro colocado en el ocular de un índice grabado en el interior de la semiesfera superior, a una distancia apropiada del centro de rotación. La posición de este índice en el campo indica inmediatamente la posición que debe ocupar el polo representativo en el *concas* de Wulff.

Como la semiesfera inferior y la cubeta de soporte forman un medio ópticamente homogéneo, se la puede utilizar como lente frontal de un condensador de inmersión. Basta, pues, utilizar un objetivo especial de gran distancia frontal y de gran apertura numérica para disponer de un aparato que permite la observación de secciones en luz convergente y según distintas direcciones.

Además, se presta muy bien a la determinación de plagioclasas por el método de máxima extinción en la zona normal a g; así como para anfíboles y piroxenos.—M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

NUCLEONICA

K. E. MARS: *A preliminary investigation of the relative abundance of the carbon isotopes in Swedish rocks.*—J. of Geol., LIX, 131-141, 1951.

La relación C^{12}/C^{13} es determinada por el autor en 18 ejemplares de grafito y 20 de caliza, todos ellos suecos, excepto uno. Estas investigaciones dan valores superiores para el grafito que para las calizas, lo que confirman los resultados obtenidos por otros investigadores. Este trabajo, con otras investigaciones que se puedan hacer, pueden aportar conocimientos interesantes para el establecimiento de las leyes que rigen la relación de C^{12}/C^{13} .—L. DE AZCONA.

FRANS E. WICKMAN y H. v. UBISCH: *Two notes on the isotopic constitution of carbon in minerals.*—Geoch. et Cosmoch. Acta, I, 119-122, 1951.

Se miden y discuten la relación C^{12}/C^{13} en dos clases de cristales de calcita y la matriz de una misma muestra. Esta relación también se determina para cuatro ejemplares de grafito y caliza que se presentan juntos. Los autores discuten la formación del grafito en conexión con la relación C^{12}/C^{13} .—L. DE AZCONA.

FRANS E. WICKMAN, R. v. BLIX y H. v. UBISCH: *On the variations in the relative abundance of the carbon isotopes in carbonate minerals.*—J. of Geol., LIX, 142-150, 1951.

Es medida por los autores la relación C^{12}/C^{13} de 45 ejemplares de once carbonatos minerales. Las relaciones para las dolomitas son todas debajo de 89, las relaciones para los carbonatos de la zona de oxidación de los minerales son superiores a 89 y las relaciones para los otros carbonatos minerales varían ampliamente. Discuten la distribución de la relación isotópica del carbono en conexión con la génesis de los minerales y los resultados que exponen están de acuerdo con las consideraciones teóricas.—L. DE AZCONA.

SAMUEL EPSTEIN, RALPH BUCHSBAUM, HEINZ LOWENSTAM y HAROLD C. UREY: *Carbonate-Water isotopic temperature scale.* «Bull. of Geol. Soc. of America», LXII, 417 a 426, 1951.

Determinan la relación entre la temperatura y el contenido relativo de O^{18} en el carbonato cálcico y las conchas marinas. Al determinar el contenido de O^{18} del agua donde crecen las conchas se puede deducir la temperatura con precisión de $\pm 1.0^\circ$. El contenido en O^{18} de las aguas marinas aumenta con la salinidad y la temperatura.—L. DE AZCONA.

RALPH. A. ALPHER y ROBERT C. HERMAN: *The Primeval Isotopic Abundances and the Age of the Earth's Crust.* «Phys. Rev.», LXXXIV.

A partir de las valoraciones isotópicas efectuadas por Nier en los plomos comunes, o sea los que no han tenido contaminaciones ni aportaciones después de su deposición como mineral fuera del magma, hemos deducido varios autores la edad de la tierra y de su corteza; aquella puede considerarse como el límite máximo de ésta. Los criterios seguidos en los cálculos son muy variados. La edad de los elementos está dada por la suma de la edad de la corteza y el tiempo transcurrido desde la for-

mación de los elementos hasta la constitución de la tierra como ente, si es despreciable el tiempo entre este momento y la formación de la corteza o de la atmósfera; o al menos sirve como índice de magnitud.

