

L/16-1-1

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

NÚMERO 17



MADRID
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 106

1947

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.

**FAUNA CARBONIFERA DE VILLABLINO
(LEON)**

POR

PRIMITIVO Y ALEJANDRO H. SAMPELAYO

PRIMITIVO Y ALEJANDRO H. SAMPELAYO

FAUNA CARBONIFERA DE VILLABLINO (LEÓN)

En los estudios que realizamos sobre el carbonífero de la provincia de León dedicamos especial atención a la busca de niveles de fauna que nos suministren argumentos paleontológicos, imprescindibles no sólo para la determinación de la edad carbonífera, sino en empeño más ambicioso de estratigrafía al detalle, para sincronizar paquetes y capas de carbón. Nuestra creencia de que en las cuencas occidentales de León, donde la flora abunda extraordinariamente, debería encontrarse fauna ha sido confirmada, y en varias excursiones por Villablino hemos tenido la fortuna de descubrir tres interesantes yacimientos de fósiles marinos y limnicos. Por establecer cronológicamente el primer hallazgo de fauna carbonífera en esta zona, indicaremos que lo efectuamos en octubre de 1945, en el arroyo de San Miguel y sobre la escombrera de la capa "Gallinera". En recorridos posteriores, principalmente durante el verano de 1946, recogimos más ejemplares en "Gallinera" y señalamos los niveles fosilíferos de la capa 5.^a de Orallo y de la 5.^a de Villaseca, que, como se verá más adelante, nos proporcionaron abundante material.

En las notas que siguen presentamos los datos reunidos en forma escueta, sin buscar conclusiones concretas y rehuyendo la articulación que sería obligada en un trabajo completo. Nuestro propósito, por ahora, se reduce a ir colocando jalones o puntos de apoyo para marcarnos un camino. Más ade-

lante, cuando consideremos suficientes las observaciones efectuadas desde el punto de vista paleontológico y estratigráfico, estimaremos llegado el momento de acoplar todas nuestras notas en busca de soluciones hacia los problemas geológicos del carbonífero de Villablino. Para alcanzar este final, sin embargo, nos será preciso contar con el concurso de los verdaderos conocedores de la cuenca minera. Apreciándolo así, hemos solicitado, para momento oportuno, la colaboración de nuestro querido amigo y compañero D. Marcelo Jorissen, que durante muchos años, y en labor tan inteligente como tenaz, ha dirigido la marcha de las explotaciones de Minero-Siderúrgica de Ponferrada, reuniendo en su magnífica gestión un cúmulo de interesantísimos datos, imprescindibles en el estudio de la cuenca de Villablino. El Sr. Jorissen ha accedido a nuestra petición y, aparte de la satisfacción personal que ello nos produce, estamos seguros de que con su ayuda podremos dar cima a nuestro propósito.

Al interés geológico de la zona se unen la majestuosidad de un paisaje de montaña difícil de ponderar y la espléndida hospitalidad de los habitantes de Lacedana, en conjunto de circunstancias que han ganado por completo nuestro afecto hacia el hermoso valle leonés.

Agradecemos a la Sociedad Minero-Siderúrgica, a su Director, Sr. Jorissen, y a todos los compañeros destacados a pie de mina, especialmente al Sr. Caunedo, sus facilidades y atenciones, que nos han permitido recorrer libremente el coto minero en múltiples excursiones, recibiendo siempre ayuda moral y material que ha simplificado considerablemente nuestro trabajo.

BORDES DE LA CUENCA

Agruparemos bajo este epígrafe no sólo las observaciones que se refieren a los contactos del carbonífero con los terrenos más antiguos sobre los que se apoya, sino las que se refieran exclusivamente al paleozoico viejo que rodea por todas partes la cuenca y cuya comprensión es fundamental en la tectónica del antracolítico.

En el límite NE. de la mancha carbonífera de Villablino se presenta una interesante sucesión de cambriano (?) -siluriano-devoniano que hemos recorrido con atención, recogiendo fósiles en casi todos los niveles. Nos faltan datos para dibujar el corte exacto; pero podemos aclarar muchas de las dudas planteadas hasta la fecha.

Nos referiremos a un recorrido que, arrancando del pico Muxiven, pasa por el pueblo de Lumajo y termina en las alturas que dominan este pueblo por el E.

Antes de llegar a Lumajo por el S., en la misma carretera y colocados, aparentemente, bajo la cuarcita de Muxiven, aparecen unos paquetes de pizarrillas verdosas, finas y untuosas al tacto, que no nos han proporcionado fósiles. Provisionalmente las atribuimos al acadiense, por su posición y por su semejanza con niveles determinados paleontológicamente en otros lugares del NO. de España.

La cuarcita de Muxiven, espléndida en su violenta presentación, marca un accidente topográfico del máximo relieve con sus escarpes almenados, a los que siguen torronteras enormes, por la longitud y por el tamaño de los bloques que la constituyen, que han llegado, en su lento rodar, hasta las márgenes del arroyo de Lumajo. En esta cuarcita (falda E. del Muxiven)

hemos encontrado *scolithus* perforantes y plexos de *cruzianas*. Se trata, sin duda, de la base del siluriano. Opinamos, en supuesto pendiente de confirmación, que la corrida de Muxiven es la misma que aparece en la carretera de subida al puerto de Piedrafito, a pocos kilómetros de Villaseca, y en tal caso la afirmación del ordoviciense tendría un apoyo más, puesto que en dicho punto hemos encontrado buenas placas de *cruzianas* completas.

Sobre las cuarcitas, y en discordancia con ellas, se presentan, en la margen derecha del arroyo Lumajo, unas hiladas de pizarras suaves, de color vinoso, enormemente fracturadas y descompuestas. En ellas pudimos recoger dos *tentaculites* y bastantes *beirichias*. Atribuimos al siluriano superior esta pequeña mancha de pizarras, de difusa presentación por su escaso relieve.

En la margen izquierda del mismo arroyo, un poco al N. del pueblo de Lumajo y exactamente a la altura del supuesto siluriano superior, aparecen unas pizarras compactas, aunque sin crestones vivos, de color rojizo y fáciles a la exfoliación. Están alternantes, en niveles delgados, con estrechos bancos de caliza gris-blanquecina o azulada, visible a distancia por su escarpado en forma de sierra, puesto en evidencia por el desmoronamiento de las intercalaciones pizarreñas. En estos horizontes alternantes hay una enorme profusión de fósiles, especialmente en las calizas, donde en grandes placas se presentan ejemplares magníficamente conservados. También entre las pizarras, el material recogido permite una fácil y precisa clasificación. Entre otros muchos pendientes de estudio, adelantamos la existencia de *Rhynchonella cuboides*, *Spirifer arduennensis*, *Hardocrinus hispanicus*, etc. Nos encontramos en la parte alta del devoniano inferior, desde las capas más bajas del renano hasta el cobleciense superior.

Este devoniano, atrayente por la cantidad de restos fósiles,

debe quedar rematado, hacia arriba, por algún asomo de eife-liense y mármol griota, que no tenemos bien localizado, pero al que indudablemente corresponden las tablas de caliza rosada que hemos visto, cuajadas de restos, en el mismo pueblo de Lumajo.

Hacia el E., y formando, en rama opuesta al Muxiven, la otra ladera entre las que discurre el arroyo de Lumajo, se inicia una pendiente que tras un escalón, o descanso, fácilmente apreciable, se empina hasta llegar a las fuertes alturas que dominan por este lado al pueblo.

Toda la subida es de cuarcita; pero hay que hacer notar, y esta circunstancia ha debido de dar lugar a bastantes confusiones, que la primera parte, es decir, la cuarcita en contacto con los niveles calizos, corresponde al devoniano, mientras que la segunda o más alta, cuya separación de la anterior se establece en el pequeño accidente orográfico señalado, es cuarcita ordoviciense, igual a la de Muxiven.

La cuarcita devoniana es fuerte y compacta, pero tiene oquedades transversales muy significativas como indicio de finos lechos fosilíferos. Utilizándolas como línea de fractura, suelen proporcionar ejemplares. Así nos ocurrió con la cuarcita a que nos referimos, en la que encontramos gran cantidad de *crinoides*. Atribuimos este nivel a la parte baja del devoniano, y a manera de pequeña confirmación señalamos la existencia de un asomo ferruginoso de escasa importancia. Este tramo devoniano de cuarcita, relativamente frecuente a lo largo de la Cordillera Cantábrica, se ha tomado durante mucho tiempo por siluriano inferior. Poco a poco se va aclarando su verdadera posición estratigráfica. Este es nuestro tercer hallazgo de fósiles devonianos en dicha roca. Los dos primeros corresponden a las zonas de Boñar y Cervera del río Pisuegra y fueron, en ambos casos, *spirifer*.

Por último, al E., y dominando al devoniano, surge de

nuevo la cuarcita armoricana, con su inconfundible personalidad. En ella hemos recogido *scolithus*.

Con los datos anteriores queda por establecer el corte geológico de este borde de la cuenca, corte que no incluimos ahora por el deseo de aclarar antes la verdadera posición relativa de los distintos niveles devonianos.

CARBONIFERO

En líneas generales, y en una apreciación simple, que nos basta de momento, podemos considerar la cuenca de Villablino como orientada de E. a O. (unos 25 kilómetros) y con sus estratos buzando al S. hasta el eje del valle, donde se colocan casi horizontales (fondo del sinclinal) para tomar un fuerte buzamiento N. en la falla que limita la cuenca por el Sur.

Las aguas, al correr desde las grandes alturas del N. hacia el S. en trabajo normal, han cortado perpendicularmente a los estratos, formando múltiples barrancos, que por la denudación producida en el carbonífero han proporcionado buenos puntos de ataque para explotar las capas de carbón, en niveles de aguas arriba, por galerías en dirección.

Cada arroyo o barranco constituye, por tanto, un corte del hullero, y en la mayor parte de ellos, al menos en los importantes, la Sociedad M. S. P. ha establecido un grupo de explotación. Nuestros recorridos, hasta la fecha, se han limitado a efectuar por los valles cortes geológicos dirección S.-N., especialmente en los arroyos Orallo, San Miguel y Villaseca (citados de O. a E.). En cada uno de ellos hemos encontrado un yacimiento de fósiles sobre las capas denominadas 5.^a de Orallo, "Gallinera" (San Miguel) y 5.^a de Villaseca.

Las ya largas labores subterráneas y las observaciones repetidas de determinados accidentes han permitido a los explotadores establecer una escala estratigráfica local y una sincronización muy acertada de paquetes y capas de carbón en la mayor parte de su coto minero. No hay que olvidar, sin embargo, que en todos los casos en que no han llegado con las propias galerías a demostrar la igualdad de niveles, los apoyos de las hipótesis establecidas son exclusivamente litológicos, ya que la flora, por su abundancia y amplia distribución vertical, apenas es un dato a tener en cuenta. Así, pues, a calidades de carbón, número de capas de cada paquete, presencia de horizontes de pudingas fuertes y clase de hastiales, se refieren los datos para identificar unas capas con otras en los distintos grupos que no están comunicados interiormente.

El trabajo es más inseguro y penoso por la monotonía petrográfica de la zona, pizarras y areniscas alternantes, ningún nivel de caliza carbonera y pocos horizontes de pudingas, que en muchas ocasiones pasan, en tránsito suave, a areniscas de grano más o menos grueso.

Los niveles de fauna adquieren, por tanto, gran valor, si de ellos se pueden obtener consecuencias. El de la 5.^a de Orallo y el de "Gallinera" son idénticos. Los fósiles no dejan lugar a duda; pero, además, en este caso, las labores de explotación, al llegar de Orallo al valle de San Miguel, ya habían demostrado que se trataba de la misma capa, aunque afectada en su final por una curiosa falla o trastorno. El caso de la 5.^a de Villaseca, muchos kilómetros al E. de las anteriores, es distinto, ya que hasta el día carecemos de datos firmes, y una difícil falla (Sosas) aísla los grupos del E. del resto de la cuenca.

Al final, y después de describir los ejemplares encontrados, volveremos sobre el tema tratado en el párrafo anterior

y daremos alguna orientación sobre la edad de la cuenca, problema difícil de resolver apoyándose sólo en la flora fósil.

Característica de los horizontes fosilíferos.—Generalmente, y nuestros casos no constituyen excepción, el muro de las capas suele ser detrítico y arenoso, mientras el techo es más rico en restos vegetales y de fauna. Los tres niveles de Villablino están al techo de una capa de carbón, y en dos de los casos (Orallo y "Gallinera") en forma tan típica, que podemos denominarlos "techos de pizarras de plantas" (Pruvost).

Llegando a los horizontes fosilíferos, difíciles de encontrar, sorprende ver las láminas de pizarras algo ferruginosas, con hidróxido férrico de tono cálido, como derivado de pirita alterada, colmadas de diminutos lamelibranquios en abundante conjunto, que recuerda los depósitos de fauna limnica, enlazadas con restos vegetales (*Annularia longifolia*, *Sphenophyllum*). Llama la atención el hecho de que, en cuanto se principia un análisis de la fauna, se comprueba que, junto a facies marinas hasta con *nautiloides* (*Temnocheilus*), unidos a braquiópodos y pelecípodos taxodontes, se ven facies litorales marinas (*Lingulas*) que pasan paulatinamente a otras continentales, de agua salobre o dulce (*Anthracomya*, *Naiadites*, *Carbonicola*), de tipo característico. En cuanto a los vegetales, según su conservación, entendemos que son autóctonos o muy arrastrados, es decir, que los restos de la flora se encuentran mezclados con los fósiles marinos, en facies que claramente demuestra el origen de arrastre (cordón litoral) de los niveles encontrados.

Desde luego no es fácil de explicar la ocurrencia, bastante repetida en las cuencas hulleras, de encontrarse unidos fósiles marinos con otros que por hoy se consideran acuidúcidos o, al menos, salobres. Por citar un ejemplo clásico, entre los muchos conocidos, nos referimos a la capa llamada por Pru-

vost "Horizonte carnaval", que desde la cuenca N. de Francia continúa al Limburgo holandés con crustáceos, ostrácodos, *Anthracomya*, *Naiadites*, *Carbonicola* y plantas, conjunto que sólo un arrastre, desde un mar oscilante y próximo, podría justificar.

En resumen: suponemos, con el geólogo belga Delépine, que los goniatites de las capas de carbón se deben considerar como batiales y alóctonos, mientras que el maestro Barrois los suponía litorales autóctonos y adaptados al medio por minuciosa y lenta evolución. Lo evidente es que estos delgados y complejos depósitos se extienden, de modo bastante uniforme, por las cuencas inglesas, francobelgas y holandesas; es decir, que los depósitos más profundos que podrían alojar los organismos de mar abierto han sido aislados y desconectados del conjunto por los movimientos orogénicos y las posteriores denudaciones.

Quizá esta hipótesis queda robustecida por las observaciones del geólogo Stainier, que ha estudiado detenidamente los niveles de fauna intercalados entre las capas hulleras de Charleroi y Lieja; una de sus afirmaciones es que "el número de horizontes de fauna marina va disminuyendo desde la base del westfaliense-muscoviense (llamando así a la facies marina de la formación) hasta el vértice, en el cual llegan a faltar".

Depósitos límnicos.—Son tan escasos en el carbonífero español que, puesto que hemos tenido la fortuna de encontrarlos en Villablino, creemos interesante adelantar unas ideas de carácter general antes de entrar en el estudio de nuestros fósiles.

Las primeras observaciones acerca de los géneros terrígenos se supone que datan de 1830; pero su importancia ha sido consecuencia de los estudios de Stainer (1890) y Hind (1894-1912).

Los moluscos que nos interesan son lamelibranquios límnicos referidos a tres géneros (1912): *Carbonicola*, *Anthracomya* y *Naiadites*, parecidos, según las sencillas descripcio-

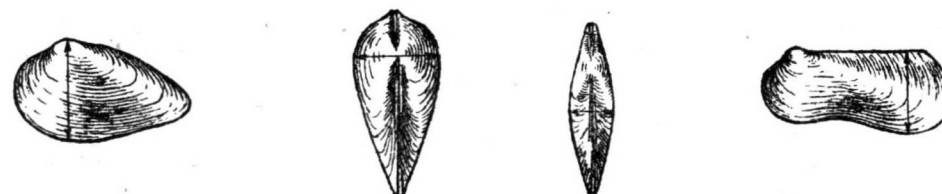
nes de Pruvost, a las formas más comunes acuidulces actuales. Los *Carbonicolas* y *Anthracomyas* se asemejan a los *Cardinidos*, mientras que los *Naiadites* se podrían agrupar con los *Mytilidos*, animales que viven en grupos fijos a cuerpos extraños por un (*bysuss*) biso o haz de filamentos segregados por su pie.

Es tan sencilla la clave dicotómica propuesta por Pruvost para diferenciar los tres géneros *dominantemente* de agua dulce que no resistimos a nuestro deseo de divulgarla en beneficio de una primera buena orientación para los que hayan de examinar estos moluscos, difíciles por su presentación semejante hasta la monotonía y por la posibilidad de confundirlos con los salobres que a ellos se mezclan.

CUADRO DE LOS CARACTERES DIFERENCIALES DE LOS LAMELIBRANQUIOS NO MARINOS DEL TERRENO HULLERO

CARBONÍCOLA <i>Mac Coy</i>	ANTHRACOMYA <i>(Salter) Pruvost</i>	NAIADITES <i>Daeson</i>	ANTHRACONAUTA <i>Pruvost</i>
1.º Forma de las valvas, derivada de un triángulo alargado transversalmente.	1.º Forma de las valvas, derivada de un trapecio alargado transversalmente.	1.º Forma de las valvas, derivada de un triángulo rectángulo o de un rombo des-arrollado oblicuamente de arriba abajo.	1.º Forma de las valvas, derivada de una elipse.
2.º Corchete sub-central.	2.º Corchete anterior.	2.º Corchete terminal.	2.º Corchete poco anterior.
3.º Línea cardinal corta.	3.º Línea cardinal muy larga.	3.º Línea cardinal de longitud media.	3.º Línea cardinal corta.
4.º Máximo de espesor y de altura en la región del corchete.	4.º Máximo de espesor y de altura por detrás del corchete.	4.º Concha frecuentemente deprimida.	4.º Concha dilatada y aplastada posteriormente.
5.º Eventualmente surco y carena, yendo del corchete al ángulo postero-ventral.	5.º Siempre surco y carena, yendo del corchete al borde ventral.	5.º Carena, yendo del corchete al borde ventral, muy acusada y encorvada antes, cerca del corchete.	5.º Carena menos visible, rectilínea.
6.º Región anterior larga, de borde redondeado.	6.º Región anterior estrecha, de borde redondeado.	6.º Región anterior muy reducida, de borde ensanchado.	6.º Región anterior menos reducida, de borde débilmente redondeado.
7.º Superficie de concha fibrosa.	7.º Superficie de concha arrugada.	7.º Superficie de concha estriada.	7.º Superficie de concha plisada.

Lamelibranquios no marinos del terreno hullero



Carbonicola acuta Sowerby
Valva izquierda y aspecto cardinal

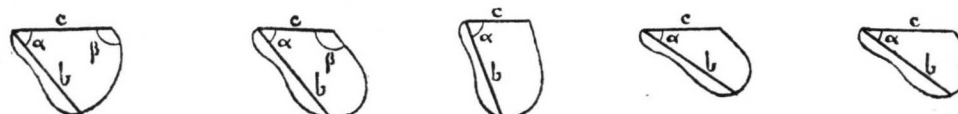
Anthracomya Williamsoni Brown
Aspecto cardinal y valva izquierda



Naiadites carinata Sowerby
Valva izquierda y aspecto cardinal

Anthraconauta phillipsii (Williams)

Clave de los Naiadites westfalienses



N. modiolaris. Sow.

N. carinata. Sow.

N. quadrata. Sow.

N. elongata. Hind.

N. triangularis. Sow.



No hay que olvidar que las especies límnicas, muy afectadas por el medio y hasta por el pequeño estuario o rincón local de su "habitat", ofrecen tránsitos que a veces parecen evolutivos, pero que sólo están fundamentados en las constantes de convivencia y lugar recogido.

Definición de los géneros encontrados.—Para que sirva de orientación antes de entrar en el examen de láminas, relacionamos y definimos a continuación gran parte de los ejemplares recogidos, la mayoría de los cuales han sido representados gráficamente.

Fauna límnic

Género de Salter (*Anthracomya*) enmendado por Pruvost (*Antraconauta*)

Adoptamos el cuadro clave de Pruvost (1934) ampliando a género la *Anthracomya naiaditiforme*, con el nombre de *Antraconauta*. Según estas ideas, las *Antracomyas*: *phillipsii*, *minima*, *lævis*, etc., de este tipo, deben pasar al género *Antraconauta*.

Anthracomya modiolaris (Sowerby).—Concha de forma alargada trapezoidal, más alta por detrás que por delante, muy gruesa. Corchetes anteriores. Valvas con una depresión ancha que va del corchete al borde ventral delantero, así como una quilla siguiendo esa depresión; borde posterior formando ángulo obtuso con la línea cardinal.

Anthracomya minima (Ludwig).— Individuos pequeños muy agregados, conchas delgadas o aplastadas. Superficie de arrugas muy finas. Contorno parecido al *Naiadites*. Corchetes muy anteriores.

Anthracomya Phillipsii (Williamson).— Concha alargada transversalmente a la línea cardinal, que es corta. Cresta en la dirección mayor, semejante a la *Anthracomya naiaditiforme*; lo que ha dado lugar a proponer el género *Antraconauta*.

Familia de los *Mytilidos*

En esta familia, caracterizada por su concha equivalva, sin aletas, muy inequilateral, ligeramente inflada y provista de biso, se sorprenden los dos géneros: *Modiola* y *Lithodomus*.

Las *Modiolas* se separan del tipo *Mytilus* por sus corchetes no terminales, su pequeña charnela sin dientes y la forma ancha y redondeada del borde anterior; las dos especies que damos como encontradas son la *M. emaciata* y la *M. lata*.

En el género *Lithodomus* (Cuv).—La concha, subcilíndrica, alargada transversalmente, de corchete poco diferenciado y casi terminal; región anterior redondeada, charnela bastante corta, casi paralela al borde ventral. La superficie, lisa o rizada por zonas de crecimiento.

De las dos especies citadas, *L. lingualis* (Phillips) y *L. carbonarius* (Hind), esta última tiene el borde ventral y la charnela casi rectos, uniéndose en ángulo obtuso al borde posterior. Corchetes pequeños y anteriores, valva convexa por delante, aplastándose hacia atrás, y superficie con pliegues concéntricos poco regulares y paralelos al contorno, que es bonito en todos los ejemplares.

Naiadites modiolaris (Sowerby).—Contorno que recuerda un triángulo con el ángulo recto postero-dorsal; la quilla y la línea cardinal, casi iguales. Parte superior, aliforme.

Naiadites carinata (Sowerby).—Más oblicua que la *modiolaris*.

Fauna salobre y marina

Lingula squamiformis (Phillips).—Algo alargada, pero rectangular; bordes laterales paralelos y el frontal casi recto. Estrías concéntricas irregularmente levantadas, dando una apariencia escamosa a la superficie de las valvas.

Lingula mytilloides (Sowerby).—Talla pequeña. Longitud, una y media veces la anchura; contorno oval, casi elíptico. Ornamentación por estrías concéntricas poco numerosas y poco regulares, sin líneas radiales.

El género *Posidonomya* se caracteriza por los muchos pliegues concéntricos, con perfil de triángulo casi equilátero, en original escultura sobre una concha delgada y plana, de charnela recta y corchete subcentral escasamente visible. La especie *P. aff. Wapanuckensis* (Girty) es pequeña, de contorno variable, poco alargada transversalmente y sin costillas longitudinales. Borde anterior bastante rectilíneo, y el posterior, convexo. Las costillas de crecimiento, concéntricas y redondeadas, son irregulares en número y forma.

Posidoniella gr. — Concha oblicuamente oval, acuminada, algo entreabierta por detrás, pequeña y plana; corchete agudo y visible, costillas suaves concéntricas.

Posidoniella lævis (Brown).—Charnela corta y recta, formando un ángulo casi recto con el borde anterior y otro muy obtuso con el posterior. Valvas casi lisas algunas veces, pero casi siempre cubiertas de pliegues concéntricos y líneas de crecimiento.

Posidoniella multirugata (Jackson). — Algo aviculiforme, muy oblicua; charnela corta, recta. Extremidad anterior algo auriculada. Costillas concéntricas, numerosas, apretadas y es-

paciándose más al aumentar o crecer la concha. Intervalos poco profundos.

Es obligado citar, aunque no lo describamos en espera de mejores ejemplares, el hallazgo de un *Nautiloide*, que clasificamos como *Temnocheilus*.

De vertebrados sólo nos ha parecido ver algunas escamas en ejemplares que, lo mismo que el *Nautilido*, han sido recogidos en el arroyo San Miguel, al S. de "Gallinera".

Descripción de láminas.—Relación entre los tres yacimientos fosilíferos.—En dibujo directo y en fotografía, ampliados siempre de dos a cuatro veces, hemos representado unas 40 conchas de faunas salobres y algunos ejemplares límnicos; contando, además, dos fotos de conjunto, serán de 50 a 60 los ejemplares figurados, todos pequeños (1,5 a 3 milímetros en dimensiones menores, y ocho a nueve milímetros, en las mayores), alargados y acuminados, como regla general, de conchas no demasiado delgadas y siempre más o menos gregarias, a veces en agrupaciones muy numerosas.

El tipo dominante tiene corchete agudo, estrías redondeadas, bastante concéntricas y bien marcadas a partir del borde frontal; desde el umbo, se extiende un trozo recto no muy largo, al que cortan las líneas de crecimiento que, en el borde inferior, quedan en disposición tangencial. Es decir, predominio de *posidoniellas* de los tipos *lævis*, *minor*, *multirugata*, etc.

Entre los tres yacimientos, representados por varios ejemplares en las cuatro láminas, se perciben seguros enlaces, por lo cual, y por sus *medios pizarrosos*, entra en los supuestos lógicos el admitir la existencia de estuarios y entradas de carácter límnico costero con individuos salobres y hasta de mar, adaptados a medios terrígenos o más probablemente conducidos, por arrastres, a estos cordones litorales desde aguas francamente marinas.

L A M I N A I

(Orallo)

Efectuamos el hallazgo del horizonte fósilífero de este grupo, al exterior, en uno de los niveles de explotación de la margen izquierda del arroyo de Orallo y unos 15 centímetros al techo del afloramiento de la llamada capa 5.^a La hilada de lamelibrancios apenas tiene 20 centímetros, y es tan deleznable que no es fácil de ver en su sitio al desmoronarse por erosión.

Las pizarras que contienen la fauna son de tono muy oscuro con manchas ferruginosas de color marrón, producidas, con toda seguridad, por alteración de pirita.

Las conchitas se presentan extraordinariamente agrupadas, en conjuntos en que casi se superponen unos a otros.

En la lámina I hemos figurado dos ejemplares de *Lingula*, uno de *Naiadites*, otro de *Lithodomus* y hasta ocho de *Posidoniellas* en sus tres tipos de *multirugata*, *minor* y *lævis*. La lista es una buena muestra del material recogido en Orallo.

Las *Lingulas* representadas (cf. *squamiformi*, **Phillipsii**) tienen el valor de ser los únicos ejemplares de este género que hemos fotografiado, por ser poco aprovechables los demás que hemos podido aislar. Esta falta de detalle nos hace prescindir de ellos en los argumentos que siguen.

La especie *Naiadites carinata* se distingue por su forma oblicua, alargada lateralmente, abertura mayor que el ángulo postero-ventral y línea cardinal más corta que la quilla. Como todas las especies límnicas, se presenta en las capas de Andenne, al empezar el Namuriense.

El género *Lithodomus* lo encontramos en Orallo en conchas alargadas, subcilíndricas y algo infladas; extremidad anterior redondeada y la posterior más bien aguda con los corchetes poco señalados. La especie *L. carbonarius* de Hind la tomamos como representativa de nuestros ejemplares de la figura número 10, que son más bien lanceolados y estrechos, muy pequeños, de borde redondeado y ligeramente convexo en su parte inferior. Los umbos son pequeños y en un extremo. Las figuras de la lámina II de Hind (15 y 16) son semejantes. Lo mismo que su especie afín *Lithodomus lingualis* (Phillipsi), son atribuibles al carbonífero inferior, de las "Generalas" a "San Antonio", como yacimiento frecuente.

Las abundantes *Posidoniellas* son poco precisas en cuanto a su distribución estratigráfica, pues, en general, son muy frecuentes en el paso del Dinantiense al Namuriense, en todo este tramo y en los niveles marinos del Westfaliense inferior. En cambio, tienen interés en el caso que nos ocupa, pues, como veremos más adelante, marcan el posible enlace en la fauna de Villaseca.

LAMINAS II Y III

("Gallinera")

Como ya hemos dicho, cronológicamente este es el primer yacimiento de fauna de la cuenca de Villablino. El lugar preciso del hallazgo fué la escombrera de la capa "Gallinera", en la margen derecha del arroyo de San Miguel. Decimos intencionadamente "escombrera" porque no existe ya, borrado por derrubios superficiales, el afloramiento de la capa citada, cuya explotación, por el valle de San Miguel, fué abandonada hace muchos años, y al no poder buscar *in situ* el horizonte

fosilífero, tuvimos que conformarnos con los abundantes ejemplares recogidos entre el escombros de las viejas labores. No tenemos duda, sin embargo, de que la posición relativa de la fauna con respecto a la capa "Gallinera" será idéntica a la que tiene en relación con la 5.^a de Orallo, puesto que estamos convencidos de la identidad de ambas capas de carbón.

No sufren variación de Orallo a San Miguel ni las características de la pizarra que contiene los fósiles ni las circunstancias de presentación, en agrupaciones, de éstos.

Los ejemplares recogidos son mucho más numerosos que en Orallo y Villaseca, y por esta razón hemos podido componer dos interesantes y variadas láminas. Hay conchitas con sus dos valvas abiertas y unidas, y otras, vistas de perfil, con las valvas cerradas.

En las láminas de "Gallinera" presentamos: dos *Naiadites*, cuatro *Lithodomus*, tres *Modiolas*, tres *Posidonomyas* y siete *Posidoniellas*.

Son de aplicación a este yacimiento las observaciones anotadas para el de Orallo. La aparición de especies que no figuran allí, nada quiere decir, excepto la afirmación, ya sentada, de una mayor abundancia de ejemplares estudiados en "Gallinera".

Es curioso observar en la fig. 2 de la lámina II la presencia de una *Posidoniella* con una buena muestra de flora (*Annularia longifolia*) en coexistencia sólo explicable, como ya hemos dicho, por arrastres, en uno y otro sentido, para formar el cordón litoral.

El enlace Orallo-San Miguel es indiscutible. Basta mirar con atención las láminas. Son iguales las *Posidoniellas*, los *Naiadites* y, muy especialmente, los característicos *Lithodomus*.

Mineramente, las labores están unidas, y si las explotaciones de la 5.^a de Orallo no salieron, por las de "Gallinera", al arroyo San Miguel, fué únicamente porque pararon en un

trastorno de poca importancia, que afecta, sin embargo, a la regularidad de la capa.

En estas condiciones, los hallazgos de Orallo y San Miguel, reunidos, tienen el valor de atestiguar, durante bastantes kilómetros, la constancia del original horizonte de fauna limnica y salobre.

LAMINA IV

(Villaseca)

Este grupo minero ocupa la parte oriental de las extensas concesiones de la Sociedad Minero-Siderúrgica de Ponferrada; es decir, que está a más de 12 kilómetros de Orallo y San Miguel. Además de la distancia, separa a los yacimientos fosilíferos un importante accidente, que podemos llamar "falla de Sosas" y que, desde el punto de vista de sincronización de capas y con los datos de que actualmente disponemos, divide en dos la cuenca de Villablino, impidiendo el establecer una segura correlación entre los paquetes orientales y los occidentales. Tienen, pues, mucha mayor importancia los enlaces que paleontológicamente podamos fijar entre Orallo-"Gallinera", de una parte, y Villaseca, de otra.

El hallazgo del nivel fosilífero de este grupo lo hemos llevado a cabo recorriendo por la superficie el trazado, en horizontal, de una antigua vía minera que debió dar servicio a un piso hoy abandonado, situado al N. de la "plaza" actual de Villaseca y sobre la nueva barriada obrera que construye M. S. P. El horizonte de fauna está supeditado a la denominada capa 5.^a de Villaseca y situado al techo de la misma, separado de ella por unos 20 centímetros de pizarra fuerte. La potencia de las hiladas con lamelibranquios es muy reducida, quizá no pase de 10 centímetros.

Vemos, por tanto, que en cuanto a presentación, no difieren sensiblemente los yacimientos de Orallo y Villaseca.

Las pizarras que contienen la fauna en este grupo se parecen poco a la de los occidentales. Mucho más compactas, están menos alteradas, y aunque fáciles a la exfoliación, no son desmenuzables y menos a la simple presión de la mano, como ocurre con las de Orallo y "Gallinera". Las manchas de hidróxido de hierro comunican a la roca un color parduzco, más claro que el marrón oscuro a que nos hemos referido al hablar de las pizarras profundamente alteradas. No concedemos al dato gran valor, pues las características petrográficas son enormemente variables, "en línea", dentro de un mismo nivel; pero es indiscutible que el lecho de los fósiles varía de Orallo a Villaseca.

También la presentación de ejemplares difiere en uno y otro lugar. Las grandes concentraciones de individuos de distintas especies, que hemos descrito y representado en dos fotos (láminas I y II), no aparecen en Villaseca, donde los ejemplares son mucho más escasos; no hay agrupaciones, y los lamelibranquios, bien aislados en los lisos de la pizarra, son siempre difíciles de ver. Naturalmente, este dato de escasez o abundancia no es muy digno de consideración a los efectos de identificar horizontes; pero no queremos dejar de consignarlo, por aportar cuantos elementos de juicio podamos al esclarecimiento de la cuestión.

En la lámina IV figuran un ejemplar de *Anthracomya* y seis *Posidoniellas*. El primero es interesante, por representar aquí la persistencia de las faunas limnicas, con un valor, en paralelo, similar al de los *Naiadites* o *Lithodomus*. En cuanto a las *Posidoniellas* (*minor* y *multirugata*), son prácticamente iguales a las de Orallo-"Gallinera" y establecen el enlace de los tres horizontes fosilíferos, con el único inconveniente, ya señalado, de que su amplio desarrollo vertical nos impide,

por explicables escrúpulos, el asignar importancia decisiva a la persistencia de este fósil en los tres niveles.

Tratemos de resumir argumentos para intentar situar la cuestión que nos interesa. Son datos a favor de la identidad de los niveles fosilíferos:

1.º La extraordinaria escasez de horizontes de fauna en la cuenca de Villablino.

2.º La presentación de las hiladas de fósiles, que es idéntica o parecidísima, en relación con las capas 5.ª de Orallo y 5.ª de Villaseca.

3.º Es poco frecuente la coexistencia de faunas limnica y marina, y por ello asignamos especial valor a esta circunstancia de ambos horizontes; y

4.º Las *Posidoniellas*, aunque fósil algo inseguro, establecen un positivo nexo de unión difícil de rechazar, por la gran cantidad de ejemplares iguales.

Los argumentos en contra de la identidad de los niveles se reducen a los litológicos (diferencias de las pizarras de fósiles) y a los de presentación de las conchas en agrupaciones o aisladas. De ambos nos hemos ocupado antes con la suficiente amplitud.

Llegamos, por tanto, a la conclusión de que aun cuando, provisionalmente al menos, se podría establecer que las capas 5.ª de Orallo, "Gallinera" y 5.ª de Villaseca parecen una misma, preferimos dejar esta afirmación pendiente de confirmación con los datos que aporten nuevos hallazgos o de rectificación si apareciesen otros niveles más lógicamente identificables entre sí.

CONSIDERACIONES SOBRE LA EDAD DE LA CUENCA DE VILLABLINO

Referiremos nuestros razonamientos a las cuencas belgas y holandesas, muy interesante esta última por lo acertadamente que se lleva su estudio. Utilizamos las *Notas* publicadas por Patac (1942) sobre el II Congreso de Estratigrafía Carbonífera (Heerlen).

Por simplificar al lector las alusiones a las cuencas extranjeras, nos parece oportuno indicar un elemental paralelismo entre Bélgica, Limburgo y Central asturiana (Adaro):

Charleroi-Maurits-Sotón alto-Entrerregueras-West B-alto.
Charieroi (medio) - Hendrick - Sotón bajo - Sotón alto-West B-bajo.

Haz de Genek-Wilhelmind-María Luisa-West A-alto.

Chatêlet-Baarlo-Subtramo San Antonio-West B-bajo.

Andenne-Epen-Generalas-Namur.

Chokier-Gulpen-Caleras-Namur inferior.

Las faunas limnicas aparecen bien representadas en el Namuriense, mejor en el Westfaliense A, y desde el West medio, hacia arriba, escasean unidas a *Lingulas*. Por ello, la presencia de la *Lingula squamiformis* (lámina I) eleva algo el nivel de la fauna de Orallo, pues arrancando de las capas namurienses de Andenne llega hasta el tramo *Pétit Buison*, es decir, en la escala de Adaro, desde las "Generalas" hasta el paquete "María Luisa".

Las fuertes agrupaciones de *Posidoniellas* se conocen en la cuenca belga, en los tramos de Andenne y Chatêlet, desapareciendo en la zona de Asch.

En el grupo Baarlo, del Limburgo holandés, y precisa-

mente en el nivel "Finefrau-Nebenbank", encontramos, clasificada en distintas etapas por Jongmans, Delepine y Pruvost, un conjunto de faunas, entre las que figuran entre otras muchas especies:

Lingula squamiformis.

Posidoniella minor.

P. lævis.

Modiola lata.

Anthracomya minima.

Naiadites carinata.

El conjunto recuerda, verdaderamente, a nuestra lista de fósiles de Villablino.

En la escala ascendente, siempre en el Limburgo, llegamos hasta el grupo Mauritz (West B-alto), con *Naiadites* y *Anthracomyas* en el nivel "Aegir", pero habiendo desaparecido totalmente las *Posidoniellas*.

En cuanto al *Temnocheilus coronatus* M'Coy, lo hemos encontrado en La Camocha, en Lieres y en la cuenca de Mieres, en las capas inferiores, paquete de las "Generalas" (Namuriense), en horizonte en que en las cuencas belga y holandesa ofrecen, con los marinos, restos limnicos.

Más adelante habrá que unir los argumentos que proporciona la fauna a las deducciones que se obtengan de la flora, que tenemos el proyecto de recoger sistemáticamente.

Por ahora estimamos que, estratigráficamente, la cuenca de Villablino se encuentra entre el Namuriense medio (Epen) y el Westfaliense B (Wilhelmina). Es decir, por la escala de Adaro, de las "Generalas" al tramo "María Luisa", dudando, si referirnos, más concretamente, al subtramo "San Antonio".

FAUNA CARBONIFERA DE VILLABLINO (LEON)

LAMINA I

L A M I N A I

Figs. 1 y 11. — *Lingula cf. squamiformi*, Phillips.

Fig. 2. — *Posidoniella minor*, Brown.

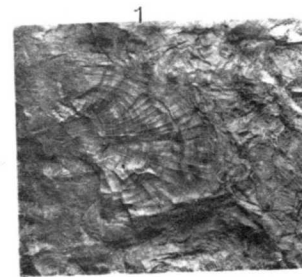
Figs. 3, 4, 4, 5, 6 y 6. — *Posidoniella multirugata*, Jackson.

Figs. 7 y 7. — *Naiadites carinata*, Sowerby.

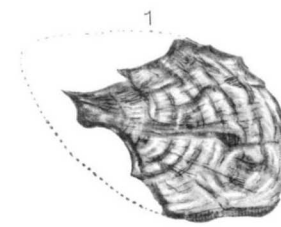
Fig. 8. — *Posidoniella cf. lævis*, Brown.

Figs. 9 y 12. — *Posidoniella lævis*, Brown.

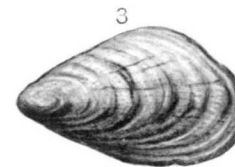
Fig. 10. — *Lithodomus carbonarius*, Hind.



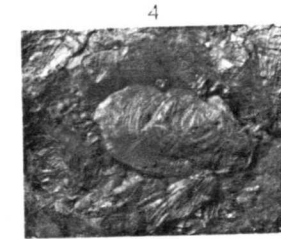
8.6 m/m



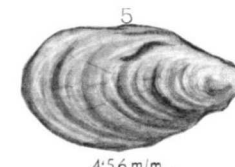
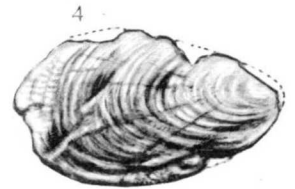
5.3 m/m



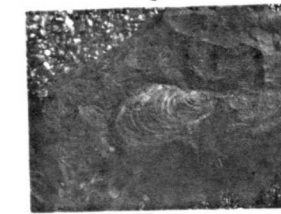
5.3 m/m



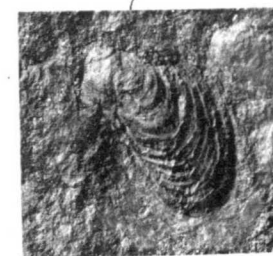
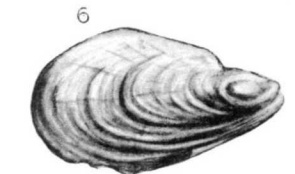
7.4 m/m



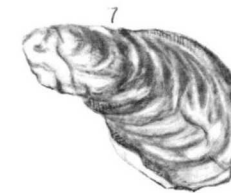
4.5.6 m/m



5.3 m/m



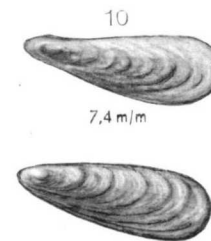
8.5 m/m



5.7 m/m



8.3 m/m



7.4 m/m



5.9 m/m



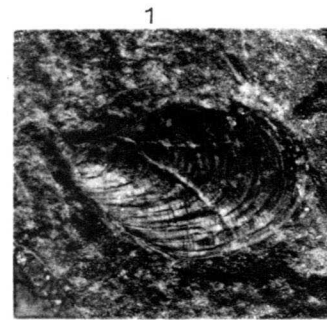
4.5.2 m/m

**FAUNA CARBONIFERA
DE VILLABLINO (LEON)**

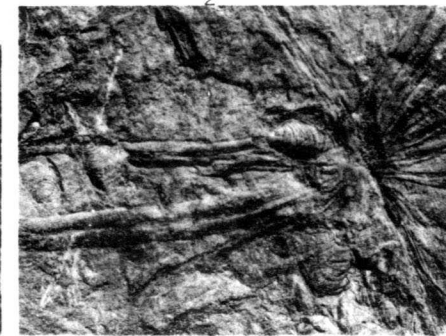
LAMINA II

L A M I N A I I

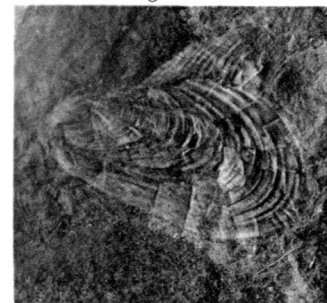
- Fig. 1. — *Posidoniella multirugata*, Jackson.
 Fig. 2. — *P. lævis*, Brown. (Con *annularia longifolia*).
 Fig. 3. — *Modiola* aff. *lata*, Portlock.
 Fig. 4. — *Lithodomus lingualis*, Phillips.
 Figs. 5, 6 y 7. — *Modiola emaciata*, Koninck.
 Fig. 8. — *Posidonomya* aff. *wanapuckensis*, Girty.
 Fig. 9. — *Posidoniella minor*, Brown.
 Figs. 10 y 11. — *Posidonomya* cf. *gibsoni*, Jackson.
 Fig. 12. — *Lithodomus lingualis*, Phillips.



4'58 m/m



4.25 m/m



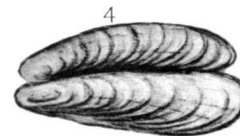
5.95 m/m



6.3 m/m



4'52 m/m



7.3 m/m



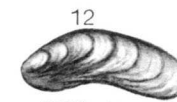
7.9 m/m



3.1 m/m



8



10.35 m/m



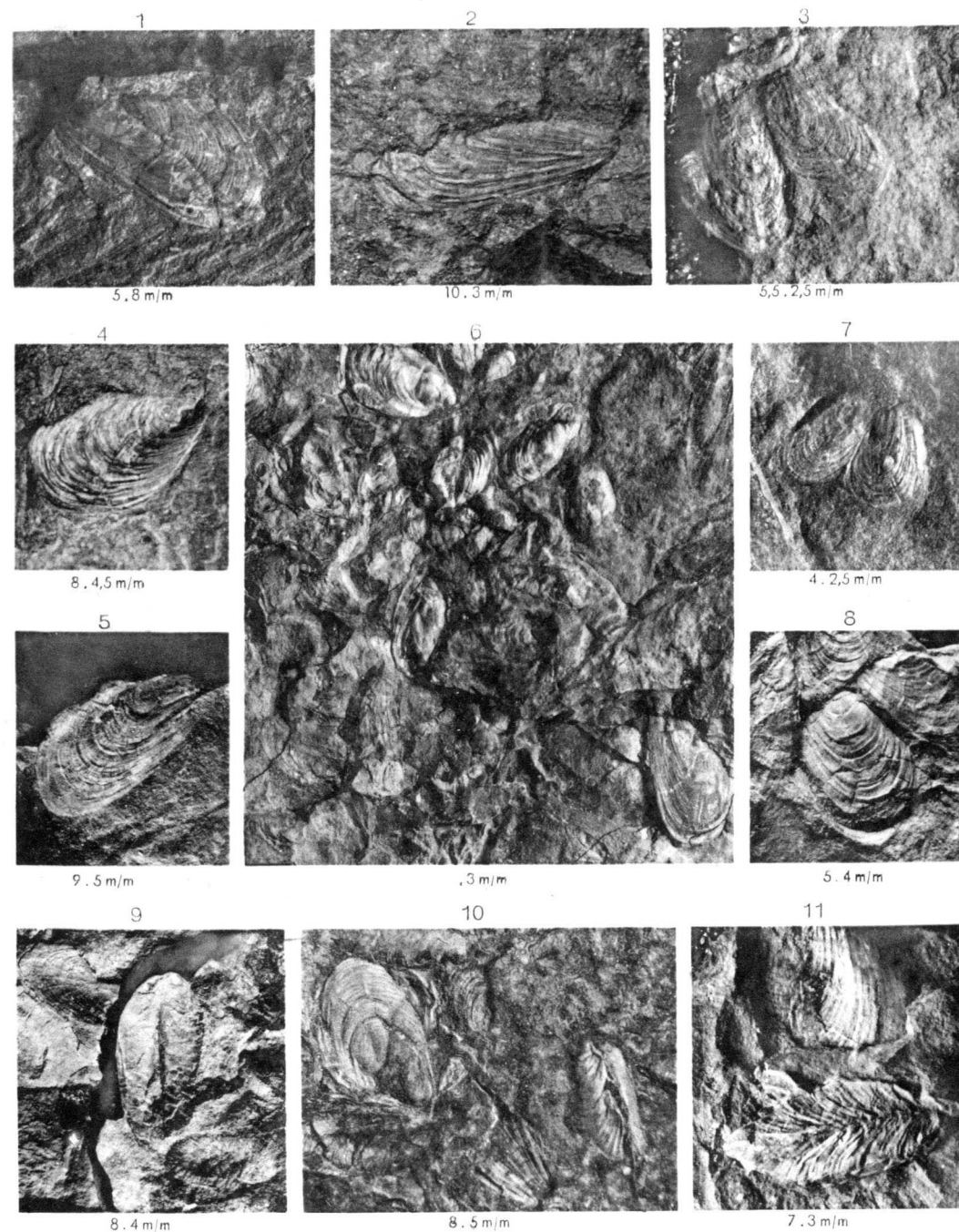
2'54 m/m

**FAUNA CARBONIFERA
DE VILLABLINO (LEON)**

LAMINA III

L A M I N A I I I

- Fig. 1. — *Naiadites carinata*, Sowerby.
 Fig. 2. — *Lithodomus lingualis*, Phillips.
 Fig. 3. — *Modiola emaciata*, Koninck.
 Fig. 4. — *Posidoniella multirugata*, Jackson.
 Fig. 5. — *Naiadites*, sp.
 Fig. 6. — Conjunto de fauna.
 Fig. 7. — *Posidomya* aff. *wanapuckensis*, Girty.
 Fig. 8. — *Posidoniella lævis*, Brown.
 Fig. 9. — *Posidoniella multirugata*, Jackson.
 Fig. 10. — *Posidoniella lævis*, Brown (dos valvas).
 Fig. 11. — *Lithodomus lingualis*, Phillips (dos valvas).



**FAUNA CARBONIFERA
DE VILLABLINO (LEON)**

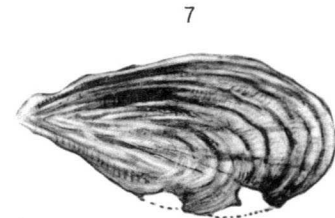
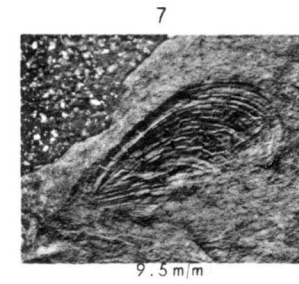
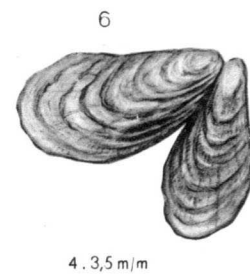
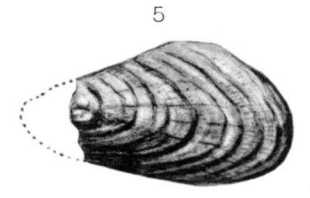
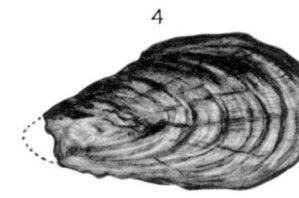
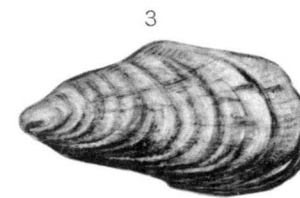
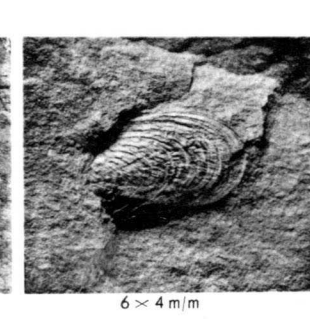
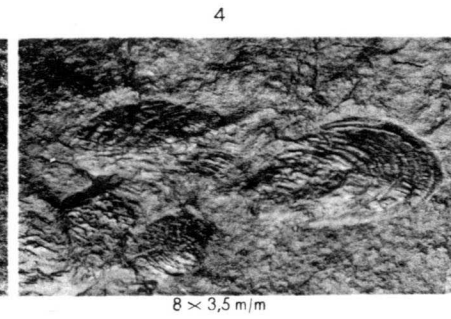
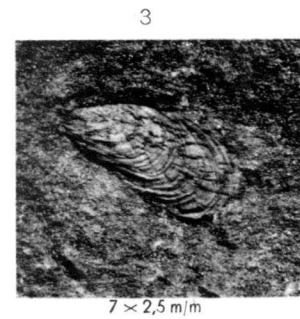
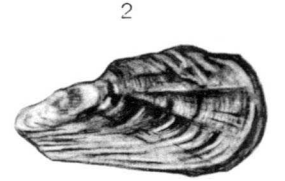
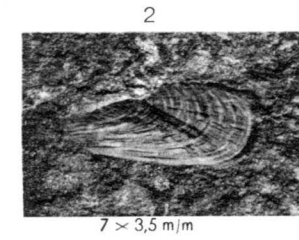
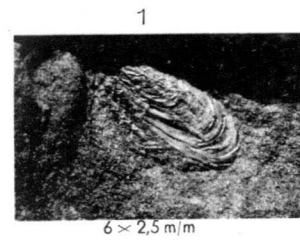
LAMINA IV

LAMINA IV

Fig. 1. — *Anthracomya minima*, Ludwig.

Figs. 2, 2, 3, 3, 4, 4, 6, 7 y 7. — *Posidoniella minor*, Brown.

Figs. 5 y 5. — *Posidoniella multirugata*, Jackson.



LAS ÚLTIMAS TEORÍAS OROGÉNICAS

POR

P. FALLOT

PROFESOR DEL COLEGIO DE FRANCIA

TRADUCCIÓN POR J. M. RÍOS
INGENIERO DE MINAS



SUMARIO

INTRODUCCIÓN

1. Corrimientos por resbalamiento sobre un relieve emergido. Caso del país de Skoura.
2. Corrimientos relacionados con la plasticidad del material en movimiento.
3. Corrimientos dirigidos hacia una cuenca marina y verificados sobre sedimentos finos en vía de deposición. Montes de Toscana.
4. Corrimientos por gravedad en los Prealpes suizos.
 - A) Posición de las unidades que intervienen en los Prealpes romandos.
 - I. Mantos helvéticos.—II. Mantos ultrahelvéticos.—III. Los Prealpes propiamente dichos.—IV. Los Prealpes marginales.
 - B) Conceptos antiguos acerca de la edad de estos mantos.
 - C) Particularidades mecánicas y geométricas de los mantos prealpinos. Diverticulaciones.
 - D) Despegue y asentamiento de los mantos de los Prealpes y de los Altos Alpes calizos.
 - E) El comienzo del movimiento. Hipótesis relacionadas.
5. Resumen.
6. Discusión.

P. FALLOT
PROFESOR DEL COLEGIO DE FRANCIA

TRADUCCIÓN POR J. M. RÍOS
INGENIERO DE MINAS

LAS ÚLTIMAS TEORÍAS OROGÉNICAS (1)

INTRODUCCION

El número de hipótesis que se puede emitir, en lo que se refiere a la formación de las montañas, es limitado. De cada tres, por lo menos dos aparecen ya en los trabajos de los primeros geólogos en formas más o menos simplistas.

1.º El concepto de la contracción del Globo, como consecuencia del enfriamiento, nos viene ya de Descartes y de Sténon. Los primeros autores usan la teoría a la escala de la Tierra, sin conocer el detalle de los plegamientos de las grandes cadenas y sin estudiarlos de manera sistemática. Tal es el caso de la teoría de la red pentagonal, de Elie de Beaumont; de la teoría del tetraedro, de Lowthian Green, o de Augusto Michel-Lévy.

Bajo la impresión de los resultados, cada vez más precisos, suministrados por el estudio de ciertas cordilleras, que revelan plegamientos y arrastres, casi todos los tectonistas modernos, desde Heim y Suess hasta los de los comienzos del siglo XX, se han acogido también a esta noción teórica. Pero, por una parte, el cálculo demuestra que incluso para un grado

(1) Conferencia celebrada en el Instituto Geológico y Minero, de Madrid, el día 15 de octubre de 1945.

considerable de enfriamiento, el acortamiento experimentado por el radio terrestre sería demasiado débil para poder justificar la amplitud de los movimientos; por otra parte, los geofísicos ponen en duda la existencia misma del enfriamiento.

2.º Por el contrario, otros geólogos han tratado de explicar los plegamientos, atribuyéndolos a la acción de la gravedad. Desde 1799, Gillet de Laumont (1747-1834) interpretaba los plegamientos de los terrenos de la cuenca del Sarre como debidos al replegamiento de capas que resbalaron por una superficie inclinada.

Herschel, Reyer, Bombicci-Porta y H. Schardt mantuvieron, durante el siglo XIX, opiniones análogas.

Pero para que sedimentos primitivamente depositados por el mar se encuentren en una disposición tal que sean capaces de ponerse en movimiento bajo la acción de una componente de la gravedad, es preciso, primero, aceptar su elevación en masa, es decir, admitir alzamientos generales de una índole tal, que su causa escapa al análisis.

Tenemos entonces las interpretaciones de Wijkerslooth, referentes a los arrastres de Toscana, o la teoría de las oscilaciones de Haarmann, por las cuales volvemos a acercarnos, después de un siglo, a la teoría de los alzamientos de L. von Buch.

3.º La más actual de las hipótesis por medio de las cuales se ha pensado explicar los plegamientos, resulta de la teoría movilista de Wegener, de la cual ha hecho Argand una brillantísima aplicación a la tectónica, añadiendo un concepto esencial: el de la elasticidad de los edificios continentales o el de la mayor modelabilidad de las zonas que los separan.

Pero no es éste el momento de ocuparnos de estas ideas, que ya se han hecho clásicas, porque nuestro objeto es examinar las tendencias más modernas de los tectónicos actuales.

Las opiniones acerca de la intervención de la fuerza gravitatoria en los fenómenos orogénicos, y en particular sobre los arrastres, se han afirmado positivamente en varios autores, después de haber experimentado un eclipse desde principios del siglo XIX. Así es como ha aparecido simultánea, aunque independientemente, en los trabajos de E. Roch, D. Schneegans, R. de Wijkerslooth, para adquirir una importancia primordial en las últimas síntesis de M. Lugeon y de E. Gagnebin.

El objeto de este estudio es examinar las interpretaciones y sugerencias de estos sabios, y lo haremos en este orden:

1.º El caso más sencillo de corrimientos por resbalamiento sobre superficies emergidas en el país de Skoura (Marruecos).

2.º Corrimientos atribuidos a la plasticidad del material en movimiento (mantos del Ubaye).

3.º Corrimientos dirigidos hacia una depresión marina, y que se suponen realizados sobre los sedimentos muebles, que estaban en proceso de deposición.

4.º Nuevas interpretaciones referentes a la tectónica de los Prealpes.

1. CORRIMIENTOS POR RESBALAMIENTO SOBRE UN RELIEVE EMERGIDO

Caso del país de Skoura (figs. 1 y 2).

Ed. Roch describió en el Marruecos atlásico unos dispositivos que parecieron ambiguos, y en la época en que hizo sus primeras observaciones, incluso inexplicables.

Algunos kilómetros al E. del meridiano de Ouarzazat, la vertiente meridional del Alto Atlas está constituida por material geológico antiguo, parcialmente envuelto por Estéfano-Triás rojo y por Liásico. Afecta la disposición de un abombamiento regular y de gran radio de curvatura, sin traza de dislocaciones violentas, y en Koudia Ousseem se ve una gran masa de forma oval, de 2,5 kilómetros de largo, constituida por Liás con *Spiriferinas*, y que reposa sobre un Turonense cuya edad está comprobada.

Roch ha reconocido la imposibilidad de relacionar este testigo a un manto de corrimiento, de los que no existe ningún indicio en estas regiones de tectónica tranquila.

Precediendo de este punto a los tectonistas actuales, llegó a la conclusión de que este Liás ha debido de despegarse de las partes elevadas del Alto Atlas y resbalar hacia el Sur. Por comparación de facies pudo precisar la zona de donde proviene este testigo, y demostró que su desplazamiento es del orden de tres kilómetros (1).

El autor llama la atención sobre el hecho de que en la base de ese elemento no existen ni milonitas, ni paquetes de corrimiento, ni traza de esfuerzos violentos. La serie resbalada

(1) ED. ROCH.: "Description géologique des montagnes à l'Est de Marraquesh". *Notes et Mem. Serv. des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, n.º 51, 1939.

comienza siempre por el mismo horizonte liásico, sin que en ninguna parte se compruebe la existencia del estéfano-permiano.

En esta época no se conocía ningún resbalamiento de este tipo. Roch tuvo el gran acierto de no retroceder ante una conclusión algo revolucionaria, tectónicamente hablando.

Sus cortes hacen resaltar un hecho importante, desde el punto de vista de la mecánica del fenómeno: la serie cretácea de base está replegada, presentando bajo el testigo la disposición de un sinclinal acostado, lo que nos obliga a admitir que la unidad de Liás estaba dotada de suficiente fuerza viva para plegar fuertemente el Turonense.

También se deduce que la aparición allí de ese testigo se ha producido durante el Terciario, cuando el gran pliegue atlásico había emergido y la erosión atacado ya toda la región. El despegue se ha efectuado en el techo de la serie estéfano-triásica, pero la masa en movimiento ha avanzado sobre una superficie emergida y ya relativamente trabajada por la erosión.

Es el caso más innegable que conozco, y además mejor descrito, de ejemplos de resbalamiento de conjunto, y su conocimiento arroja luz sobre diversos problemas análogos, que, tanto en el Jura como en los Pirineos, eran insolubles.

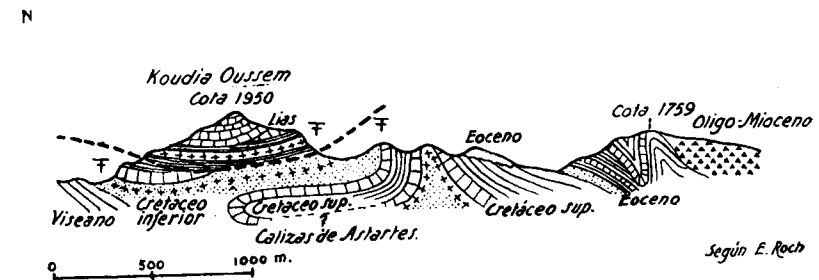


FIG. 1.—Corte del Koudia Ousseem mostrando cómo descansa el Liás con *Spiriferinas*, mediante contacto anormal, sobre el Cretáceo.

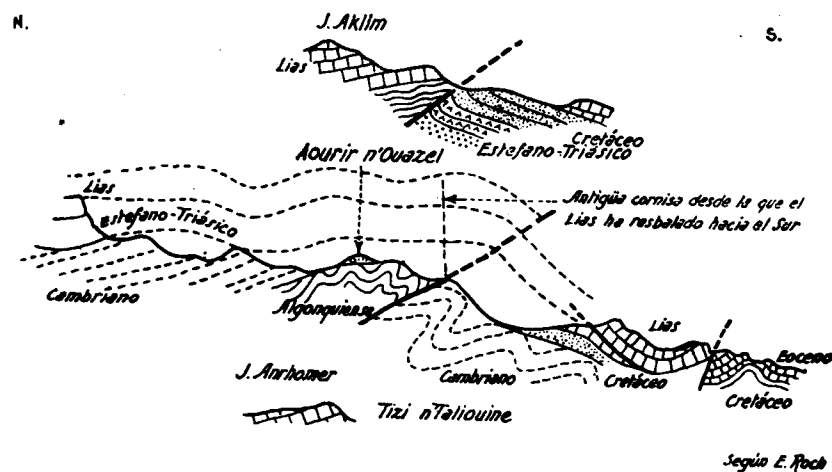


FIG. 2.—Corte mostrando la interpretación que permite explicar cómo el deslizamiento termina por el recubrimiento del Cretáceo por el Liásico en el macizo de Koudia Oussem.

2. CORRIMIENTOS RELACIONADOS CON LA PLASTICIDAD DEL MATERIAL EN MOVIMIENTO (Ubaye-Embrunais) (fig. 3)

La existencia de mantos empujados de NE. a SO., puestos de manifiesto por la brecha que existe en los macizos autóctonos de Mercanton y de Pelvoux, se conoce desde 1893, en que se publicaron los trabajos de E. Haug y W. Kilian.

Aunque objetivas, sus descripciones, por otra parte superficiales, no han tratado de explicar el porqué de estos corrimientos. D. Schneegans (1) ha hecho el estudio detallado, y su análisis, presentado en el año 1938, acompañado de buenos planos, a escala 1 : 20.000, ha puesto de manifiesto la complejidad extrema y la geometría sorprendente de estos corrimientos.

Constan de dos mantos.

(1) D. SCHNEEGANS: "La géologie des Nappes de l'Ubaye-Embrunais entre la Durance et l'Ubaye". *Mem. Serv. Geol. de France*. 4.º. Paris, 1939.

El inferior reposa sobre la serie bathoniense-oxfordiense de las Terres Noires autóctonas. Está formado, sobre todo, de flysch; pero hacia su frente aparecen pliegues acostados, más o menos completamente conservados, que forman una serie de digitaciones de Trias, Liásico, Dogger, Malm y Cretáceo, imbricadas en el flysch. El macizo más importante, y también el más complejo del manto, se encuentra en su parte frontal y constituye el Morgon.

El manto superior integra klippe de secundario, de facies brianzonesa, lo que obliga a suponerle estrechas conexiones con el manto del Briançonnais, que se extiende en los confines italo-franceses.

El análisis mismo del Morgon ha permitido al autor comprobar la existencia de apilamientos, extremadamente complejos, de repliegues en cascada.

Si un traspais motor, suficientemente rígido para transmitir los esfuerzos, hubiera podido empujar estos elementos, se concebiría fácilmente esta disposición. Pero hacia atrás no se encuentra más que el flysch replegado que forma la cresta del Lauzet. Este paquete está formado de capas estiradas, y en él se distingue una serie de espesor adelgazado con Trias yesoso en la base; después, una segunda serie, cuya base también está igualmente constituida por el Trias yesoso, pero en cuya composición entran casi exclusivamente el flysch de Helminthoides y las areniscas de Annot.

Todavía más atrás, en el Méale, ya a 15 kilómetros de la zona frontal, comienza una enorme masa de flysch, que se extiende transversalmente en una banda de 13 a 14 kilómetros. Solamente en su borde externo, al N. de Méale, existe un retazo poco potente (unos 300 metros) de Trias y Jurásico. Más al NE. es el flysch la única formación que, reposando al través de sus capas sobre las Terres Noires, está presente.

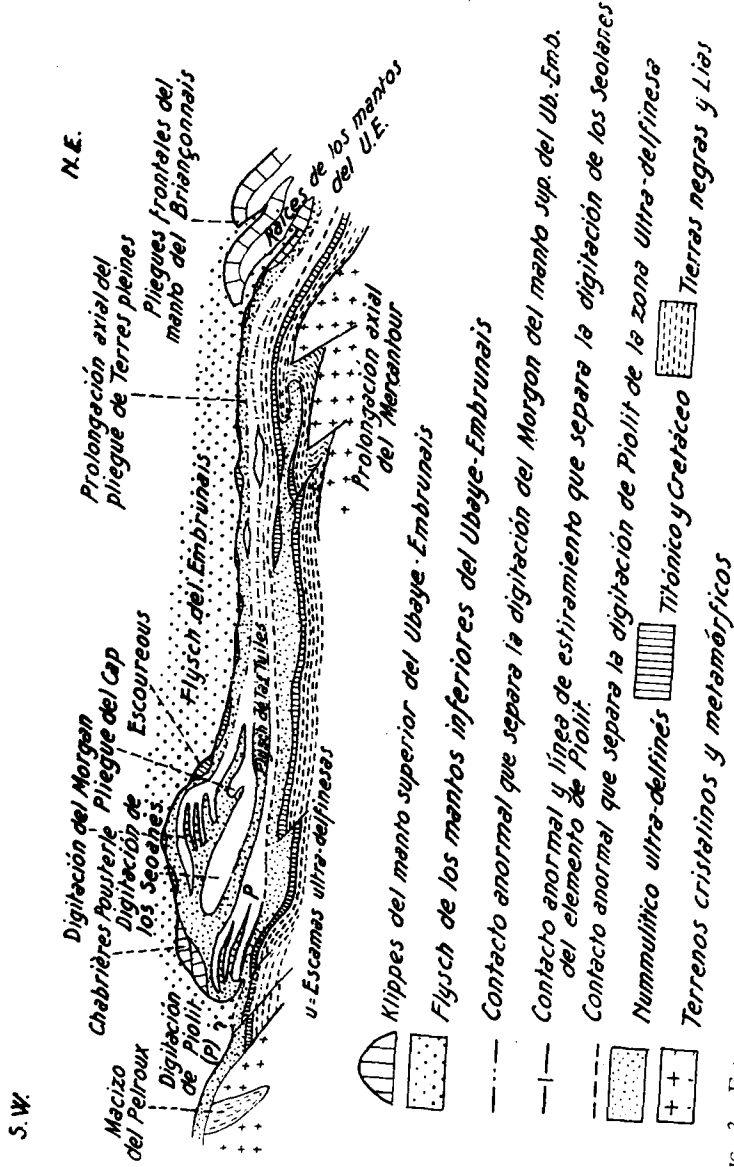


FIG. 3.—Este esquema muestra la posición relativa de las digitaciones arrastradas bajo el flysch del Embrunais. Para poder proyectar en un mismo plano todas estas unidades ha sido preciso imaginar las prolongaciones axiales de la digitación de Piolit y de los "klippes" de Chabrières-Pousterle. Solamente ha sido respetada la posición de estas unidades, con relación a las zonas de enraizamiento. Aquellas partes, actualmente arrastradas por la erosión, han sido reconstruidas.

Los isleos ("klippes") y escamas que jalonan las líneas hipotéticas de empalme entre las unidades de los mantos del Ubaye-Embrunais han sido incluidas en las "cicatrices" (de Jausiers, de los Orrés, de Réallon). El Trias ultra-delfinés no ha sido representado por ningún símbolo especial; el inferior ha quedado adherido al yacente cristalino de Mercantour y Pelvoux, mientras que el superior ha sido arrastrado por el Liásico en despegue.

La longitud de este corte transversal representa unos 40 kilómetros.

Hasta 25 kilómetros más atrás de la zona frontal no aparece en la base del flysch el frente de un pliegue acostado, cuyo flanco invertido falta, además, casi por completo; está formado este último por calizas triásicas de *Diploporos*, de tipo brianzones, y por Jurásico. Es el frente de una digitación del manto de Guil, accesorio del manto del Briançonnais.

Como la osatura jurásica del manto está estrangulada, estirada e incluso falta por completo a lo largo de más de diez kilómetros, resulta mecánicamente imposible que haya podido transmitir los empujes. El flysch, por si solo, no presenta resistencia suficiente, tampoco, para haberlos transmitido.

En vista de este imposible mecánico, y en vista de los pliegues desordenados del Morgon, Schneegans invoca un agente distinto de los empujes tangenciales: el resbalamiento en masa del flysch hacia adelante, es decir, hacia el vacío relativo de la depresión de Terres Noires.

En este movimiento es el flysch el que ha, no empujado, sino arrastrado la serie subordinada, compuesta del Trias yesoso, Lias y Dogger.

"Una vez que la masa del flysch se puso toda ella en movimiento, el papel desempeñado por las series mesozoicas en el resbalamiento se hizo por completo pasivo. El empuje no se aplicó directamente sobre los núcleos calizos jurásicos, sino que lo hizo por mediación de su cobertura cretácea y nummulítica."

¿Existió realmente la posibilidad de este movimiento? ¿Cuál fué el motivo inicial?

Las ondulaciones que presenta actualmente la serie arrastrada se nos ofrecen como movimientos tardíos, póstumos. El resbalamiento no fué posible, con toda seguridad, sobre las contrapendientes que existen al dorso de los anticlinales de conjunto. Es necesario, pues, admitir que al principio el manto ha podido desplazarse sobre una superficie inclinada ha-

cia el SO., y que la zona del Briançonnais, de la que proviene, se encontraba entonces a una altura relativa muy superior a la cota actual.

Todavía se ofrece una cuestión más que añadir a los problemas planteados por las observaciones de Roch.

Sobre los mantos del Ubaye-Embrunais se encuentran escamas para-autóctonas, arrancadas a la autóctona por la masa en movimiento. Son las "escamas ultra-delfinesas", de Gignoux y Moret.

¿Se puede admitir que la escama superior haya sido capaz de arrastrar en su movimiento a la inferior, y que ésta, a su vez, haya podido arrancar y arrastrar las escamas "ultra-delfinesas"?

En caso afirmativo, estos fenómenos nos darían, en cierta manera, la medida de la intensidad de los esfuerzos puestos en juego por sólo la gravedad.

3. CORRIMIENTOS DIRIGIDOS HACIA UNA CUENCA MARINA, Y REALIZADOS SOBRE SEDIMENTOS FINOS EN PROCESO DE DEPOSICIÓN (mantos de Toscana) (fig. 4).

Examinamos aquí un caso que no está delimitado por observaciones tan objetivas y precisas como las de los señores Roch y Schneegans. Las opiniones del Sr. De Wijkerslooth sobre el sentido y detalle de los corrimientos de Toscana no son admitidas por todos los geólogos, y desde luego son mucho más especulativas. Pero un examen como el que nos hemos propuesto llevar a cabo, no podría ser completo sin hacer mención de este caso.

Los comienzos de la costa italiana, desde el S. de los Alpes ligures hasta la altura de Civita Vecchia, están cons-

tituidos por series muy dislocadas, en las cuales, y desde hace tiempo, había demostrado Steinmann la presencia de los restos de un gran manto procedente del Oeste: el manto de Liguria.

Bajo esta unidad existe otra, en que los sedimentos forman casi toda la región considerada: es el manto de Spezzia, de R. Staub, o los Toscanides II, de Wijkerslooth.

El carácter de arrastre de esta serie viene demostrado por la existencia de tres grandes ventanas, una de las cuales está situada en los alrededores de Massa-Carrara, al N.; otra, hacia Massa-Maritima, al SE. del Piombino; la tercera, hacia Gavorrano y Ravi. Por estas ventanas asoma el subsuelo autóctono, lo que Wijkerslooth llama los Toscanides I.

Pero entre la base del manto de Spezzia y el autóctono las ventanas revelan escamas de arrastre, arrancadas al piso autóctono. Son los Toscanides I', parautóctonos del mismo autor (1).

El eje NO.-SE., según el cual aparecen estas ventanas, corresponde a una zona que durante la historia sedimentaria, anterior a los arrastres, desempeñó el papel de umbral, el umbral toscano. Al O. el mar era, sin duda, más profundo. Al E., desde luego, lo era; la depresión que separaba el umbral toscano de los contrafuertes del Apenino no es sino la fosa de Umbría, donde la sedimentación fué siempre del tipo bathial, durante el Secundario, y donde la serie Cretáceo-Miocena reviste la célebre facies de la Scaglia.

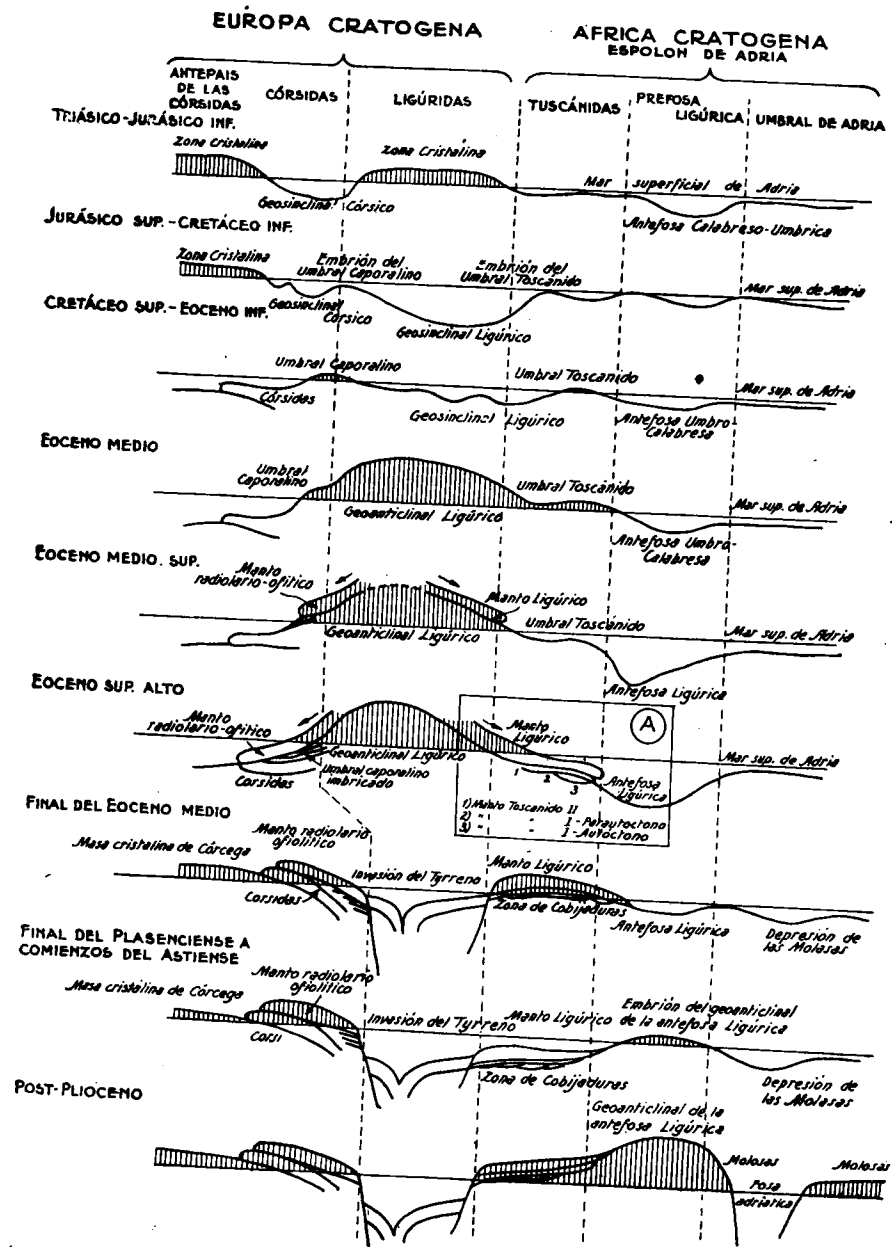
Wijkerslooth, como Steinmann y como Termier, y contrariamente a la opinión de Staub, admite que los mantos se han desplazado de O. a E. y que sus frentes se sumergen en la fosa de Umbría.

La serie estratigráfica del manto de Spezzia consta de

(1) P. DE WIJKERSLOOTH: "Bau und Entwicklung des Appenins, besonders des Gebirges Toscana". *Geol. Institut. Amsterdam*. 1934. 80.

SERIE DE ESQUEMAS MOSTRANDO EL DESARROLLO DE LA REGIÓN TYRRENA Y DE SU ENMARCAMIENTO ESPECIALMENTE DE LOS APENINOS

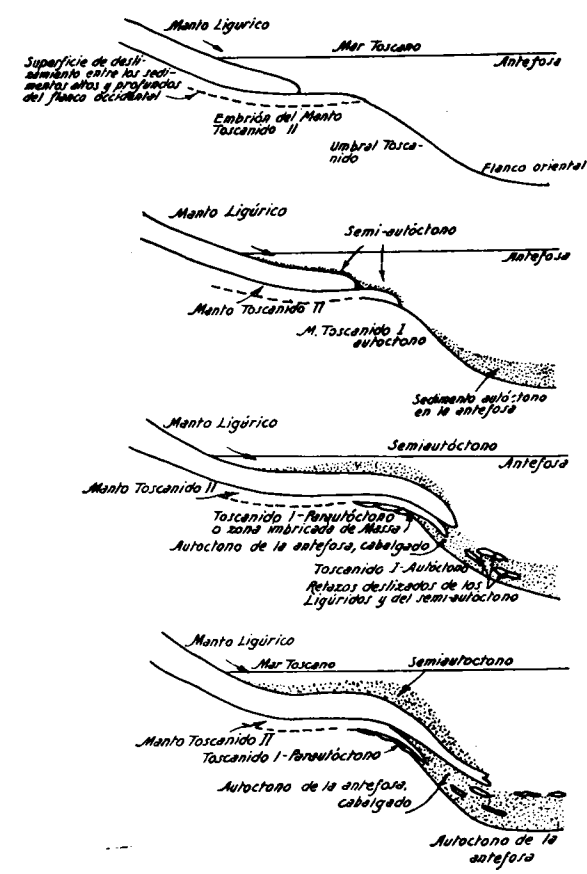
Cortes trazados a través de la línea Córcega-Apeninos nórdicos



El rayado vertical indica, en cada época, las zonas emergidas.

FIG. 4.—Esquema interpretativo del arrastre por gravedad de los mantos de Toscana, según P. de Wijkerslooth.

MIGRACIÓN DEL MANTO LIGÚRICO SOBRE EL UMBRAL TOSCANIDO HASTA SU INMERSIÓN EN LA ANTEFOSA (EXPLICACIÓN (A) DE LA SERIE EVOLUTIVA)



Según Wijkerslooth

FIGURA 4.

Trías dolomítico, Jurásico, Cretáceo inferior, y después Cretáceo medio y superior, de facies Scaglia, que aquí alcanza hasta el Luteciense.

El de Liguria se compone de elementos completamente diferentes; sobre paquetes basales de estrato cristalino, la serie secundaria no comienza hasta el Calloviense; adopta en seguida un tipo bathial hasta el Cretáceo superior, en que aparece una facies nerítica: el complejo del Alberese.

Por consiguiente, la región donde se ha depositado esta serie ha estado emergida hasta el Calloviense, desempeñando el papel de un geanticlinal ligur; después se ha hundido desde el Calloviense hasta el Cretáceo superior. Puesto que no se ha depositado el Numulítico, hay que deducir de ello que ha experimentado antes una nueva emersión, y ésta ha podido llevar los sedimentos secundarios a una altura elevada.

Wijkerslooth considera que ni los materiales del manto de Spezzia, ni los del de Liguria, han estado dotados de rigidez suficiente para transmitir, desde el traspais al frente del manto, los empujes orogénicos de un traspais concebido según las reglas de la tectónica clásica.

En la preparación de todo el dispositivo no ve sino la consecuencia del levantamiento de la zona de Liguria durante el Numulítico, zona cuyo emplazamiento debía de estar situado a lo largo de la costa, entre la isla de Elba y Córcega.

Habría sido lo suficientemente acentuado para que, bajo la acción de una componente oblicua de la gravedad, la serie, transgresiva sobre el cristalino, se separase en despegue, resbalando hacia el E.-NE. y arrancando localmente paquetes del substrato cristalino.

Por consiguiente, la serie ha resbalado hacia la zona de Umbría, formando así el manto de Liguria. De paso, este manto habría cebado el resbalamiento, en el mismo sentido, del manto de Spezzia.

Estas unidades se han originado bastante al O. del umbral toscano. Posteriormente lo han franqueado, y a su paso el manto de Umbría ha arrancado masas del yacente autóctono, las cuales, apilándose bajo aquél, han formado las escamas parautoctonas. Ambos mantos, prosiguiendo su movimiento después de franqueado el umbral, descienden hacia el fondo de la fosa de Umbría hasta que la contrapendiente detiene su movimiento.

Este gigantesco deslizamiento ha tenido lugar bajo el agua, mientras se verificaba la sedimentación de la Scaglia, de la que una parte, autóctona, se encuentra bajo los mantos, y cuyos términos posteriores al Anversense son "semi-autóctonos" bajo los mantos, porque se han sedimentado durante su movimiento sobre la masa inmersa. Naturalmente, la serie de la Scaglia se continúa desde abajo hasta arriba, hacia el NE., más allá del frente de los mantos.

Los esquemas de Wijkerslooth (fig. 4) explican perfectamente el desarrollo tal como se acaba de exponer.

Pero, incluso si se admite la validez de las observaciones sobre las que se basa esta teoría y las hipótesis que arrastra consigo, la ingeniosa concepción del autor no salva todas las dificultades mecánicas, como son:

1.º El arranque, a su partida, por el manto de Liguria, de paquetes de estrato cristalino procedentes del macizo profundo.

2.º El hecho de que esta interpretación implica el que los mantos hayan debido hacer, al O. del umbral toscano, un recorrido horizontal de cerca de 20 kilómetros.

3.º La producción de escamas parautoctonas, consistentes en elementos arrancados al umbral toscano, cuya resistencia hubiera debido agotar toda la potencia viva, y aún más, del manto en movimiento.

4.º Que estos resbalamientos habrían tenido que deber

su existencia a una pendiente media extremadamente débil. Los esquemas del autor presentan las alturas, multiplicadas por más de 100. Pero si se calcula la pendiente verdadera, se ve que varía de dos a cuatro grados, con una media de 2,5 grados. Admitida esta pendiente, la componente de la gravedad queda reducida a un 3 por 100 del valor de g ; pero además, como el resbalamiento habría tenido lugar bajo el agua, este valor ha tenido que encontrarse reducido a un 2 por 100.

En cambio hay que admitir en pro de esta hipótesis, primero, la facilidad relativa que prestaría al resbalamiento el hecho de producirse éste sobre la masa plástica y lubricante de la Scaglia durante su sedimentación, y además, como en el caso de los arrastres antes citados del Ubaye, la dificultad de imaginarse que los mantos fueran empujados por un traspaís, cuando no parecen haber sido suficientemente resistentes para ser capaces de transmitir este empuje hasta su región frontal.

4. CORRIMIENTOS POR GRAVEDAD EN LOS PREALPES SUIZOS

Abordaremos aquí el estudio de una de las regiones más complejas de los Alpes, cuyo análisis fué llevado hasta una precisión extrema por los geólogos suizos, y por lo que se refiere a las cadenas situadas entre el lago Lehmann y el curso del Aar, principalmente por la brillante pléyade dirigida por Lugeon.

Desde 1904 (fecha de la genial síntesis de los conocimientos alpinos realizada por este maestro) hasta los últimos años, todos estos arrastres fueron referidos a empujes tangenciales, bien se atribuyan a la contracción o a los efectos del moviismo.

Pero los progresos alcanzados en el estudio estratigráfico

de los diversos mantos, y sobre todo de sus flysch, han aportado grandes cosechas de hechos que no pueden ser ya interpretados, haciendo uso, meramente, de la sencilla idea del empuje tangencial.

La tectónica de estos mantos revela, en efecto, que no solamente algunos son extraordinariamente delgados, lo que en rigor pudiera atribuirse a su laminación y arrastre por mantos más elevados, sino que, además, en vez de mostrar trazas de los empujes a que habrían estado sometidos, ofrecen señales inconfundibles de estiramientos y rupturas debidas a tracciones.

Partes de algunos mantos han continuado desplazándose después de haber sido cortadas y separadas de sus raíces. Otras se han roto y fragmentado en masas aisladas, que quedaron incrustadas en el caparazón de mantos más bajos. Y en otros casos hay interversión del orden de algunas partes de los mantos. Después de haber agotado en vano todos los recursos de la tectónica de empujes para reconstituir estos accidentes, ha sido necesario recurrir a explicar estos accidentes por la tracción, e indagar cuál pudo ser su agente.

El manto que al deslizarse "aplasta" y "disloca", según el concepto expresado por Termier, no puede servirnos aquí; primero, porque dada la índole de las dislocaciones no pueden éstas explicarse por la acción global de una enorme masa, superior a todas las demás, y arrastrándolas bajo ella; además, porque de esta masa imaginaria no hay rastro ni traza alguna.

Hace falta encontrar un agente que haya podido ejercer su acción a la vez sobre todo el conjunto; pero también individualmente, y de una manera en cierto modo selectiva, sobre cada una de estas unidades, por pequeña que sea.

Este agente, difuso y omnipresente, que actúa con una intensidad variable, según los puntos, no puede ser otro que la gravedad, cuyas componentes oblicuas son variables según

las condiciones locales, y ejercen su acción sobre cada una de las partículas de las masas tectónicas.