Supone que inicialmente el Pb^{206} era nulo, y deduce para tiempo necesario para su formación 5.300 m. a., valor concordante con el establecido anteriormente por nosotros. Asimismo deduce para $Pb^{207} = 1.7$. Para $Pb^{207} = 0$ llega a un valor negativo de Pb^{206} , lo que dice es inadmisibles y, por lo tanto, la edad debe ser la reseñada anteriormente. Consideramos que el autor no razona la causa de encontrar el valor negativo antes indicado, y por ello se limita a aceptar como edad máxima de formación de la tierra una que consideramos superior a la que hemos deducido de 4.600 m. a. para la formación de los átomos de uranio, y a la de 3.800 m. a., deducida por Behr para origen de los astros por la expansión estelar. Por esta razón, las curvas de evolución con el tiempo de $\frac{Pb^{206}}{Pb^{204}}$, $\frac{Pb^{207}}{Pb^{204}}$ y $\frac{Pb^{208}}{Pb^{204}}$ tienen una forma que puede ser se aparte de la que realmente debía tener.—L. DE AZCONA.

H. R. CRANE: *Dating of Relics by Radiocarbon Analysis.* «Nucleonics», IX, núm. 6, 16 a 23, diciembre de 1951.

En todo ser vivo se puede utilizar el radiocarbono como medio de valoración de la edad de sus residuos, por comparación de la actividad del C^{14} con la de otras dos muestras de edad conocida.

El primero que sugirió la utilización del C^{14} para medida de edades fué Lilly, y recientemente ha publicado en colaboración con Arnold las valoraciones de edades de más de 100 muestras.

En la atmósfera tiene lugar la reacción $N^{14} + n \rightarrow C^{14} + p$; este carbono producido se oxida rápidamente a CO_2 y pasa al mundo biológico, donde la concentración en C^{14} es del mismo orden que la de la atmósfera.

Al morir las plantas y animales cesa esta asimilación de carbono atmosférico, y si no están sus restos expuestos a la acción de los rayos cósmicos, cesa la producción de C^{14} . Se ve la posibilidad de considerar como índices de edades la relación N^{14}/C^{14} o la concentración en C^{14} .

El carbono de la atmósfera en toneladas es 8×10^{11} ; en los seres vivientes de los océanos, 1.7×10^{12} , y en los carbonatos de los océanos, 3.7×10^{13} . Por los cálculos del bombardeo neutrónico natural de la superficie terrestre, y suponiendo que todos originan C^{14} , la cantidad en equilibrio radiactivo sería de 80 toneladas, mientras que el contenido atmosférico de este nuclido sólo es de 0.95, lo que demuestra su rápida dilución en los seres vivos.

Al deducir en la medida de la radiactividad la debida a la radiactividad local y a la radiación cósmica se tiene la del C^{14} del ejemplar, que para el carbono contemporáneo es de 16.1 dpm/gm.

El autor da ejemplos de aplicación del método y valoraciones de los errores obtenidos.

Los aparatos y técnicas seguidas para la valoración del C^{14} son las mismas que se utilizan para otras aplicaciones.—L. DE AZCONA.

H. E. SUESS and H. BROWN: *I¹²⁹ and the Age of the Elements*. «Phys. News», LXXXIII, 1254 y 55, 15 de septiembre de 1951.

Se refiere a los valores dados por Katcoff, en la misma Revista y año, de 2.7×10^8 a. para la formación de todo el Xe^{129} a partir del I^{129} . Comenta el autor la anomalía considerada por algunos del exceso de Xe^{129} , y dice parece ser debido a un defecto del Xe^{128} y Xe^{130} que pasó a Te^{128} y Te^{130} . Opina que no hay motivo fundado para poder suponer que todo el Xe^{129} sea radiogénico; no obstante, y por comparaciones con el proceso $K^{40} \rightarrow A^{40}$, supone que el valor antes indicado debe incrementarse en un 50 por 100, por lo que fija su cifra en 4×10^8 a.—L. DE AZCONA.

A. H. JAFFEY, H. DIAMOND, A. HIRSCH and J. MECH: *Half-Life and Alpha. Partide energy of U²³⁶*.—«Phys. Rev.» LXXIV, 785 y 86, 15 de noviembre de 1951.

Miden la actividad específica alfa en varias muestras que contienen U^{236} por medio de cámaras de ionización y encuentran para el período 2.46×10^7 años y la energía 4.499 ± 0.004 Mev.—L. DE AZCONA.

R. W. PRINGLE, S. STANDIL, H. W. TAILOR and G. FRYER: *A Further study of the Natural Activity of Lanthanum*.—«Phys. Rev.» LXXXIV, 1066 y 1067, 1 de diciembre de 1951.