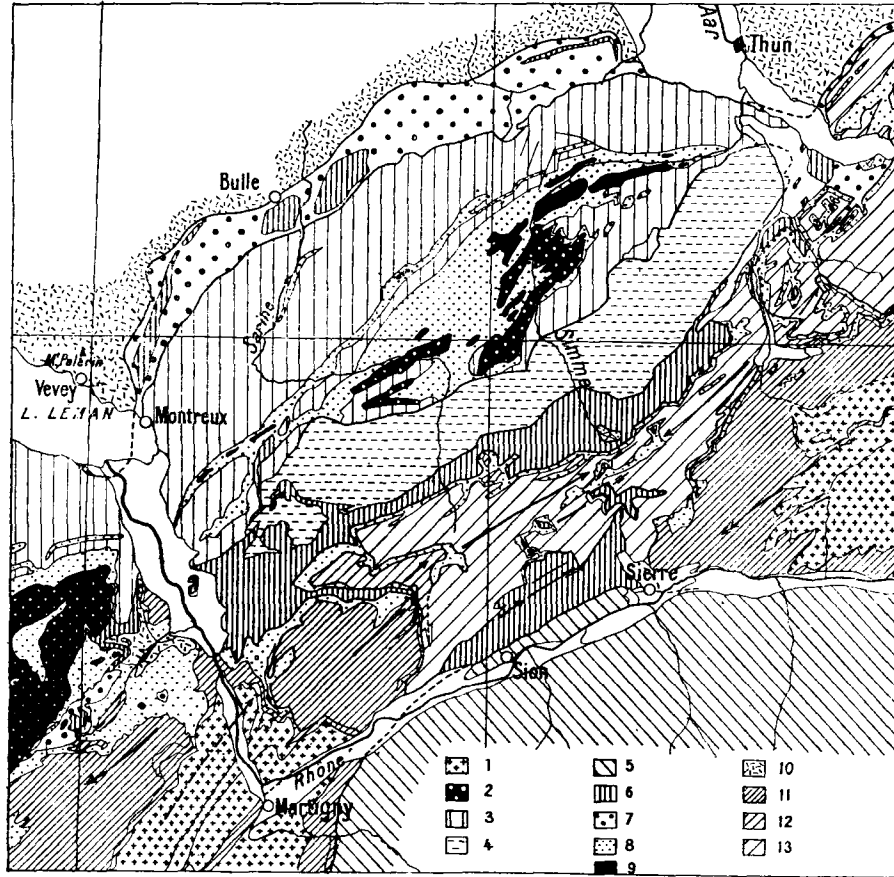


FIG. 5.—Distribución de las unidades estructurales de los Alpes suizos entre las transversales de los macizos del Mont Blanc y del Aar.

1. Paleozoico y cristalino autóctonos de los macizos del Mont Blanc y del Aar.—2. Manto de Brèche.—3. Manto de los Prealpes medios.—4. Manto de Niessen.—5. Mantos penninos.
6. Mantos ultrahelvéticos y Prealpes externos.—7. Flysch ultrahelvético.—8. Numulítico en general.—9. Manto de Simme.—10. Molasa autóctona.—11. Manto de Morcles-Doldenhorn y cobertura autóctona mesozoica de los macizos de Mont Blanc, Aiguilles Rouges y Aar.—12. Manto de los Diablerets.—13. Manto de Wildhorn.

Las flechas indican las inclinaciones axiales del conjunto.

(Según Arbenz, modificaciones de Lugeon y Gagnebin.)

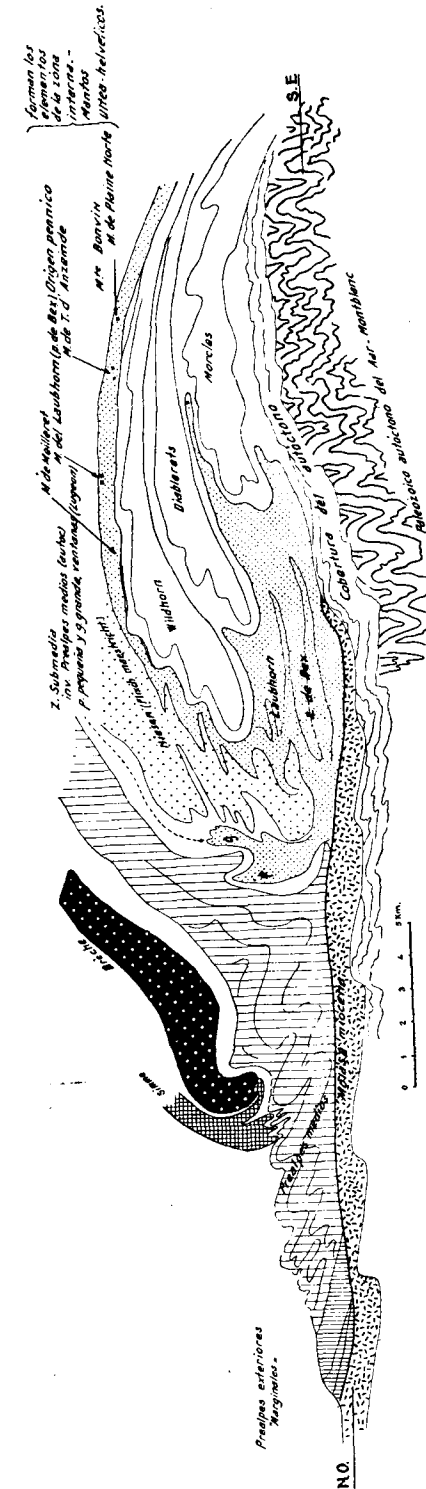


FIG. 6.—Posiciones relativas de los mantos de los Altos Alpes calizos y de los Prealpes.

He aquí el punto de vista teórico, abstracto. No tiene ningún interés insistir, argumentando de nuevo en el plano de las generalidades; por muy interesantes que sean (1) las glosas, no valen lo que los hechos.

Saldría del objeto y dimensiones de este trabajo examinar todos aquellos casos que presentan los Prealpes, y a los cuales han aplicado su análisis Lugeon y Gagnebin; pero hemos de examinar algunos.

Para aquellos que no están familiarizados con la tectónica alpina voy a ofrecer, en una ligera descripción, los rasgos esenciales de la región.

A) *Posición y unidades que concurren en la composición de los Prealpes romandos (figs. 5 y 6).*

El elemento máximo de la cadena alpina está constituido por los mantos penninos, que dominan, en el interior del arco de los Alpes occidentales, desde el Gotardo al Mediterráneo.

Estos mantos, empujados en dirección centrífuga, no son objeto de estudio aquí, y sólo se citan para encuadrar el problema. Pero, además, su frente se ha embutido en un cuadro, constituido por el borde de la Europa herciniana, y cuyos elementos aparecen en los macizos de Mercanton, de Pelvoux, de Belledonne, del Mont Blanc, de Aiguilles Rouges y, finalmente, del Aar.

Tomemos en consideración solamente estos últimos. Entre el margen NE. del macizo de Aiguilles Rouges y el del Aar se extiende una zona de hundimiento axial, en la cual domina un primer conjunto de mantos, cuyo amontonamiento forma los Altos Alpes calizos o Alpes helvéticos.

Tienen el carácter de grandes pliegues acostados, cuyos

(1) M. GIGNOUX: "Quelques reflexions sur des théories tectoniques recentes". *Ann. Univ. Grenoble*, t. XVIII, 1942.

flancos cobijados están desigualmente estirados y laminados, y cuyas zonas frontales se hunden hacia el NE. El frente del manto IV, o del Grand Saint Bernard, que es el de mayor extensión, se apoya sobre la porción radical de los mantos helvéticos, los cuales fueron generalmente interpretados como representando la cobertura de los macizos autóctonos profundos, la cual cobertura fué "pelada" y empujada delante de sí por los mantos penninos (fig. 5).

I. MANTOS HELVÉTICOS

Si se recorren los Altos Alpes calizos, de SO. a NE., se ve que los mantos helvéticos están afectados de una notable inclinación axial hacia el NE., que los hace desaparecer a los unos debajo de los otros. De inferior a superior encontramos:

a) El manto de Morcles, enraizado entre los macizos hercinianos del Mont Blanc y de Aiguilles Rouges.

b) El manto de Diablerets, que descansa sobre la porción radical del anterior, pero cuyo frente se encapuchona en un repliegue del manto de Tour d'Anzeinde, del que nos ocuparemos más adelante.

c) El manto del Wildhorn, que descansa sobre el de Diablerets, pero que comparte con él una raíz común.

d) El manto del Wildstrubel, que como consecuencia de la inclinación axial no aparece sino más al E.

Hacia el NE. los ejes se levantan, y estos mantos, diferentemente aplastados, reaparecen, para permitir, finalmente, el afloramiento del estrato cristalino del macizo de Aar.

Geográficamente, los macizos situados al NO. de los Altos Alpes calizos constan, primero, de una zona donde la erosión ha determinado una serie de valles y collados; después, macizos de predominio calizo, que constituyen los Pre-

alpes propiamente dichos. Entre los macizos principales de los Prealpes y la llanura molásica suiza aparecen a menudo montañas menos importantes, cuya significación tectónica es especial.

Así resulta que, ante los Altos Alpes calizos, el conjunto de los Prealpes se encuentra dividido en Alpes internos o zona de los cols, Prealpes medios y Prealpes externos. En estas diversas zonas es donde tendremos que distinguir las siguientes unidades tectónicas.

II. Mantos ultra-helvéticos (fig. 6).

Sobre estos mantos han pasado otros, de los que no quedan sino retazos, pero cuyos frentes hincados, tremendamente digitados y replegados, corresponden, por delante de los Altos Alpes calizos, a una zona más erosionada: la zona de los cols. Son los mantos ultrahelvéticos, en los cuales se distinguen de abajo arriba:

A) Manto de Plaine-Morte, constituido por pequeñas láminas de terrenos cretáceos envueltas en el flysch.

B) Manto de Tour d'Anzeinde, el cual reposa, bien sobre las láminas del de Plaine-Morte o bien, directamente, sobre los mantos helvéticos. Unas veces falta; otras, en cambio, está muy desarrollado. Este manto es anterior a los helvéticos, cuyos frentes se encapuchonan localmente en los repliegues de aquél. Tal es el caso del frente del manto de Diablerets, antes mencionado.

C) Manto de Bex-Laubhorn. Esta unidad está poco desarrollada o falta en las zonas altas; pero ocupa espacios importantes delante de los mantos helvéticos, que de igual manera se encapuchonan en aquél.

D) Manto de Meilleret. Está caracterizado, en su parte frontal, por el flysch terciario, y compartiría la misma raíz

con el manto precedente, que podría ser considerado como una digitación de excepcional extensión.

III. Los Prealpes, propiamente dichos, se componen de:

A) El manto de Niessen, el cual pasó por encima de los precedentes, y que está caracterizado, sobre todo, por su célebre flysch; pero que comprende también una serie, en cuya composición intervienen el Triásico y el Jurásico, y que generalmente se presenta estirada o laminada.

B) El manto de los Prealpes medios, caracterizado por su Triás con *Gyroporellas* y por una secie estratigráfica bastante peculiar. Aquellas zonas en que predominan las calizas del Triás son denominadas "Prealpes medios rígidos". Donde predominan los términos más recientes, y generalmente menos quebradizos, forman los "Prealpes medios plásticos".

C) Manto de Simme, o manto rético, caracterizado por sus radiolarites y sus rocas ofíticas. Está representado solamente por retazos, que reposan en los sinclinales del manto de los Prealpes medios, haciendo cuerpo con ellos.

D) Manto de Brèche. De hecho hay dos sectores distintos, cuyos elementos están caracterizados por brechas. Al SO., en Savoya, existe la "Brecha de Chablais", y situada hacia el NE. de los Alpes friburgueses está la "Brecha del Hornfluh". Tanto tectónica como estratigráficamente, estas unidades son homólogas; pero se ha podido demostrar que no existió nunca continuidad lateral entre ellas. O, dicho de otra manera, el espacio que las separa no corresponde a una región en que la erosión las hubiera tajado a una de la otra, sino a un elemento en que esta unidad estructural jamás existió.

Por consiguiente, el de la "Brecha del Hornfluh" corona el edificio de los mantos en los Prealpes.

En general, sus afloramientos son más internos que los del manto de Simme.

IV. *Los Prealpes externos.*

Corresponden a la reaparición, en el límite NO. de los Prealpes, de unidades tectónicas subordinadas al manto de los medios, es decir, ultrahelvéticos. Quedan reducidos a pequeñas porciones pellizcadas entre el manto de los Prealpes —en su sección de Medios plásticos— y la molasa autóctona.

Antes de estudiar las descripciones más detalladas de las relaciones que existen entre estos mantos conviene precisar tres ideas:

A) A lo largo del frente comprendido entre Savoya y el Aar, estos mantos no son continuos en sentido longitudinal, sino que experimentan un hundimiento transinclinal, cuyo eje pasa por las rocas triásicas de Saint Triphon (Medios rígidos).

El manto de Tour d'Anzeinde existe, desde luego, a la altura de Chamossaire y de Tréveneuse, pero no entre estos puntos.

El manto de Niessen, que hacia el Norte está bien desarrollado, se estira hacia el SO., al N. de Chamossaire, mientras que la lámina de Meilleret desaparece también, de modo que, en Saint Triphon, el Triás de los Medios reposa directamente sobre los elementos del manto de Plaine Morfe, por intermedio de un retazo de Triás, perteneciente a su vez al manto de Bex-Laubhorn.

El manto de la Brèche de Chablais, que domina al SO. del Ródano, y su homólogo, el de la Brecha del Hornfluh, no están ligados longitudinalmente por ningún rastro, por ningún testigo, de modo que se pueden ver dos lobas, sin encadenamiento lateral entre ellas.

Fijémonos, en fin, en que el manto de Niessen ha empu-

jado por detrás del manto de la "Brecha del Hornfluh", mientras que el de la "Brecha del Chablais", dispuesto en forma de una extensa cubeta, se extingue con regularidad perfecta.

Y ya hemos dicho que en Savoya, o más exactamente al O. de Chamossaire, el manto de Niessen no está representado.

B) Los flyschs que intervienen en la composición de los mantos son de edades diferentes. Antes se había confundido en uno solo todos estos flysch. Su diferenciación es debida a trabajos recientísimos, y permite diseñar las diferencias de la cuenca donde se sedimentaron.

Mantos ultrahelvéticos.	El flysch comienza en algunos sitios en el Maestrichtiense, y su depósito se continúa hasta el Priaboniense.
Mantos de Niessen.....	El flysch es totalmente Maestrichtiense.
Mantos de los Medios.	El flysch comienza en el Senonense, según Lugeon; en el Paleoceno, según Texier, y no sobrepasa esta última edad.
Manto de Simme.....	El flysch es en su mayor parte meso-cretáceo, y otra parte, sin duda más alta, es de edad dudosa, quizá paleocena.
Manto de Brèche	El flysch debuta en el Senonense, y no rebasa el Paleoceno.

C) *Ideas antiguas sobre la edad de los mantos.*

Por los trabajos de Lugeon, F. Jaccard, Argand y Radowsky, se sabía ya que la acumulación de los mantos ha tenido lugar en varias etapas distintas.

También se sabía que el manto de Simme tenía que haber sido el primero en llegar, uniéndose al material que más tarde formó el manto de los Prealpes medios.

Por otra parte, los argumentos que dedujo F. Jaccard de las suposiciones, le hicieron admitir que el manto de los Me-

dios se había formado ya y se había fragmentado en su zona SE. antes de la llegada del manto de Niessen.

Todas estas ideas, no obstante ser difícilmente concilia- bles con la hipótesis de acumulación de estos mantos, merced a los efectos del empuje tangencial, no habían hecho abandonar aquella interpretación.

Actualmente, las ideas han evolucionado en la forma que diremos.

D) *Particularidades mecánicas y geométricas.*

Una idea que no tenemos que olvidar es la de que las rupturas de los mantos no son debidas a empujes, sino a la tracción.

a) *Los cortes de la cordillera de Rübli-Gummfluh (fig. 7).* No hay manera de interpretarlos por una tectónica de empuje. Para que sus dispositivos pudieran ser realizados, y los cortes son muy precisos, porque permiten establecerlos con gran detalle los valles transversales, habría que admitir la ruptura inicial de los Prealpes rígidos y después la implantación vertical de estos enormes bloques de calizas de *Gyro-porellas* y de Dogger con *Mytilus*, en el flysch ultrahelvético. Además, estos bloques no están intervertidos, sino que han quedado en las mismas posiciones relativas originales, como lo demuestra la variación gradual que de unos a otros presenta el Dogger con *Mytilus*.

β) Otro ejemplo de ruptura inicial nos lo suministra la escama troceada de Hohmad-Twirienhorn en el valle de Diemtig (Diehmtigthal, cantón de Berna).

γ) Un tercer y muy sugestivo ejemplo nos lo suministra la curiosa disposición de los mantos en la región de Tréve-neuse, que ha sido descrita por E. Gagnebin (1) (fig. 8).

Porque esta disposición requiere la siguiente sucesión de

(1) E. GAGNEBIN: "Les relations des nappes préalpines au N. du Pas de Morgine (Wallis). *Ecl. Geol. Helvetiae*, t. 30, p. 221-228.

fenómenos: 1.º Ruptura del manto de los Prealpes rígidos. 2.º Afloramiento, por la ruptura (quizá agrandada por la erosión), del manto Bex-Laubhorn, que se encuentra normalmente bajo los Prealpes rígidos. 3.º Llegada del manto de la Brèche, el cual se desplaza sobre los Alpes rígidos, después sobre el manto de Bex-Laubhorn, aflorando ya por denudación, y prosigue su avance sobre las zonas distales de los Prealpes rígidos, arrastrando retazos del manto de Bex-Laubhorn, que se encuentran entonces cogidos entre el manto de los Prealpes y el de la Brèche.

Ninguna de las construcciones geométricas de la tectónica de empuje puede explicar esta disposición. Es preciso que el manto de los Prealpes rígidos haya experimentado una ruptura de distensión, la cual no puede ser debida al arrastre de su parte avanzada por el manto de la Brecha, funcionando como apisonadora, ya que la ruptura tuvo lugar antes de la llegada de este manto.

Así es como vemos producirse, no intervenciones puras y sencillas de los mantos, las cuales podrían ser debidas a pliegues posteriores a su superposición, sino cambios en el orden de las unidades, que no pueden explicarse más que por ruptura de un manto superior, cuyo frente avanza más deprisa que las zonas radicales, y luego por el avance del manto inferior que, al encontrar por delante de él este elemento avanzado, pasa por encima.

Diverticulaciones.—Pero todavía existen otros hechos. Lugeon (1) ha llamado recientemente la atención sobre las características, en cierto modo complementarias, de las series que forman los mantos ultrahelvéticos.

El más bajo de estos mantos, dentro del orden de superposición, es el de la Plaine Morte, que descansa directamente

(1) M. LUGEON: "Une nouvelle hypothèse tectonique: la Diverticulation". *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* Vol. 62, n.º 260, 1943.

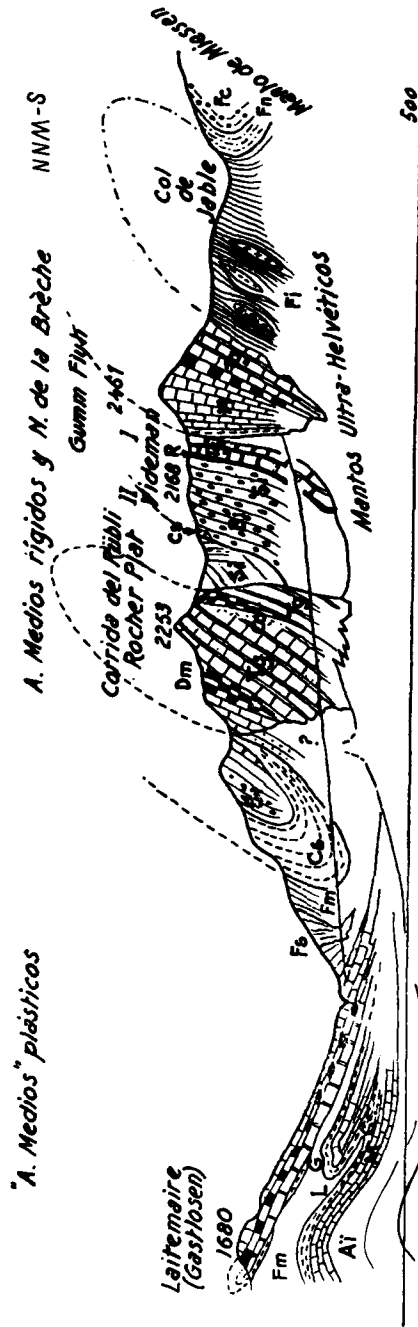


Fig. 7.—Corte a través de los Prealpes del Pays d'Enhaut (cantón de Vaud). Videman-Gummluh. Ai: Anticlinal de Tours d'Al. —L: Sinclinal de Leysin. —G: Anticlinal de Sur le Grin. —Fm: Flysch de los Prealpes medios. —Fs: Flysch cenomanense del manto de la Simme. —Fi: Flysch eoceno con varios lentejones de M. ultrahelvético. —Fn y Fc: Flysch maestrichtiense del manto de Niessen (Flysch de Nodosarias y conglomerado medio). —Cs: Cretáceo superior (capas rojas). —M: Malm. —Dm: Dogger con *Mytilus*. —Tg: Trias con *Gyroporellas* con Co, pertenecientes ambos al manto de los Prealpes medios. —Manto de la Brèche. —Cs: Cretáceo superior (capas rosas). —Bi: Brecha inferior (Dogger ?). —Si: Pizarras inferiores (Lías). —R: Retense. —Id: Caliza dolomítica del Trias. —I: Pliegue interno. —II: Pliegue medio. —III: Pliegue frontal. —Pf: Pequeña ventana media. —Gf: Gran ventana media.

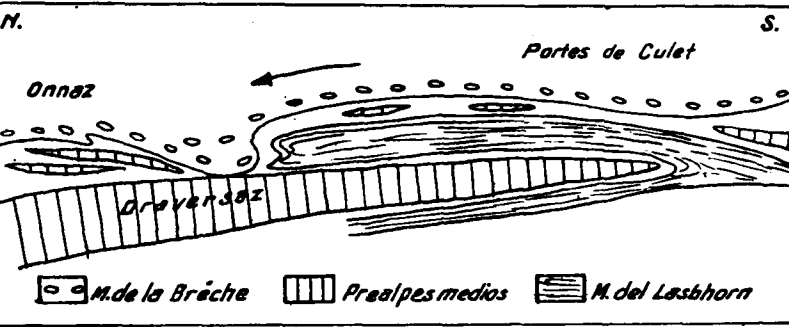


FIG. 8.—Corte de Portes de Culet, según la interpretación de E. Gagnebin, que muestra el desgaje, por tracción, de la parte avanzada de los Prealpes rígidos y su arrastre por el manto de la Brèche (del manto inferior a los Prealpes, Laubhorn), y que de este modo pasa a apoyarse, a lo largo de más de dos kilómetros, sobre los Prealpes rígidos.

sobre los mantos helvéticos. Se compone de flysch, de Maestrichtiense y Turonense, éstos dos últimos tramos en láminas anegadas en el flysch, dispuestas como si hubieran resbalado. Retazos de cretáceo inferior y de Malm participan localmente en el manto.

El segundo (Tour d'Anzeinde) está formado exclusivamente de terrenos que van desde el Oxfordiense hasta el Aptense.

El tercero (Bex-Laubhorn) consta de Bajociense, Aalenien- se y Trias.

Finalmente, el manto de Moilleret está constituido por Aaliense, Trias y Nummulítico, con bloques cristalinos exóticos.

Estos mantos no están de acuerdo con el antiguo y clásico concepto, que requería que un manto estuviera constituido por toda la serie depositada en una cierta región y transportada en bloque hacia adelante. Aquí, como subraya Lugeon, la serie de unos completa la de los otros.

Las condiciones son tales, que resulta como si todos estos



mantos procediesen de una misma serie original, de cuyo conjunto hubieran resbalado hacia adelante unos paquetes de capas después de otros, para encontrarse una vez, al cabo de su recorrido, de nuevo superpuestos, pero en orden inverso. Quedan acumulados en la depresión, donde al mismo tiempo se deposita el flysch, que acompaña a casi todos.

Tenemos, pues, que admitir despegues subparalelos de conjuntos de capas primitivamente apiladas en sucesión normal, de modo que cada paquete forma uno de estos mantos incompletos, a los cuales Lugeon denomina divertículos. Estos divertículos no presentan flancos invertidos. Se presentan como escamas o láminas. Posteriormente, y de manera pasiva, pueden experimentar los repliegues que les imponga la orogenia alpina.

Estos gigantescos resbalamientos han comenzado en el Paleoceno, o quizá ya al final del Maestrichtiense, produciéndose hacia y en la antifosa alpina durante la sedimentación del flysch terciario, por el cual quedaron englobados de la misma manera que la sedimentación de la Scaglia engloba los mantos toscanos.

Si se sigue en su sentido longitudinal estos mantos-divertículos, nos sorprende su engrosamiento brusco o su rápida desaparición. En una tectónica clásica de este hecho se podría explicar por laminaciones desiguales. Si admitimos la teoría de Lugeon del resbalamiento de estas masas, cada engrosamiento, cada "festón", es el resultado de un avance mayor de la materia, y donde falta corresponde a una zona adonde no ha llegado aquélla. Así resulta que la disposición lenticular puede ser la original o primitiva.

Estos mantos-divertículos no tienen raíces, en el sentido tectónico de esta voz. Su movimiento se debe al resbalamiento, y su origen constituye cada vez un gigantesco vacío o cavidad.

Este caso, mucho más sencillo, comparativamente, que el

de los mismos mantos, nos lleva al mecanismo general de la iniciación del movimiento.

En los casos en que la fuerza de la gravedad haya suscitado el movimiento de estos mantos, es así como han sido o han podido ser cortados de su zona de desgaje. Por otra parte, y como veremos más adelante, el fenómeno ha podido ser complejo.

E) *Iniciación del movimiento y colocación de los mantos de los Prealpes.*—Hemos visto que los mantos de los Prealpes llevan la huella de fenómenos de tracción y resbalamiento, y también de cuarteamientos, que acusan una progresión, no debida a efectos de empuje de un traspais, sino a la acción de la gravedad.

Antes de discutir la cuestión aún debemos proceder a fijar otro detalle: el de las edades aproximadas del comienzo del resbalamiento y de la llegada a su emplazamiento de cada manto.

A este respecto, y gracias a los diferentes flyschs que los constituyen, tenemos, precisamente, datos que completan a los que resultan de sus relaciones mutuas.

El tiempo transcurrido entre el arranque y la llegada puede haber sido variable, pero fué indudablemente grande; el manto ha debido de resbalar con movimiento irregular, interrumpido, quizá, por detenciones temporales.

El orden es el siguiente:

1.º *Manto de Simme.*—Resbala y se sitúa sobre la serie que luego dará origen al manto de los medios, pero que aun está en su emplazamiento original. La llegada tiene lugar durante el Paleoceno. A partir de este momento, el manto hace cuerpo con el material de los medios. Para Lugeon y Gagnebin, el material del manto de Simme es tan plástico que no ha podido avanzar mediante la acción de un empuje.

2.º *Los Medios.*—No sabemos con precisión de dónde

proceden. Se tiende a admitir que primitivamente formaban parte de la cobertura del manto IV, o, más bien, de una de sus digitaciones (1). Su movimiento ha durado mucho tiempo. El manto parece haberse desgajado bastante pronto de sus raíces, o mejor, de su zona de desgaje. Después se ha trasladado hacia la fosa donde se estaba depositando el flysch de los mantos ultra-helvéticos. Es más probable que el movimiento se haya producido en condiciones tales, que algunas partes de los Medios emergían y eran presa de la erosión.

"El frente de los Medios empuja por delante los Prealpes externos", según expresión de Lugeon. Pero podemos expresar dudas a este respecto. Puede, sin embargo, que el material de los Externos, que es el mismo, teóricamente, que el de los Ultrahelvéticos, haya sido dejado ya en movimiento sobre la pendiente y que ambos hayan caminado juntos. La época de llegada de los Prealpes a su ámbito puede ser precisa. En el Val d'Illeiez descansan sobre la molasa roja. Su frente había llegado a los alrededores de Vevey antes de la formación de las pudingas del Pelerin, cuya edad chattiense fué fijada por Baumberger gracias a las faunas que encontró en su parte superior, hacia Chatel Saint Denis (2). Por consiguiente, cuando los Medios han ultimado su estabilización es al fin del Rupeliense o principios del Chattiense.

3.º *Arranque de los mantos ultrahelvéticos.*—Estos man-

(1) Siguiendo el ejemplo de A. Heim ("Geologie der Schweiz". vol. II, p. 666), Argand y Staub han considerado a los Prealpes como homólogos de las unidades austro-alpinas, es decir, de origen surpénnico. Los geólogos franceses, por el contrario, tienden a relacionar a los Prealpes con una de las digitaciones de los Penninos (E. Haug, W. Kilian, L. Moret, M. Gignoux). Lugeon y Gagnebin, aun quedando a la expectativa, tienden más bien hacia esta última interpretación, a la cual J. Tercier (*Bull. Sté. Fribourg. Sc. Nat.*, t. 37, 1945) contribuye con el apoyo de nuevos argumentos.

(2) BAUMBERGER: "Zur Tektonik und Altersbestimmung des Molasses am Schweizerischen Alpennordrand". *Ecl. Geol. Helvetiae*, t. 24, p. 205-222.

tos incluyen un flysch que alcanza al Priaboniense. Por consiguiente, no han podido franquear el dominio de los futuros mantos helvéticos antes de finales del Eoceno. Resbalaron, formando los divertículos discutidos más arriba, y sus enormes e irregulares masas de sedimentos, casi todos ellos de carácter margoso, no han podido transmitir empuje alguno.

No es, por consiguiente, hasta después del Priaboniense, quizá durante el Lattorfiense, cuando las fosas que habían funcionado hasta entonces en el ámbito de los futuros mantos helvéticos se elevan o, más exactamente, se desplazan hacia el exterior. En este momento es cuando comienza a funcionar el surco de la Molasa. La margen meridional de este surco es la que corresponde ya al plano inclinado, sobre el que resbalan los diversos mantos.

4.º *Mantos de las Brèches.*—Se admite que las fosas de sedimentación donde se depositaron las Brèches eran más internas que las que dieron origen a los Medios. En estas regiones se produjeron dos desplazamientos independientes y paralelos. Uno, hacia Chablais; otro, hacia el Hornfluh. Ambas lomas deben su separación a dos motivos. Por un lado, las masas en movimiento han arrancado de regiones diferentes. Por otro, parece lógico que su trayectoria haya sido dirigida por zonas en que la erosión hubiera suprimido parte o todo de los rígidos. Al avanzar de esta manera, sobre superficies primitivamente erosionadas, y pasar sobre las cicatrices de los desgajes que habían troceado los medios, estas masas han arrancado al manto de Bex, hecho aflorar por el desgajamiento (o erosión parcial) de los Prealpes, los "retazos arrastrados" de Trévèneuse.

Hacia el E., la Brèche del Hornfluh se situó detrás de los rígidos, separados ya de su raíz, rechazando delante de ella los elementos del manto de Simme que estaban asociados a ella.

Acabamos de ver que, según todas las probabilidades, las dos lomas de los mantos de las Brèches se han movido independientemente, aprovechando zonas deprimidas. Inversamente, no existían entonces depresiones en la zona de Saint Triphon, actualmente transinclinal, puesto que los elementos de los mantos de las Brèches no cayeron en ellas.

5.º *Manto de Niesen.*—Por anteriores trabajos de Lugeon se sabe que en el material que constituye este manto se produjeron ya, antes del Maestrichtiense, fenómenos de recubrimiento en lo que más tarde se convierte en el núcleo del manto, que aunque locales tuvieron importancia.

Vimos que el flysch de este manto es esencialmente maestrichtiense. La sedimentación de esta potente serie comprende enormes masas de bastos bloques, que deben provenir de una cordillera en movimiento. Desde finales del Maestrichtiense se detiene la sedimentación; se produce emersión, pero este episodio no señala, de manera forzosa, el comienzo del movimiento de la masa. El efecto, la impresión de todos los geólogos alpinos, más o menos claramente expresada, pero por otra parte indemostrable, es que el impulso de este corrimiento no se produce sino tardíamente. Lo que sí se ha comprobado, en todo caso, es que la llegada del frente del manto de Niesen hasta detrás de los Prealpes, desgajados de su raíz (ya *in situ*, ya erosionados), es tardío. Lugeon y Gagnebin consideran, por el estilo de conjunto de este manto, así como por su génesis y su movimiento, que es pariente próximo de los mantos helvéticos.

6.º *Mantos helvéticos.*—No se puede decidir si es el manto de Niesen o cuál de los mantos helvéticos es el que se ha movido antes. Pero sí se sabe que el avance del manto de Morcles, en la región del Dent du Midi, ha tenido lugar al mismo tiempo que se desarrollaban, bajo y ante él, los pliegues autóctonos que afectaron a la molasa rupeliense, junto

con los mantos prealpinos que la recubren. Por consiguiente, los mantos helvéticos se han formado, al fin, del Oligoceno, detrás de los Prealpes, que acaban de alcanzar el fin de su camino.

* * *

Teniendo como puntos de partida las ideas de tracción y desgaje que imponen el aire de los mantos Prealpes, Niessen y Brèche, la idea de despegue que sugieren los dispositivos tectónicos y la constitución de los mantos ultrahelvéticos, y la impresión, por otra parte antropocéntrica, de que el material de estos mantos estaba demasiado poco "hecho" para haber podido propagar los empujes orogénicos desde sus raíces hacia sus frentes, Lugeon y Gagnebin han llegado a la conclusión de que se ha de atribuir a una componente oblicua de la gravedad el motivo esencial del desplazamiento de los mantos de que nos estamos ocupando.

Si rebasando el sector descrito por Lugeon y Gagnebin examinamos los cortes trazados por Buxtorf, Arbenz, etc., en los mantos helvéticos comprendidos entre el Aar y el Rhin, encontramos en muchos de ellos dispositivos que evocan tan netamente como aquéllos la idea de deslizamiento en masa de los mantos hacia adelante, hacia el NE.

El corte del Pilatos al Titlis nos da un ejemplo, entre otros muchos. No creo que su autor, Arbenz (1), pensase, al dibujarlo, en esta interpretación; pero es que se ocurre inmediatamente cuando se le examina, después de haber meditado sobre las conclusiones de Lugeon. Según los informes, todavía no analizados, de una bibliografía que no puedo consultar, creo que tal debe de ser el sentido que ha impreso Ampferer a los cortes suministrados por esta zona de los mantos helvéticos.

(1) ARBENZ: "Guide Geologique de la Suisse". Cinquenaire de la Société Geologique Suisse, 1934, fax. II, p. II.

E) *El comienzo del movimiento. Hipótesis relacionadas.*

Les parece ahora a muchos tectonistas que el desplazamiento de los mantos helvéticos, ultrahelvéticos y prealpinos es atribuible a la acción de la gravedad. Pero ha sido necesaria una iniciación del movimiento, y sobre todo, ha hecho falta que las masas sedimentarias que se deslizaron hubieran sido colocadas antes a una altura tal que hiciera posible su movimiento.

Por una parte, esta elevación global; por otra, el impulso inicial, no pueden tener otras causas que el esfuerzo tangencial y los alzamientos que resultaron como consecuencia de la "colocación" ("mise en place") de los mantos penninos, y se está de acuerdo en atribuir su apilamiento y dislocación a un empuje tangencial. Nos encontramos en causa inicial con las antiguas teorías de Argand y Lugeon, que nada, hasta ahora, ha reemplazado.

Lugeon y Gagnebin insisten en que los mantos exteriores a los penninos no han podido ponerse en movimiento más que gracias a este empuje. Han descendido desde las alturas hasta el fondo de las fosas donde se sedimentaban los flyschs. Salvo en sus zonas radicales, se inclinaban por completo hacia adelante, y debieron deslizarse, con infinita lentitud, sobre pendientes extremadamente débiles.

Queda, no obstante, mencionar un hecho. Los frentes de estos mantos presentan el aspecto de avanzar al asalto de su antepaís, como atestiguan los cortes del Pilatos, Säntis, Sigriswylgrat, etc. Pero si estas masas se deslizaron sobre tan débiles pendientes, el impulso no habría podido producir tales efectos.

Es preciso que admitamos, como indican Lugeon y Gagnebin, que las raíces, que actualmente están alzadas y dispuestas a contrapendiente, al SE. de los macizos del Aar y de Aiguilles Rouges, han adquirido esta disposición tardíamente

y como consecuencia de la formación reciente de pliegues de fondo, que constituyen ahora, además, aquellos macizos, el del Mont-Blanc y otros. Este umbral marginal de Europa es consecuencia de movimientos póstumos posteriores a la conclusión de los arrastres, es decir, de edad miocena.

Al mismo tiempo que se marcaba este rasgo de conjunto, las zonas ocupadas por los mantos experimentaron un hundimiento relativo. Un vasto sinclinal de fondo se iniciaba de alguna forma entre el umbral de los macizos hercinianos y la zona molásica. Lugeon lo explicó como efecto de un hundimiento isostático bajo el peso de los mantos helvéticos. Pero también podría ser considerado como originado por los mismos esfuerzos, sin duda tangenciales, que originaron el umbral. Cualquiera que fuera la causa, los encrespados frentes de los mantos helvéticos no ofrecen esta disposición, como consecuencia de su asalto al antepaís, sino del hundimiento de la parte media de dichos mantos.

A pesar de que son pocos los años que han transcurrido desde que fué reconocida la impotencia de la clásica teoría de los empujes transversales para explicar los casos particulares de las dislocaciones alpinas, se ve que la síntesis a la que han llegado entretanto los geólogos suizos, presenta ya mucha coherencia y verosimilitud.

5. RESUMEN

Vamos a repasar algunos conceptos de los ejemplos que hemos citado.

El de Koudia Ousse muestra que son posibles deslizamientos de amplitud ya importante, incluso cuando las formaciones a lo largo de las cuales se producen no presentan plasticidad muy grande. El avance de la masa ha podido

ser seguido durante distancias apreciables merced al arrastre relativo de ciertos elementos autóctonos, arrancados al paso sobre relieves emergidos más o menos erosionados.

La interpretación de los arrastres de Ubaye-Embrunais se originó exclusivamente al considerar imposible que el cuerpo del manto sirviera de vehículo de transmisión a los empujes orogénicos. Es un argumento relativo, en relación con ciertas consideraciones, que volvemos a encontrar en los razonamientos de Wijkerslooth, de Lugeon y Gagnebin. Pero mientras que el primero de estos señores opera en un plan meramente especulativo, los otros dos contribuyen con numerosos argumentos positivos: fenómenos de tracción y desgaje de los mantos, inversión del orden de éstos en formas inconciliables con la tectónica clásica.

A estas pruebas se añade una síntesis coherente de la creación de estos mantos, que llega a precisar el orden y, alguna vez, la época. Se puede apreciar un haz de hechos que acuden en apoyo de la nueva interpretación.

En cuanto a la hipótesis de las diverticulaciones queda, por ahora, como hipótesis. No se ha llegado a demostrar que todos los mantos ultrahelvéticos provengan, por deslizamiento, de la misma serie original. Pero no por eso merece menos el ser tenida en cuenta, tanto para el caso de los mantos, para los cuales fué creada, como para otros problemas tectónicos planteados por otras regiones.

6. DISCUSIÓN

El espacio disponible no me permite abordar a fondo la discusión de esta teoría. No podemos más que indicar, de pasada, algunos puntos.

El primero que se plantea es la cuestión del rozamiento.

Hemos visto que algunos de los arrastres considerados han podido producirse bajo el agua, encontrándose facilitado el movimiento por las propiedades naturales de las arcillas en proceso de deposición. Pero en el caso de Koudia Ousse nos hemos de enfrentar con un arrastre que se ha verificado, sobre una superficie emergida, al aire libre. Se trata de un arrastre epiglíptico (*Reliefüberschiebung*).

La idea que nos forjemos del alcance de la resistencia, debida al frotamiento, es puramente subjetiva. No hay medio aceptable de medirla y de expresar este valor. M. Gignoux (*loc. cit.*) sugirió, como término de comparación, el movimiento, imperceptible a la vista, de los glaciares. Pero esta comparación es apenas válida, porque el hielo ofrece parámetros físicos muy especiales.

Yo creo que el ejemplo de Koudia Ousse nos puede servir con mayor utilidad de otra manera. Tiene menos interés conocer el mecanismo del movimiento que saber que su efecto *ha sido posible, puesto que se ha producido*. Y el sinclinal volcado, que se ha formado o exagerado bajo el borde meridional del testigo, demuestra, incluso, que la masa desarrolla al desplazarse una potencia suficiente para deformar profundamente la serie autóctona. Después, y bajo ciertas condiciones de inclinación (y allí fué bastante grande) y de duración, el fenómeno ha podido producirse. Esta "corteza" de anticlinal, que se desgaja y que resbala, nos muestra, inclusive, cuál es el mecanismo elemental de la diverticulación.

Pero nosotros podemos examinar el flanco del pliegue contra el que se ha efectuado el resbalamiento, y que ha quedado en su estado original; los términos del problema están directamente al alcance de nuestra observación y bajo una forma tan sencilla como es posible desear.

En el caso de los mantos del Ubaye, la masa es más importante y también lo son los efectos. La plasticidad natural

del flysch hace muy verosímil la interpretación. Pero actualmente, el manto y su yacente constituyen un conjunto afectado de amplias ondulaciones. Queda fuera de duda que si el manto se hubiera desplazado por gravedad sobre una topografía que presentase las ondulaciones que afectan actualmente a la serie de Terres Noires, sobre las que descansa ahora, habría sido frenado y detenido por la primera contrapendiente. Por otra parte, si la posición y cotas del manto brianzónés hubieran sido entonces lo que hoy, tenida en cuenta la reconstitución de las superficies estructurales, la pendiente hubiera sido extremadamente débil—menos del uno por cien—y el movimiento no hubiera podido iniciarse. Es preciso admitir:

1.º Que las partes frontales del manto del Briançonnais, anteriormente alzadas, han sido deprimidas después del arrastre.

2.º Que las ondulaciones del manto y de su *substratum* han sido póstumas, como este mismo hundimiento.

Fuera de estas dos hipótesis, sin las cuales falta toda explicación del fenómeno, nada puede explicar los hechos bien fundamentados, si no es el razonamiento por el cual hemos llegado.

En la interpretación de los arrastres toscanos, Wijkerslooth hace intervenir dos hipótesis. Una de ellas se refiere a los movimientos que habrán tenido que afectar al geanticlinal ligur: emergencia hasta el Calloviense; hundimiento suficiente para crear una depresión de sedimentación bathial; nuevo alzamiento, extremadamente acusado, sin el cual la formación de los mantos no sería posible, y hundimiento, en fin, para poder alcanzar los fondos actuales.

Estas gigantescas pulsaciones verticales son casi desconocidas, y es poco satisfactorio tener que recurrir a ellas.

La segunda hipótesis, en la que se basa la síntesis del

geólogo holandés, se refiere a la posibilidad de que los mantos hayan caminado sobre la Scaglia, que se encontraba entonces en proceso de sedimentación, siendo así que la componente oblicua de la gravedad se encontraba reducida, por la pendiente y el agua, al 2 por 100 del valor de g .

A este respecto, nos encontramos con datos muy poco animadores, suministrados por las observaciones de P. H. Kuenen (1).

La expedición del *Snellius* tenía por objeto el estudio de los grandes fondos de los mares de la Sonda, tanto por el reconocimiento ultrasónico de la morfología submarina como por extracciones de muestras-testigos, que permitieran reconocer la naturaleza exacta de los depósitos. Estos hubieron de reducirse a extracciones que alcanzaban sólo de 35 a 206 centímetros.

De 800 extracciones, efectuadas entre 250 y 5.000 metros de profundidad, se han apreciado 298 casos en que el sedimento es una arcilla fina, que se ha depositado, en 44 casos, sobre pendientes con inclinaciones de siete grados; en 27 casos, sobre pendientes de diez grados, y en ocho casos, de 15 grados. Las pendientes máximas apreciadas han sido de 22 y 34 grados.

Las observaciones muestran, por consiguiente, acumulaciones de sedimentos muy móviles, sobre pendientes bastante acusadas y en cuencas donde impera una sismicidad muy activa, es decir, donde accidentes mecánicos serían susceptibles de desencadenar el movimiento de estos sedimentos.

Es el caso que las medidas son instantáneas y no permiten comprobar si se producen deslizamientos; pero si prueban que depósitos de uno o dos metros y más, y tan finos que son

(1) "The *Snellius* Expedition". Vol. V. Geological Results. Part. I. Geological Interpretation of the bathymetrical results. by P. H. Kuenen, p. 69 y siguientes. Leyden, 1935.

fluyentes, pueden formarse sobre pendiente del orden de 157 grados, sin que un deslizamiento perpetuo alcance a denudar el yacente, más duro. Se comprueba, además, en los testigos, que sólo los primeros decímetros son completamente blandos; cuando se profundiza más, se alcanzan capas cuya solidificación está sensiblemente más avanzada, y donde es más difícil concebir un despegue seguido de deslizamiento.

Finalmente, no aparecen, ni en las partes bajas de los flancos ni en las cercanías de las fosas, los abultamientos topográficos que debieran manifestar la presencia de las partes frontales de las grandes masas deslizadas.

Kuenen estima, en definitiva, que en lo que se refiere a las grandes vertientes submarinas de las Indias Orientales, el juego activo de los deslizamientos no puede intervenir, y que si se prefiere atribuir a deslizamientos los mantos de los grandes edificios tectónicos surgidos de los geosinclinales *es preciso que las condiciones hayan sido totalmente distintas de las que se presentan en los surcos estudiados por la expedición del "Snellius"*.

Hagamos notar, por nuestra parte, que las modalidades de la observación han sido tales, que los sabios holandeses no han podido estudiar más que la película más superficial de los sedimentos en proceso de deposición. Si paquetes de algunas decenas o centenas de metros hubieran estado en proceso de deslizamiento, habrían pasado inadvertidas. La idea de los tectonistas es que los deslizamientos han debido desencadenarse al aire libre y proseguir bajo el agua. Y respecto a esto, las investigaciones efectuadas por el personal del *Snellius* no han suministrado ningún dato en contra. Kuenen mismo sugiere que sus conclusiones no son contrarias a la idea de que en el movimiento, habiendo sido provocado por empujes tangenciales, la gravedad haya desempeñado un papel auxiliar en el desarrollo y desplazamiento de los mantos.

Estas observaciones, y el análisis que efectuó Kuenen con vistas al caso exacto del trabajo de Wijkerslooth sobre los mantos de Toscana, que era el único trabajo aparecido sobre este tipo de interpretaciones tectónicas cuando se publicaron los resultados de la campaña del *Snellius*, se aplican también al problema de los Prealpes, suscitado desde entonces.

Si bien las conclusiones de Kuenen son de tal naturaleza que han de suscitar una gran cautela entre los tectonistas, se aprecia, de todos modos, claramente que no deben detener sus investigaciones por el camino tan magníficamente desbrozado por el maestro de la Escuela de Lausanne.

Ya no hay lugar a duda de que el conocimiento de las modalidades de esta tectónica, denominada bien como "tectónica de curso (écoulement)" o como "tectónica por gravedad", permitirá explicar muchas particularidades estructurales que hasta ahora permanecieron incomprensibles. Después de la primera "Nota preliminar", de Lugeon (1), Jean Lacoste trató de aplicar estas ideas a los problemas planteados por las circunstancias de los mantos prerrifeños (2).

Y muchos otros casos serán examinados, en lo futuro, con este criterio. Por otra parte, como siempre que un sabio de la categoría del profesor Lugeon forma una nueva teoría, no dejaremos de ver una infinidad de geólogos aplicarla con entusiasmo a las regiones que estudian.

Deseemos que sea el espíritu crítico el que se imponga, porque por ahora no se trata todavía más que de hipótesis, y en materia de innovaciones científicas, los neófitos ciegos son a menudo menos útiles que los contradictores de buena fe.

(1) H. LUGEON y D. SCHNEEGANS: "Sur le diastrophisme alpin". C. R. Ac. Sc., t. 210, 1940, p. 87.

(2) J. LACOSTE: "Tectonique d'écoulement du Crétacé rifain". Ind. t. 210, 1940, p. 257.

**CUADRO SISTEMÁTICO
DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS
Y DE LAS FASES DE PLEGAMIENTO
(NUEVA APORTACIÓN)**

COMPILADO POR
J. M. RÍOS

CUADRO SISTEMÁTICO DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS Y DE LAS FASES DE PLEGAMIENTO

Aunque después de la segunda edición de nuestro *Cuadro sistemático* (1) hemos seguido reuniendo datos, llevados un poco ya por la pasión del coleccionista, no nos hubiéramos decidido a realizar la pesadísima tarea de contrastarlos, sistematizarlos y ordenarlos de no haber sido animados a ello por varios colegas, convencidos de su utilidad. Un gran estímulo ha sido también el haberlo visto con frecuencia, como instrumento habitual de trabajo, en las mesas y despachos de los geólogos.

Por otra parte, estamos obligados a ello por justa correspondencia a las molestias que se han tomado muchos compañeros haciendo atinadísimas observaciones y recogiendo y suministrando datos.

Cumplimos, pues, con un deber agradabilísimo agradeciendo a los señores A. •Marín, P. de Novo, P. H. Sampelayo y F. Solache su colaboración, y especialmente a nuestros queridos colegas, J. G. de Llarena, A. Almela y J. Revilla, quienes, en las constantes consultas bibliográficas que han de realizar para sus trabajos de paleontología, nos han tenido permanentemente en cuenta, proporcionándonos gran cantidad de cuadros y datos.

Por nuestra parte no hemos ahorrado esfuerzo para dotar al geólogo de una herramienta lo más útil posible.

Esta nueva aportación, que excede de mil designaciones, debe ser usada como complemento de la segunda edición publicada por la Escuela de Minas. Doce nuevos apéndices completan el cuadro general, y suministran muchas equivalencias, difíciles de explicar con claridad en él. Llamamos la atención sobre el apéndice V, «Cuadro de las formaciones arcaicas», que tiene por objeto sustituir a la base del cuadro general, muy incompleto en las formaciones prepaleozoicas. Hemos examinado gran cantidad de cuadros antiguos y modernos sobre el cuaternario; pero las discrepancias son tales que por ahora, y a falta de un criterio unánime, preferimos no tocar el que primeramente dimos. El índice se ha enriquecido; además, con una serie muy completa de la equivalencia de los tramos en que se dividen las formaciones geológicas en los Estados Unidos, cuya sucesión viene expresada además en un cuadro (Apéndice XVI). A nuestro colega V. A. Bray, quien nos ha proporcionado bibliografía referente a ellas, expresamos nuestro agradecimiento.

Nuestra idea es refundir algún día las dos ediciones en un solo cuadro e índice; pero para ello se ha de esperar el agotamiento de la edición de la Escuela de Minas.

Madrid, 1947.

(1) J. M. RIOS: *Cuadro Sistemático de las Formaciones Geológicas y de las Fases de Plegamiento*. Publicaciones de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, 1945.

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

- Aaleneraisenoollithe: Dogger β , *Jurásico*.
- Aaleniense: Dogger, *Jurásico*. (Apéndice VII.)
- Acadian Revolution (E. U. A.): Entre el *Devoniano* y el *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
- Acadiense: *Cambriano*. (Ap. XI.)
- Acantohoplites* (Zona de): Alben-se inf., *Cretáceo*.
- Actinocamax quadratus* (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
- Aegir (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
- Aegoceras angulatus* (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Aegoceras capricorni* (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Aegoceras henleyi* (Zona de): Lías γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Aegoceras jamesoni* (Zona de): Lías γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Aegoceras planicosta* (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Aegoceras planorbis* (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Aftonian (E. U. A.) = Siciliense, *Pleistoceno*. (Ap. XVI.)
- Aigua (Serie de): *Arcaico superior*.
- Alais-Ferté (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
- Alet (Areniscas de): Maestrich-tiense, *Cretáceo*.
- Algibe (Areniscas del): Aquita-niense, *Mioceno*.
- Algomiense (Serie): *Proterozoico*. (Ap. V.)
- Algomiense (Serie): *Proterozoico*. (Ap. V.)
- Algonkian: *Proterozoico*. (Apén-dice XVI.)
- Allegheny (E. U. A.): Waldenbur-guense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
- Allobrogiense: Portlandés, *Jurá-sico*.
- Amaltheen* (Zona de) = Lías δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Amaltheus costatus* (Zona de): Lías δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Amaltheus ibex* (Zona de): Lías γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Amaltheus margaritatus* (Zona de): Lías δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Amaltheus oxinotus* (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Amaltheus spinatus* (Zona de): Lías δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Ammaniense: Westfaliense infe-rior, *Carbonífero*.
- Ampelítico (Sistema): *Siluriano*.
- Amstel (Serie de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)
- Anarcestes* (Tramo de): *Devoniano medio*. (Ap. VIII.)
- Anceps* (Zona de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
- Angers (Capas de): Llandeilense, *Siluriano*.
- Angulatus* (Zona de): Lías α , *Ju-rásico*. (Ap. VII.)
- Animikiense: *Proterozoico*. (Apén-dices V y XVI.)
- Anjou (Pthanitas de): Ludloviense, *Siluriano*.
- Anor (Tramo de): *Devoniano infe-rior*. (Ap. VIII.)

- Anthracoceras* (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
 Anvers (Serie de): *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 Anversense (Lambert) = Plasenciense, *Plioceno*.
 Anversense: *Mioceno*. (Ap. XIV.)
 Appalachian (Fase): Entre el *Carbonífero* y el *Permiano*. (Apéndice XVI.)
 Apalachicola (E. U. A.): Stampiense, *Oligoceno*. (Ap. XVI.)
Aphyllites occultus (Capas de): Eiffeliense, *Devoniano*. (Apéndice VIII.)
 Aptychen mergel: Malm γ , *Jurásico*.
Aptychen (Zona de): Malm γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Aquitaniense: *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Ardmillan (Serie de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Ardorfer (Calizas de): Frasnense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Ardyn Obo (Asia Central): Tongriense, *Oligoceno*.
 Arén (Areniscas de): Maestrichtiense, *Cretáceo*.
 Arenig (Serie de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Areniscas del Algibe: Aquitaniese, *Mioceno*.
 Argoviense: Malm, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Arietites bisulcatus (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
Arietites bucklandi (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Arietites obtusus (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Arietites raricostatus (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Arietites turneri (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Arikaree (E. U. A.): Pontiense, *Mioceno*. (Ap. XVI.)
 Arlberg (Dolomías de): Ladiniese, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Armoricense = Cuarzitas armorianas, *Siluriano*.
 Arno (Formaciones del): *Plioceno superior*.
 Arshanto (Formación de) (Asia Central): *Eoceno superior* más bajo.
 Arundel (E. U. A.): Hauteriviense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Ashdown sand (Tramos de): *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Ashgill (Serie de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Asmari (Caliza de) (Persia): Stampiense, *Oligoceno*.
Aspidoceras perarmatum (Zona de): Malm α , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
Aspidoceras hypselum (Zona de): Malm α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Asschiense: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Astartiense: Kimmeridgiense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Astartina (Zona de): Malm β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Astiense: *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 Astieriense: Valanginiense, *Cretáceo*.
 Atherfields Clay: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Aufgeschwemmtes Gebirge (Werner) = *Terciario* + *Cuaternario*.
 Auversense: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Auzas (Margas de): Maestrichtiense sup., *Cretáceo*.
Avicula contorta (Zona de): Liásico, *Jurásico*. (Ap. XII.)
Avicula contorta (Zona de): Retiense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Avoniense = *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)

- Aymestry (Serie de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Aymestry limestone: Ludlow medio, *Siluriano*.

B

- Bagshot beds: *Eoceno*. (Apéndice XIII.)
 Baiying Bologai (Asia Central): *Cretáceo inferior* medio.
 Bajociense: Dogger, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Bajuvariense: Ladiniense, *Triásico*.
 Bakiniense: Levantino superior, *Mioceno*.
 Bala (Serie de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Bámbola (Cuarzita de): Georgiense, *Cambriano*.
 Baron Sog (Tramo de): Tongriense, *Plioceno*.
 Barr (Serie de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Barton beds: *Eoceno*. (Ap. XIII.)
 Barton Clay: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Bartonense: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Bathoniense: Dogger, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Bayport Marshall (E. U. A.): Viseano, *Carbonífero*.
 Beauce (Series de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Beauchamps (Serie de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Beaufort (Serie de). (Ap. VI.)
 Beeckmanstown (Calizas de): Tremadoc-Arenig inferior, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
Belemnitella mucronata (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
Belemnites brunswicensis (Zona de): *Cretáceo inferior*. (Apéndice XIII.)
Belemnites jaculum (Zona de): *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
Belemnites lateralis (Zona de): *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
Belemnites minimus (Zona de): *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Beltiense (E. U. A.): Keweenawense, *Proterozoico* (Apéndices V y XVI.)
 Bembridge (Serie de): *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Bembridge limestone: *Oligoceno*. (Apéndice XIII.)
 Bembridge marls: *Oligoceno*. (Ap. XIII.)
 Benton (E. U. A.): Igeriense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Bermidiense = Tongriense, *Oligoceno*.
 Bernician: *Carbonífero inferior*. (Apéndice XI.)
 Berniciense: Viseano, *Carbonífero*.
 Bernissartiense: Entre el Purbeckiense y el Wealdense, *Jurásico-Cretáceo*.
 Besarabiense: Sarmatiense medio, *Mioceno*.
 Besserdich (Hulla de): Namuriense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Bicknell (E. U. A.): Argoviense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
Bifidus (Zona de): Ordoviciense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
Bifurcaten (Zona de): Dogger δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Bifurcaten Oolith: Domeriense superior, *Jurásico*.
 Birkhill (Pizarras de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Birmensdorfiense: Argoviense, *Jurásico*. (Ap. VI.)
 Birrimense: *Arcaico*.
 Bismarck (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Blackheath and Oldhaven beds: *Eoceno*. (Ap. XIII.)

Black River (E. U. A.): Caradociense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Blanco (E. U. A.): Astiense, *Plioceno*. (Ap. XVI.)
 Blaye (Serie de): *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 Boianense: Lewisiense, *Arcaico*. (Ap. V.)
 Bokkeveld (Serie de). (Ap. VI.)
 Bolderiense: *Mioceno*. (Apéndice XIV.)
 Bononiense: Kimmeridgiense superior, *Jurásico*.
 Borrowdale (Serie de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Boston (Serie de): *Plioceno*. (Apéndice XIV.)
 Botniense I: *Arqueozoico*. (Apéndice V.)
 Botniense II: *Proterozoico*. (Apéndice V.)
 Bovey Tracy (Tramo de): Burdigaliense, *Mioceno*.
 Bracklesham beds: Bajo el Bartonense, *Eoceno*.
 Bracklesham beds: *Eoceno*. (Apéndice XIII.)
 Bracklesham beds: *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 Bradford Clay: Dogger, *Jurásico*. (Apéndice XII.)
 Bradfordinense: Bathoniense, *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Brezove (Tramo de): *Cambriano*. (Ap. X.)
 Briarfield (E. U. A.): Meneviense, *Cambriano*.
 Bridger (E. U. A.): *Eoceno*. (Apéndice XVI.)
 Brie (Serie de): *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Brioveriense: Jatuliense, *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Bronsil (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Bruseliense: *Eoceno*. (Ap. XIV.)

Brunswick (E. U. A.): Keuper, *Triásico*. (Ap. XVI.)
 Bucklandi (Zona de): Lias α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Budesheim (Pizarras de): Frasnense, *Devoniano*. (Apéndice VIII.)
 Burdigaliense: *Mioceno*. (Apéndice XIV.)
 Burlington (E. U. A.): Missisipiense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Burnot (Tramo de): *Devoniano inferior medio*. (Ap. VIII.)
 Burnotiense: Entre el Coblecense y el Eiffeliense, *Devoniano*.
 Butley (Serie de): *Plioceno*. (Apéndice XIV.)

C

Cabo (Sistema del). (Ap. VI.)
 Cabo Busto (Caliza de): Arenigienense medio, *Siluriano*.
 Caerfai (Serie de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Calcaire grossier: *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 Calceolas (Tramo de): Eiffeliense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Calvert Chesapeake (E. U. A.): Burdigaliense, *Mioceno*. (Apéndice XVI.)
 Calloviense: Dogger, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Campil (Tramo de): Skitiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Campiniense: *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 Canadian: Ordovicense inf., *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Caninia (Zonas de): *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)
 Cap System. (Ap. VI.)
 Capricornu (Zona de): Entre el Pliensbaquiense y el Domerriense, *Jurásico*.

Cardioceras alternans (Zona de): Malm α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Cardioceras cordatum (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Cardioceras flexicostatum (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Careliense: *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Carstone (Serie de): *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Cartusiense = Siciliense, *Pleistoceno*.
 Cascadian Revolution (E. U. A.): Astiense, *Plioceno*. (Ap. XVI.)
 Caspiense: Pontiense superior, *Mioceno*.
 Catarcaicos (Gneisses): *Arqueozoico*. (Ap. V.)
 Cayugan (E. U. A.): Ludlowiense Downtoniense, *Siluriano*.
 Cengle (Tramo de): Danés, *Cretáceo*.
Cerithium diaboli (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Cimbriense (Leymerie): Liásico medio, *Jurásico*.
 Cimmeriense: Pontiense superior, *Mioceno*.
 Cincinnatian (E. U. A.): Ashgillense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Cibly (Capas de): Montiense, *Paleoceno*.
 Claiborne (E. U. A.): Luteciense, *Eoceno*. (Ap. XVI.)
 Claxby Ironstone: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Clayborniense: Luteciense, *Eoceno*. (Ap. XVI.)
Clingani (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Clinton (E. U. A.): Wenlockiense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
Clymenias (Tramo de): Famenienense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Coal Measures: *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)

Coblenciense: *Devoniano*. (Apéndice VIII.)
Coeloceras crassum (Zona de): Lias ζ , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Coldwater (E. U. A.): Culm, *Carbonífero*.
 Colfax (E. U. A.): Sequaniense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Colorado (E. U. A.): Turonense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Collingwood (Pizarras de): Balañense medio, *Siluriano*.
 Comanchiense (América) = *Cretáceo inferior*. (Ap. XVI.)
 Comley (Tramo de): Acadiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
Complanatus (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Concava schichten: Aalenense, *Jurásico*.
 Conchylense = Muschelkalk, *Triásico*.
 Condros (Tramo de): *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
 Conemaugh (E. U. A.): Saarbrück, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Coniston (Flags and grits): Gotlandés, *Siluriano*. (Apéndice XI.)
 Coniston (Serie de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Coniston (Tramo de): Caradociense, *Siluriano*.
 Coral Rag: Malm, *Jurásico*. (Apéndice XII.)
 Coraliense: Argoviense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Coraliense: Malm, *Jurásico*. (Apéndice XII.)
 Coralline Crag: *Plioceno*. (Apéndice XIII.)
 Coralline Oolite: Malm, *Jurásico*. (Ap. XII.)
Corbula gibba (Zona de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)

- Cordilleran Revolution (E. U. A.): Entre el *Jurásico* y el *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
- Cornbrash: Bathoniense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Cornbrash: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
- Coronatus (Zona de): Bajociense superior, *Jurásico*.
- Corral (Cuarцитas y ampelitas de): Valentiense, *Siluriano*.
- Corwen grits: Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
- Cosmoceras ornatum (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
- Costatus (Zona de): Lias δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Coutchiching (Serie de): *Arqueozoico*. (Aps. V y XVI.)
- Couvin (Tramo de): *Devoniano medio*. (Ap. VIII.)
- Crags: Masas conchíferas más o menos consolidadas por un cemento ferruginoso o calizo.
- Crags: *Plioceno*. (Ap. XIII.)
- Craie blanche: Senonense, *Cretáceo*.
- Craie blanche: Senonense, *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
- Craie tuffeau = Turonense, *Cretáceo*.
- Cresnes (Zona de): *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
- Croix (E. U. A.): Meneviense, *Cambriano*.
- Cromer Forest Beds: *Plioceno*. (Ap. XIII.)
- Crussoliense: Kimmeridgiense, *Jurásico*.
- Cypridinas (Capas de): Famenien- se, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
- Cypridiniense: Famenien- se, *Devoniano*.
- Cyrena semistriata (Margas de): Chattiense, *Oligoceno*.
- C₁ y C₂ (Zonas): *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)
- Ch
- Chalk Marl: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
- Chalk Marl: Turonense, *Cretáceo*.
- Champigny (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
- Champlain (E. U. A.) = Aluvial, *Cuaternario*. (Ap. XVI.)
- Champlain (E. U. A.): = Ordovi- cense superior, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
- Changhia (Piso de): *Cambriano*. (Ap. XV.)
- Charmutiense: Lías, *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Chattanooga (E. U. A.): Mississi- piense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
- Chattiense: *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
- Chaumitien (Tramo de): *Cam- briano*. (Ap. XV.)
- Chautauquan (E. U. A.): Famen- iense sup., *Devoniano*. (Apén- dice XVI.)
- Chazy (E. U. A.): Ordovicense inferior, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
- Cheiloceras (Tramo de): Frasnien- se, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
- Chemung (E. U. A.): Famenien- se superior, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
- Chersoniense: Sarmatiense supe- rior, *Mioceno*.
- Chester (E. U. A.): Mississipiense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
- Chicksawkian folds: Entre el *De- voniano* y el *Carbonífero*.
- Chico (E. U. A.) = *Cretáceo supe- rior*. (Ap. XVI.)
- Chillesford beds: *Plioceno*. (Apén- dice XIII.)
- Chinle (América): Karniense, *Triásico*.

- Chloritic marl: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
- Choptank (E. U. A.): Burdigalien- se, *Mioceno*. (Ap. XVI.)
- Chuar: Ladogiense, *Proterozoico*. (Aps. V y XVI.)
- Chugwater (E. U. A.): Bunter- sandstein, *Triásico*. (Ap. XVI.)
- D
- D (Zona): Viseano, *Carbonífero*. (Ap. XI.)
- Daciense: Pontien- se superior, *Mioceno*.
- Dachsteinkalk: Retien- se, *Triási- co*. (Ap. IX.)
- Dakota (E. U. A.): Cenomanense, *Cretáceo*.
- Dakota (Serie de): *Arqueozoico*. (Ap. V.)
- Dala (Serie de): *Proterozoico*. (Ap. V.)
- Dalle nacrée (Horizonte de la): Calloviense inferior, *Jurásico*.
- Dalradiense: *Arcaico*. (Ap. V.)
- Danubiense: Entre el Kimmerid- giense y el Portlandés, *Jurásico*.
- Davoei (Zona de): Lías γ , *Jurá- sico*. (Ap. VII.)
- Deep River (Montana): Helve- ciense, *Mioceno*.
- Deister sandstein: Wealdense, *Cretáceo*.
- Demetiense: Westfaliense, *Car- bonífero*.
- Denbighshire (Flags and grits): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
- Dentalien tone: Bradfordiense, *Jurásico*.
- Dentalien tone (Zona de): Lías ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Deroceras davoei (Zona de): Lías γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Dibunophyllum (Zona de): Vi- seano, *Carbonífero*. (Ap. XI.)
- Diceratiense: Sequaniense, *Jurá- sico*. (Ap. VII.)
- Dichograptus (Zona de): Ordovi- cense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
- Diestiense: *Plioceno*. (Ap. XIV.)
- Divesiense: Oxfordiense, *Jurá- sico*.
- Djadochta (Asia Central): *Cretá- ceo superior* alto.
- Dohoin Usu (Asia Central): *Cre- táceo inferior* alto.
- Dolgelly (Tramo de): Potsda- miense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
- Doiomía pral. Alpina: Noriense, *Triásico*. (Ap. IX.)
- Dordoniense: Maestrichtiense, *Cretáceo*.
- Douvilleiceras mammillatus (Zona de): *Cretáceo superior*. (Apéndice XIII.)
- Downton (Serie de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
- Drabov (Cuarцитas de): Llandei- liense superior, *Siluriano*.
- Drabov (Tramo de): *Ordovicense*. (Ap. X.)
- Dreckbank (Hulla de): Westfa- liense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
- Drusberg (Capas de): Barremien- se inferior, *Cretáceo*.
- Dudley (Tramo de): Wenlockien- se, *Siluriano*.
- Dunkard (E. U. A.): Rothliegen- des, *Permiano*. (Ap. XVI.)
- Durness (Caliza de): *Cambriano* medio, *Siluriano inferior*.
- Durness (Caliza de): Potsdamien- se, *Cambriano*. (Ap. XI.)
- Dwyka (Serie de). (Ap. VI.)
- Dyphoides kalk: Hauteriviense, *Cretáceo*.
- E
- Ebroduniense: Barremiense, *Cre- táceo*.
- Ecce (Serie de). (Ap. VI.)

Echioceras varicostatus (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Edmonton (Serie de): Senonense-Danés, *Cretáceo*.
 Effingen (Serie de): Argoviense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Ehinger-schichten: Chattiense, *Oligoceno*.
 Eiffeliense: *Devoniano medio*. (Ap. VIII.)
 Einbeckhauser (Capas de): Portlandés medio, *Jurásico*.
 Ekne (Fase de) (Noruega): Entre el Caradociense y el Ashgillien-
 se, *Siluriano*.
 Elsgoviense: Kimmeridgiense, *Jurásico*.
 Embar (E. U. A.): Zechstein, *Permiano*.
 Enon (Serie de). (Ap. VI.)
 Eo-Gondwana (Serie de): *Carbonífero superior* y *Permiano inferior*.
 Eoceno (Inglaterra): (Apéndice XIII.)
 Epalgomiense (Discontinuidad): *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Eparcaica (Discontinuidad): Entre el *Arqueozoico* y el *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Epicretáceo: Garumnense, *Cretáceo*.
 Ergueliense: Berriasiense, *Cretáceo*.
 Erian (E. U. A.): Givetiense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Eriano (América) = *Devoniano*.
 Ermenonvillien = Auversien, *Eoceno*.
 Estampiense: *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Etampes (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Etrechy-Morigny (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)

Étroeungt (Tramo de): *Devoniano-Carbonífero* (tránsito). (Apéndice VIII.)
Eumorphoceras (Tramo de): Namuriense, *Carbonífero*. (Apéndice VIII.)
Eurypterideas (Zona de): Portlandés, *Jurásico*. (Ap. XI.)
 Eutaw (E. U. A.): Ligeriense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
Extensus (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)

F

Falemé (Serie de): *Algónquico*.
 Fameniense: *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
 Famenne (Tramo de): *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
 Fars (Formación de): *Mioceno inferior*.
 Fengshan (Tramo de): *Cambriano*. (Ap. XV.)
 Fepin (Capas de): Gedinnien, *Devoniano*.
 Ferté-Alais (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Ffestiniog (Tramo de): Potsdamiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Filádico (Sistema) = *Siluriano*.
 Finefrau (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Firmetiense: Chattiense, *Oligoceno*.
 Flags: Areniscas con gran proporción de mica blanca, que permite su separación en hojas.
 Flammen mergel: Albense superior, *Cretáceo*.
 Flandriense: Montiense - Thantiense, *Eoceno*.
 Florida (E. U. A.): Plasenciense, *Plioceno*. (Ap. XVI.)
 Flözgebirge (Werner): *Secundario*.

Folkestone beds: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Forchhammeri (Tramo de): Acadiense superior, *Cambriano*.
 Foreman (E. U. A.): Astartiense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Forest Marble: Bathoniense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Forest Marble: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Fort Unión (E. U. A.): Montien-
 se, *Eoceno*. (Ap. XVI.)
 Fossleyense: Fameniense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Franciscaniense (California): Yacente metamórfico de las series secundarias.
 Franken dolomit: Malm β - ζ , *Jurásico*.
 Frasné (Tramo de): *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
 Frasnien: *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
 Fredericksburg (E. U. A.): Albense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 French-Hoeck (Serie de). (Apéndice VI.)
 Fuller's earth: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
Fusus contrarius (Zona de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 Fuveau (Serie de): Garumnense inferior, *Cretáceo*.

G

Gala grits: Portlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Gashato (Formación de): Thantiense, *Paleoceno*.
Gastrioceras (Tramo de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Apéndice VIII.)
Gastrioceras (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)

Gatinais (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Gattendorfia (Tramo de): Tournaisiense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Gault: *Cretáceo superior*. (Apéndice XIII.)
 Gedgrave (Serie de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 Gedinien: *Devoniano*. (Apéndice VII.)
 Genesee (E. U. A.): Givetiense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Georgiense: *Cambriano*. (Apéndice XI.)
Giganteus (Zona de): Dogger δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Giganteus ton: Dogger δ inferior, *Jurásico*.
 Gigas schichten: Portlandés, *Jurásico*.
 Gilsa (Capas de): Ludlowiense, *Siluriano*.
 Ginetz (Tramo de): Acadiense, *Cambriano*.
 Gipskeuper: Keuper medio, *Triásico*.
 Girvan (Capas de): Llandoveriense inferior, *Siluriano*.
 Givet (Tramo de): *Devoniano medio*. (Ap. VIII.)
 Givetiense: *Devoniano medio*. (Ap. VIII.)
 Glauconie crayeuse: Albense superior, *Cretáceo*.
 Glenkiln (Tramo de): Llandeilien-
 se, *Siluriano*.
 Glenkiln (Serie de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Glenrose (E. U. A.): Aptense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
Glycimeris menardi (Zona de): *Mioceno*. (Ap. XIV.)
Glyphioceras (Tramo de): Viseano, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Goniático (Sistema) = *Devoniano*.

Gótda (Fase): *Proterozoico*. (Apéndice V.)
 Gotlandés: *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Gotokarélida (Fase): *Proterozoico*. (Ap. V.)
Gracilis (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
Grammoceras striatulum (Zona de): Lías ξ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Grammoceras toarcense (Zona de): Lías ξ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Graptolítico (Sistema) = *Siluriano*.
 Great Oolite: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Grenville (E. U. A.): Botniense II, *Proterozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Gres vert: Urgo-aptense, *Cretáceo*.
 Grioto (Tramo del mármol): Transición del *Devoniano* al *Carbonífero*.
 Grit: Rocas arenáceas duras con gravilla.
 Grünsand: Upper green sand, Albense, *Cretáceo*.
 Guadalupian (E. U. A.): Rotliegendes, *Permiano*.
 Guelph (E. U. A.): Ludlowiense-Downtoniense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Gulf (E. U. A.) = *Cretáceo superior*. (Ap. XVI.)

H

Hallstätter (Caliza de): Noriense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Hamilton (E. U. A.): Fameniense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Hamiten-Pyritthone: Bathoniense inferior, *Jurásico*.
 Hamiten Pyritthone: (Zona de): Dogger ε , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Hamstead (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)

Hamstead beds: *Oligoceno*. (Apéndice XIII.)
 Hardgrave (E. U. A.): Pliensbaquiense, *Jurásico*. (Apéndice XVI.)
 Harlech (Series de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
Harpoceras serpentinum (Zona de): Lías ζ , *Terciario*. (Ap. VII.)
 Hartfell (Serie de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Hartshill (Tramo de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Hastings sands: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Hauptflöz (Hulla del): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Hautrage (Formaciones de): Neocomiense, *Cretáceo*.
 Haymestry (Calizas de): Ludlowiense, *Devoniano*.
 Headon (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Headon beds: *Oligoceno*. (Apéndice XIII.)
 Heersiense: *Paleogeno*. (Ap. XIV.)
 Heersumer schichten: Oxfordiense inferior, *Jurásico*.
 Helderberg (Iowa) (E. U. A.): Downtoniense, *Devoniano*.
 Helderberg (Upper) (E. U. A.): Couviniense, *Devoniano*. (Apéndice XVI.)
 Helveciense: *Mioceno*. (Ap. XIV.)
 Hensiense: *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Hensiense: Sanoisiense, *Oligoceno*.
 Hermeskeiliense: *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Hettangiense: Lías, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Hierges (Tramo de): *Devoniano medio*. (Ap. X.)
Hildoceras bifrons (Zona de): Lías ζ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Hils Konglomerat: Valendiense superior, *Cretáceo*.

I

Hils Ton: Hauteriviense, *Cretáceo*.
 Hinchman (E. U. A.): Rauraciense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
Hiolithes (Zona de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
Hirundo (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Hoglandés: *Proterozoico*. (Apéndice V.)
Holaster planus (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
Holaster sub-globosus (Zona de): *Cretáceo superior*. (Apéndice XIII.)
 Hollybush (Tramo de): Georgiense-Acadiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
Hoplites (Zona de): Albense superior, *Cretáceo*.
Hoplites interruptus (Zona de): *Cretáceo inferior*. (Apéndice XIII.)
Hoplites latus (Zona de): *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Horno (Calizas del): Caradociense, *Siluriano*.
 Hsanda Gol (Asia Central) = Stampiense-Aquitaniense, *Mioceno*.
 Hueconian (E. U. A.): Artinskienense, *Permiano*.
Humphresianus (Zona de): Dogger δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Humphriesianum schichten: Bajociense inferior, *Jurásico*.
Humphriesis schichten: Dogger δ inferior, *Jurásico*.
 Hung Kureh: Villafranquiense, *Mioceno*.
 Hunsrückiense: *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Huroniense: *Proterozoico*. (Apéndice V y XVI.)
 Hythe sand: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)

J

Ibex (Zona de): Lías γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Idoceras (Zona de): Malm β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Idoceras planula (Zona de): Malm β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Ilfracombe (Capas de): Givetienense, *Devoniano*.
 Illinois (E. U. A.): Mindeliense, *Cuaternario*. (Ap. XVI.)
 Impresa (Zona de): Malm α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Impressa mergel: Malm α , *Jurásico*.
 Inferior oolite: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Infralias: Retiense + Hettangiense inferior, *Jurásico*.
 Iowan (E. U. A.): Mindel-Riss, *Cuaternario*. (Ap. XVI.)
 Irdin Manha (Asia Central): *Eoceno superior*.
 Iren Dabasu (Asia Central): *Cretáceo inferior* más alto.
Isocardia cor (Zona de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)

John Day (Capas de): Stampiense-Aquitaniense, *Oligoceno-Mioceno*.
 Jotniense: *Proterozoico*. (Ap. V.)
Jurensis mergel (Zona de) = Lías ξ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Juvaviense: Ladiniense, *Triásico*.

K

K (Zona): Tournaisiense, *Carbonífero*. (Ap. XI.)
 Kaibab (E. U. A.): Zechstein, *Permiano*.
 Kaleviense: *Proterozoico*. (Apéndice V.)
 Kansan (E. U. A.): Gunziense, *Cuatrnario*. (Ap. XVI.)
 Karélida (Fase): *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Karroo (Sistema). (Ap. VI.)
 Kaskaskia (E. U. A.): Missisipiense, *Carbonífero*, (Ap. XVI.)
 Katharina (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Apéndice VIII.)
 Kellaways clay: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Kellerwald (Tramo de): Wenlockiense, *Siluriano*.
 Kelloways beds: Calloviense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Keokuk (E. U. A.): Missisipiense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Ketona (E. U. A.): Meneviense, *Cambriano*. (Ap. XVI.)
 Kewatiense: *Arqueozoico*. (Apéndices V y XVI.)
 Keweenawense: *Proterozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Khamir (Calizas de): Stampiense, *Oligoceno*.
 Khavalyense: Aralo-Caspiense medio, *Mioceno*.

Khewra (Serie de): *Cambriano inferior*.
 Kholobolchi (Serie de): *Eoceno superior*.
 Khosariense: Aralo-Caspiense inferior, *Mioceno*.
 Killárnica (Fase): *Proterozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Kimmeridge Clay: Kimmeridgiense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Kimmeridgiense: Malm, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Kinderhook (E. U. A.): Culm, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Kirthar (Grupo de): Loudoniense, *Eoceno*.
 Kleistopora (Zona de): Tournaisiense, *Carbonífero*. (Ap. XI.)
 Knoxville (E. U. A.): Neocomiense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Koessen (Margas de): Retiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Komarov (Capas de): Skidawienense, *Siluriano*.
 Komarov (Serie de) (Bohemia): Ordovicense y *Cambriano*. (Ap. X.)
 Komarov (Tramo de): Skidawienense, *Siluriano*. (Ap. X.)
 Konialnikiense: Levantino inferior, *Mioceno*.
 Konjeperus (Capas de): Coblenziense, *Devoniano*.
 Kramenzelkalk: Fameniense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Krusznahora (Tramo de): Tremadociense, *Siluriano*. (Apéndice X.)
 Krusznahora (Capas de): Tremadociense, *Siluriano*.
 Kupferschiefer: Zechstein inferior, *Permiano*.
 Kusak (Grupo de): *Cambriano medio*.
 Kushan (Serie de): *Cambriano*. (Ap. XV.)

L

Labiatatus (Zona de): Turonense inferior, *Cretáceo*.
 Ladogiense: *Proterozoico*. (Apéndice V.)
 Laekeniense: *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 Lago superior (Areniscas del): *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Lake Bear (Serie de): *Arqueozoico*. (Ap. V.)
 Lake superior (E. U. A.): Potsdamiense, *Cambriano*.
 Lamarcki (Zona de): Turonense inferior, *Cretáceo*.
 Lanarkiense: *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
 Lance (E. U. A.): Santoniense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Landeniense: *Paleogeno*. (Apéndice XIV.)
 Laramide Revolution (E. U. A.): Entre el *Cretáceo* y el *Eoceno*. (Ap. XVI.)
 Laramie (E. U. A.): Danés, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Lattorfiense: *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Laura (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Lauréntica (Fase): *Arqueozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Lauréntica (Serie): *Arqueozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Leda *deshayensis* (Zona de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Ledienne: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Leioceras opalinum (Zona de): Dogger α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Leitha-Kalke: Tortoniense, *Mioceno*.
 Lenham (Serie de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 Lenham beds: *Plioceno*. (Apéndice XIII.)

Lenisulcata (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
 Leonárdico (Piso): *Permiano inferior*.
 Letten Keuper: Keuper inferior, *Triásico*.
 Lewisiense: *Arcaico*. (Ap. V.)
 Leymeriellas (Zona de): Albense medio, *Cretáceo*.
 Liangchiashan (Piso de): *Ordovicense*. (Ap. XV.)
 Iasiense: Lías γ + Lías δ , *Jurásico*.
 Líbico (Tramo): = *Paleoceno*.
 Liburniense: Entre el *Turonense* y el *Eoceno*.
 Lincolnshire limestone: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
Linearis (Zona de): *Ordovicense*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
Lingula flags: Potsdamiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Lippaliano (Intervalo): Entre el *Proterozoico* y el *Cambriano*. (Ap. V.)
 Lockatong (E. U. A.): *Triásico superior*. (Ap. XVI.)
 Lockport (Capas de) (E. U. A.): Ludlowiense, *Siluriano*.
 Loganiense (E. U. A.): Kewatiense, *Arqueozoico*. (Apéndices V y XIV.)
 Loh (Asia Central): Helveciense, *Mioceno*.
 London Clay: *Eoceno*. (Ap. XIII.)
 London Clays: *Paleogeno*. (Apéndice XIV.)
 Long Mead End (Serie de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Lorraine (E. U. A.): Ashgilliense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Lower Calcareous grit: Malm, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Lower Comley (Tramo de): Georgiense, *Cambriano*. (Apéndice XI.)

Lower Cretaceous (Inglaterra). (Ap. XIII.)
 Lower Chalk: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
 Lower Greensand: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Lower Lías: *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Lower London Tertiaries: *Eoceno*. (Ap. XIII.)
 Lower Till: Gunziense, *Cuaternario*.
 Lowville (E. U. A.): Caradociense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Luarca (Pizarras de): Llanvirniense-Llandeilense, *Siluriano*.
Lucina ornata (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Ludiense: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Ludlow (Tramo de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
Ludwigia concava (Zona de): Dogger β, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Ludwigia costosa (Zona de): Dogger α, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Ludwigia digna (Zona de): Lías ζ, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Ludwigia munchisonae (Zona de): Dogger β, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Lunzer (Areniscas de): Carniense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Luteciense: *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Lybico (Tramo) = *Paleoceno*.
 Lyckholm (Tramo de): Ashgillien-
 se, *Siluriano*.
 Lykins (E. U. A.): Zechstein, *Permiano*.
 Lynton (Capas de): Coblenciense, *Devoniano*.
 Lyons (E. U. A.): Artinskiense, *Permiano*.
Lytoceras jurensis (Zona de): Lías ζ, *Jurásico*. (Ap. VII.)

Ll

Llandeilo (Serie de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)

Llandovery: Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Llanvirn (Serie de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Llongmyndiense: *Proterozoico*. (Ap. V.)

M

Macrocephalen (Zona de): Dogger ε, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Macrocephalen oolith: Dogger ε, superior, *Jurásico*.
 Machiakou (Tramo de): *Ordovicense*. (Ap. XV.)
Maeneceras (Tramo de): Givetien-
 se, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Maentwog (Serie de): Potsdamien-
 se, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Magothy: Cenomanense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Malmesburg (Serie de): (Apén-
 dice VI.)
 Malvern (Tramo de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Manitoba (Serie de): *Arqueozoico*. (Ap. V.)
Manticoceras (Tramos de): Frasnien-
 se, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Manto (Formación de): *Cambriano*. (Ap. XV.)
 Marcellus (E. U. A.): Fameniense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
Margaritatus (Zona de): Lías δ, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Mariposa (E. U. A.): Sequaniense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Mármol grioto: Transición del *Devoniano* al *Carbonífero*.
 Marquette (E. U. A.): *Proterozoico*. (Ap. XVI.)
 Marsoulas (Capas de): Garumnense inferior, *Cretáceo*.
Marsupites testitudinarius (Zona de): *Cretáceo superior*. (Apén-
 dice XIII.)

Mauch Chunk (E. U. A.): Dinantiense, *Carbonífero*. (Apéndice XVI.)
 Mausgatt (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Mayenciense = Aquitaniense-Helveciense, *Mioceno*.
 Medina (E. U. A.): Llandoveryen-
 se, *Siluriano*.
 Medina (E. U. A.): Llandoveryen-
 se, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Mendola (Dolomías de): Anisien-
 se, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Meneviense (Serie de): Acadiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Meotiense: Pontiense inferior, *Mioceno*.
 Meramec (E. U. A.): Missisipiense, *Carbonífero*. (Apéndice XVI.)
 Mesontarian (E. U. A.): Ludlo-
 wiense, *Siluriano*. (Apéndice XVI.)
 Miaokaoshan: *Siluriano*. (Apéndice XV.)
Micraster cor-anguinum (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
Micraster cor-testitudinarium (Zona de): *Cretáceo superior* (Apén-
 dice XIII.)
 Middle Chalk: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
 Middle Lías: *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Midford sands: Doggēr, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Midway (E. U. A.): Montiense, *Paleoceno*. (Ap. XVI.)
 Millstone Grit: *Carbonífero medio*. (Ap. XI.)
 Minetas (Baviera): Dogger α y β, *Jurásico*.
 Minetas (de Franconia): Aale-
 niense, *Jurásico*.
Minimus tone: Albense medio, *Cretáceo*.