Parten de un estudio anterior que consideraba las relaciones isobáricas Ba^{138} - La^{138} - Ce^{138} . Efectúan los autores un estudio de la actividad con un espectrómetro de destello y llegan a la conclusión de que existen radiaciones γ de 1390 ± 30 Kev., 535 ± 15 Kev. y 807 ± 15 Kev., que están en la relación de 1 : 0.65 : 0.3, las cuales proceden del paso del La^{138} al Ba^{138} por cap. K o quizás por emisión β^+ ; asimismo señalan la posibilidad del paso del La^{138} al C^{138} por emisión β^- . En el estudio se fija el período del La^{138} como de 2.0×10^{11} a.—L. DE AZCONA.

RICHARD L. BURLING: *The age of the elements*.—«Phys. Rev.» LXXXIV 839 y 840, 15 de noviembre de 1951.

Dice existen en la literatura muchos cálculos de «edad de los elementos», entre los que incluye los nuestros, menores que el tiempo exigido por la hipótesis de Urry para la historia de la tierra. La mayor parte de los cálculos están inspirados en la suposición de que los núclidos de configuraciones radiogénicas tienen este origen en su totalidad, por lo que se llega a un límite superior más creceno menor de 5.000 m. a. para la formación de U^{238} y U^{235} . No obstante, algunos investigadores, como Opik, consideran este límite como máximo por haber cesado las reacciones de formación elemental, lo que a nuestro juicio debe admitirse con reservas, primero, por no haber cesado estas reacciones en muchos casos, y en segundo lugar, si hubieran cesado, el límite, en lugar de máximo, sería mínimo.

El autor considera los valores indicados como el límite superior del tiempo transcurrido desde que la corteza terrestre se aisló «isolatio», considerando como tal la separación de ésta de los agentes formadores de elementos, o bien la separación respecto del resto de la tierra mediante un proceso capaz de alterar las concentraciones relativas de los elementos radiactivos y radiogénicos. No estamos de acuerdo en que los autores que cita, entre ellos nosotros, opten por la primera de estas interpretaciones, o bien que consideren que el tiempo transcurrido entre estos dos fenómenos aislacionistas tenga un valor despreciable, y tampoco se debe admitir que la corteza tuviese inicialmente muy poco plomo, pues hemos demostrado que su relación respecto a la actual es aproximadamente 10/13.

Dice que como la concentración de uranio en la corteza es mucho mayor que en los meteoritos en general, el límite superior de la edad de la tierra o de los meteoritos sería mucho mayor; pero da la circunstancia de que nuestros cálculos, hechos a base de las variaciones en las relaciones isotópicas de los plomos, están alejados de esta causa de error.

Manifiesta que si el valor antes indicado de la edad de formación de los núclidos de uranio es suficiente para cubrir los 3.000 m. a. que requiere la «escala corta» para cubrir el lapso de tiempo de la recesión de la nebulosa, no lo es para la hipótesis de Urry de acreción de la tierra, calentamiento radiactivo, fusión con separación de capas y enfriamiento posterior, por exigir este ciclo 7.000 m. a.

En contradicción matemática con esto, sostiene que el valor de Katcoff de 3.600 m. a. no está en desacuerdo con la hipótesis de Urry, por haber considerado 300 m. a. como tiempo necesario entre la formación de los elementos y los 3.350 m. a. que da Holmes para edad del sial o tiempo anterior a la fusión y formación de capas de la hipótesis de Urry.—L. DE AZCONA.

PALEONTOLOGIA

SUZANNE LECLERCK: *Etude morphologique et anatomique d'une fougère du Devonien supérieur. Le Rhacophyton zygopteroides, nov. sp.* «Annales de la Société Géologique de Belgique», t. IX, Liège, 1951.

Interesante trabajo que reúne una serie de observaciones y estudios histológicos sobre dicho helecho. Tras una breve introducción, resumen de lo que aquél va a ser, hace una sucinta descripción del yacimiento, para comenzar la Memoria propiamente dicha en su primera parte, por un resumen histórico del género *Rhacophyton* y dedicarse al estudio morfológico del mismo en todos sus órganos: tallo, frondes vegetativas, pinnulas, frondes fértiles, esporangios y raíces, del cual, sin embargo, permanecen aún desconocidas las dos extremidades basal y apical. Sin embargo, su autora reconstruye inteligentemente el conjunto vegetativo y lo esquematiza en una de las láminas que ilustran el texto.

Tras esto, realiza una minuciosa comparación con las especies del género: *Rh. condrusorum*, Crépin, *Rh. incertum* (Dawson), R. Kräusel et H. Weyland, y *Rh. gracilis* (Schmalhausen), R. Kräusel et H. Weyland, que son las tres especies que hasta ahora agrupaba, y con el *Cephalopteris mirabilis*, Nathorst, que a veces ha sido comparada con el *Rh. condrusorum*, Crépin. Termina finalmente con la diagnosis del género.