Minnekahta (E. U. A.): Anisien-
 se, *Triásico*. (Ap. XVI.)
 Mioutien (Piso de): *Siluriano*. (Ap. XV.)
 Missouri (E. U. A.): Ottweilerien-
 se, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
Modiolaris (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
 Moduniense: *Eoceno* (inferior).
 Moenkopi (E. U. A.): Werfenien-
 se, *Triásico*.
 Mohawkian (E. U. A.): Caradociense, *Siluriano*. (Apéndice XVI.)
 Moinesiense: *Arcaico*. (Apéndice V.)
 Mokattam (Tramo de): Luteciense, *Eoceno*.
 Mondreput (Capas de): Coblenciense, *Devoniano*.
 Monongahela (E. U. A.): Ottweilerien-
 se, *Carbonífero*. (Apéndice XVI.)
 Monroe (E. U. A.): Downtoniense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Montana (E. U. A.): Senonense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Monterrey (E. U. A.): Entre el Aquitaniense y el Vindobonien-
 se, *Mioceno*. (Ap. XVI.)
 Montigny (Tramo de): *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Morganiense: Westfaliense superior, *Carbonífero*.
 Morigny-Estrechy (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Mormon (E. U. A.): Calloviense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Morrison (E. U. A.): Neocomiense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Morrisoniense: Neocomiense, *Cretáceo*.
Mortoniceras rostratum (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
 Mountain Limestone: *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)

Mucronaten (Zona de): Senonense superior, *Cretáceo*.
 Münder Mergel: Portlandés medio, *Jurásico*.
Murchisoni (Zona de): Dogger β, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Murchisoni (Zona de): Ordovicen- se, *Cambriano*. (Ap. XI.)
Murchisonia schichten: Dogger γ superior, *Jurásico*.
 Muro (Pizarras de): Acadiense, *Cambriano*.
 Muschelkalk Alpino: Anisiense, *Triásico*. (Ap. IX.)

N

Nama (Sistema). (Ap. VI.)
 Namuriense: *Carbonífero*. (Apén- dice VIII.)
 Nankin (calizas con *Orbitoides*): Maestrichtiense medio, *Cretáceo*.
 Nari inferior (Grupo de): Lute- ciense, *Eoceno*.
 Nari superior (Grupo de): Auver- siense-Liguriense, *Eoceno-Oli- goceno*.
 Nebraskan (E. U. A.): Siciliense, *Pleistoceno*. (Ap. XVI.)
 Neocomitense = Neocomiense (Sentido restringido): *Cretáceo*.
 Neo-Gondwana: *Triásico supe- rior*.
 Neontarian (E. U. A.): Downto- niense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Neuchatel (Calizas de): Hauteri- viense, *Cretáceo*.
 Neuviciense: Oxfordiense, *Jurá- sico*.
 Newark (E. U. A.): Noriense, *Triásico*. (Ap. XVI.)
 Newbourn (Serie de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 New Red Sandstone = *Permia- no + Triásico*. (Ap. XII.)

Niagaran (E. U. A.): Ludlowiense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Niobrara (E. U. A.): Angoumien- se, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
Nodosus schichten: Muschelkalk superior, *Triásico*.
 Noissy-le-Sec (Serie de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 Noppi (Serie de): *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Northampton sands: Aalenien- se, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Northampton sands: Dogger, *Ju- rásico*. (Ap. XII.)
 Norwich (Serie de): *Plioceno*. (Ap. XIV.)
 Norwich Crag: *Plioceno*. (Apén- dice XIII.)
Núcula compacta (Zona de): *Oli- goceno*. (Ap. XIV.)
Nummismalis mergel = Lías γ, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Nummulites bouillei (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites fabianii (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites heberti (Zona de): *Eo- ceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites incrassatus (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites laevigatus (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites scabra (Zona de): *Eo- ceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites striatus (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites variolaris (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
Nummulites wemmeliensis (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)

O

Oak (Tramo de): Potsdamiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)

Obtusus (Zona de): Lías β, *Jurási- co*. (Ap. VII.)
 Oehrly (Calizas de): Valendisien- se, *Cretáceo*.
 Oldhaven beds: *Eoceno*. (Apéndice XIII.)
 Old Red Sandstone: *Devoniano*. (Ap. XI.)
 Oleneliense = Georgiense, *Cam- briano*.
Olenellus (Zona de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Oleniense = Potsdamiense, *Cam- briano*.
Olenus (Zona de): Potsdamiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Onandoguiense (América): *Devo- niano*.
 Ondai Sair (Asia Central): Neoco- miense, *Cretáceo*.
 Oneida (E. U. A.): Llandoveriense inferior, *Siluriano*. (Apéndice XVI.)
 On Gong (Asia Central): Neoco- miense superior, *Cretáceo*.
 Onondago (E. U. A.): Givetiense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Oolita blanca: Bajociense supe- rior, *Jurásico*.
Opalinum schichten: Aalenien- se α, *Jurásico*.
Opalinus (Zona de): Dogger α, *Ju- rásico*. (Ap. VII.)
Opalinus ton: Dogger α superior, *Jurásico*.
 Opeche (E. U. A.): Rotliegendes, *Permiano*.
Oppelia aspidoides (Zona de): Dogger ε, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Oriskany (E. U. A.): Coblencien- se, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Orleanais (Serie del): *Mioceno*. (Ap. XIV.)
 Ormoy (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
Ornatens ton: Dogger ε, *Jurásico*.

P

Ornatens (Zona de): Dogger ε, *Ju- rásico*. (Ap. VII.)
Orusia (Pizarras de): Potsdamien- se, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Osage (E. U. A.): Missisipiense inferior, *Carbonífero*. (Apéndice XVI.)
 Osborne (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Osborne beds: *Oligoceno*. (Apén- dice XIII.)
 Osek Kvan (Tramo de): *Ordovi- cense*. (Ap. X.)
 Osek-Kwan (Serie de): Skidawien- se superior-Llandeliense infe- rior, *Siluriano*.
 Oshich (Asia Central): *Cretáceo inferior* medio.
Ostrea lunata (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
Ostreenkalk: Dogger δ inferior, *Jurásico*.
 Oswegan (E. U. A.): Llandove- riense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Ottweileriense: Estefaniense, *Car- bonífero*. (Ap. VIII.)
 Ouray (E. U. A.): Gediniense, *De- voniano*.
Ovalis (Zona de): *Carbonífero su- perior*. (Ap. XI.)
 Oxford Clay: Malm, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Oxfordiense superior: Sequanien- se, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Oxynoticeras oxinotum (Zona de): Lías β, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Oxynotus (Zona de): Lías β, *Ju- rásico*. (Ap. VII.)
 Ozarkic (E. U. A.) = Ordovicen- se inferior, *Siluriano*.
 Ozarkien- se: Tránsito *Cambriano- Siluriano*. (Ap. XVI.)

Paleogeno. (Ap. XIV.)

- Paleontarian (E. U. A.) Llando-veriense, *Siluriano*. (Apéndice XVI.)
- Palisade upflit (E. U. A.): Entre el Hetangiense y el Sinemu-riense, *Liásico*.
- Pallarésica (Fase): Entre el Caradociense y el Lladeiliense, *Siluriano*.
- Pang-Kiang (Asia Central): *Plioceno inferior*.
- Paniseliense: Bajo el Luteciense, *Eoceno*.
- Paniseliense: *Paleogeno*. (Apéndice XIV.)
- Paradoxidiense = Acadiense, *Cambriano*.
- Parahoplites (Zona de): Aptense, *Cretáceo*.
- Parisiense (Sentido restringido): Luteciense, *Eoceno*.
- Parkinsonia (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Parkinsonia ferruginea (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
- Parkinsonia parkinsoni (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Parkinsoni oolith: Dogger ϵ inferior, *Jurásico*.
- Partnach (Capas de): Ladiniense, *Triásico*. (Ap. IX.)
- Patapsco (E. U. A.): Urgoniense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
- Patuxent (E. U. A.): Valendisienne, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
- Pecten asper (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
- Pecten stettinensis (Zona de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
- Pectúnculus obovatus (Zona de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
- Pectúnculus pilosus (Zona de): *Mioceno*. (Ap. XIV.)
- Peilingtze (Tramo de): *Ordovicense*. (Ap. XV.)
- Peltifer (Zona de): *Ordovicense, Siluriano*. (Ap. XI.)
- Peltoceras bimmamatum (Zona de): Malm β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Peltoceras transversarius (Zona de): Malm α , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
- Pericyclus (Tramo de): *Carbonífero inferior*. (Ap. VIII.)
- Perisphinctes setatus (Zona de): Malm ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Permiano (Inglaterra). (Ap. XI.)
- Personaten (Zona de): Dogger β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Personaten schichten: Dogger β superior, *Jurásico*.
- Phillipsi (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
- Pholadomya ludensis (Zona de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
- Phosphorites de Quercy: Stampiense-Aquitaniense, *Oligoceno-Mioceno*.
- Pickwell Down (Tramo de): Givetiense, *Devoniano*.
- Pierre Montana (E. U. A.): Coniaciense, *Cretáceo*.
- Pierrefite (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
- Pithivers (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
- Planorbis (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Plasenciense: *Plioceno*. (Ap. XIV.)
- Plassac (Serie de): *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
- Plattenkalk: Downtoniense, *Siluriano*.
- Plattenkalk: Kimmeridgiense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Plattenkalk: Retiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
- Platyclimena (Tramo de): *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
- Pläner: Turonense, *Cretáceo superior*. (Ap. XII.)

- Pläner inferior: Cenomanense inferior, *Cretáceo*.
- Pläner superior: Angoumiense, *Cretáceo*.
- Plioceno (Inglaterra). (Apéndice XIII.)
- Pocono (E. U. A.): Culm, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
- Poecilense = Buntsandstein, *Triásico*.
- Poederliense: *Plioceno*. (Ap. XIV.)
- Polesie (Grupo de): *Algonquico*.
- Polyplocus (Zona de): Bajociense inferior, *Jurásico*.
- Polyptychitiense: Valendis inferior, *Cretáceo*.
- Pontesfordiense: *Proterozoico*. (Ap. V.)
- Portage (E. U. A.): Givetiense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
- Portlandés: Malm, *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Posidonien schiefer (Zona de): Lías ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Potsdamiense: *Cambriano*. (Apéndice XI.)
- Pottsvillian: Pennsilvaniense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
- Prioceno: Ludiense + Sannoisiense, *Eoceno-Oligoceno*.
- Prionoceras (Tramo de): *Devoniano superior*. (Ap. VIII.)
- Prolobites (Tramo de): Frasnienne, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
- Proterozoica (Discontinuidad): Entre el *Arcaico* y el *Cambriano*. (Ap. V.)
- Protolenus (Tramo de): Georgiense superior, *Cambriano*.
- Provenzal (Fase): Equivalente a la primera fase Pirenaica. *Eoceno*.
- Przibramer Schiefer: *Pre-cambriano*.
- Przibramer Grauwacke: Acadiense inferior, *Cambriano*.
- Pseudo-mutabilis* (Zona de): Malm δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Pseudo-mutabilis* (Capas de): Malm δ , *Jurásico*.
- Psiloceras planorbis* (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Pylonoten* (Zona de): Lías α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Pylonoten* ton: Lías α inferior, *Jurásico*.
- Psychozoico (E. U. A.) = *Holoceno*.
- Pteroceniense: Kimmeridgiense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
- Puerco-Torrejón (Serie de): Thaletiense, *Paleoceno*.
- Pulchra (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
- Purbeckiense: Malm, *Jurásico*. (Ap. XII.)

Q

- Quader von Harzburg: Coniaciense, *Cretáceo*.
- Quartenschiefer: *Keuper* reducido de las Helvétidas.

R

- Radstockiense: *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
- Rags: Calizas conchíferas, duras y compactas de fractura irregular.
- Raibler (Capas de): Carniense, *Triásico*. (Ap. IX.)
- Ramsau (Capas de) = Carniense, *Triásico*. (Ap. IX.)
- Randeniense: Sequaniense, *Jurásico*.
- Ranikot (Grupo de): Montiense-Spárnaciense, *Eoceno*.
- Rapakiwi (Granitos de): *Proterozoico*. (Ap. V.)
- Rapakiwi (Serie de): *Proterozoico*. (Ap. V.)

- Raricostatus* (Zona de): Lías β, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Raritan (E. U. A.): *Cretáceo superior*. (Ap. XVI.)
Rasenia pseudomutabilis (Zona de): Malm δ, *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Raton (E. U. A.): Sparnaciense, *Paleoceno*. (Ap. XVI.)
 Rauraciense: Argoviense, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Reading and Woolwich beds: *Eoceno*. (Ap. XIII.)
 Redbeds (E. U. A.): Zechstein, *Permiano*. (Ap. XVI.)
 Red Crag: *Plioceno*. (Ap. XIII.)
 Red Chalk: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
 Redwell: Missisipiense inferior, *Carbonífero*.
Refractus (Zona de): Dogger ε, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Refractus Schichten: Calloviense superior, *Jurásico*.
 Reichenhall (Dolomías de): Anisiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Retiense: *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Reviniense = Acadiense, *Cambriano*.
 Rhodaniense: Aptense, *Cretáceo*.
 Rhodaniense: Urgoniense, *Cretáceo*.
Rhynchonella cuvieri (Zona de): *Cretáceo superior*. (Apéndice XIII.)
 Ribadeo (Cuarcitas de): Tremado-ciense-Arenigiense inferior, *Siluriano*.
 Ribota (Dolomías de): Georgiense, *Cambriano*.
 Riccarton (Serie de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Richmond (E. U. A.): Llandoveriense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Ripley: Coniaciense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
- Roach limestones: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Robiniense: Liásico γ, *Jurásico*.
 Rognac (Tramo de): Garunnense, *Cretáceo*.
 Rosan (Capas de): Ashgiliense, *Siluriano*.
 Roselloniense: Astiense, *Plioceno*.
 Rötidolomit: *Muschelkalk* reducido de las Helvétidas.
 Rügener schreibekreide: Maestrichtiense, *Cretáceo*.
 Rupeliense: *Oligoceno*. (Ap. XIV.)

S

- Saarbruckiense: Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Saginaw (E. U. A.): Pennsylvaniaense inferior, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Sahariense (Lambert) = Siciliense, *Pleistoceno*.
 Saint Germain-sur-Ille (Capas de): Caradociense, *Siluriano*.
 Saint Mary's (E. U. A.): Helveciense, *Mioceno*.
 Salina (E. U. A.): Downtoniense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Saliniense: Entre el Kimmeridgiense y el Portlandés, *Jurásico*.
 Salt Range (India): *Cambriano* inferior y medio.
 Sandgate beds: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Sangamon (E. U. A.): Mindeliense, *Cuaternario*. (Ap. XVI.)
 Sanoisiense: *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Saratogan (E. U. A.): Potsdamiense, *Cambriano*. (Ap. XVI.)
 Sarnsbank: Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Sausan (Tramo de): Helveciense, *Mioceno*.
Sauzei schichten: Bajociense inferior, *Jurásico*.

- Schatzlariense: Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Schicksckokian folds: Entre el *Devoniano* y el *Carbonífero*.
 Schilfsandstein: Gipskeuper inferior, *Triásico*.
 Schilt (Capas de): Argoviense, *Jurásico*.
 Schlern (Dolomías de): Ladinien- se, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Schloenbachi (Zona de): Turonen- se superior, *Cretáceo*.
Schloenbachia varians (Zona de): *Cretáceo superior*. (Apéndice XIII.)
Schlotheimia angulata (Zona de): Lías α, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Schratenkalk: Barremiense superior, *Cretáceo*.
 Schwadowitz (Capas de): Wetsfaliense-Estefaniense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Seefelder (Pizarras de): Noriense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Seiser (Tramo de): Skitiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Selma (E. U. A.): Angoumiense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
Seminula (Zona de): Viseano, *Carbonífero*. (Ap. XI.)
Semipartitus schichten: *Muschelkalk* superior, *Triásico*.
 Senecan (E. U. A.): Givetiense, *Devoniano*. (Ap. XVI.)
 Sengsbank (Hulla de): Namuriense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Septaria (Arcillas con): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
Septatus schichten: Malm ε, *Jurásico*.
 Sequaniense: Malm, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Serpulit schichten: Portlandés superior, *Jurásico*.
 Serravalliense = Helveciense, *Mioceno*.
- Setatus* (Zona de): Dogger ε, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Shara-Murun (Asia Central): *Eoceno superior* más alto.
 Shasta (E. U. A.) = *Cretáceo inferior*. (Ap. XVI.)
 Shie Menchai (Serie de): *Ordovicen- se*. (Ap. XV.)
 Shinarump (E. U. A.): Anisiense, *Triásico*. (Ap. XVI.)
 Shineton (Pizarras de): *Ordovicen- se*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Shoshone (E. U. A.): Thanetiense inferior, *Paleoceno*.
Shumardia (Zona de): *Ordovicen- se*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Siderolítico: *Eoceno inferior* de facies siderolítica.
 Siderolítico (Lapperent): Base del *Oligoceno*.
 Siegeniense: *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
Siliceus (Zona de): Dogger ξ, *Jurásico*. (Ap. VII.)
Siliceus schichten: Malm ξ, *Jurásico*.
 Simbirskiense: Hauteriviense superior, *Cretáceo*.
Similis (Zona de): *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
 Simorre (Capas de): Helveciense, *Mioceno*.
 Sinemuriense: Lías, *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Siniense: Georgiense, *Cambriano*.
 Sinisiense: Menevienes, *Cambriano*.
 Sinkiang (Serie de): Neocomien- se, *Cretáceo*.
 Skidaw (Serie de): *Ordovicen- se*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Skrey (Pizarras verdes de): Aca- diense, *Cambriano*.
 Sleddale (Serie de): *Ordovicen- se*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Solva (Serie de): Acadiense, *Cambriano*.

- Solva (Serie de): Acadiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Soninia sowerbyi (Zona de): Dogger γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Sonnenschein (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Apéndice VIII.)
 Sowerbyi (Zona de): Dogger γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Sowerbyi schichten: Aalenense γ , *Jurásico*.
 Sowerbyi schichten: Dogger γ inferior, *Jurásico*.
 Sparnaciense: *Paleogeno*. (Apéndice XIV.)
 Spearfish (E. U. A.): Ladiniense, *Triásico*. (Ap. XVI.)
 Speeton Clay: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Sphaeroceras sauzei (Zona de): Dogger γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Spilsby limestones: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Spirifer assimilis (Capas de): *Devoniano inferior*. (Apéndice VIII.)
 Spirifer cultrijugatus (Capas de): *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Spirifer herzyniae (Capas de): *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Spirifer mercuri (Capas de): Gediense, *Devoniano*.
 Spirifer paradoxus (Capas de): *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Spirifer primaevus: Siegeniense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 St. Croixan: *Cambriano*. (Apéndice XVI.)
 St. Estephe (Serie de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 St. Ouen (Serie de): *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 St. Palais (Serie de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 St. Peter (E. U. A.) *Ordovicense*, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Staffordiense: *Carbonífero superior*. (Ap. XI.)
 Stephanoceras commune (Zona de): Lías ξ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Stephanoceras humphriesi (Zona de): Dogger δ , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Stockdale (Pizarras de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Stockingford (Tramo de): Acadiense-Potsdamiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)
 Stockton (E. U. A.): *Infralías*. (Ap. XVI.)
 Stones River (E. U. A.): Caradociense, *Siluriano*.
 Stonesfield slate: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Stormberg (Serie de). (Ap. VI.)
 Strenoceras subfurcatum (Zona de): Dogger δ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Stringocephalus (Tramo de): Givetiense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Struniense: Condruziense, *Devoniano*.
 Struniense: Etroeungtiense, entre el *Devoniano* y el *Carbonífero*.
 Stubensandstein: Keuper superior, *Triásico*.
 Subeumelas (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Subeumellas schichten: Malm ϵ , *Jurásico*.
 Sudburiense (Serie): *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Sueviense: Sinemuriense inferior, *Jurásico*.
 Sundance (E. U. A.): Oxfordiense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Supai (E. U. A.): Rotliegendes, *Permiano*.
 Sutneria subeumelas (Zona de): Dogger ϵ , *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Svekofénnidas (Fases): *Arqueozoico*. (Ap. V.)

Svioniense: *Arqueozoico*. (Ap. V.)
 S₁ y S₂ (Zonas): Viseano, *Carbonífero*. (Ap. XI.)

T

- Table-Mountain (Serie de). (Apéndice VI.)
 Tacónica (Fase): *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Tacónico (Sistema) = *Cambriano*. (Ap. XVI.)
 Tanner Grauwacke: Siegeniense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Tarannon (Pizarras de): Gotlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Taunusiense: Siegeniense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Tchaudiense: Levantino medio, *Mioceno*.
 Tea Green Marls: Keuper superior, *Triásico*.
 Tealby Clay: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Tealby Limestone: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Tegelen (Serie de): *Plioceno*. (Apéndice XIV.)
 Temeside (Grupo de): Downtoniense, *Siluriano-Devoniano*.
 Tennessee: Viseano, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Tentaculites I (Pizarras de): Eiffeliense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Tentaculites II (Pizarras de): Frasnense, *Devoniano*. (Ap. VIII.)
 Tenuis (Zona de): *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)
 Terebratulula perforata (Zona de): *Mioceno*. (Ap. XIV.)
 Terebratulina lata (Zona de): *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
 Teretiusculus (Zona de): *Ordovicense*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Thanet sands: *Eoceno*. (Apéndice XIII.)
 Thanetiense: *Paleogeno*. (Apéndice XIV.)
 Thompson (E. U. A.): Calloviense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Timiskaming (E. U. A.): Ladoguense, *Proterozoico*. (Apéndice V y XVI.)
 Toarciense: Lías, *Jurásico*. (Apéndice VII.)
 Tokio (E. U. A.): Campaniense-Maestrichtiense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Tongriense: *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Tortoniense: *Mioceno*. (Apéndice XIV.)
 Torulosus (Zona de): Dogger α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Torulosus (Zona de): Dogger α inferior, *Jurásico*.
 Torridoniense (Areniscas): *Proterozoico*. (Ap. V.)
 Tournaisiense: *Carbonífero*. (Apéndice VIII.)
 Tournaisiense: *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)
 Trail (E. U. A.): Sinemuriense, *Jurásico*. (Ap. XVI.)
 Transición (Terrenos de) (Werner) = *Cambriano-Siluriano*.
 Transvaal (Sistema). (Ap. VI.)
 Transversarius (Zona de): Malm α , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Trejovice (Pizarras verdes de): Acadiense, *Cambriano*.
 Tremadoc (Serie de): *Ordovicense*, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Tremosná (Capas de): *Cambriano*. (Ap. X.)
 Trenton (E. U. A.): Caradociense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Trenton limestone: Caradociense, *Siluriano*.
 Triásico (Inglaterra). (Ap. XII.)
 Trinity (E. U. A.): Urgoniense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)

Trondhjem (Fase de): Al final del Llandeiliense, *Siluriano*.
 Trysil (Fase de) (Gales-Noruega): Entre el Tremadociense y Arenigiense, *Siluriano*.
Tuberculatus (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Tuedian: *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)
 Tukhum (Asia Central): *Eoceno superior*.
 Tunbridge Wells sandstones: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Tung-Gur: Astiense, *Plioceno*.
 Turneri (Zona de): Lías β , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Tuscaloosa (E. U. A.): Cenomaniense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)

U

Übergangs gebirge (Werner): *Paleozoico*.
 Uinta (E. U. A.): *Eoceno*. (Apéndice XVI.)
 Ulan Gochu (Asia Central): Stampiense, *Oligoceno*.
 Ulan Shireh (Asia Central): *Eoceno superior*.
Ulmensis (Zona de): Malm ξ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
Ulmensis schichten: Malm ξ , *Jurásico*.
 Ulmerschichten: Aquitaniense, *Oligoceno*.
 Ulsterian (E. U. A.): Eiffeliense, *Devoniano*.
 Unkar: Animikiense, *Proterozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Upper Calcareous grit: Malm, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Upper Cretaceous (Inglaterra): (Ap. XIII.)
 Upper Chalk: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)

Upper Estuarine: Dogger, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 Upper Greensand: *Cretáceo superior*. (Ap. XIII.)
 Upper Lías: *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Upper Loup Tork: Villafranquiense, *Plioceno*.
 Upper Till: Würmiense, *Cuaternario*.
 Urfer (Serie de): Llandoveriense, *Siluriano*.
 Urgebirge (Werner): *Eozoico y Arcaico*.
 Uriconiense: *Proterozoico*. (Apéndice V.)
 Utica (E. U. A.): Ashgillense, *Siluriano*. (Ap. XVI.)
 Utica (Pizarras de): Caradociense superior-Ashgillense inferior, *Siluriano*.
 Uvalde (E. U. A.): Astiense-Calabriense, *Plioceno*. (Ap. XVI.)

V

Valenciense = Neocomiense inferior, *Cretáceo*.
 Valencium = Valenciense = Valanginiense, *Cretáceo*.
 Valendiense = Valendis, *Cretáceo*.
 Varoux (Serie de): *Oligoceno*. (Ap. XIV.)
 Vega (Caliza de la): Acadiense, *Cambriano*.
 Vegadeo (Calizas de): Acadiense, *Cambriano*.
 Vermilion Cliffs (E. U. A.): Norriense, *Triásico*. (Ap. XVI.)
 Vicksburg (E. U. A.): Bartonense-Ludiense, *Eoceno*. (Ap. XVI.)
 Vieja arenisca roja: *Devoniano*. (Ap. XI.)
 Viktoria (Hulla de): Westfaliense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Villafranquiense: *Plioceno*. (Apéndice XIV.)

Vireux (Tramo de): *Devoniano inferior*. (Ap. VIII.)
 Virtoniense = Charmutiense, *Jurásico*.
 Viseano: *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Viseano: *Carbonífero inferior*. (Ap. XI.)
 Vishnu (Serie de): *Arqueozoico*. (Aps. V y XVI.)
 Vitrolles (Caliza de): Garumnense inferior, *Cretáceo*.
 Voise (Serie de): *Oligoceno*. (Apéndice XIV.)
 Volhyn (Grupo de): *Arcaico*.
 Volhyniense: Sarmatiense inferior, *Mioceno*.

W

Wadhurst Clay: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Waldenburiense: Namuriense, *Carbonífero*. (Ap. VIII.)
 Walton (Serie de): *Plioceno*. (Apéndice XIV.)
 Wanting (Capas de): *Paleoceno inferior*.
 Wasatch (E. U. A.): Missisipiense, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Wasatch (E. U. A.): *Eoceno*. (Ap. XVI.)
 Washita (E. U. A.): Albense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Waterberg-Matsap (Serie de). (Ap. VI.)
 Waucobiense (E. U. A.) = Georgiense, *Cambriano*. (Apéndice XVI.)
 Waverly (E. U. A.): Culm, *Carbonífero*. (Ap. XVI.)
 Weald Clay: *Cretáceo inferior*. (Ap. XIII.)
 Wealden: *Cretáceo inferior*. (Apéndice XIII.)
 Wedelsandstein: Dogger γ , *Jurásico*.

Wellenkalk: Muschelkalk inferior, *Triásico*.
 Wemmeliense: *Eoceno*. (Apéndice XIV.)
 Wenlock (Tramo de): Portlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Werfeniense: Skitiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Wesenberg (Tramo de): Caradociense, *Siluriano*.
 Wetterstein (Dolomías de): Ladiense, *Triásico*. (Ap. IX.)
 Wewoka (Formación de): Pennsylvaniense inferior, *Carbonífero*.
 Weybourn Crag: *Plioceno*. (Apéndice XIII.)
 Whitbiense: Toarciense inferior, *Jurásico*.
 White Cliff (Serie de): *Eoceno*. (Ap. XIV.)
 White Lías: Retiense, *Jurásico*. (Ap. XII.)
 White River (América): Stampiense, *Oligoceno*.
 Wilcox (E. U. A.): Thanetiense, *Paleoceno*. (Ap. XVI.)
 Wilsoni (Zona de): Ordovicense, *Siluriano*. (Ap. XI.)
 Wisconsin drift (E. U. A.) = Würmiense, *Cuaternario*: (Apéndice XVI.)
 Wissenbach (Capas de): Givetienne, *Devoniano*.
 Wissenbach (Pizarras de): *Devoniano medio*. (Ap. VIII.)
Witchellia pingüis (Zona de): Dogger γ , *Jurásico*. (Ap. VII.)
 Witteberg (Serie de). (Apéndice VI.)
Wocklumerias (Tramo de): Eameense, *Devoniano*. (Apéndice VIII.)
 Woodbine (E. U. A.): Santoniense, *Cretáceo*. (Ap. XVI.)
 Woolhope (Calizas de): Portlandés, *Siluriano*. (Ap. XI.)

Woolwich and Reading beds: *Eoceno*. (Ap. XIII.)

Wrekin (Cuarцитas de): Georgiense inferior, *Cambriano*.

Wrekin (Tramo de): Georgiense, *Cambriano*. (Ap. XI.)

Y

Yarmouth (E. U. A.): Gunziense, *Cuaternario*. (Ap. XVI.)

Yehli (Tramo de): *Ordovicense*. (Ap. XV.)

Yeovilliense: Toarciense superior, *Jurasico*.

Yorkiense: *Carbonifero superior*. (Ap. XI.)

Yorktown (E. U. A.): Tortonien-
se, *Mioceno*. (Ap. XVI.)

Ypresiense: *Paleogeno*. (Ap. XIV.)

Z

Z (Zona): Tournaisiense, *Carbonifero*. (Ap. XI.)

Zahorany (Capas de): Caradociense, *Siluriano*.

Zahorany (Tramo de): *Ordovicense*. (Ap. X.)

Zaphrentis (Zona de): Tournaisiense, *Carbonifero*. (Ap. XI.)

Zeilleiria (Zona de): Malm β , *Jurasico*. (Ap. VII.)

Zeilleiria nummismalis (Zona de): Lías β , *Jurasico*. (Ap. VII.)

Zdice (Capas de): Ashgilliense, *Siluriano*.

Zollverein (Hulla de): Westfaliense, *Carbonifero*. (Ap. VIII.)

Zopfplatten: Dogger β , *Jurasico*.

APÉNDICES

APÉNDICE V

CUADRO DE LAS FORMACIONES ARCAICAS (*). (Ries, 1945.)

ESCUDOS CANADIENSE Y GROENLANDES O PALFOARTICO		ESCUDO BALTICO		INGLATERRA Y ESCOCIA	
CAMBRIANO		CAMBRIANO		CAMBRIANO	
INTERVALO LIPPIANO		DISCONTINUIDAD		PROTEROZOICA	
Lago superior (Areniscas). Keweenawíense. Fase Killarnea. Animikiense. Huronense.		Serie de Dala. Jotniense. Serie de Rapakiwi. (Granitos). Serie de Noppi. Hoglandés. Fase Goto Karellida } F. Gótda. F. Caréllida. Kaleviense. Jatuliense. Botniense II. Iadogniense.		Torridoniense } Pontesfordiense. (Areniscas) } Llongnyndiense. Uriconiense Dalradiense. Moiensiense Lewisense	
DISCONTINUIDAD EPALGOMIENSE Fase Algoniense. Serie Algoniense. Serie Sudburiense.		CARELIENSE Kaleviense. Jatuliense. Botniense II. Iadogniense.		(POSICION RELATIVA INCIERTA) Moiensiense Lewisense	
INFERIOR NEO-LAURENTICO					
DISCONTINUIDAD EPARCAICA 2.ª Fase Svekofornida. Botniense I 1.ª Fase Svekofornida. Svioniense. Gneisses catarcaicos.					
Fase Laurentia (Oeste de América). Serie de Lake-Bear. Serie de Dakota. Serie de Manitoba.					
DISCONTINUIDAD					
Serie Laurentica. Kewatiense. S. de Contiching. Serie de Vishnu.					

A R C A I C O

ARQUEOZOICO

PROTEROZOICO

SISTEMAS		SERIES		EQUIVALENCIAS	
KARROO . . .		Beaufort. (Orogénesis sin vulcanismo). Trías inferior. } (2.700 m.) Trías medio y sup.		Ecca. Dwyka. Witteberg. Bokkeveld. Table mountain. Waterberg-Matsap (falta).	
CABO (CAP).		Devoniano m. e. inf. (760 m.) Devoniano sup. } (760 m.) Carbonífero inf. Carbonífero sup. (1.050 m.) Permiano inf. (1.300 m.) Permiano sup.		Relleno geosinistral sin vulcanismo Devoniano inf. (1.520 m.)	
TRANSVAAL		Malmesburg, con intrusiones graníticas.		O NAMA	
DISCONTINUIDAD		French-Hoek.			
FRANCIA		Malmesburg, con intrusiones graníticas.			
O NAMA		Malmesburg, con intrusiones graníticas.			

SEGUN AXEL BORN (1930) (*)

SERIE SEDIMENTARIA EN LA ZONA DE EL CABO (AFRICA DEL SUR)

APÉNDICE VI

(*) Axel Born.: Zeitsch. der Deut. Geol. Ges. T. 82, 1930.

(*) Las equivalencias e incluso las posiciones relativas, dentro de las formaciones arcaicas, son aún inciertas y no están firmemente establecidas. Deben considerarse como mera orientación.

APÉNDICE VII

DIVISION DETALLADA DE LAS SERIES JURASICAS, compiladas por J. M. Ríos, según datos de Moesch, Wright, Oppel y Henning.

PISOS Y TRAMOS		FAUNAS		ZONAS				
SICO PARDO O DOGGER	JURASICO BLANCO O MALM	PORTLANDES.....	§	Ulmensis. Siliceus.	§			
		KIMMERIDGIENSE..	Kimmeridge Clay, Pteroceriense. (Plattenkalk.)	δ	<i>Perisphinctes setatus.</i> <i>Suinea subeumelas.</i> <i>Rasenia pseudo-mutabilis.</i>	Setatus. Subeumelas. Pseudo mutabilis.	ε	
		SEQUANIENSE.....	Oxfordiense Sup. Astartiense.	γ	{ <i>Idoceras planula.</i> <i>Pelloceras bimmamatum.</i> <i>Cardioceras alternans.</i>	Aptychen mergel. Astartina, Idoceras. Zeileiria.	γ	
		ARGOVIENSE.....	Coralienne. Rauraciense. (Birmensdorf.)	α	{ <i>Aspidoceras hypselum.</i> <i>Pelloceras transversarium.</i> <i>Aspidioceras perarmatum.</i>	Impresa. Transvesarius.	α	
	CALLOVIENSE.....	Kelloways beds. Cosmoceras ornatum, Cardioceras flexicostatum, Card. cordatum.		}	Ornaten, Refractus. Macrocephalen.			
	BATHONIENSE.....	Cornbrash. Bradfordiense. (Forest marble)	ε	{ <i>Oppelia aspidiodes.</i> <i>Parkinsonia parkinsoni, Parkinsonia ferruginea.</i>	Dentalientone. Parkinsonia. Hamiten. (Pyrit-tone.)	ε		
	BAJOCIENSE.....		δ	{ <i>Strenoceras subfurcatum.</i> <i>Stephanoceras humphriesi.</i>	Bifurcaten. Humphriesianus, Giganteus.	δ		
			γ	{ <i>Sphaeroceras sauzei.</i> <i>Witchellia pinguis.</i> <i>Sonninia sowerbyi.</i>	Sowerbyi.	γ		
	JURASICO NEGRO O LIASICO	JURA	AALENIENSE.....	Northampton Sands. β	<i>Ludwigia murchisonae, L. concava.</i>	Murchisoni, Personaten.	β	
					α	{ <i>Leioceras opalinum.</i> <i>Ludwigia costosa.</i>	Opalinus. Torulosus.	α
TOARCIENSE.....			Upper Lías	ε	{ <i>Ludwigia digna, Trochus duplicatus.</i> <i>Lytoceras jurensis, Grammoceras striatulum, G. toarcense.</i> <i>Hildoceras bifrons.</i> <i>Coeloceras crassum.</i> <i>Stephanoceras commune, Harpoceras serpentinum.</i>	Jurensis.	Jurensis Mergel	ε
				ε	{	Posidonien.	Posidonien Schiefer	ε
			Middle Lías	δ	{ <i>Amaltheus spinatus, Amaltheus costatus.</i> <i>Amaltheus margaritatus.</i>	Spinatus Costatus. Margaritatus.	Amaltheen Zone	δ
CHARMUTIENSE.....				γ	{ <i>Deroceras davoei, Aegoceras henleyi.</i> <i>Amaltheus ibex.</i> <i>Aegoceras jamesoni, Zeileiria numismalis.</i>	Davoei. Ibex. Jamesoni.	Numismalis Mergel	γ
			Lower Lías	β	{ <i>Arietites (Echioceras) raricostatus.</i> <i>Amaltheus oxinotus, Oxinotoceras oxinotum.</i> <i>Aegoceras planicosta, Aegoceras capricorni.</i> <i>Arietites obtusus.</i> <i>Arietites turneri.</i>	Raricostatus. Oxinotus. Obtusus. Tuberculatus.	Turneritone	β
				α	{ <i>Arietites bisulcatus.</i> <i>Arietites bucklandi.</i> <i>Aegoceras angulatus, Schlotheimia angulata.</i> <i>Aegoceras (Psiloceras) planorbis.</i>	Bucklandi. Angulatus. Planorbis. Psilonoten.		α
HETTANGIENSE.....					{			
RETIENSE.....					{ <i>Avicula contorta.</i>			

APÉNDICE VIII

DIVISION DETALLADA DEL CARBONIFERO ALEMAN
(Adaptado de un cuadro de E. Henning, en «Geologie Grossdeutschlands», 1942.)

C A R B O N I F E R O		E S T E F A N I E N S E		O T T W E I L E R I E N S E		
		W E S T F A L I E N S E	R U H R	G R A N I T O S D E E U R O P A M E D I A	S A A R	P. de los Sudetes
N A M U R I E N S E	D I N A M I T I E N S E	B. CARBONES [DE LLAMA LARGA PARA GAS... B. CARBONES DE GAS ... A. CARBONES GRASOS ... CARBONES SECOS (ESTERIL.)	Comglom. pral. Ágir. Bismark. Zollverein. Laura. Viktoria. Katharina. Dreckbank. Sonnenschein. Capas marinas. Finefrau. Mausgatt. Sarnsbank. Capas marinas. Hauptflöz. Besserdich. Sengsbank. Conglomerado. Estéril.		<i>Lonchopterideas</i> (terminan). <i>Neuropterideas</i> (máximo auge). <i>Pecopterideas</i> (comienzan). <i>Grastrioceras</i> . <i>Eumorphoceras</i> .	Waldenbur- guense.
		VISEANO. TOURNAISIENSE.				<i>Glyphioceras</i> . <i>Pericyclus</i> . <i>Gattendorfia</i> .

D E V O N I A N O		R H E I N S C H I E F E R G E B I R G E		H A R Z	Países Bajos (*)		
		S U P E R I O R	Pizarras con			P. de Cypridinas Caliza de Clymenias.	
S U P E R I O R	M E D I O	I N F E R I O R	F A M E N I E N S E. (Tramo de Clymenias) F R A S N I E N S E G I V E T I E N S E. (Tramo de Strigocephalus) E I F F E L L I E N S E. (Tramo de Calceolas) C O B L E N C I E N S E S I E G E N I E N S E G E D I N I E N S E	Capas de Cypridinas. Fossleyense. Kramenzelkalk. Calizas de Ardorfer. Pizarras de Tentaculites. Pizarras de Büdesheim. Calizas en masa. Pizarras con { Crinoides. Calceola . Pizarras de Wissenbach.	VI. <i>Wocklumeria</i> . V. <i>Laevigites</i> . IV. <i>Platyclimena</i> (<i>prionoceras</i>). III. <i>Prolobites</i> . II. <i>Cheiloceras</i> . I. <i>Manticoceras</i> . <i>Maeneceras</i> . <i>Aphyllites occultus</i> . <i>Anarcestes</i> . <i>Spirifer cultrijugatus</i> . <i>Spirifer paradoxus</i> . <i>Spirifer herzyniae</i> . <i>Spirifer assimilis</i> . <i>Spirifer primaevus</i> . <i>Spirifer mercuri</i> .	P. de Cypridinas Caliza de Clymenias. Caliza arrecifal. (Riff Kalk). Pizarras de tentaculites. Pizarras superiores. Haupt Quarzit. Pizs. inferiores. Taner Grauwacke.	Etroengt. Famenne, Condros. Frasné. Givet. Couvin. Hierges. Bournot. Vireux. Montigny. Anor. (*) Según Lapparent.

APÉNDICE IX

EQUIVALENCIAS DEL TRIAS DE FACIES GERMANICA Y ALPINA
(Según cuadro de E. HENNING, en «Geologie Grossdeutschlands», 1942)

GER- MA- NICO	ALPES NORDORIENTALES CALIZOS		
K E U P E R	RETIENSE ...	Calizas. Kössen (Margas de)	Dachstein Kalk.
	NORIENSE ...	Platten Kalk.	
		Dolomía pral.	Seefeldler (pizarras)
	CARNIENSE .	Raibler.	Ramsau (capas de)
	LADINIENSE		Dolomías
Wetterstein Arlberg. (dolomías)			
MUSCHELKALK	ANISIENSE ...		Schlern (dolomías).
		Muschelkalk Alpino.	Partnach (capas de)
BUNT. SANDS.	SKITIENSE ...	Reichenhall (dolomías).	Mendola (dolomías).
		Buntsandstein.	Myophorias (capas de) Campil.
		Werfener	Seiser.

APÉNDICE X

SERIE DE KOMÁROV (CHECOESLOVAQUIA)

ORDOVICENSE ..	CARADOCIENSE.	Diabasas. Zahorany.
	LLANDEILIENSE.	Drabov.
	SKIDAWIENSE.	Osek Kván. Komárov.
CAMBRIANO ..	TRÉMADOCIENSE.	Krušnáhora. Porfiritas.
		Brezove.
		Jince.
		Trémšná.

APÉNDICE XI

EL PALEOZOICO DE INGLATERRA

(Adaptado de varios cuadros de LAKE and RASTALL'S. «Textbook of Geology», Londres, 1945.)

CARBONIFÉRO	SUPERIOR	ANTHRACOCERAS	<i>Tenuis.</i>	RADSTOCKIAN		COAL MEASURES	
			<i>Phillipsi.</i>	STAFFORDIAN			
			<i>Pulchra.</i>	YORKIAN			
		GASTRIOCERAS	<i>Similis.</i>	LANARKIAN			
			<i>Modiolaris.</i>				
			<i>Ovalis.</i>				
			<i>Lenisulcata.</i>				
	AVONIENSE O INFERIOR	VISEANO	D	<i>Dibunophyllum.</i>	MILLSTONE GRIT. Upper Limestone Shales		BENNICIAN
			S ₂	<i>Seminula.</i>	Middle Limestone		
			S ₁	<i>Caninia sup.</i>	Middle Limestone Shales		
C ₂							
TOURNAIENSE		C ₁	<i>Caninia inf.</i>	Lower Limestone		TUEDIAN	
		Z	<i>Zaphrentis.</i>				
		K	<i>Kleistopora.</i>	Lower Limestone Shales			

DEVONIANO	SUPERIOR		VIEJA ARENISCA ROJA								
	MEDIO		(OLD RED SANDSTONE)								
INFERIOR											
SILURIANO	GOTLANDÉS	GALES DEL NORTE		DISTRITO DE LOS LAGOS		SALOP		ESCOCIA MERIDIONAL			
		—		—		Serie de DOWNTON		Capas de EURYPTERID.			
		—		Flags y grits de DENBIGHSHIRE		Flags y grits de CONISTON		LUDLOW superior Calizas de AYMESTRY LUDLOW inferior		—	
		Pizarras de TARANNON CORWEN grits.		Pizarras de STOCKDALE		Calizas de WENLOCK Pizarras de WENLOCK Calizas de WOOLHOPE		Serie de RICCARTON		—	
	ORDOVICIENSE	GALES		DISTRITO DE LOS LAGOS		MOFFAT		GIRVAN			
		Serie de BALA		Grupo de ASHGILL		Serie de HARTFELL		Serie de ARDMILLAN			
		—		Grupo de SLEDDALE		Serie de GLENKILN		Serie de BARR			
		—		Series calizas de CONISTON		—		—			
		—		—		—		—			
		—		—		—		—			

APÉNDICE XI (CONTINUACION)

EL PALEOZOICO DE INGLATERRA

(Adaptado de varios cuadros de LAKE and RASTALL'S. «Textbook of Geology», Londres, 1945.)

SILURIANO	ORDOVICENSE	Tereusculus. Marchisoni. Bifidus. Hirundo. Extensus. Dichograptus.	Serie de LLANDEILO Serie de LLANVIRN Serie de ARENIG	Serie de BORROWDALE Pizarras de SKIDDAW	Pizarras de BRONSIL Pizarras blancas de OAK Areniscas de HOLLYBUSH Cuarcitas de MALVERN MALVERN	Pizarras de SHINETON Pizarras de ORUSIA Areniscas su- periores de COMLEY Areniscas de LOWER COMLEY Cuarcitas de WREKIN SHROPSHIRE	Pizarras de STOCKING FORD Calizas de HILTHES Cuarcitas de HARTSHILL NUNEATON	Calizas de DURNESS Series cuarcíticas ESCOCIA
CAMBRIANO	POTSDAMIENSE	Shumardia. Olenus. Paradoxides. Olenellus.	Series de TREMADOC Dolgelly Ffestiniog Grupo de MAENTWROG Series MENEVIENSES Series supe- riores de HARLECH Series de SOLVA Series de CAERFAI GALES DEL N.	Pizarras de SHINETON Pizarras de ORUSIA Areniscas su- periores de COMLEY Areniscas de LOWER COMLEY Cuarcitas de WREKIN SHROPSHIRE	Pizarras de BRONSIL Pizarras blancas de OAK Areniscas de HOLLYBUSH Cuarcitas de MALVERN MALVERN	Pizarras de SHINETON Pizarras de ORUSIA Areniscas su- periores de COMLEY Areniscas de LOWER COMLEY Cuarcitas de WREKIN SHROPSHIRE	Pizarras de STOCKING FORD Calizas de HILTHES Cuarcitas de HARTSHILL NUNEATON	Calizas de DURNESS Series cuarcíticas ESCOCIA

APÉNDICE XII

MESOZOICO INFERIOR DE INGLATERRA

PERMIANO.....	GALESIENSE ACADIESE POTSDAMIENSE	Magnesian limestone. Marls Slate. Lower Sand.	PERMIANO.....	Lower variegated limestone. Pebble Beds. Upper variegated limestone.	NEW RED SANDSTONE	
TRIASICO.....	RETIENSE..... KEUPER..... BUNTER.....	Withe Lias. Black Shales. (Avicula contorta). Grey Marls. Keuper Marls. Keuper Sandstone	RETIENSE..... KEUPER..... BUNTER.....	Upper calcareous grit y Coral Rag. Coral Rag, Coralline Oolite. Lower Limestone. Passage Beds. Lower Calcareous Grit.	ARGOVIENSE. CALLOVIENSE. BATHONIENSE. BAJOCIENSE. AALENIENSE. TOARCIENSE. CHARMUTIENSE. SINEMURIENSE. HETTANGIENSE.	
JURASICO..	L I A S M I D D L E L I A S U P P E R L I A S I N F E R I O R O O L I T E G R E A T O O L I T E O X F O R D I E N S E C O R A L I E N S E P U R B E C K I E N S E P O R T L A N D E S K I M M E R I D G I E N S E	δ α, β, γ ε, ζ	M A L M I N F S U P	PURBECKIENSE. PORTLANDES. KIMMERIDGIENSE. CORALIEN- SE..... OXFORDIENSE..... GREAT OOLITE..... INFERIOR OOLITE. UPPER LIAS..... MIDDLE LIAS..... LOWER LIAS..... RETIENSE..... KEUPER..... BUNTER.....	Upper calcareous grit y Coral Rag. Coral Rag, Coralline Oolite. Lower Limestone. Passage Beds. Lower Calcareous Grit. Oxford Clay. Kellaways Clay. Cornbrash. Forest Marble, Bradford Clay, Great Oolite Clay. Great Oolite Limestone, Sto- nesfield Slate. Fuller's earth, Upper Estua- rine. Inferior Oolite, Lincolnshire limestone. Midford Sands, Northampton Sands. Upper Lias. Middle Lias. Lower Lias. Retiense. Keuper Marls. Keuper Sandstone	PURBECKIENSE. PORTLANDES. KIMMERIDGIENSE. ARGOVIENSE. CALLOVIENSE. BATHONIENSE. BAJOCIENSE. AALENIENSE. TOARCIENSE. CHARMUTIENSE. SINEMURIENSE. HETTANGIENSE.

APÉNDICE XIII

CRETACEO Y TERCIARIO DE INGLATERRA

(Adaptado de LAKE and RASTALL'S. «Text Book of Geology», Londres, 1945.)

PLIOCENE

CROMER FOREST - BEDS.
WEYBOURN CRAG.
CHILLESFORD BEDS.
NORWICH CRAG.
RED CRAG.
CORALLINE CRAG.
LENHAM BEDS.

DISCONTINUIDAD MIOCENA

OLIGOCENE

HAMSTEAD BEDS.
BEMBRIDGE MARLS.
BEMBRIDGE LIMESTONE.
OSBORNE BEDS.
HEADON BEDS

EOCENE

UPPER

BARTON BEDS.
BRACKLESHAM BEDS.

EOCENE

LOWER

BAGSHOT CLAYS.
LONDON CLAY.

LOWER LONDON TERTIARIES

Blacheath and Oldhaven beds.
Woolwich and Reading beds.
Thanet Sands.

C R E T A C E O U S	U P P E R	UPPER CHALK.....		<i>Ostrea lunata.</i> <i>Belemnitella mucronata.</i> <i>Actinocamax quadratus.</i> <i>Marsupites testudinarius.</i> <i>Micraster coranguinum.</i> <i>Micraster cor-testudinarius.</i>	SENONSE (CRAIE BLANCHE)	S U P E R I O R
		LOWER AND MIDDLE CHALK (CHALK MARL.).....		<i>Holaster planus.</i> <i>Terebratulina lata.</i> <i>Rhynchonella cuvieri.</i>	TURON (PLÄNER)	
		CHLORITIC MARL.....		<i>Holaster subglobosus.</i> <i>Schloenbachia varians.</i>	CENOM	
	L O W E R	UPPER GREEN SAND Y GAULT (RED CHALK).....		<i>Pecten asper.</i> <i>Mortoniceras rostratum.</i> <i>Hoplites latus.</i> <i>Hoplites interruptus.</i> <i>Douvilleiceras mammillatus.</i>	ALBENSE	
		LOWER GREEN SAND	Folkestone beds. Sandgate beds. Hythe Sands. Atherfields Clay.	Carstone..... Tealby limestone. Roach limestone.	BARR. APT.	
		WEALDEN (SPEETON CLAY)	WEALD CLAY. HASTINGS SAND	Tealby Clay. Claxby Ironstone. Spilsby limestone.	WEALDENSE	
		Tunbridge Wells-S. Wadhurst Clay. Ashdown Sand.	<i>Belemnites minus.</i> <i>Belemnites brunsvicensis.</i> <i>Belemnites jaculum.</i> <i>Belemnites lateralis.</i>	I N F E R I O R	C R E T A C E O	

APÉNDICE XIV

EQUIVALENCIAS EN EL TERCIARIO DE EUROPA OCCIDENTAL

E N O	PLIOCENO	CAMPINIENSE....	} ASTIENSE, VIIJA-FRANQUENSE.	} Tegelen. Amstel.	} Norwich. Butley.	} <i>Corbula gibba.</i> <i>Fusus contrarius.</i>					
		POEDERLIENSE..					} PLASENCIENSE.	} Gedgrave. Lenham. Boston.	} Newbourn. Walton.	} <i>Isocardia cor.</i> <i>Terebratula perforata.</i>	
		SCALDASIENSE..	} ANVERSIENSE... BOLDERIENSE...	} TORTONIENSE. HELVECIENSE. BURDIGALIENSE.	} Orleanais	} <i>Pectunculus pilosus.</i> <i>Glycimeris menardi</i>					
		DIESTIENSE.....									} AQUITANIENSE..
		OLIGOCENO	CHATTIENSE.....	} ESTAMPIENSE.	} Ferté-Alais. Ormois. Gatinais. Pierrefite Brie. Morigny-Etrechy.	} Hampstead.	} <i>Pectunculus obovatus.</i> <i>Arcillas con Septaria.</i>				
	RUPELIENSE....		} SANOISIENSE. HENISIENSE.					} Champigny.	} Saunois.	} Bembridge. Osborne. Headon.	
	TONGRIENSE....										} ASSCHIENSE....
	LATTORFIENSE..		} WEMMELIENSE..					} BARTONIENSE.	} St. Ouen.	} Noissy-le-Sec. Saint Estephe. Cresnes.	
	PALEOCENO	LEDIENSE.....		} AUVERSIENSE.	} Calcaire grossier.	} Anvers. Beauchamps Plassac.	} Bracklesham				} White Cliff.
		LAEKENIENSE... BRUSELIENSE..	} LUTECIENSE.					} Calcaire grossier.	} Blaye. St Palais.	} London Clays.	
PANISELIENSE... YPRESIENSE....		} YPRESIENSE. SPARNACIENSE.									

APÉNDICE XV

PALEOZOICO INFERIOR DE LA CHINA NÓRDICA

SILURIANO	{	SUPERIOR .	Miaokaoshan.
		INFERIOR .	Mioutien.
		MEDIO	Machiakov.
ORDOVICENSE	{	INFERIOR .	Liangchiashan.
			Shie Menchai.
			Peilingtze.
			Yehli.
		SUPERIOR .	Fengshan.
			Chaumitien.
CAMBRIANO	{	MEDIO	Kushan.
			Changhia.
		INFERIOR .	Manto.

APÉNDICE XVI

CUADRO DE ALGUNAS FORMACIONES NORTEAMERICANAS Y SUS EQUIVALENTES APROXIMADOS EUROPEOS

(Compilado por J. M. RIOS, de trabajos de A. C. LANE (1), M. GRACE WILMARTH (2), B. WILLIS (3).

(1) Lefax Inc., 1937. (2) Bull. 769, U. S. Geol. Surv., 1925. Bull. 896, U. S. Geol. Surv. (3) Prof. Paper. 71. U. S. Geol. Surv. 1912.

QUATERNARY ...	} HOLOCENE.	CHAMPLAIN.		} WURMIENSE.	} ALUVIAL.	} CUATERNARIO		
		} PLEISTOCENE.	WISCONSIN DRIFT.				} RISSIENSE.	
} (CASCADIAN REVOLUTION).	IOWAN.		} MINDELIENSE.	} DILUVIAL.				
	ILLINOIS, SANGAMON.				} SICILIENSE.			
KANSAN, YARMOUTH.		} CALABRENSE.	} PLIOCENO.					
NEBRASKAN, AFTONIAN.				} ASTIENSE.				
PLIOCENE	} UVALDE.	FLORIDA.			} PLASENCIENSE.			
		} ARIKAREE.	PONTIENSE.			} MIOCENO.		
			} YORKTOWN.	SARMATIENSE.				
} SAINT MARY'S.	TORTONIENSE.							
	} MIOCENE	CHESAPEAKE.		} HELVECIENSE.				
		MONTERREY.			} BURDIGALIENSE.			
APALACHICOLA.		} AQUITANIENSE.						
} OLIGOCENE. (ALPINE UPLIFT).	<u>Continental</u>		} OLIGOCENO.					
	} VICKSBURG.			LUDIENSE.				
		} JACKSON.		BARTONIENSE.				
} CLAIBORNE.			UINTA.		} EOCENO.			
	} RATON.		BRIDGER.					
		} WILCOX.	AUVERSIENSE.					
} MIDWAY.			LUTECIENSE.					
	GREENRIVER.		} YPRESIENSE.					
	WASATCH.			} SPARNACIENSE.				
FORT-UNION.		} THANETIENSE.						
MONTIENSE.								
(LARAMIDE RÉVOLUTION).								
} CRETACEOUS....	} UPPER, GULF O CHICO.....	LARAMIE.		} DANES.	} SUPERIOR.	} CRETACEO		
		} COLORADO..	TOKIO.				} SENONENSE.	
			WOODBINE.					
RIPLEY.								
NIOBRARA, SELMA.		} TURONENSE.						
BENTON, EUTAW.								
MAGOTHY. } Tuscaloosa.								
RARITAN. }		} CENOMANENSE.						
} COMANCHEAN O SHASTAN.	WASHITA.		} ALBENSE.	} INFERIOR.				
	FREDERICKSBURG, GLENROSE.							
	PATAPSCO, TRINITY.							
ARUNDEL.		} BARREMIENSE.						
PATUXENT.								
MORRISON, KNOXVILLE.								
(CORDILLERAN REVOLUTION).								
} JURASSIC.....	} COLFAX, MARIPOSA.	PORTLANDES.		} KIMMERIDGIENSE.	} MALM.	} JURASICO		
		} FOREMAN.	SEQUANIENSE.					
			} HINCHMAN.				CORALIENSE.	
} BICKNELL, SUNDANCE	OXFORDIENSE.			} DOGGER.				
	} MORMON, THOMPSON.	CALLOVIENSE.						
		HARDGRAVE.						
} LIASSIC.....		TRAIL.		} TOARCIENSE.	} LIASICO.			
	CHINLE.							
	SHINARUMP.							
MOENKOPI.		} RETIENSE.						
} TRIASSIC	} NEWARKIAN..... (Vermillion Cliffs).		STOCKTON,		} KEUPER.	} TRIASICO.		
			LOCKATONG.					
		BRUNSWICK.						
SPEAR FISH.		MUSCHELKALK.						
MINNEKAHTA.		BUNTERSANDS.						
CHUG WATER.								

APÉNDICE XVI (CONTINUACION)

CUADRO DE ALGUNAS FORMACIONES NORTEAMERICANAS Y SUS EQUIVALENTES APROXIMADOS EUROPEOS

(Compilado por J. M. RIOS, de trabajos de A. C. LANE (1), M. GRACE WILMARTH (2), B. WILLIS (3).

(1) Lefax Inc., 1937. (2) Bull. 769, U. S. Geol. Surv, 1925. Bull. 896, U. S. Geol. Surv. (3) Prof. Paper, 71. U. S. Geol. Surv. 1912.

PERMIAN.....		REDBEDS. DUNKARD.	ZECHSTEIN. ROTHLIEGENDES.	PERMIANO.	
(APPALACHIAN REVOLUTION).					
CARBONIFEROUS	PENNSYLVANIAN	MISSOURIAN.....	MONONGAHELA. CONEMAUGH.	ESTEFANIENSE.	CARBONIFERO.
		POTTSVILLIAN....	ALLEGHENY. SAGINAW.	WESTFALIENSE.	
	MISSISSIPPIAN	TENNESSIAN.....	WASATCH, CHESTER, KASKASKIA. MAUCH-CHUNK, LOGAN, MERAMEC.	DINANTIENSE.	
		WAVERLIAN.....	OSAGE.. } KEOKUK. } BULRINGTON. KINDERHOOK. CHATANOOGA, POCONO.		
(ACADIAN REVOLUTION).					
DEVONIAN (CALEDONIAN FOLDS).		CHAUTAUQUAN. SENECAN. ERIAN. ULTSTERIAN. ORISKANIAN. HELDERBERGIAN.	CHENTUNG. HAMILTON MARCELLES. PORTAGE, GENESEE. ONONDAGA.	FAMENIENSE. FRASNIENSE. GIVETIENSE. EIFFELIENSE. COBLENCIENSE. GEDINIENSE.	DEVONIANO.

SILURIAN.....		NEONTARIAN.....	MONROE. SALINA.	CAYUGAN DOWNTON.	GOTLANDES.
		MESONTARIAN....	GÜELPH. NIAGARA. CLINTON.	NIAGARAN. LUDLOW. WENLOCK.	
		PALEONTARIAN ..	MEDINA. RICHMOND.	OSWEGAN. ONEIDA. LLANDOVERY.	
(TACONIC REVOLUTION).					
ORDOVICIAN.....		CINCINNATIAN....	LORRAINE, FRANKFORT. UTICA.	ASHGILL.	ORDOVICENSE.
		MOHAWKIAN.....	TRENTON. BLACK RIVER. LOWVILLE.	CARADOC.	
		CANADIAN.....	CHAZY. ST. PETER. BEEKMANTOWN.	LLANDEILO. ARENIG. TREMADOC.	
CAMBRIAN.....		SARATOGAN.....	OZARKIAN. ST. CROIX, KETONA.	POTSDAMIENSE.	CAMBRIANO.
		ACADIAN. WAUCOBIAN.	TACONIAN.	ACADIENSE. GEORGIENSE.	
		BELTIAN.....	KEWEENAWAN. UPPER HURONIAN. ANIMIKIAN, UNKAR.		
(KILLARNEY REVOLUTION).					
ALGONKIAN.....		HURONIAN.....	MARQUETTE. LOWER HURONIAN. GRENVILLE. TIMISKAMING, CHUAR.		PROTEROZOICO.
(LAURENTIAN REVOLUTION).					
ARCHEAN.....		LAURENTIAN GRENVILLIAN (LOGANIAN).	KEWATIN. COUTCHICHING. VISHNU.		ARQUEOZOICO.

S I L U R I A N O

(VER APÉNDICE V).

**LA ESTRUCTURA DE LA SIERRA DEL
TABLON (provincia de Sevilla)**

POR

EDUARDO ALASTRUE y JOSE M.^a HERNANDEZ DE GARNICA
INGENIEROS DE MINAS

EDUARDO ALASTRUE y JOSE M.^a HERNANDEZ DE GARNICA
INGENIEROS DE MINAS

LA ESTRUCTURA DE LA SIERRA DEL TABLON (provincia de Sevilla)

La línea Morón de la Frontera-Estepa-Osuna constituye aproximadamente, en la provincia de Sevilla, el límite septentrional de la zona subbética y su contacto con el mioceno y el cuaternario de la depresión del Guadalquivir. Al S. de ella se extiende una dilatada comarca triásica, en la que emergen esporádicamente algunas unidades jurásicas. El estudio de estas entidades tiene un interés evidente para discernir con exactitud los caracteres del país subbético y sus relaciones con las restantes unidades estructurales del conjunto bético. Por esta razón, hemos creído útil reconocer, siquiera sea someramente, una de las unidades jurásicas más típicas del frente subbético sudoccidental: la Sierra del Tablón.

Una primera impresión de nuestros trabajos está recogida ya en una breve comunicación leída en sesión de la Real Sociedad Española de Historia Natural, de Sevilla (1). En la presente nota no haremos sino ampliar y precisar las observaciones allí consignadas.

Estas unidades han sido estudiadas, en parte, por Blumenthal (2) en un admirable trabajo sobre la zona en que

(1) "Nota sobre la estructura de la Sierra de Algámitas (Sevilla)". *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XLIII. Madrid, 1945.

(2) BLUMENTHAL (M.): "Die Grenzverhältnisse zwischen sub- und penibetischer Zone in Grenzgebiet der Prov. Malaga, Sevilla und Cadiz". *Eclog. Geol. Helv.*, XXVII, n.º 1. 1930.

confluyen las tres provincias de Sevilla, Málaga y Cádiz. En él describe las formaciones que integran estas unidades, y presenta dos cortes: uno, a través de la Sierra del Tablón y el Peñón de Algámitas, y otro, según la dirección El Navazo-Las Lebronas.

Asimismo, aparece la Sierra de Algámitas incluida en el magnífico mapa a escala 1 : 100.000 de la provincia de Cádiz, por Gavala. Naturalmente, diversas obras de este geólogo (1) (2), que estudian regiones cercanas, son de indispensable consulta para el conocimiento de la estratigrafía y la tectónica de nuestro sector de estudio.

DATOS GEOGRAFICOS

La Sierra de Algámitas se halla constituida por tres unidades bien diferenciadas, aunque solidarias: la Sierra del Tablón, principalmente integrada por calizas liásicas; el gran mogote jurásico del Peñón del Algámitas, y el macizo cretáceo de Las Lebronas. El conjunto que forman se eleva al O. y SO. de la aldea de Algámitas, muy próximo al punto en que se reúnen las tres provincias de Cádiz, Sevilla y Málaga; dicho punto, situado al pie del cerro Salinas, se encuentra al S. de Algámitas, muy cerca de esta localidad.

Este conjunto montañoso se halla flanqueado al O. y Sudoeste por una depresión margosa triásica, que lo separa de la vecina Sierra de las Harinas y que sirve de paso a la carretera Pruna-Morón. Al S. se encuentra una zona ondulada, geológicamente muy compleja, formada por margas del Triás

(1) GAVALA (J.): "Regiones petrolíferas de Andalucía". *Bol. Instituto Geol. de Esp.*, t. XXXVII. Madrid, 1916.

(2) GAVALA (J.): "Descripción geográfica y geológica de la Serranía de Grazalema". *Bol. Inst. Geol. de Esp.*, t. XXXIX. Madrid, 1918.

y margas y areniscas del flysch, cuyo límite meridional se halla netamente señalado por la Loma de la Cordillera, borde de erosión de la meseta miocena de Ronda. Por el E. y el Norte hace frente, la Sierra de Algámitas, a una comarca triásica y terciaria poco accidentada, que recorre de S. a N. el río Corbones.

De las tres unidades integrantes de la Sierra de Algámitas, es la Sierra del Tablón, a la que principalmente hemos de referirnos, la que ostenta cotas más altas (1.129). Como la altitud media del país circundante es mucho menor (500 metros), dicha entidad constituye una mole eminente que permite atalayar una extensión muy dilatada.

Entre las tres unidades existe un marcado contraste topográfico, que refleja su distinta composición estratigráfica. El Peñón de Algámitas, se presenta como un escarpado risco, limitado por tajos casi verticales, según es frecuente en los "klippes" jurásicos de la región. La Sierra del Tablón semeja un elevadísimo domo o braquianticlinal de vertientes muy bruscas, manifiestamente llano en la zona de sus cumbres y orientado, aproximadamente, de E. a O. El macizo de Las Lebronas ostenta el suave relieve propio de las unidades margoso-calizas del cretáceo. Dichas diferencias de relieve son asimismo expresión, ante todo, de la estructura peculiar de cada unidad, según veremos en la Sierra del Tablón. Hay, pues, un decidido predominio de la estratigrafía y la tectónica en la forma topográfica de los tres accidentes, hallándose ésta poco condicionada, por tanto, por la erosión.

EL MATERIAL ESTRATIGRAFICO

La Sierra del Tablón está constituida, según ya hemos indicado, por calizas margosas del Lias, que alcanzan un considerable espesor. La facies es la acostumbrada en el toarciense andaluz: calizas margosas grises, en lajas o bancos, que a veces alternan con lechos de margas. En la Sierra del Tablón aparecen estas calizas bien estratificadas en bancos cuyo espesor oscila entre 20 y 30 centímetros; su color es muy oscuro, casi negruzco, con tonalidad superficial gris amarillento. Son raros los puntos en que los bancos se adelgazan, hasta aparecer las calizas hojosas o en lajas. Las intercalaciones de margas son asimismo poco frecuentes. Las calizas tabulares tienen siempre un color gris más claro que el resto de la formación, y ocupan, con lechos de margas intercalados, el tramo superior de la serie.

La facies señalada presenta pocas variantes. Hacia el cortijo Guiriguí, en la terminación oriental de la unidad, las calizas se hacen más margosas y revisten un color gris amarillento, muy parecido al de las margas del cretáceo, con las que establecen contacto más al N. Este mimetismo es tan acentuado en varios puntos de este sector, que hace insensible el tránsito entre las facies de uno y otro nivel. En ocasiones aparecen también las calizas con lajas de sílex, como en la vertiente S. de la unidad, en el descenso hacia el cortijo del Encebro. Este rasgo caracteriza, probablemente, algún nivel inferior del Lias.

Este material se muestra muy escaso en fósiles. Blumenthal (1) ha señalado, por encima de Fuente Muñoz, al NE. de

(1) BLUMENTHAL, op. cit.

la Sierra del Tablón, en la carretera Algámitas-Pruna, capas relacionadas con las de dicha unidad, que contenían:

Pseudogrammoceras cf. *fallaciosum*, Bayle.

Polyplectus discoides, Zieten.

En el cortijo del Guiriguí, cerca del contacto con el cretáceo suprayacente, registra, asimismo, un ejemplar de

Pleydellia subcompta, Branca.,

que denota el Aalenense. Parece, pues, indudable, según el sabio geólogo suizo, la edad toarciense del conjunto de la unidad, sin excluir algún retazo de pisos superiores.

Desgraciadamente, nos ha sido imposible, en los sitios señalados, localizar los yacimientos fosilíferos de Blumenthal, que, en todo caso, deben ser muy pobres. No es raro, por lo demás, que estas facies liásicas de calizas negruzcas, ásperas y arenosas, sean en Andalucía casi totalmente azoicas.

La atribución al Lias superior de las calizas del Tablón nos parece, con todo, indiscutible. De una parte, por su facies, tan conocida y tan repetidamente identificada con fósiles en otros puntos del territorio bético, y de otra, por su clara posición estratigráfica respecto al jurásico del Peñón, o de Los Navazos, y al cretáceo, que circunda la Sierra por el N. y el Sur.

La pobreza en fósiles hace imposible la delimitación de horizontes. Anteriormente hemos señalado que las calizas con sílex representan, probablemente, un término inferior dentro de la serie liásica. A este propósito, conviene recordar que Gavala atribuye al Charmutiense, en la Serranía de Grazalema, un nivel de calizas tabulares de grano fino, con concreciones de sílex, cuya edad certifica con el hallazgo de un *Harporceras Normannianum* Sow., y un *Cycloceras* aff. *Valdani* d'Orb. Con toda seguridad, este piso es el mismo que el que

ocupa la base de la Sierra del Tablón. Por encima de él registra Gavala un toarciense, constituido por margas pizarreñas y arcillas grises, bien caracterizado paleontológicamente. Es el clásico nivel del *Harpoceras radians*. Esta facies, exclusivamente margosa o arcillosa, no se presenta, sin embargo, en la Sierra del Tablón, puesto que, según hemos visto, el tramo más alto estaba siempre representado por calizas tabulares, con intercalaciones de margas.

En esta abundancia o escasez de margas en los horizontes superiores del Lias ha querido ver Blumenthal (1) un rasgo que distinga al Lias de la zona penibética (pobre en margas) del de la subbética (rico en series margosas). En todo caso, es necesario reconocer que la carencia de fósiles no permite establecer con rigor la distinción de facies.

El Jurásico viene representado en el dominio de las Sierras de Algámitas por las calizas del Navazo, que forman la terminación sudoccidental de la unidad del Tablón, y por las del Peñón de Algámitas. En ambos accidentes encontramos unas calizas blanco-grises, dolomíticas, duras y macizas, sin indicios de estratificación y a veces milonitizadas en la serie basal. El material que corona la formación suele consistir en calizas de un color blanco más acusado y menos dolomíticas. A estas facies se añade en el Navazo la de una pudinga con cantos de tamaño variable (de uno a seis centímetros), con gran abundancia de conchas y moldes de lamebranquios (pectínidos). Sobre este nivel se apoyan unas dolomías grises milonitizadas, semejantes a las que componen la base del Peñón de Algámitas. Claramente puede percibirse que todo este conjunto se superpone a la serie liásica del Tablón.

Blumenthal (1) considera a todas estas formaciones incluidas en el Lias. A esta opinión le induce, sobre todo, la aparente solidaridad del macizo del Peñón de Algámitas con la

(1) BLUMENTHAL, op. cit.

Sierra del Tablón. Pero esta hipótesis no parece muy fundada si se piensa que las dolomías son una facies muy poco frecuente en el Lias, y que, además, las unidades del Navazo y el Peñón muestran, en algunos puntos, una evidente superposición al material de la Sierra. Por otra parte, la serie dolomítica que integra estas unidades ofrece no pocas semejanzas con las calizas magnesianas de otras entidades jurásicas cercanas (los "klippes" de la región Pruna-Olvera), y aparece coronada por unas calizas macizas y blancas, en todo parecidas a la facies más común del Jurásico de esta zona. Por todo ello, no nos parece aventurado afirmar que las formaciones del Navazo y el Peñón deben ser incluidas entre los niveles que van del Malm al Jurásico superior. La falta de restos paleontológicos impide una identificación más precisa y segura.

La facies de la "falsa brecha rosada", tan característica de otros accidentes jurásicos de esta comarca (castillo de Olvera), no se presenta en las Sierras de Algámitas.

El Cretáceo, según hemos expuesto, rodea a la Sierra del Tablón por su parte S., formando una estrecha banda intercalada entre ella y el flysch de Pruna. También por el Norte ciñe a la Sierra, continuándose ampliamente en el macizo de las Lebronas. Se trata siempre de las mismas margas, blanquecinas o grises amarillentas, con manchas piritosas, muy arcillosas en ocasiones, del neocomiense. No son raros los asomos, entre estas margas, de calizas blandas, muy margosas, fuertemente plegadas y con huellas de ammonites piritosos. Esta facies es, pues, semejante en todo a la clásica del Cretáceo inferior andaluz, y su filiación, por tanto, no ofrece dudas. No es de este lugar el examen de las formaciones que sirven de tránsito entre el Cretáceo y el flysch, que Blumenthal (1) registra bajo forma de calizas arenosas, con granos

(1) BLUMENTHAL, op. cit.

de glauconia y escamas micáceas, al N. de Pruna, o con otras facies en la zona de Las Lebronas. Sabido es que Robaux ha probado paleontológicamente la existencia de un flysch cretáceo en la provincia de Cádiz, del que muy probablemente se registrarán retazos en los sectores colindantes al de Algámitas. Pero tal problema estratigráfico, uno de los más interesantes, sin duda, del dominio bético sudoccidental, se sale del alcance de esta nota.

El contorno de las unidades de Algámitas se completa con el flysch eoceno, tan extendido en el sector Olvera-Algodonales, consistente solamente, en este caso, en margas arcillosas o arenosas de un color ocráceo. Otros niveles característicos del eoceno de la región, como el de las brechas nummulíticas, o areniscas con foraminíferos, no figuran en estas manchas que ciñen a la Sierra del Tablón. Tampoco cabe señalar la presencia de la serie superior de areniscas del Oligoceno ("arenisca del Aljibe", de Gavala), tan frecuente, asimismo, en el sector Pruna-Olvera-Algodonales.

TECTONICA REGIONAL

Si se corta la Sierra del Tablón de N. a S., siguiendo la vereda que arranca del cortijo del Zamorano (ver corte número 1), aparecen las calizas grises margosas del Lías de la Sierra buzando pronunciadamente al N. (unos 80 grados). En algunos puntos de este contacto septentrional los bancos se muestran verticales, e incluso, a veces, buzan ligeramente hacia el S., señal, como luego veremos, de que el anticlinal de la Sierra tiende a convertirse en un pliegue volcado. Este acusado buzamiento hacia el N. se mantiene hasta una altura considerable; todavía a los 980 metros de altitud se observan los bancos verticales, dirigidos de E. a O., y con la misma

facies de calizas grises-negruczas y ásperas. A una mayor altitud, sin embargo, este buzamiento comienza a dulcificarse; los bancos se muestran más y más horizontales, hasta buzar de 45 a 30 grados en la línea de las cumbres. En esta zona se observa, al mismo tiempo, que dejan de estar dirigidos de E. a O., para alinearse de E.-NE. a O.-SO., a medida que se avanza hacia el O. El buzamiento de las capas va girando a compás hasta convertirse en las cotas más occidentales en francamente al NO. Puede advertirse asimismo, en este sector de máximas altitudes, que la línea de crestas viene del SE. al O., para luego torcerse ligeramente al SO., subrayando así la desviación de las capas. De todo esto debe colegirse, en primer lugar, que el eje del anticlinal, que en su parte oriental se dirige sensiblemente de E. a O., se incurva suavemente en la occidental, describiendo un ligero arco que apunta hacia el NO. Además, a esta flexión del eje se añade un buzamiento periclinal. Esta marcha se confirma, en efecto, en la terminación occidental de la unidad (sector del Navazo; ver corte núm. 2), puesto que allí las calizas de la Sierra, en el barranco, al S. del cortijo de Guirigüí, buzan 80 grados al O. y al SO. Más hacia el E., a lo largo de la línea de contacto señalada por la carretera Pruna-Algámitas, el buzamiento se mantiene constantemente al NO. (Ver corte núm. 2.)

A medida que se desciende de las cotas más altas hacia el S., los bancos calizos van disminuyendo su buzamiento hasta quedar francamente horizontales a una altitud de 900 metros. Nos encontramos aquí con unas hiladas gruesas, regularmente alineadas, en las que abundan las lajas y nódulos de sílex, de calizas más claras que las de la vertiente septentrional, y que parecen señalar un nivel inferior del Lías. Esta facies ha sucedido a otra con intercalaciones margosas, que predomina en la cumbre.

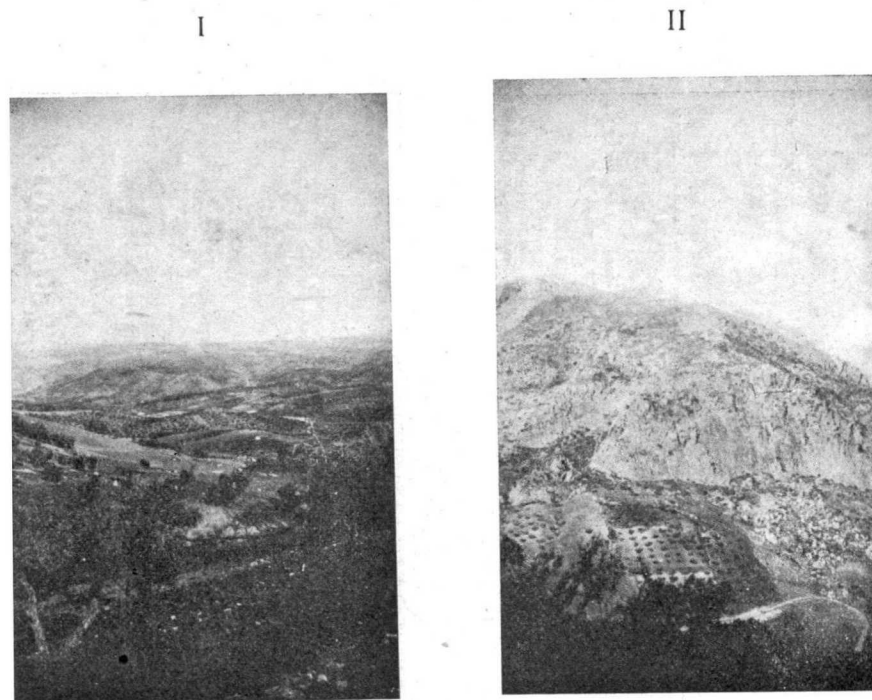
Los citados bancos horizontales establecen bruscamente

contacto con las margas blanquecinas neocomienses, según una línea que corre unos 200 metros al N. del cortijo del Enebro. Las margas cretáceas parecen rebosar sobre las calizas de la Sierra, subrayando un contacto anormal que sensiblemente sigue una dirección E.-O. Los bancos liásicos aparecen, en efecto, cortados por una larga falla, aproximadamente orientada de E. a O., a lo largo de la cual se establece el contacto con el cretáceo.

Emergiendo entre las margas neocomienses aparecen en esta zona dos pequeñas eminencias. La situada más hacia el O. está formada por calizas macizas, muy blandas, del Jurásico, y se emplaza en el camino que desde el Enebro va a Pruna. El otro accidente está constituido por las mismas calizas liásicas de la Sierra, buzando, casi horizontales, al Norte.

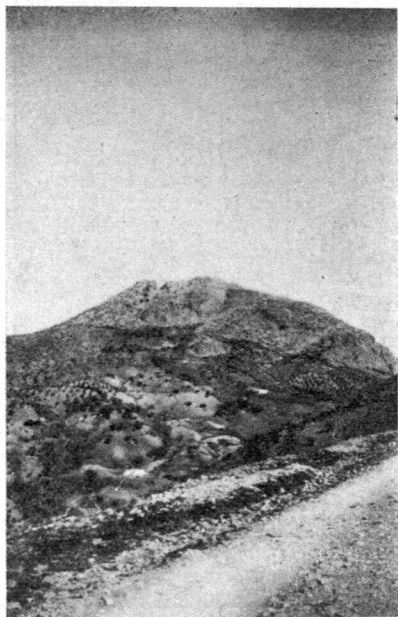
La Sierra del Tablón aparece, pues, en resumen, como un anticlinal de capas casi verticales en su flanco N., que van suavizando su buzamiento en las cotas más elevadas, hasta quedar horizontales en su flanco S. En esta vertiente, el anticlinal queda cortado, según una prolongada línea de fractura, sensiblemente orientada de E. a O. Cabe señalar, además, que el eje de este anticlinal describe un arco de radio muy amplio que apunta hacia el NO. El anticlinal se termina por el O. y el NO. con un buzamiento periclinal, desapareciendo bajo las margas del cretáceo.

La circunstancia del enérgico buzamiento de las capas en el flanco N., unida a la incurvación señalada en el eje del anticlinal, arguyen a favor de un vigoroso empuje de origen meridional hacia el NO. La violencia de este empuje, en la dirección habitual de todos los plegamientos subbéticos, queda subrayada por el buzamiento apuntado en algunos lugares, del contacto septentrional, hacia el S., que dan la apariencia al anticlinal de la Sierra de un pliegue abalanzado y ligeramente volcado sobre el antepaís cretáceo.



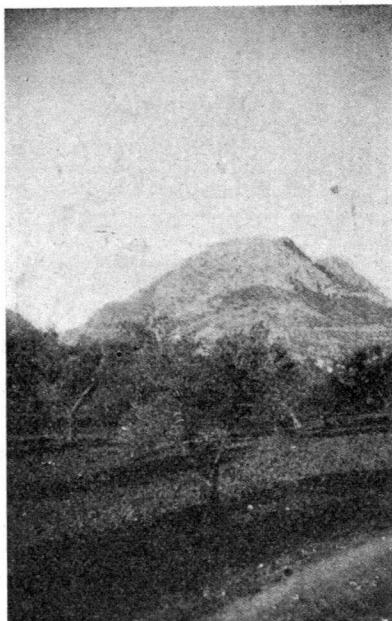
- I. La campiña triásica y terciaria de Algámitas, desde el descenso de la Sierra del Tablón.
- II. Falla S. del Peñón de Algámitas y contacto con el neocomiense del Puerto del Zamorano.

III



III. El conjunto jurásico del Peñón de Algámitas, visto desde la carretera Pruna-Algámitas.

IV



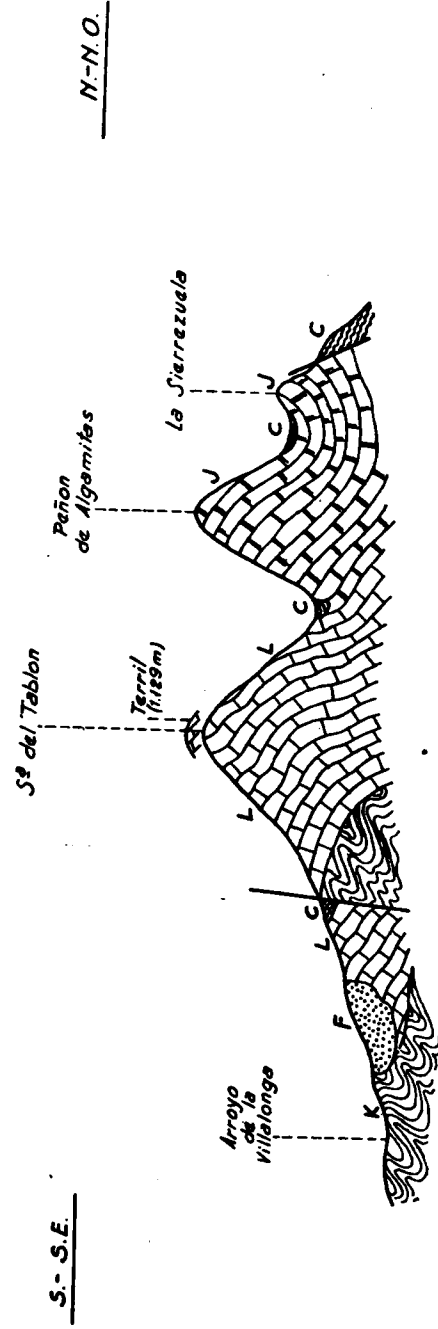
IV. El Peñón de Algámitas, visto desde el Oeste; contacto con el flysch eoceno.

V



V. Terminación occidental de la Sierra del Tablón en la zona del Navazo.

CORTE A TRAVÉS DE LA SIERRA DEL TABLÓN Y EL PEÑÓN DE ALGAMITAS



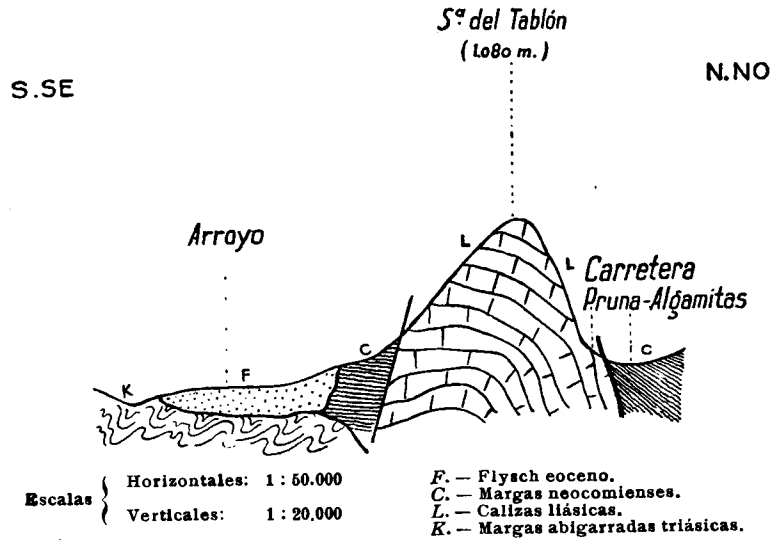
F. — Flysch eoceno.
 C. — Margas neocomienses.
 J. — Calizas jurásicas.
 L. — Calizas liásicas.
 K. — Margas abigarradas triásicas.