La segunda parte de su Memoria está dedicada al estudio anatómico de los órganos hecho por reflexión en sección pulimentada, ya que el hidróxido de hierro que los impregna, debido a la presencia de residuos orgánicos, es en este caso opaco, haciendo necesario tal procedimiento; los datos expuestos por su autora son el fruto de observaciones estudiadas sobre un centenar de secciones hechas en dichos órganos, y la han permitido establecer una serie de hechos conducentes a la diagnosis del *Rhacophyton zygopteroides*, nov. sp. propio del Devoniano superior (Fa 2 c), subdivisión del Famaniense superior.

Tras algunas comparaciones con géneros que poseen semejante traza foliar, inicia su tercera y última parte con consideraciones de carácter general y sobre la facies y extensión geográfica, siendo digno de señalar que en el yacimiento estudiado, en las «Carrières du Hoyoux», a 1,5 Km. al Sur de Pont de Bonne en la ruta que conduce a Huy en la provincia de Lieja, es característica la exclusividad de la especie, a excepción hecha de dos espigas de *Eviostachya Hoegi*, F. Stockmans, lo cual demuestra la existencia de una «estación botánica pura», hecho muy raro en Paleobotánica.

El último apartado de esta parte está exclusivamente dedicado a la exposición de los principales resultados obtenidos de tan brillante estudio.

Numerosa bibliografía y 12 magníficas láminas avalan aun más este trabajo.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

ELIANE BASSE et MONIQUE PERRODON: *Macrocephalites du Sud-Ouest de Madagascar Macrocephalitidae, Eucycloceratidae, Mayaitidae, récoltes de la mission E. Basse 1930-31.* «Mémoires Société Géologique de France», Nouv. Ser., t. XXX, fasc. 3-4, Mem. n.º 65, Paris 1951 (janvier 1952).

Se trata del primer estudio paleontológico relativo al Jurásico de la zona, comprendiendo el de los Macrocefalíticos que en ella han sido recogidos. Los niveles estudiados son: 1.º Las capas con *Macrocephalus* y las rehmanni beds. 2.º La Dhosa oolite, renunciando a la terminología europea de pisos (batoniense, calloviense, oxfordiense, lusitaniense, kimmeridgense), con el fin de facilitar la comparación sobre todo en el área indo-malasio, a lo cual obedece la preferencia de su autora por la denominación india.

Los Macrocefalites estudiados pertenecen a tres familias: Macrocephalitidae, Eucycloceratidae, Mayaitidae, comprendiendo entre todos un total de 300 ejemplares, de los cuales más de la mitad pertenecen a la primera.

El estudio estratigráfico completo y minucioso lo lleva a cabo su autora con unas consideraciones sobre las escalas estratigráficas usadas, dada la confusión existente, deteniéndose en el problema de las «capas con *Macrocephalus*» que por su interés definen una edad: el macrocefalitano, según Spath, que considera como calloviense inferior en el comienzo de su Memoria y termina al final de la misma colocándolas en el batoniense superior.

El estudio estratigráfico comparativo conduce a considerar dividido el conjunto de las capas con *Macrocephalites* en tres niveles: el inferior, con *M. triangularis*; el medio, a su vez dividido en dos, con *Kamptokephalites herveyi*, y el superior, con *Pleurocephalites tumidus*, correspondientes todos al batoniense: al superior los dos primeros niveles, y al inferior el último.

El problema de la concordancia paleontológica y litológica fué ya intentado resolver por W. J. Arkell, que proponía una moción consagrando el antiguo uso que coloca la zona de *Macrocephalus*, por consiguiente el Cornbrash superior, en el calloviense, dejando en el batoniense el resto del Cornbrash. De acuerdo con todo lo expuesto, la autora resume el estado actual de la cuestión de la siguiente forma:

Arkell	Zozas standard del N. W. de Europa	Spath (India)
Calloviense.	S Quenstedticeras lamberti.....	Divesiense
	Peltoceras athleta.....	
	M Erimnoceras coronatum.....	S anceps...)
	Kosmoceras jason.....	
	Sigaloceras calloviense.....	
I Prophanulites koenigi.....	I rehmanni.	
Batonense... S	Macrocephalites macrocephalus..	S Batoniense sup.
	Clydoniceras discus.....	