Corte núm. 1

Escalas { Horizontales: 1 : 50.000
 Verticales: 1 : 20.000

Corte por el O. de la Sierra del Tablón

Corte núm. 2

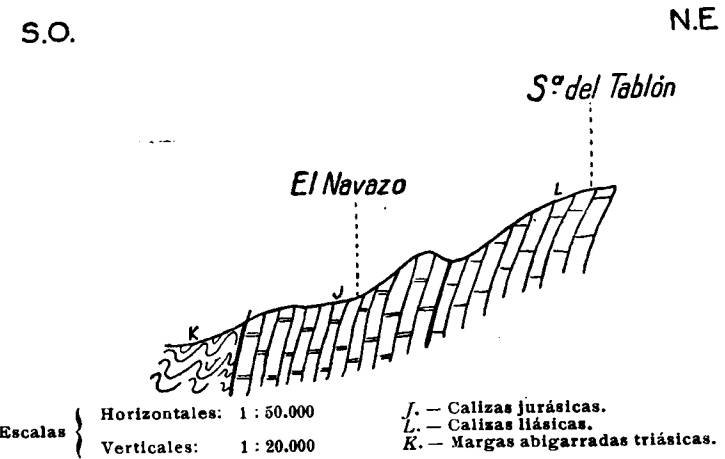


Escalas { Horizontales: 1 : 50.000
 Verticales: 1 : 20.000

F. — Flysch eoceno.
 C. — Margas neocomienses.
 L. — Calizas liásicas.
 K. — Margas abigarradas triásicas.

Corte por la terminación SO. de la Sierra del Tablón

Corte núm. 3

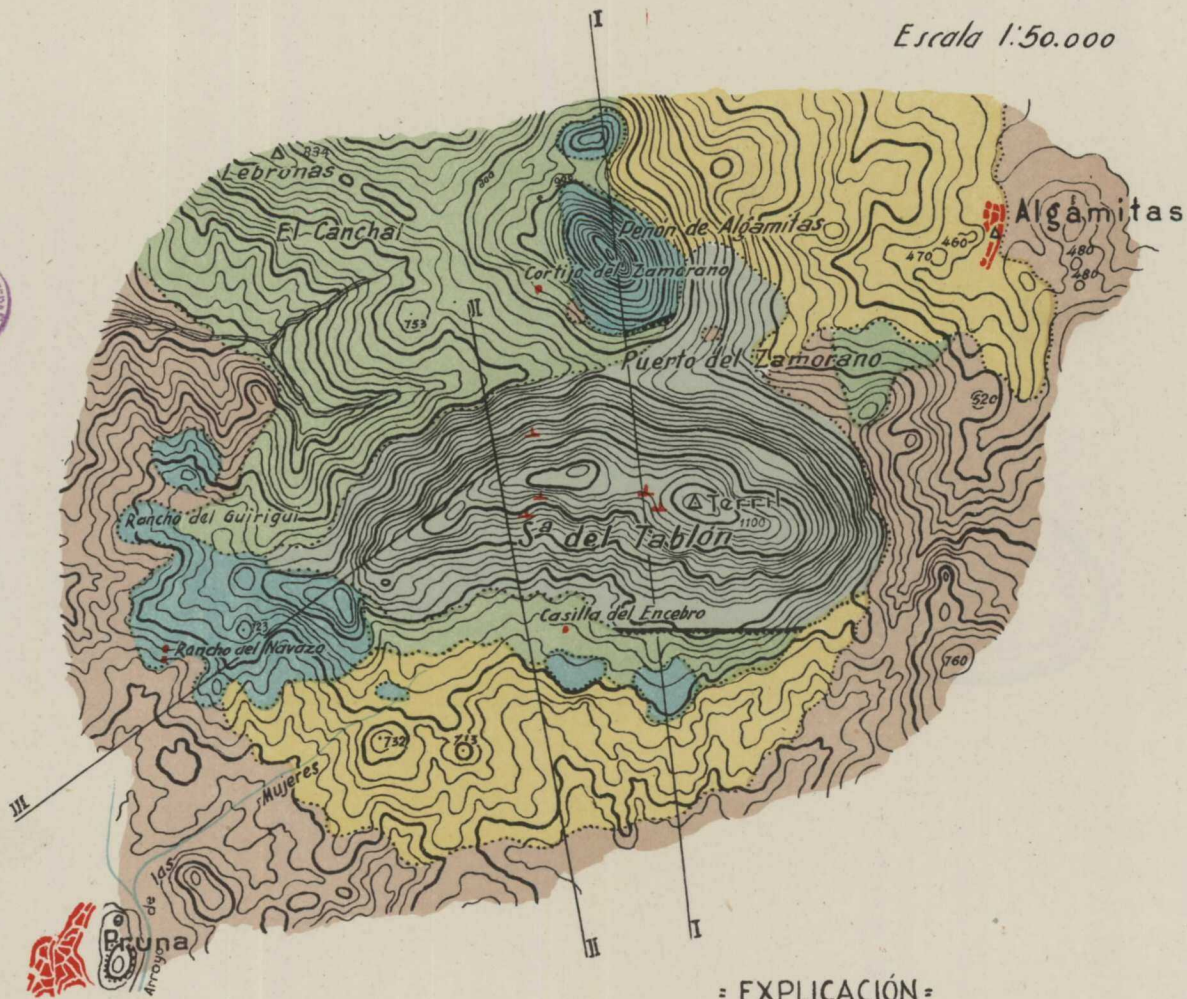


Escalas { Horizontales: 1 : 50.000
 Verticales: 1 : 20.000

J. — Calizas jurásicas.
 L. — Calizas liásicas.
 K. — Margas abigarradas triásicas.

MAPA GEOLÓGICO DE LAS SIERRAS DE ALGAMITAS

Escala 1:50.000



= EXPLICACIÓN =

- Flysch Eoceno
- Margas Cretáceas
- Calizas Jurásicas
- id Liásicas
- Margas Triásicas
- Fallas

NOTA PRELIMINAR

**EL BARTONIENSE EN LA CUENCA
DE PAMPLONA**

POR

MAXIMO RUIZ DE GAONA, Sch. P.

MAXIMO RUIZ DE GAONA, Sch. P.

EL BARTONIENSE EN LA CUENCA DE PAMPLONA

NOTA PRELIMINAR

Geográficamente, la cuenca de Pamplona es una hoya amplia, bien delimitada en sus cuatro rumbos, y cuyo eje horizontal es superior al vertical, haciéndole adoptar una forma anchamente ovalada.

El fuerte de San Cristóbal, que domina la ciudad, y las prolongaciones de otros, que van a enlazar con la Peña de Atondo, la Sierra de Sárvil, el Perdón y Sierra de Alaíz e Izaga, encuadran la depresión pamplonesa con límites bien precisos.

Entre ellos se extiende una masa de materiales margo-arcillosos de color gris azulado, que geológicamente representa la extremidad occidental del sinclinal-artesa Pamplona-Lumbier.

La parte oriental ha sido ya estudiada por los Sres. Ríos, Almela y Gárrido con detenimiento y competencia singular, en la que señalan y delimitan los terrenos que la constituyen: margas eocenas gris azuladas y margas y arcillas rojizas oligocenas, que en Izaga aprisionan acuíferos de conglomerados, oligocenos también, aunque algunos autores, como Selzer, quieran situarlos en el Mioceno, al igual que hace Ashauer en el Pirineo Oriental.

Resta por estudiar la región occidental del sinclinal, donde los límites destinados previamente al trabajo impidieron aden-

trarse a los diligentes Ingenieros citados; pero que, como consecuencia de las observaciones verificadas, concluyen admitiendo idéntica composición al occidente, por lo menos en parte, por lo que emiten la suposición de que los terrenos oligocenos se extiendan hasta las proximidades de Pamplona en una zona comprendida por el cejo de Tajonar, al Sur, y los terrenos de Badostain y las Mutiloas, cerca de los cuales señalan el paso probable del eje del sinclinal.

Modernamente, la bibliografía nos presta dos opiniones más sobre esta región. Llopis Lladó (N.), al estudiar la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo, en relación con los trabajos llevados a cabo por geólogos alemanes de la Escuela de Stille para ver la probanza que pudiera tener la opinión del maestro en cuanto a su concepción sobre los Alpídos españoles, y particularmente su hipótesis de carácter doble de la cordillera pirenaica, recoge una serie de datos de toda la zona sur del Pirineo navarro y, naturalmente, del Nummulítico, entre los cuales, desde luego, ocupan su lugar los que comprende la cuenca de Pamplona; "ésta es, dice, un amplio sinclinorio de flancos de calizas lutecienses y núcleo de margas bartonienses; numerosos pliegues de detalle modelados en estas margas accidentan el centro de la cuenca".

Guillermo Colom, en el estudio preliminar de una fauna de foraminíferos que tuve el gusto de remitirle, da también su opinión, condicionada a una recogida mejor conservada y seriada; allí admite la existencia del Bartoniense-Ludiense, que reúne en la antigua denominación Priabonense, por no ser posible separar claramente ambos pisos. Pero "los términos superiores de las margas gris azuladas parecen pertenecer al oligoceno inferior".

En estos términos está planteada hoy la cuestión de la depresión de Pamplona, que anteriormente venía asignada al Eoceno sin separación de terrenos desde L. Carez, quien su-

ponía las margas navarras semejantes a las del resto de la depresión del Ebro, y que denomina margas de *Serpula spirulaea*, determinación ambigua conociendo la extensión vertical de esta especie; los conglomerados superiores eran identificados por el autor francés a los conocidos con el nombre de puddingas de Palassou. Mallada modifica algún tanto estos conceptos, admitiendo por encima de las margas eocenas un Eoceno lacustre, significado por las masas conglomeráticas.

Durante el pasado verano de 1946 estuve dedicado algunos días al estudio del numulítico del vértice geodésico de Peña Lacarri, 16 kilómetros al Este de Pamplona y unos cinco kilómetros al Norte del ferrocarril del Irati, tomando amplio campo para ello entre los cauces del Arga y del Erro, desde Zubiri, y que me ha proporcionado una fauna abundante e interesantísima de *Nummulites*, al parecer con numerosos puntos de contacto con la de otras regiones de la cuenca aquitánica. Con el objeto de proporcionar al Sr. Colom muestras bien seriadas para una determinación todo lo acabada posible, prolongué mis correrías hacia el Sur, queriendo atravesar la parte occidental de la depresión de Pamplona, desde Egüés hasta Tiebas.

Ello me proporcionó sorpresas magníficas y fracasos en mi empresa; sorpresas, por el hallazgo de una fauna que por vez primera aparecía con variedad específica y cantidad notable en una zona tenida por poco menos que estéril, y fracaso, porque la limitación del tiempo disponible impidió la recogida de muestras en tiempo propicio, pues aunque más adelante, y con motivo de la formación de la Hoja de Pamplona, del mapa geológico, recorrí toda la cuenca, ya el estado del terreno, por efecto de las lluvias, impedía realizar el propósito, tanto más cuanto que los parajes más propicios habían de recorrerse a pie en grandes distancias, sin vías de comunicación.

Cuento, sin embargo, con un conjunto de observaciones, obtenidas la mayor parte en mis andanzas personales, recorriendo el terreno paso a paso, que proporcionan un conocimiento todo lo perfecto posible del terreno y de sus series stratigráficas. Habiéndose prestado, por otra parte, el reverendo Dr. Bataller a la clasificación de la fauna no foraminífera, por lo cual doy aquí testimonio de mi gratitud, creo poseer premisas suficientemente probatorias de las conclusiones a que he llegado en mi estudio.

La enorme masa de margas de la cuenca de Pamplona forma un sinclinal amplio, mejor artesa, de flancos disimétricos, ya atendiendo al distinto buzamiento de sus bordes, ya al desarrollo diverso de sus bandas. Solamente puede admitirse la denominación de sinclinorio, que le atribuye Llopis Lladó, en la mitad occidental, si bien son tan reducidas las dislocaciones que se observan, que más bien deben ser consideradas como de carácter puramente local, y no influyentes en la morfología tectónica de la región; además, las vergencias son tan mínimas, que rara vez llegan a pasar de los diez grados, debiendo generalmente ser considerada toda su extensión como prácticamente horizontal.

Todo el conjunto presenta tres puntos de apoyo bien marcados con el *substratum* eoceno: al Norte, Sudeste y Sudoeste; en cambio, por el Sur quedan cubiertos sus estratos por la potente masa de la Sierra del Perdón.

La alineación San Cristóbal, Villaba, Huarte, potente masa molásico-maciosa, sustenta las primeras sedimentaciones margosas. Dichos maciños son las formaciones superiores del conjunto eocénico navarro, probablemente representantes de un Bartonense inferior, y que son uno de tantos ejemplos de facies discontinuas y acunadas como presenta en su desarrollo el Eoceno navarro.

Al Sudoeste, la imponente Sierra de Sárvil, luteciense,

viene cabalgada desde Izu a Ibero por una serie de estratos de facies flysch, con 15 grados de vergencia Norte bastante potente, y que sustenta a su vez las margas azules de Asiain, Orcoyen y Ororbía.

Finalmente, el importante accidente tectónico de la Sierra de Alaiz limita al Sudeste la depresión apoyada, al parecer, directamente sobre las calizas lutecienses de *N. aturicus rouaulti*; pero sólo aparentemente, pues en dos puntos separados puede reconocerse la zona intermedia del flysch, en Ezperún y en la cantera próxima al enlace de la carretera de Puente la Reina con la de Tafalla.

La formación, por tanto, de la serie de margas azules es debida a una sedimentación periclinal, originada por uno de los movimientos oscilatorios que constituyen la tónica del Eoceno navarro, y que también se muestran repetidas veces dentro de la serie margosa cabalgante.

Dos direcciones pueden apreciarse en las oscilaciones verificadas durante la sedimentación margosa; una, vertical, de desfonde, señalada por el cejo maciño-molásico de Tajonar, al Sur, y del Malkaiz y cota 611, al Norte, y otro, dirigido de Este a Oeste, probado por el acunamiento hacia occidente del citado cejo, que acaba de desaparecer recubierto por las margas en las ventas de Noain, después de inclinarse lentamente hacia poniente.

Debajo y encima de dicho cejo de Tajonar se encuentran las margas azules, que al norte se apoyan en la potente serie de facies flysch de San Cristóbal, concordantes con ella, como sucede en toda la serie eocena, desde Zubiri, y con vergencia sur forzada, pues las medidas entre Villaba y Huarte marcan más de 40 grados.

A pesar de que las calizas lutecienses de *N. Aturicus-rouaulti* de la Sierra de Alaiz, arrumban al norte con buzamientos también pronunciados, las margas azules que les so-

breponen mediatamente, por una intercalación de la facies flysch de escasa potencia, no adquieren buzamientos violentos, puesto que en Tiebas, casi en contacto con el Luteciense, solamente se miden diez grados de vergencia norte.

Este flanco de la artesa conserva en todo su desarrollo la misma dislocación hasta la Sierra de Tajonar, que arrumba exactamente igual que en Tiebas.

No sucede lo propio en la rama Norte; las capas van gradualmente disminuyendo su inclinación, pero las molasas de Malkaiz aun dan medidas de 20 grados. Y ahora sí, rápidamente decrecen, para llegar a los diez grados y siete grados en el punto en que las atraviesa el camino de Egüés a Ardanaz.

Litológicamente, no hay uniformidad en su estructura; las inferiores son margas compactas, de fractura conchoide y puras, o con muy escasa proporción arenosa, de formación profunda, en Tiebas y Huarte. A medida que se eleva uno en los estratos van ensuciándose con el elemento arenoso, hecho de muy diversas proporciones en una y otra rama, lo que acarrea un cambio de facies manifiesto. Las hiladas más cercanas al tramo maciñoso suelen a veces cargarse tanto de arena que llegan a constituir una verdadera sedimentación sublitoral, donde abunda fauna bastante variada. Esta, al sur de los Altos de Tajonar, está casi con exclusividad reducida a microforaminíferos, y sólo en Oriz se le agrega en gran cantidad la *Plicatula pamplonensis* Carez, de la que resulta el mejor yacimiento, por más que la extensión de esta especie es grande en la cuenca, encontrándose hasta los niveles más elevados. Otra especie relativamente abundante, pero sin más acompañantes que la microfauna, es la *Terebratulina subtriangularis*, en Zulueta.

Viene a continuación la zona de deslinde de las dos partes margosas que distingo en la región, y que en otro trabajo probaremos ser producto de las mismas aguas en retirada,

pero afectadas de los movimientos oscilatorios, tan frecuentes en este Eoceno navarro. Van indicados los tramos maciñosos de Tajonar, Malkaiz, cota 611. Su carácter de facies flysch es típico; la posición es la inicial sedimentaria, conteniendo en su cara inferior un verdadero inventario de pistas, que a veces se acompañan de fauna, confirmando claramente la ley de Richter y oponiéndose, en cambio, algún tanto a la de Becker y Götzinger.

Viniendo a la segunda serie margosa se advierte muy pronto la falta de pureza en sus estratos, que se llenan de arena, mostrando a ojos vistas su carácter sublitoral, corroborado por una fauna abundante y variada. Esta serie tiene su desarrollo principal en nuestro cuadro de trabajo en la línea Malkaiz, Ardanaz, Altos de Badostáin, desarrollándose aún más hacia Aranguren; pero los centros fosilíferos principales son los de Ardanaz y Altos de Badostáin, en el término de Escori.

Con estos tramos se acaban en toda la artesa los niveles de sedimentación. Nada les cubre, sino, en determinadas ocasiones, conglomerados sueltos aluviales, de más o menos extensión y potencia, por más que ésta sea, en la mayor parte de las ocasiones, inapreciable.

Tenemos aquí un conjunto homogéneo que difiere en sus niveles sólo por la pureza de sus margas; pero aun en esto existe una regularización manifiesta, por el aumento gradual del elemento impuro, a medida que se asciende en la serie. Es, pues, un conjunto bien definido y de una riqueza de fauna de microforaminíferos sorprendente y uniforme, en donde las diferencias pueden sólo atribuirse a la variable profundidad de los niveles sedimentarios, ocasionada por un movimiento oscilatorio regularmente verificado dentro del proceso de regresión del mar numulítico.

Para mí es imposible una separación neta de pisos; más, creo que sólo está representado el Bartoniense superior, y que

falta en absoluto el Ludiense, a diferencia de la Sierra de Urbasa, en donde es dable atribuir a este último piso las arenas superiores, separadas de las margas bartonienses por un claro conglomerado de base que en Pamplona no existe en parte alguna.

La fauna, cuya lista damos a seguido, cae casi toda dentro de este piso:

<i>Pentacrinus</i> sp.....	Tiebas.
<i>Plicatula pamplonensis</i> Carez.....	Pico de Oriz, Altos de Badostain, Ardanaz, Zabalza.
<i>Terebratulina subtriangulata</i> K. Meyer...	Zulueta.
<i>Scalaria</i> sp.....	Pamplona-Beloso.
<i>Scalaria</i>	Ardanaz, Tejeria, Altos de Badostain.
<i>Dentalium tenuistriatum</i>	Ardanaz.
<i>Turritella</i> Duvallii	Ardanaz.
<i>Chama granulosa</i>	Ardanaz.
<i>Crassatella Bronnii</i> Marian.....	Ardanaz.
<i>Conus Rouaulti</i>	Ardanaz.
<i>Conus</i> sp.....	Ardanaz.
<i>Spondylus eocenus</i>	Ardanaz.
<i>Terebratulina tenuistriata</i>	Ardanaz, Tejeria, Altos de Badostain.
<i>Cardium venustum</i>	Ardanaz.
<i>Ceritium</i> sp.....	Ardanaz.
<i>Chama</i> sp.....	Ardanaz.
<i>Cardita subminuta</i>	Ardanaz.
<i>Mitra scalarina</i>	Ardanaz.
<i>Cupularia canariensis</i>	Ardanaz, Tejeria, Belascoain, Zabalza, Pico de Oriz, Altos de Badostain.
<i>Serpula spirulæa</i>	Ardanaz.

Los numulitidos siguientes quedan todos circunscritos al área de Ardanaz, aunque en los Altos de Badostain, sobre unas lajas de facies flysch con pistas, he podido alcanzar también algunos que no se separan de los de la zona más elevada de Ardanaz.

Heterostegina ruida Schwager.

Operculina complanata Defr.

Operculina alpina H. Douvillé.

Discocyclina pratti Mich.

Nummulites striatus-contortus.

Nummulites fabianii Prever.

Nummulites garnieri de la Harpe.

Nummulites cf. *bezançoni* Tournouër, que de confirmarse sería citado por vez primera en España.

Asterodiscus stellaris Brunner.

Actinocyclina variecostata Gümbel.

Toda esta fauna *nummulitica* es propia del Bartoniense; sobre todo la presencia de *Nummulites striatus*, así como de *Nummulites Fabianii* y *Nummulites Garnieri*, imposibilitan atribuir estas capas al Oligoceno, confirmando esta opinión la presencia de *Asterodiscus*, *Actinocyclina* y *Serpula spirulæa*.

El tramo de los Altos de Badostain, indudablemente más elevado, estratigráficamente, que los que encierran la fauna de Ardanaz, queda asimismo todavía en el Bartoniense por la presencia de *Nummulites Fabianii* Prever.

Si comparamos esta fauna con la de Urbasa, bartoniense muy clara, encontraremos gran similitud dentro de una pobreza grande de especies en Pamplona, tanto en *Nummulites* como en *Actinocyclinas*, que en Urbasa presentan gran variedad de formas.

Vienen, finalmente, a coincidir ambas formaciones en el gran número de briozoarios que una y otra contienen formando hiladas, que están constituidas casi exclusivamente por sus restos fósiles.

EL OLIGOCENO

Queda aún por examinar la cuestión planteada por este piso terciario en la cuenca de Pamplona.

Existe, ciertamente, en ésta, pero sus estratos quedan bien limitados al Sur y al Este. Ya los autores de la Memoria de la Hoja de Tafalla habían alcanzado sus últimos dominios al Norte, cuando descubrieron la zona potásica de Navarra, y después, este mismo año de 1946, con motivo de la confección de la Hoja de Pamplona, precisamos, en compañía del Sr. Mendizábal, los límites de ambos terrenos Bartonense y Oligoceno. Aquí, como más al Este indican los Sres. Ríos, Almela y Garrido, una serie de manantiales salinos vienen a trazar una línea casi exacta de separación, que comenzando al Sur de Belascoain, pasa por un poco al Norte de Undiano, Muru-Astráin, Guenduláin, Galar, Esparza de Galar, Salinas de Pamplona y Biurrun.

El deslinde no se realiza por conglomerados de base, sino que bruscamente se pasa de las margas gris azuladas bartonienses a las arcillas arenosas de color rojizo, que sostienen bancos de yeso de alguna extensión en Undiano, continuándose por alternancias de arcillas arenosas y estratos molásicos hasta los conglomerados del Perdón; no se aprecia claramente discordancia angular entre ambas formaciones.

Hacia el Este de esta línea desaparecen los yesos, viéndose, en cambio, antes de Guenduláin una corrida de capas de varios metros de espesor, de areniscas micáferas, con amplias huellas de "ripplemarcks", que se extienden hasta más allá de Esparza de Galar, edificado sobre ellas, y cuyo aspecto es de Oligoceno inconfundible.

Tenemos, pues, aquí las mismas capas señaladas por Ríos, Almela y Garrido, en Monreal, Salinas de Ibargoiti e Idocín.

Con objeto de cerciorarnos de la exclusión, al Este de la Hoja de Pamplona, de estas formaciones oligocenas, hizose el recorrido de Urroz a la carretera de Sangüesa, por Monreal, cortando normalmente todo el sinclinal de Izaga. Así pudimos darnos cuenta de que los tramos oligocenos de esta parte llegan hasta los cerros de Cemboraín, donde se extinguen, sin llegar a los límites de la Hoja; más al Norte, en Aranguren, el dominio es exclusivo de las margas bartonienses.

Concluimos, en consecuencia, que en la cuenca de Pamplona, al Norte de la línea de separación indicada más arriba, queda eliminado el Oligoceno, correspondiendo al Bartonense toda la extensión de margas gris azuladas, ya las inferiores al tramo flysch de Tajonar, Malkaiz, cota 611, ya también las que se extienden por encima de él hasta, por lo menos, una línea que de Norte a Sur se dirija desde los collados de Aranguren hasta Cemboraín.

Por lo demás, el sinclinal de margas bartonienses es continuación del indicado por Ríos, Almela y Garrido, y su eje va a pasar muy cerca de Villaba, por Sarriguren, y Norte de Badostáin, siquiera sean imprecisos los datos a este respecto por la poca precisión de las medidas tomadas en terrenos deleznable o de labrantío, en que, además, las dislocaciones son muy poco ahusadas.

Esta nota es un adelanto a un trabajo más extenso que preparamos en colaboración con D. Guillermo Colom, donde además de la parte geológica y estratigráfica se hará un estudio definitivo de la fauna de foraminíferos, ya numulíticos, ya microforaminíferos, que tan espléndida representación alcanzan en esta zona en géneros y especies, algunas de interés estratigráfico enorme, como la famosa *Clavulinoïdes szaboi*, típica, hasta ahora, de las formaciones de Hungría.

**ENSAYO DE LA MORFOGENESIS DE LA
EXTREMADURA CENTRAL**

POR

FRANCISCO HERNANDEZ-PACHECO

FRANCISCO HERNANDEZ-PACHECO

ENSAYO DE LA MORFOGENESIS DE LA EXTREMADURA CENTRAL

Al recorrer los campos de la Extremadura central, y fundamentalmente el amplio valle del Guadiana y parajes inmediatos entre Don Benito, Miajadas, San Pedro de Mérida, Don Alvaro, Guareña y Medellín, y teniendo en cuenta los numerosos datos y observaciones recogidos en recorridos efectuados anteriormente por zonas más alejadas, hemos ido reuniendo los conocimientos necesarios para poder hoy, a manera de ensayo, indicar cuál haya sido la evolución morfológica de este territorio a partir de los tiempos finales del Paleógeno.

La mayor parte de las excursiones las efectué en unión de mi padre y maestro en trabajos de campo relacionados con las actividades científicas desarrolladas en los laboratorios de Geología y Geografía Física del Museo Nacional de Ciencias Naturales, y posteriormente estudiando concretamente las características fisiográficas y geológicas de las Hojas del Mapa Topográfico de España, a escala 1 : 50.000, de Miajadas, Don Benito, Mirandilla y Mérida, en unión del Ingeniero de Minas Sr. Roso de Luna, con objeto de preparar los trabajos de campo de las indicadas Hojas, para su publicación en el Instituto Geológico y Minero de España.

CARACTERÍSTICA GENERAL

En toda la región recorrida domina la llanura, que da al paisaje extremeño su especial fisonomía. En ella, más o menos aisladas y dispersas, destacan ásperas serratas (láms. I y VIII), fundamentalmente cuarcitosas, que ofrecen acentuada isoaltitud, elevándose sus cumbres entre 600 y 650 metros como media. Dando lugar a pequeños macizos graníticos se distinguen importantes Sierras, cuya línea de cumbres se aproxima a los 1.000 metros de altitud, siendo tales relieves las zonas más destacadas en este amplio territorio. (Lám. I, fig. 1, y lámina II.)

Los relieves cuarcitosos que hemos indicado no dan origen en apariencia, por lo general, a alineaciones determinadas y forman a veces, en pleno valle del Guadiana, pronunciados cerros y lomas, que constituyen verdaderos montes islas al quedar rodeados por el llano, que en esta zona es de extraordinaria uniformidad y extensión. En otros casos, los relieves cuarcitosos dan origen a importantes alineaciones montañosas. Tal ocurre con la Sierra de San Pedro. (Lám. V, fig. 1.)

Hacia el N. y S. del valle del Guadiana, las llanadas continúan dilatadas y monótonas, sin que pueda en amplios espacios separarse lo que es dominio de la llanura fluvial y lo que queda ya fuera de ella (lám. VI, fig. 2). No obstante, la presencia de muy rebajadas lomas, el encajamiento, siempre muy suave, de la red fluvial de regatos y arroyos afluentes del Guadiana y la mayor variedad de los materiales de aluvión, hace que puedan diferenciarse más o menos ambos países llanos y establecerse un límite entre ellos.

En algún paraje, la existencia de pequeños escarpes de erosión marcan perfectamente el límite de ambas entidades

fisiográficas, siempre ocupadas por aluviones en sus zonas superficiales.

En el valle del Guadiana, amplio y llano (lám. IV), tales depósitos no alcanzan gran potencia y cubren una superficie de arrasamiento muy uniforme, labrada en las pizarras paleozoicas y en los batolitos granítico-dioríticos, materiales de aluvionamiento que fuera del actual valle, pero en zonas excavadas por la red fluvial terciaria, subordinada hoy a él, alcanzan espesores mayores. En su conjunto, tales materiales pueden y deben ser atribuidos al Plioceno.

Más lejos y a nivel más alto comienza la penillanura, constituida al arrasarse uniformemente las pizarras cámbricas y silúricas, y en parte los batolitos graníticos-dioríticos (láminas I, II y III), penillanura que a veces se enlaza insensiblemente con la llanura inferior, que limita al amplio valle del Guadiana; pero que, en general, queda interrumpida mediante tendida cuesta, que en determinadas zonas limita directamente a aquel valle o al de sus afluentes principales.

En algunos casos, cubriendo a la penillanura en las zonas inmediatas a los relieves cuarcitosos que en ella destacan, o dando lugar a las zonas más altas y superficiales del escarpe, que limita al valle del Guadiana o a los llanos inmediatos, existen depósitos de aluviones especiales o rañas pliocenas que prestan especial fisonomía a estos campos. (Lám. V.)

La altitud de cada uno de estos diversos países es muy uniforme, pues la horizontalidad de las diversas entidades es muy acentuada.

El valle del Guadiana, en la zona que estudiamos, ofrece una altitud comprendida entre 200 a 250 metros. Los llanos inmediatos oscilan alrededor de los 300 metros. La altitud media de la penillanura, que en grandes espacios ocupa el terreno al NO. y S. del valle del Guadiana, queda comprendida entre 350 y 450 metros, altitud que es la de las zonas altas

de las serretas y montes islas que emergen en los llanos medios del Guadiana, siendo, pues, éstos, restos de la vieja penillanura, que ha sido rebajada en esta zona por acción erosiva del Guadiana terciario; acción erosiva que atacó fundamentalmente a los pizarrales y a las masas graníticas más o menos alteradas, y que dejó en alto los núcleos cuarcitosos de gran resistencia, que son hoy los que constituyen los relieves islas.

Las serratas que con direcciones muy variadas atraviesan este país ofrecen, como se ha indicado, acentuada isoaltitud, cuyo valor medio puede estimarse en unos 600-650 metros, si bien las altitudes extremas, en sus diversas culminaciones, oscilan entre 650 a 725 metros.

Según lo expuesto, morfológicamente cabe distinguir en el territorio las siguientes entidades fisiográficas (figs. 1 y 2):

- a) Los relieves residuales o serratas cuarcitosas.
- b) La penillanura.
- c) Las cuevas de erosión remontante, marginales de las llanuras inferiores fluviales.
- d) La llanura aluvial o valles fluviales, muy amplios en estas zonas.
- e) Las llanuras inferiores, con o sin aluvionamiento.
- f) Los montes islas de los llanos inferiores.
- g) Los relieves graníticos.

Analizando y viendo las relaciones que entre sí guardan cada una de estas entidades morfológicas, puede deducirse cuál haya sido la morfogénesis de este territorio.

a) *Los relieves residuales.*—Aparecen constituidos por sierras y cerros escarpados, fundamentalmente cuarcitosos, que representan restos de alineaciones de pliegues frecuentemente anticlinales, más o menos desmantelados y destruidos, que destacan en el paisaje de estos campos patentemente, dando origen a recortados y escarpados relieves que desde

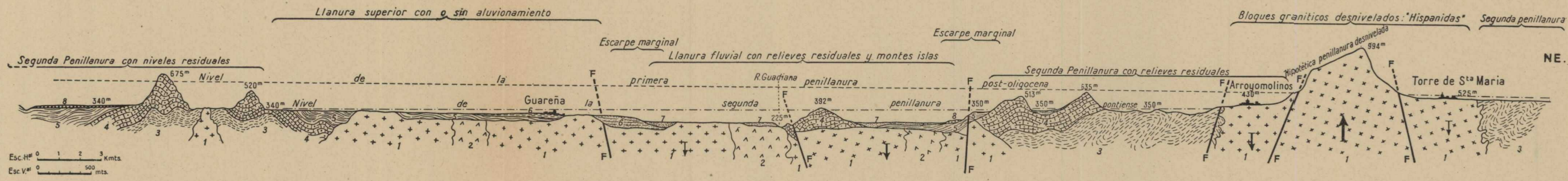


FIG. 1.—Corte esquemático de la cuenca media del Guadiana en la Extremadura central, mostrando los rasgos geológicos, tectónicos y morfológicos del país.
 1. Granito.—2. Dioritas.—3. Pizarras cambrianas.—4. Cuarcitas silurianas.—5. Pizarras silurianas.—6. Plioceno inferior y formación de la tierra de barro.—7. Plioceno superior.—8. Rañas pliocenas.
 Las flechas indican, por su dirección y tamaño, el sentido del movimiento y la intensidad del mismo.

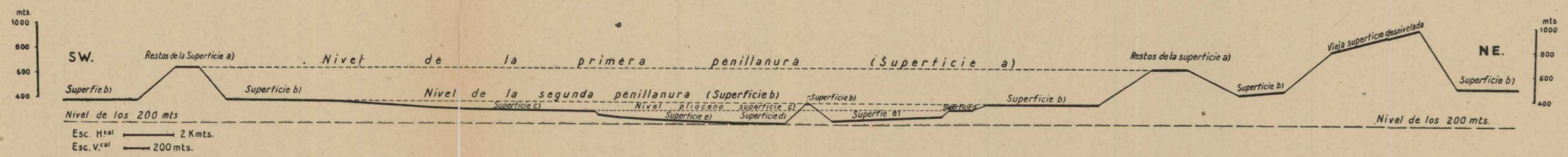


FIG. 2.—Esquema morfológico de la cuenca media de Guadiana en la Extremadura central, mostrando la posición relativa de las diferentes superficies de erosión que caracterizan al relieve del país.



lejos limitan el horizonte con sus típicas y azuladas siluetas. Ofrecen en conjunto, pese a su dentellada y aguda crestería, acentuada isoaltitud, como ya se ha indicado, y cuyo valor medio oscila entre 600 a 650 metros. (Láms. I y II.)

Para nosotros, la línea marcada por las cumbres de tales alineaciones representa un antiguo nivel de vieja penillanura, muy extensa y contemporánea de los tiempos finales del Paleógeno, sin poder, por ahora, precisar más exactamente su edad, debido a la falta de datos, por no existir en la región materiales sedimentarios con quien relacionar tales niveles, pues los que existen son ya de edad muy reciente, postmiocenos, que por sus características litológicas y disposición, en relación con los materiales típicamente cuaternarios y los constituidos por las rañas, los hemos datado como correspondientes al Plioceno.

No obstante, fuera del país que estudiamos, hacia las zonas de Castilblanco, existen depósitos terciarios continentales que por su aspecto litológico y características generales los atribuimos al Oligoceno. Consisten tales sedimentos en areniscas calíferas algo abigarradas, arcillas y margas grises y rojizas y niveles de finas gravillas, conjunto que aparece levemente desviado de la horizontal y con suave buzamiento hacia el valle del Guadiana. Tales materiales, de no gran consistencia, dan lugar a cerros testigos de plana cumbre, que se han conservado, por ocupar una posición de dispersión de aguas entre dos cuencas locales, en parajes que quedan en la margen derecha del Guadiana, aguas abajo del célebre Portillo de Cijara.

Tales depósitos terciarios del supuesto Oligoceno quedan rodeados por un territorio más bajo que forma parte de la gran penillanura, que amplia se extiende por esta región, destacando aquí, precisamente por encima de ella, tales relieves a manera de cerros testigos, los cuales se elevan de 60 a 100

metros sobre la vieja superficie de arrasamiento, enrasando, pues, a veces sus planas cumbres con las cresterías cuarcitosas de las serratas que emergen de la penillanura, pudiendo, por tanto, suponerse que el rellano superior de estos cerros oligocenos, típicamente estructural, y la cumbre de las citadas serratas, típicamente erosiva, se corresponde, habiendo dado, antes de efectuarse las intensas erosiones que hicieron resaltar los relieves residuales sobre la penillanura actual, origen a un mismo nivel, que es el que hoy forma la crestería de tales serratas y las superficies planas de los cerros testigos oligocenos citados.

b) *La penillanura.*—Perfectamente conservada en amplias zonas, y dando lugar a tendidos llanos, cuya altitud varía de 350 a 450 metros, rejuvenecida en otros parajes por encajamiento de la pequeña red de regatos, arroyos y riachuelos afluentes del Guadiana, es la entidad fisiográfica más extensa y la que da el carácter más genuino a estos extremos campos. El arrasamiento ha afectado indistintamente a los materiales granítico-dioríticos y a las pizarras cámblicas y silúricas, intensamente plegadas por la tectónica herciniana, dando así el terreno lugar a una común y plana superficie de erosión. (Láms. II, III y VIII.)

En los parajes donde los pizarrales dominan, el campo es de extraordinaria monotonía y regularidad; donde son los materiales graníticos los que forman el terreno, éste es algo más variado y movido, formando con frecuencia extensos berrocales que ofrecen diversidad en detalle, pero que en su conjunto son siempre de extraordinaria igualdad. Los últimos términos de estos abiertos campos siempre nos ofrecen las azuladas siluetas de las serratas cuarcitosas, lejanos relieves que dan aún más grandiosidad y serenidad a la sencilla campiña.

En estas zonas del valle del Guadiana, fundamentalmente en las cercanías del escarpe que limita a la penillanura, o en

zonas donde ésta queda inmediata a los amplios valles, al sufrir un proceso erosivo, por encajamiento de la pequeña red de regatos y arroyos, pierde su gran uniformidad, por rejuvenecimiento. (Lám. III, fig. 2.) No obstante, los desniveles nunca son acentuados, pues no sobrepasan los 40-50 metros. En tales regiones, el paisaje se diversifica, se hace más variado y ameno; los campos no son ya sólo pastizales, sino que frecuentemente constituyen dehesas con arbolado, lo que hace amena y acogedora a la campiña. El horizonte no es ya lejano y monótono, pues cambia de aspecto constantemente al diversificarse por el juego de las vallonadas, llanuras y tendidas lomas, y más si hasta estas zonas avanzan, adentrándose en ella, algunos niveles residuales cuarcitosos y berrocales graníticos, que llegan entonces a dar verdadera complejidad a los campos.

c) *Las cuevas de erosión remontante, marginales de las llanuras fluviales inferiores.*—Es frecuente que la penillanura, descendiendo poco a poco, se enlace sin discontinuidad aparente con los llanos inferiores o fluviales. En amplios espacios de estos territorios, tal es lo que sucede. Pero en otras zonas, la llanura fluvial que forma el amplio valle de los ríos, y fundamentalmente el del Guadiana, se ve limitada por un pronunciado accidente, alto talud o cuesta, que a manera de escalón separa a estas bajas vegas de la vieja penillanura.

El desnivel entre las dos entidades fisiográficas es de unos 60 a 100 metros, según se pongan en contacto, más o menos bruscamente, los dos países. (Lám. V, fig. 2, y lámina VIII, fig. 2.)

Es frecuente que las zonas más altas del escarpe de erosión estén ocupadas por materiales de aluvionamiento, que forman rañas pliocenas, como ya se ha indicado, y que con frecuencia cubren grandes espacios en la penillanura.

Este talud es excelente punto de vista del valle del Gua-

diana, y sus puntos más avanzados hacia él, y más destacados, constituyen buenos oteros de estos campos, que se ofrecen, como se ha indicado, en el país estudiado absolutamente planos, dando origen a zonas de inundación en las épocas de avenidas.

d) *La llanura aluvial o valles fluviales, muy amplios en estas zonas.*—El Guadiana, fundamentalmente al recorrer este país, se ha labrado en ancho valle, casi sin pendiente, pues rara vez aquí pasa su inclinación de 0,60 metros por 1.000. El río, en esta gran llanura, divaga, trazando amplios y repetidos meandros que se unen y se separan entre sí, dejando a veces brazos aislados, caños o “quebradas”, como los llaman en el país, que interrumpen la llanura, los cuales se ciegan y cambian a veces de posición y características, por motivo de las grandes avenidas. (Lám. IV y lám. V, fig. 1.)

La llanura fluvial, absolutamente plana, puede en ocasiones alcanzar anchuras superiores a cuatro o seis kilómetros.

Se trata en realidad de un amplio llano de arrasamiento muy uniforme, que el río se ha ido labrando y que sólo hoy, a lo largo del cauce principal, ofrece desnivel algo pronunciado; pero en realidad, tal llanura aluvial representa al amplio valle de un río peculiar, el Guadiana, que a finales del Terciario dió origen en estas zonas a una superficie lacustre, el “Lago sereniano”, de Hernández-Pacheco (E.), de gran extensión y de muy escaso fondo, hoy totalmente colmado por aluviones del Plioceno final y del Cuaternario.

e) *Las llanuras inferiores con o sin aluvionamiento.*—Allí donde las aguas no alcanzan, ni en las épocas de máxima avenida, al llano fluvial, el país se ve constituido por riberas muy extensas y también muy llanas, pues sólo en ocasiones, aplastadas lomas o amplias vallonadas interrumpen al sencillo relieve. Estos campos no son sino la zona de tránsito entre el valle del Guadiana y la penillanura que lo limita. Tal país

ofrece características muy semejantes a los llanos fluviales en amplios espacios. (Lám. VI, fig. 2.)

f) *Los montes islas de los llanos inferiores.*—Destacando del amplio valle o llanura aluvial, abultados y aislados relieves cuarcitosos interrumpen la llanada, dando lugar a verdaderos “montes islas”. Se trata, en este caso, de relieves cuarcitosos que son restos de la vieja penillanura extremeña, que se han conservado debido a que oponen gran resistencia a la erosión de la interperie y normal, lo que permite reconocer cuál haya sido el dominio en estas zonas de aquel viejo relieve. Sus cumbres, de altitud muy semejante, enrasan con el nivel de la penillanura que fuera del valle existe. Quedan, pues, los llanos fluviales, dominados por tales relieves, que alcanzan alturas de 130-150 metros sobre ellos. (Lám. VI.)

Tales son, pues, las entidades morfológicas que en esta región podemos distinguir.

g) *Los relieves graníticos.*—Más lejos, fuera ya de la zona central extremeña y limitándola por el NO. y O., se destacan relieves mucho más importantes, constituidos por sierras graníticas que casi alcanzan los 1.000 metros de altitud. Son éstas la de Montánchez, 995 metros (lám. I, figura 1, y lám. II); San Cristóbal, 817 metros, y la serrata de Santa Cruz, 807 metros, salvadas las cuales hacia el NO. y O., saliendo, pues, de esta zona central de Extremadura, extensos pizarrales y berrocales graníticos, arrasados al estado de penillanura, ocupan extraordinaria extensión; pero tales campos quedan elevados a la altitud media de 500 metros, o sea, unos 200 metros más que las penillanuras descritas, una vez salvadas las sierras, que quedan hacia el SE. y E. No obstante, ambos niveles de penillanura representan a una misma entidad fisiográfica, y su diferente altitud es sólo debida a la existencia de un gran accidente tectónico o falla que corre más o menos de O.-SO. a E.-NE., accidente que está jalonado

por las sierras graníticas anteriormente mencionadas. Más hacia el N.-NE., esta gran falla continúa, dando entonces lugar a un pronunciado escarpe, que forma la Sierra de Pedro Gómez, 1.004 metros, y a las de Marchaz y Paredes, fundamentalmente constituidas por materiales pizarrosos del Cámbrico y Silúrico, accidente topográfico que culmina, finalmente, en las cuarcitosas Vilhuercas, de 1.443 metros de altitud.

Esta gran fractura, que tan patentemente resalta en la orografía extremeña, da origen a una alineación montañosa del tipo de las Hispánidas, de Hernández-Pacheco (E.), y a ellas es debido el desnivel de unos 200 metros existente entre los dos dominios de la gran penillanura extremeña: la situada hacia el N. y N.-NO. y la que se extiende hacia el Mediodía en plenos campos del Guadiana.

En algunas zonas, tal accidente, más que a una fractura da lugar a un gran bloque, fallado hacia el S. y desnivelado e inclinado, en general, hacia el SO. Tal es lo que sucede fundamentalmente con la Sierra de Montánchez, cuya extensa y plana zona cumbreña representa a un viejo nivel arrasado, representativo, quizá, de una penillanura anterior a los tiempos paleógenos. En tal caso, la sierra no sería sino un bloque aislado mediante fracturas marginales y que a manera de cuña sobresale de los dos compartimientos arrasados a quienes limita, reducidos al estado de penillanura, y que se hundieron mientras la cuña granítica se elevó sobre ellos.