Dedica otro capítulo a la historia muy detallada de las investigaciones concernientes a los Macrocefalítidos y los Mayaitidos, desde que el primer *Macrocephalites* fué citado por vez primera por M. Bourget en 1742 hasta el momento actual, y a continuación inicia el estudio sistemático de la superfamilia Stephanoceratidos, con las familias siguientes: Macrocefalítidos (géneros *Macrocephalites*, *Indocephalites*, *Pleurocephalites*, *Kamptokephalites* y *Dolikephalites*), Eucyclocerátidos (géneros *Notocephalites*, *Eucycloceras*, *Subkossmatia* e *Idiocycloceras*), Mayaitidos (géneros *Mayaites*, *Epiyamaites*, *Dhosaites*, *Paryphoceras* y *Prograyiceras*).

De todos los géneros, al igual que de las especies, se hace la descripción y se da su repartición geográfica y estratigráfica; en aquélla se dan las medidas de los ejemplares, así como el número de costillas. En algunos se hacen observaciones relativas a la sinonimia.

Se dedica un capítulo a los yacimientos de Macrocefalítidos de la región, en el que se relacionan las numerosas especies recogidas en las diferentes localidades estudiadas, y otro en el que se indica la distribución estratigráfica de dichas especies, que parece confirmar que Macrocefalítidos y Mayaitidos son dos subfamilias o incluso dos familias distintas, y la distribución mundial de géneros y especies.

Concluye el trabajo con unas consideraciones filogenéticas sobre el origen de Macrocefalítidos y Mayaitidos y de los fenómenos de homomorfismo que en ellos se observan.

Acompañan a este trabajo siete magníficas láminas con las fotografías de las especies a que se hace relación en el texto.—JOSEFA MENÉNDEZ AMOR.

PETROGRAFIA

ANNA HIETANEN: *Rocas metamórficas e ígneas de la región de Merrimac Bosque Nacional de Plumas de California.* («Bull. of the Geol. Soc. of Amer.», 62:565-608, junio de 1951.)

En una región al norte de Sierra Nevada las rocas pregraníticas se componen de series sedimentarias metamorfoseadas y volcánicas con edad desde el carbonífero al jurásico. Estas rocas están cortadas en forma concordante y discordante por intrusiones.

Las series magmáticas varían desde el basalto hasta la dacita, y entre las metavolcánicas aparece la riolita alcalina con las series normales de riolita de basalto. Las intrusivas más modernas (series de Sierra Nevada) varían desde gabros a granodioritas y granitos, que muestran gran semejanza química con las series metavolcánicas.

Las rocas pregraníticas se plegaron y metamorfosearon a esquistos verdes y facies epidota-anfibolita con anterioridad al emplazamiento de batolitos de granodiorita y granito. El último contacto metamórfico afectó las regiones próximas a los contactos de las intrusiones batolíticas, produciendo la cristalización de minerales tales como el granate, piroxeno, epidota y andaluzita.

Las rocas plutónicas obtuvieron el espacio necesario empujando hacia un lado las rocas del país, y parcialmente, por digestión y asimilación.—L. A.

INDICE

	PÁGS.
El empleo del tanino en el análisis químico de los minerales, por L. L. COLIN	3
La determinación de uranio y torio por el método de Coppens, por EUGENIO TORRE ENCISO	23
Algunas notas referentes a las minas del Estado neerlandés, por ALFONSO DE ALVARADO	51
El magnetómetro aerotransportado, por JOAQUÍN BORREGO GON- ZÁLEZ	77
Sobre el origen de la dolomita triásica del Puerto de Velate (Na- varra). por JOAQUÍN GÓMEZ DE LLARENA	89
Sobre la constitución geológica del anticlinal mesozoico de Cuevas de San Clemente (Burgos), por MAXIMINO SAN MIGUEL DE LA CÁMARA	109
La producción de abonos fosfóricos sin el empleo de ácido sulfú- rico, por FEODOR GOLDIS	135
Estudio de la diáspora con coridón y andalucita de Goyán (Pon- tevedra), por ISIDRO PARCA PONDAL y GABRIEL MARTÍN CAR- DOSO	161
Memoria descriptiva de la Hoja núm. 1.033. Palacio de Doñana, por JUAN GAVALA	169
Noticias	179
Notas informativas	187
Notas bibliográficas	213
Cosmoquímica	215
Geofísica	216
Geografía física	217
Geología	219
Geoquímica	228
Microscopia	231
Nucleónica	233
Paleontología	238
Petrografía	241