El desplome y desnivelamiento por fracturas de esta zona fué debido a fenómenos de distensión subsiguientes a la fase tectónica herciniana, lo cual tiene lugar durante el Pérmico y primeros tiempos del Triásico. Así se originan las directrices de las fracturas con desnivel y escarpe más pronunciado hacia el S., que han de constituir las Hispánidas. Pero a lo largo de tales accidentes, siguen hasta épocas muy recientes, y fundamentalmente en el Paleógeno, produciéndose movi-

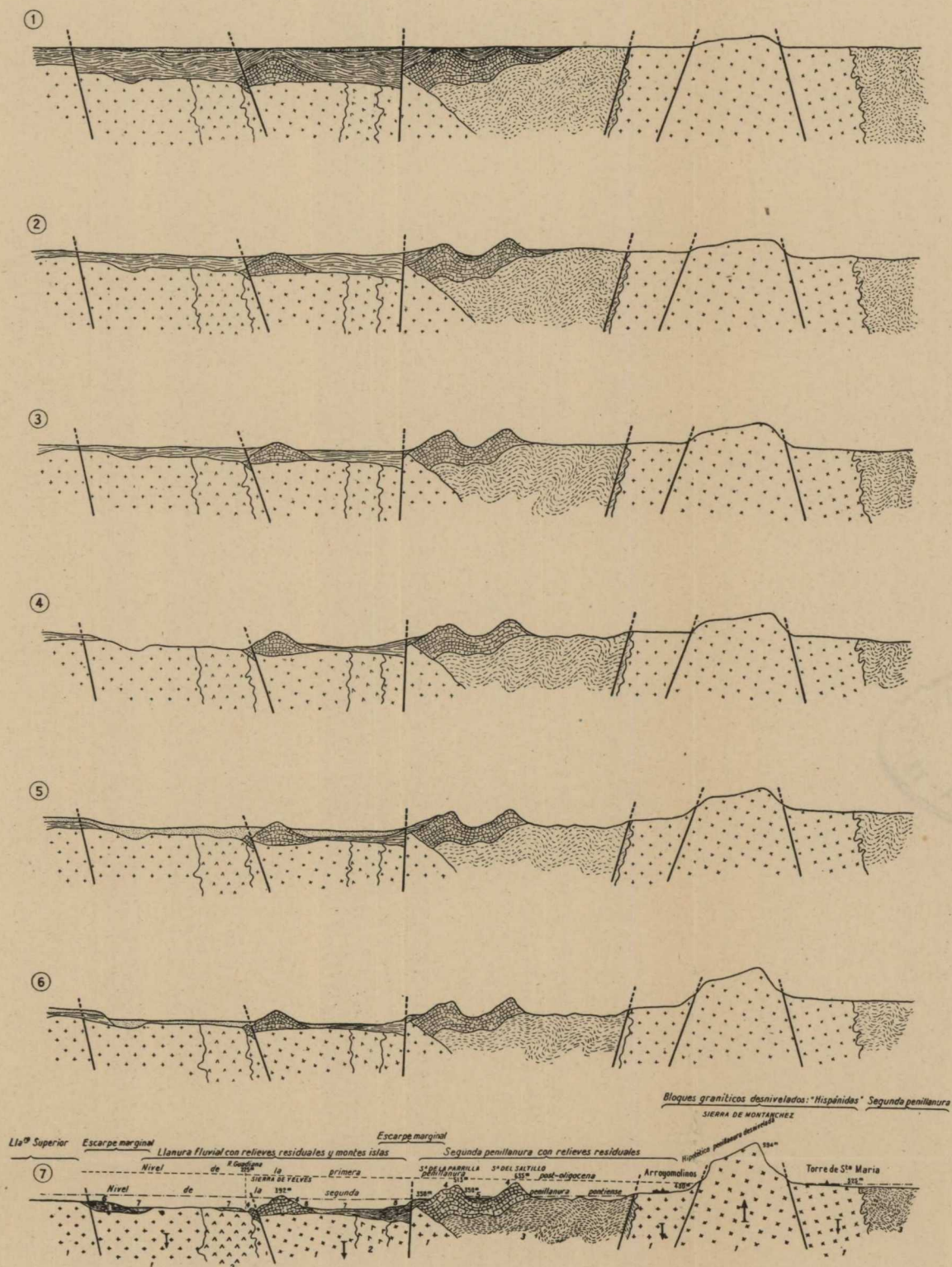


FIG. 3.—Esquema geomorfológico de la cuenca media del Guadiana en la Extremadura central.
 1. Granitos.—2. Dioritas.—3. Pizarras cámbricas.—4. Cuarzitas silúricas ordovienses.—5. Pizarras silúricas ordovienses.—6. Calero y materiales arcillosos pliocenos.—7: Materiales arenosos y pliocenos.
 8. Rañas.

Las flechas indican, por su dirección y tamaño, el sentido del movimiento y la intensidad del mismo.

CUADRO MORFOGÉNICO DE LA REGIÓN

FASE MORFOLÓGICA	ÉPOCA GEOLÓGICA DEL FENÓMENO	TERRENOS EROSIONADOS O DEPOSITADOS	FENÓMENOS TECTÓNICOS	ALTITUDES ACTUALES DE LAS DIFERENTES ENTIDADES
1.—Vieja penillanura al nivel de las alineaciones de cuarcitas más elevadas. Algunas serratas graníticas o cuarcitosas destacan algo sobre aquélla.	Finales del Paleógeno.	Erosión intensa de las pizarras silurianas fundamentalmente, y formación de la superficie estructural oligocena.	Estabilidad del macizo Hespérico.	Superficies comprendidas entre 650 y 700 metros.
2.—Rejuvenecimiento de la vieja penillanura. Las alineaciones de cuarcitas comienzan, en general, a destacar en el relieve de la penillanura, y mucho más algunos relieves graníticos.	Mioceno medio.	Erosión de pizarras y cuarcitas silurianas y pizarras cambrianas y comienzo del ataque erosivo de los batolitos graníticos.	Reflejo de la fase tectónica alpina mediante pliegues de fondo y rejuvenecimiento de las principales fallas.	Altitud de las zonas de cumbres, entre 650 y 700 metros.
3.—Formación de la segunda penillanura al nivel de las cuarcitas de menor altitud, por arrasamiento general del territorio.	Finales del Plioceno.	Erosión de pizarras y cuarcitas silurianas y pizarras cambrianas y de zonas más profundas de los batolitos graníticos.	Estabilidad del macizo Hespérico, iniciándose su elevación de conjunto con desnivelación de bloques corticales locales.	Nivel medio de la penillanura en las zonas del Sur, 350 metros.
4.—Constitución, por erosión local, de la llanura fluvial pliocena, destacando en ella montes-islas cuarcitosos, enrasados con la penillanura inferior.	Plioceno inferior.	Erosión de los niveles pizarrosos y de los materiales graníticos, fundamentalmente, y de las alineaciones cuarcitosas silurianas.	Acentuación del movimiento de elevación del macizo Hespérico. Desnivelaciones acentuadas paralelas a las Hispánidas.	Los llanos pliocenos, a 300 metros, y las cumbres de los cerros-islas, entre 390 y 400 metros.
5.—Sedimentación sobre la llanura fluvial pliocena y fosilización parcial de los montes-islas.	Plioceno medio.	Depósito de los aluviones arcilloarenosos, con cemento cálcico o "calero".	Iniciación de la basculación del macizo Hespérico hacia el Atlántico.	Depósitos situados a 225-250 metros.
6.—Formación, en la depresión fluvio-lacustre y en sus bordes, de los depósitos de "calero" y de los de "raña" en las márgenes de la misma.	Plioceno superior.	Erosión parcial del "calero" y formación de los depósitos de raña.	Desnivelaciones leves de compartimientos en el macizo Hespérico.	Niveles situados a unos 300 metros.
7.—Erosión remontante desde la depresión fluvio-lacustre, con destrucción parcial de las "rañas" y depósitos de aluviones finos en la depresión fluvio-lacustre.	Tiempos cuaternarios.	Erosión intensa de los depósitos pliocenos y formación del escarpe marginal, por ataque erosivo del frente de las rañas.	Cesa la basculación y las desnivelaciones en el macizo Hespérico, restableciéndose en él la estabilidad.	Altitud de las depresiones fluvio-lacustres, 200-250 metros.

mientos en sentido de la vertical, siendo muy probablemente en el Plioceno inferior y medio, a consecuencia de nuevos fenómenos de distensión, subsiguientes a fase tectónica alpina, cuando el desnivel fundamental y las fracturas de esta alineación tectónico-orográfica tienen lugar, quedando desde entonces, en sus trazos generales, dispuesto el país, morfológicamente, tal y como hoy se nos ofrece.

EVOLUCIÓN MORFOGÉNICA DEL PAÍS

En el cuadro adjunto, y en la figura 3, resumimos la evolución morfogénica del país estudiado, figura 4, que pudiera ser el siguiente:

A finales del Paleógeno, todo este país está reducido a una extensa penillanura. Su nivel era el que actualmente ofrecen las cumbres de las sierras cuarcitosas, caracterizadas por acentuada isoaltitud, y que hoy se destacan sin orden aparente, en general, sobre una penillanura inferior, que es la que forma la mayor parte del país. Los terrenos sedimentarios atribuibles al Paleógeno superior (Oligoceno) constituyen entonces, en determinadas zonas, una gran llanada estructural enrasada con la vieja penillanura paleozoica, de la que ya sobresalían con embotados relieves, macizos graníticos y alguna alineación cuarcitosa. En esta época cesa la estabilidad del macizo Hespérico.

Durante el Mioceno medio se inicia el rejuvenecimiento de la vieja penillanura, destacando por ello, más y más, las sierras cuarcitosas del relieve general, y los relieves ya existentes graníticos y cuarcitosos. Tal penillanura termina por dar origen, a finales del Pontiense, a un nuevo nivel de penillanura de unos 200-250 metros más bajo que la anteriormente constituida, que queda reducida a las zonas más altas de la mayoría de las sierras cuarcitosas. Tales fenómenos erosivos

están determinados por el influjo de la fase tectónica alpina, que alcanza, ya debilitada, a estas zonas, y que determinan en ella movimientos de descenso y ascenso de bloques corticales.

Con la fase final del arrasamiento de la nueva penillanura, coincide un nuevo período de estabilidad del macizo Hespérico.

Al comienzo del Plioceno inferior, y por acentuarse los desniveles a lo largo de las Hispánidas, debido a los movimientos de elevación del macizo Hespérico, se inicia un nuevo ciclo erosivo fluvial que hace destaquen en los valles, más y más, los núcleos cuarcitosos que habrán de constituir montes-islas, y cuyas cumbres representan actualmente restos o testigos sin erosionar de la segunda penillanura, pues sus cumbres ofrecen destacada isoaltitud, estando enrasadas con aquélla.

Tal proceso continúa hasta el Plioceno medio, en el que se inician los depósitos de aluviones arenisco-arcillosos, que fosilizan parcialmente a los relieves islas. Al mismo tiempo se inicia la basculación del macizo Hespérico hacia el Atlántico, debido a lo cual la red fluvial inicia un nuevo ciclo erosivo que da lugar, por acción erosiva remontante, al reborde o cuesta marginal de los llanos fluviales, lo que tiene lugar en el Plioceno superior, así como el ataque parcial de los depósitos de aluviones pliocenos, con cuyos materiales se va colmatando la cuenca fluviolacustre, que ocupa las zonas centrales de las llanuras fluviales.

Fuera de estas zonas se inicia la formación de mantos de aluviones del tipo raña, que cubren amplios espacios de la penillanura actual. En el macizo Hespérico se producen desnivelaciones en los diversos compartimientos, lo que determina la dislocación de las serratas graníticas y los cambios de altitud, al N. y S. de estas sierras, de tal penillanura inferior, de edad pontiense.

En los tiempos cuaternarios, la acción erosiva, remontante

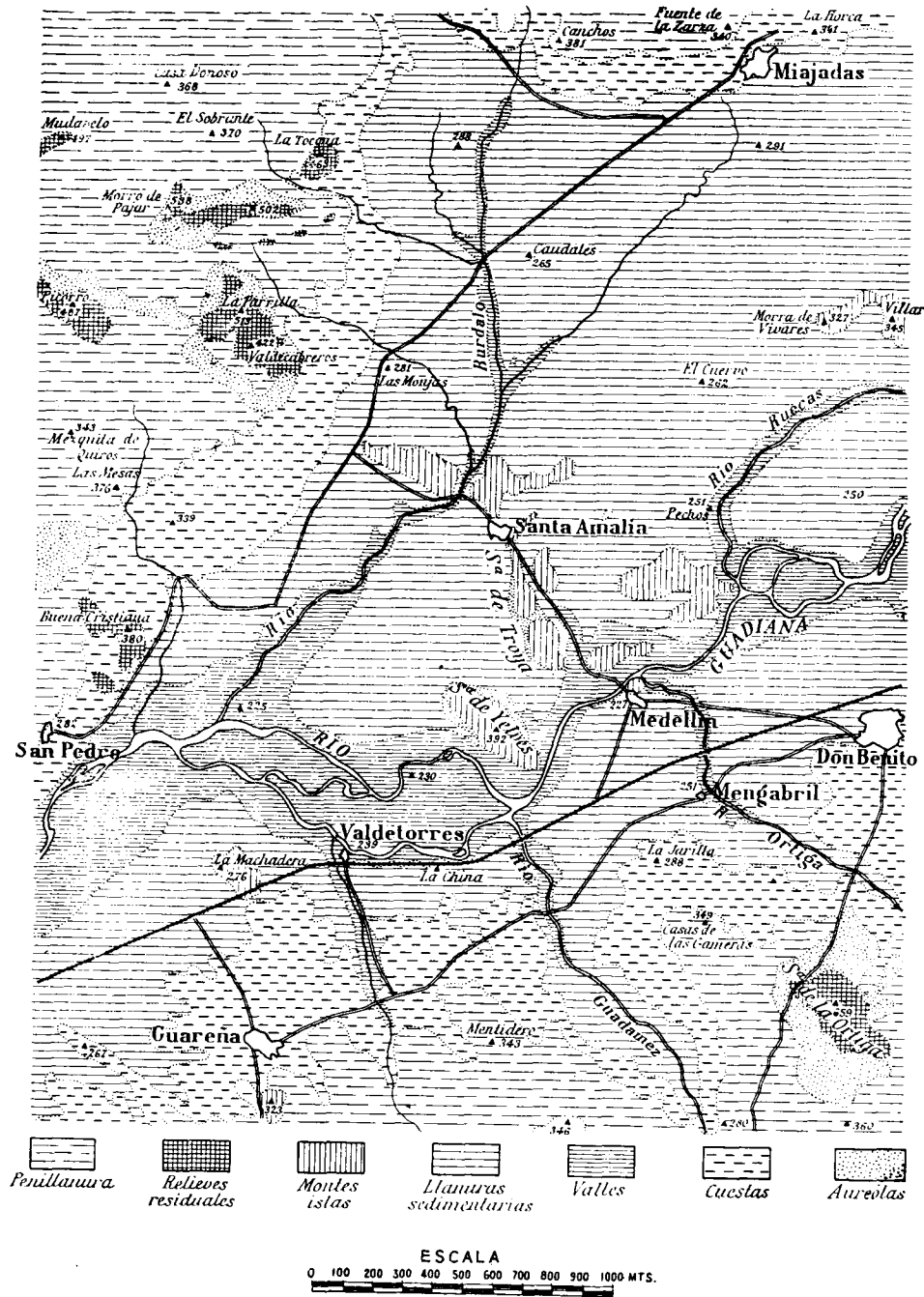


FIG. 4.—Gráfico morfológico de las zonas centrales de la cuenca media del Guadiana, mostrando las diferentes entidades que caracterizan al relieve de estas zonas de la Extremadura central.

en el borde de los llanos fluviales, continúa, destruyéndose parcialmente los depósitos de rañas, colmatándose totalmente las depresiones fluviolacustres a expensas fundamentalmente de los depósitos pliocenos erosionados y se establece definitivamente la red fluvial actual, al cesar los movimientos de basculación y desnivelación en el macizo Hespérico, fase o ciclo del que no hemos salido en la actualidad.

BIBLIOGRAFIA

- 1876.—EGOZCUE (J.) y MALLADA (L.).—“Memoria geológicominera de la provincia de Cáceres”. *Com. Mapa Geol. de España*.—Madrid.
- 1879.—TARÍN (GONZALO): “Reseña física y geológica de la provincia de Badajoz”. *Boletín Com. Mapa Geol. de España*, tomo VI, Madrid.
- 1928.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): “Fisiografía del Guadiana”. *Revista del Centro de Estudios Extremeños*.—Badajoz.
- 1928.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): “Los cinco ríos principales de España y sus terrazas”. *Trab. del Mus. Nac. de Cienc. Nat.*, serie Geol., núm. 36.—Madrid.
- 1929.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): “Datos geológicos de la meseta toledocacereña y de la fosa del Tajo”. *Mem. R. Soc. Esp. His. Natural*.—Madrid.
- 1933.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): “Bosquejo preliminar de las comarcas geográficas de Extremadura (Cáceres, Badajoz y Huelva)”. *Publ. Inst. Reforma Agraria*.—Madrid.
- 1934.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): “Síntesis fisiográfica y geológica de España”. *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat.*, serie Geol., núm. 38.
- 1942.—RIBEIRO (ORLANDO): “Notas sobre a evolução morfológica da orla meridional da Cordilleira Central”. *Bol. Soc. Geol. de Portugal*, vol. I, fasc. III.—Porto.
- 1944.—VIDAL BOX (C.): “La edad de la superficie de erosión de Toledo y el problema de sus montes-islas. (Estudio morfológico comparado con el de los relieves áridos del Sáhara español)”. Publ. en la *Revista de la Real Acad. de Cienc., de Madrid*, tomo XXXVIII.
- 1946.—INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: “Explicación de la Hoja núm. 704, Cáceres”.

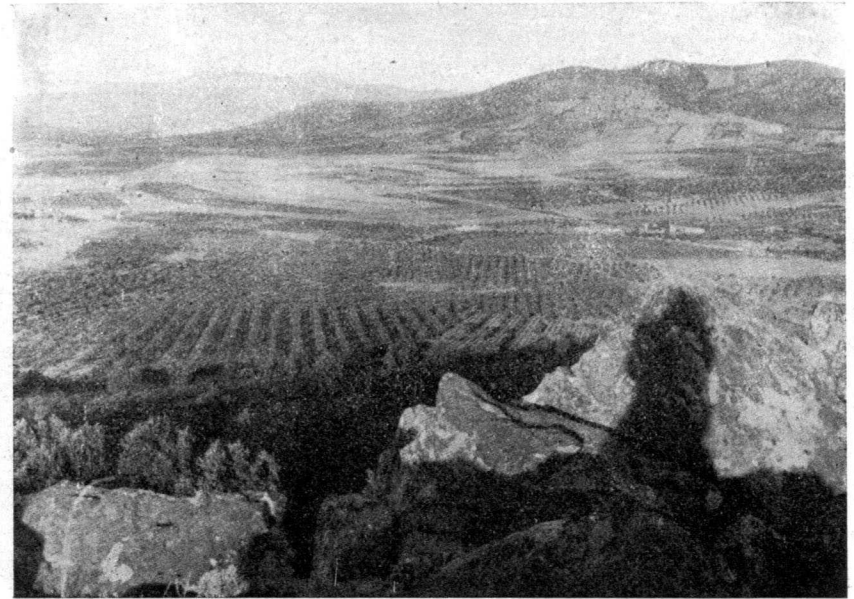


FIG. 1.—La campiña de Alcuéscar (Cáceres), con la sierra cambriosiluriana, de La Centinela, típico relieve residual, y al fondo, el macizo granítico de Montánchez y San Cristóbal, como ejemplo de relieves del tipo de las Hispánidas. Campos abiertos en plena transformación en plantonal de olivos y viñas. Vista hacia el Este.

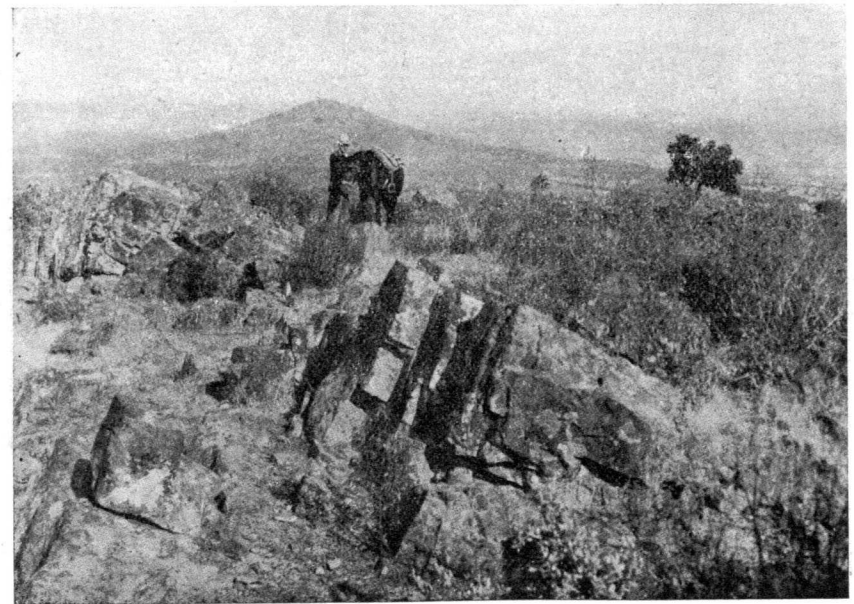


FIG. 2.—Aspecto del Cerro del Moro desde la cumbre de Sierra Bermeja. Alineación de cuarcitas, dando lugar a un relieve residual elevado sobre la penillanura formada por el gran batolito granítico-diorítico del curso medio del río Aljucén. Vista hacia el NO.
(Fotos H.-Pacheco, IX-46.)



LAMINA II

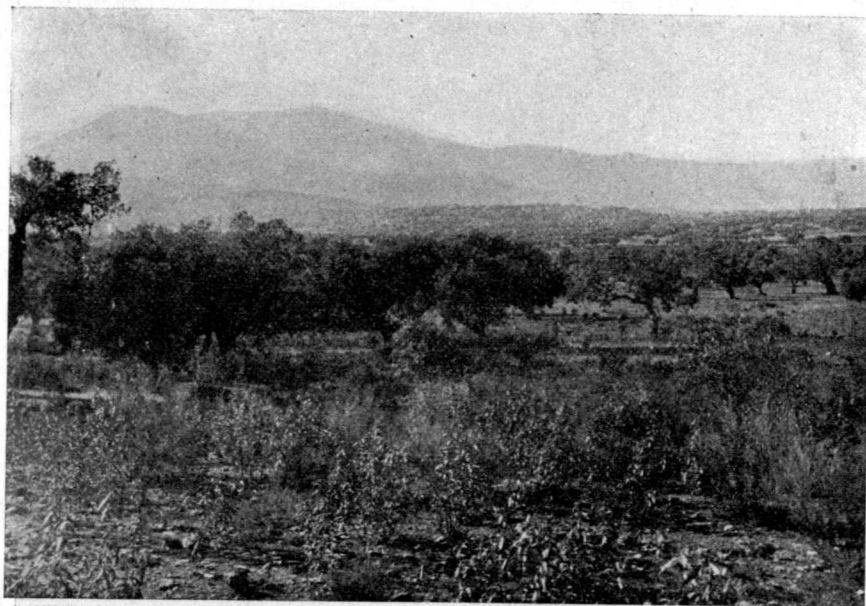


FIG. 1.—Las vertientes septentrionales de la Sierra de Montánchez, típico macizo granítico del tipo de las Hipánidas. Las zonas bajas dan lugar a la penillanura pizarrosa siluriana ocupada por extensa dehesa de encinar. Vista hacia el SO.



FIG. 2.—Las vertientes meridionales de la Sierra granítica de Montánchez desde Alcuéscar (Cáceres). El país llano aparece formado por granitos y pizarras arrasados en penillanura. Dehesas de encinar y matorral de roble y algún castañar en la sierra. Plantonales de viñas y olivos, fundamentalmente en el llano. Vista hacia el E.-NF
(Fotos H.-Pacheco, III-33.)

LAMINA III

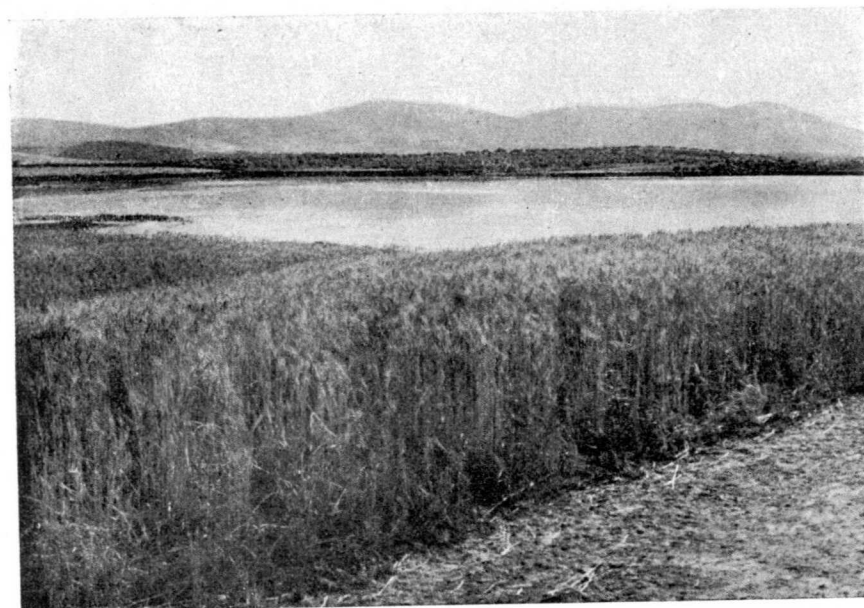


FIG. 1.—Limite de la penillanura cambriana, al Sur de la provincia de Cáceres, cerca del pueblo de Alcuéscar. Al fondo, la alineación de cuarcitas silurianas de la Sierra de San Pedro, típico relieve residual que se destaca sobre la penillanura. Campos cerealísticos y plantonar de olivos. Albuera para las necesidades ganaderas de la región. Vista hacia el SO.

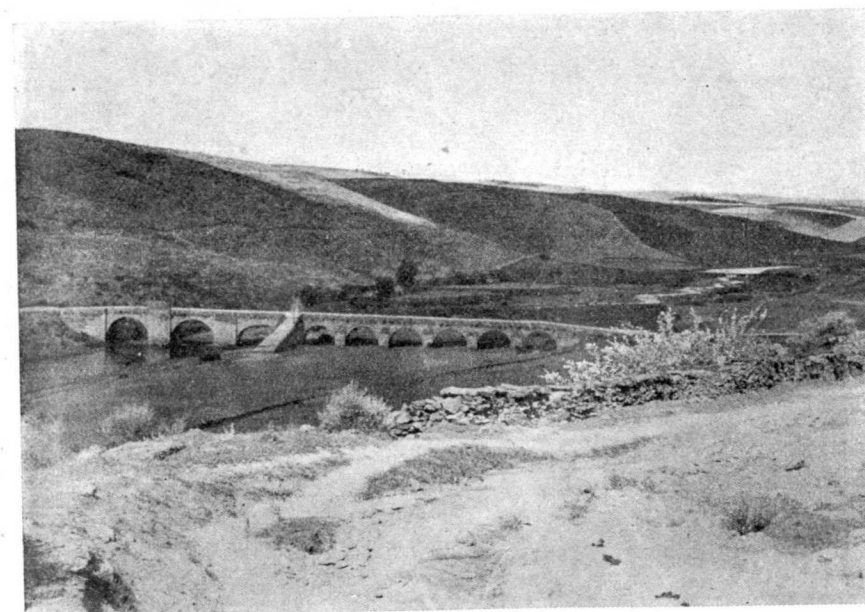


FIG. 2.—El encajado valle del Almonte, en la penillanura pizarrosa del silúrico, en las inmediaciones de Jaraijejo (Cáceres). Se aprecian los altos ribazos que limitan al valle y la plana, superficie superior de la vieja penillanura. Vista hacia el NE.
(Fotos H.-Pacheco, V-32 y 44.)



LAMINA IV

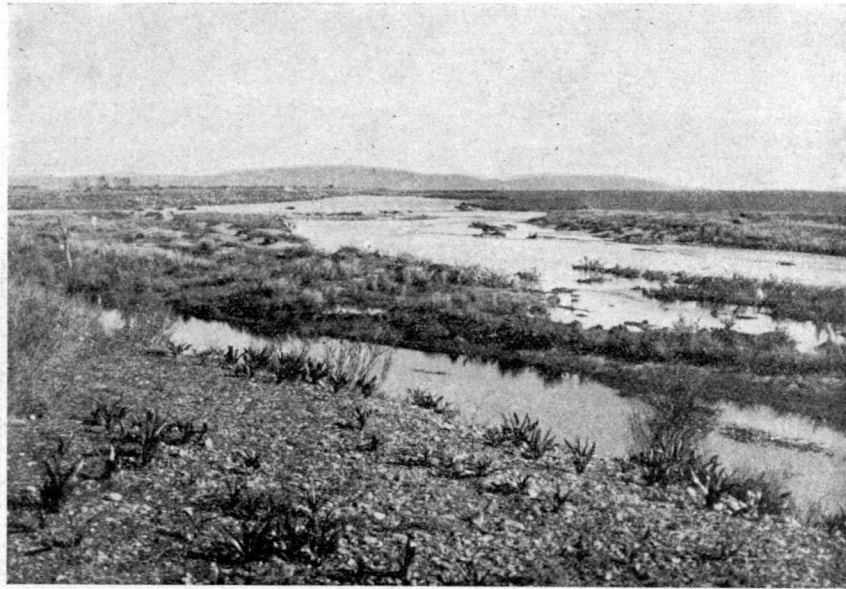


FIG. 1.—Los llanos pliocenos del Ruedas, en las inmediaciones del Molino del Ventoso. Al fondo, relieves residuales de cuarcitas silurianas, dando lugar a la serrata de El Villar. Grandes charcos y tablas en medio de campos, que dan lugar a dehesas de pastos sin arbolado. Vista hacia el Nordeste.



FIG. 2.—El amplio valle del Guadiana al atravesar las depresiones pliocenas, inmediatas a Valverde de Mérida (Badajoz). Extensa llanura, con dehesas de pasto en pleno período de transformación en regadío y plantanares de viñas y olivos. Vista hacia el N.-NE.
(Fotos H.-Pacheco, I-45 y XII-32.)

LAMINA V

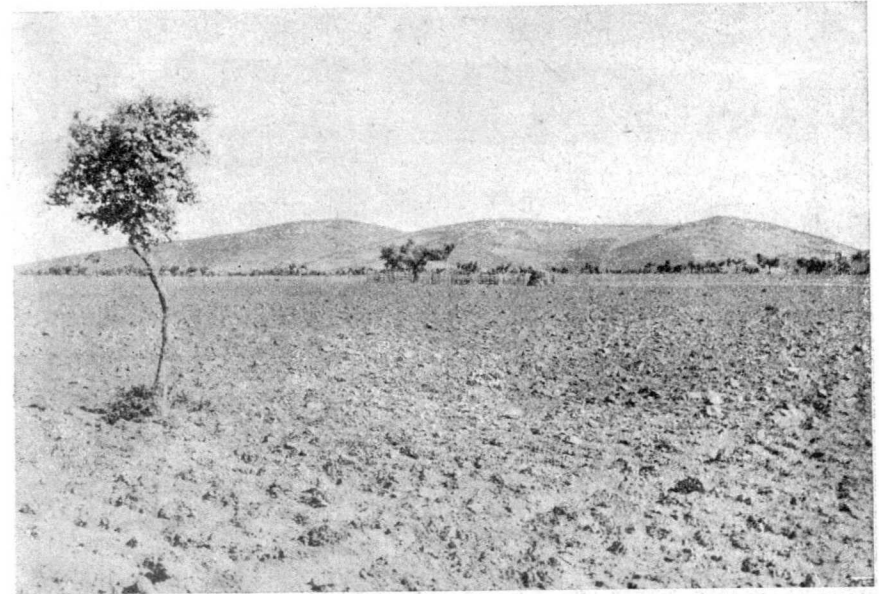


FIG. 1.—Iniciación de la formación de raña al pie de las vertientes meridionales de la Sierra de San Pedro, en las inmediaciones de Carmonita (Badajoz). Los cerros cuarcíticos dan lugar a relieves residuales, que dominan al llano de la raña que cubre a la penillanura pizarrosa del Siluriano. Vista hacia el Norte.

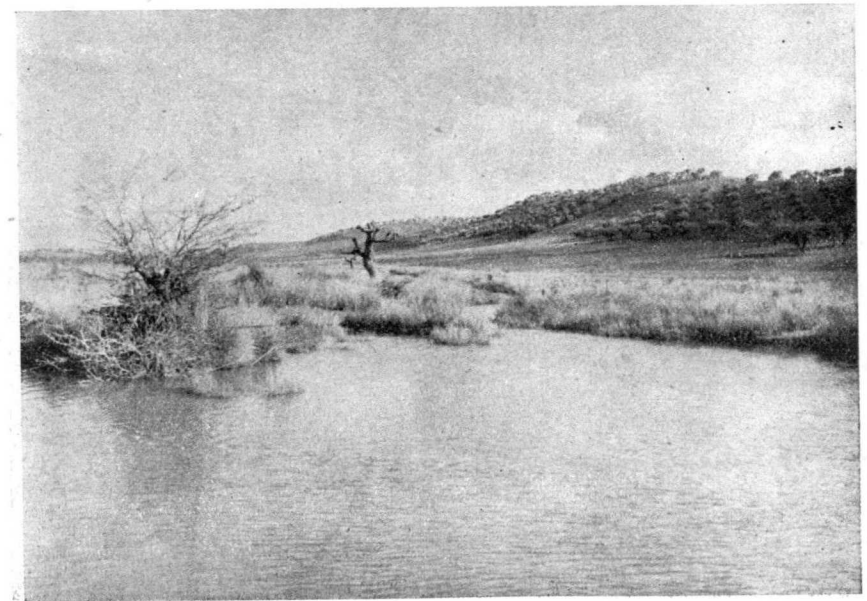


FIG. 2.—El borde o cuevas formado por la formación de raña, que domina al riachuelo Guerrero. El llano está formado por materiales margoso-arcillosos del Plioceno. Vista hacia el NE.
(Fotos H.-Pacheco, IX-46 y V-33.)



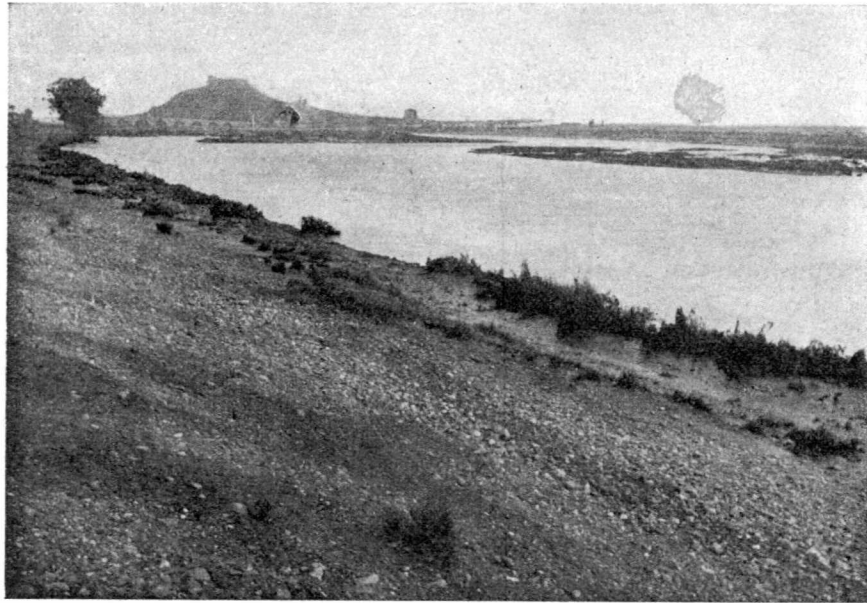


FIG. 1.—El amplio valle del Guadiana a su paso por Medellín (Badajoz). El cerro cuarcitoso del castillo determina un relieve, isla que emerge de la extensa llanura pliocena. En primer término, canturral de la superficial formación cuaternaria. Vista hacia el Norte.

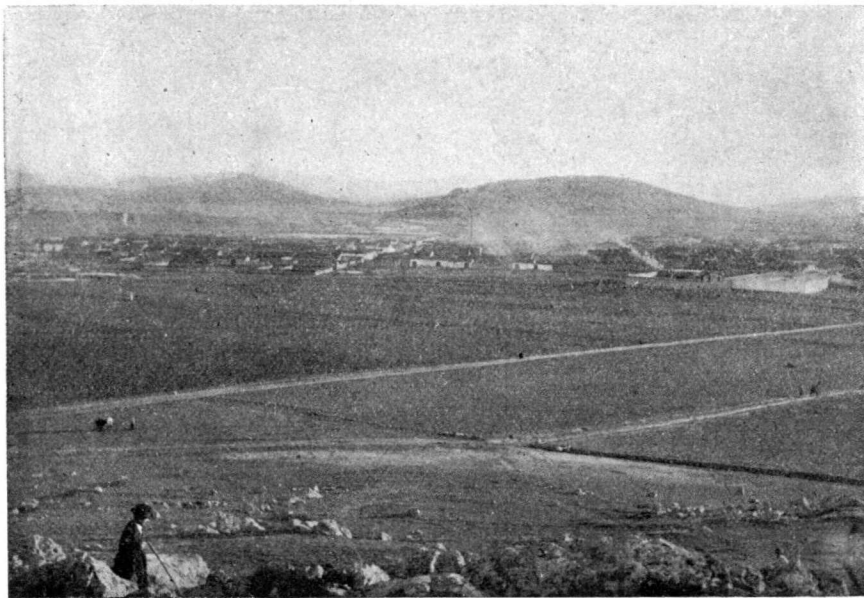


FIG. 2.—Los cerros-islas cuarcitosos de Plaza de Armas, en el pueblo de Santa Amalia (Badajoz), emergiendo del llano plioceno del valle del Ruedas. Vista hacia el SE.
(Fotos XII-46 y I-33.)

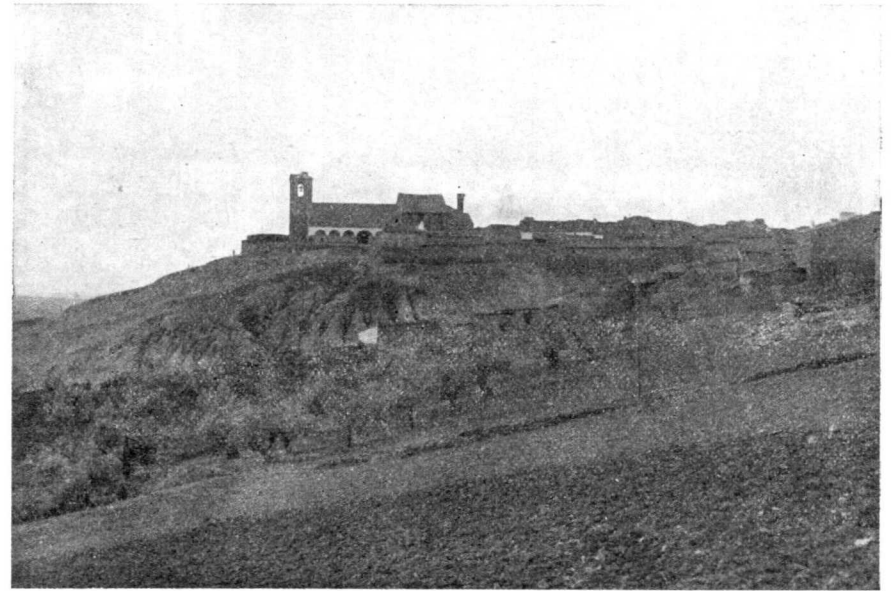


FIG. 1.—La formación sedimentaria continental de arcillas, margas y arenisca del Oligoceno, en Castilblanco (Badajoz), dominando la penillanura del amplio valle del Guadiana.

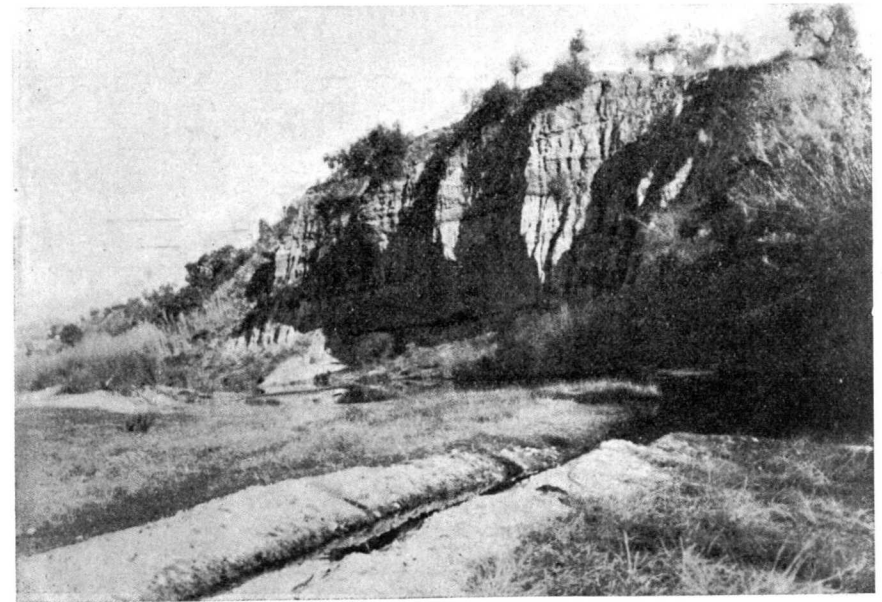


FIG. 2.—La formación pliocena del valle del río Búrdalo, en la ermita de San Bartolomé, en las cercanías de Almoharín (Cáceres). Se aprecia la disposición horizontal de los diferentes niveles, cubiertos por la raña de la misma edad.
(Fotos V-33 y XII-35.)



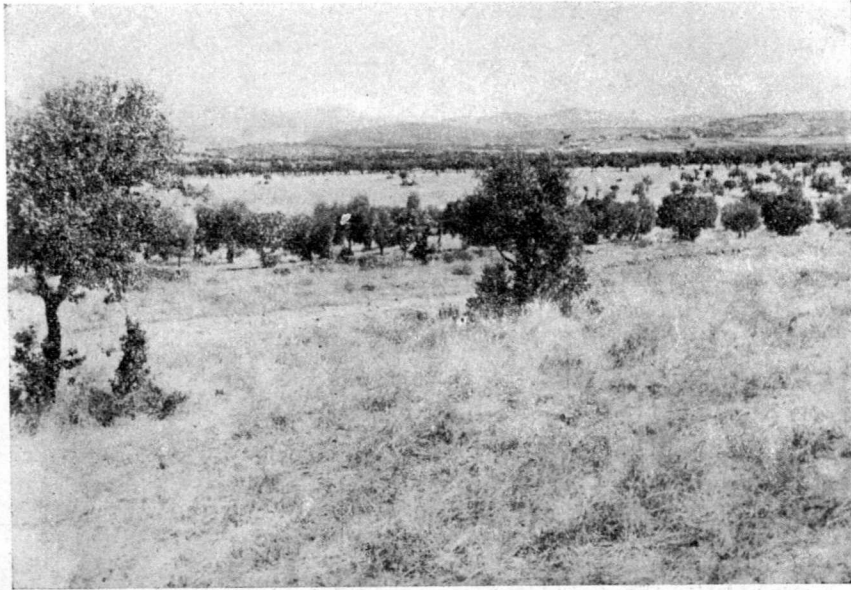


FIG. 1.—Aspecto de los campos silurianos en penillanura, al Sur de la Sierra de San Pedro. A la derecha se inicia la raña, que queda separada de la alineación montañosa por un valle longitudinal de erosión. Dehesa de pasto y arbolado cerca de Carmonita (Badajoz). Vista hacia el NE.



FIG. 2.—La serrata de El Moro, como ejemplo típico de relieve cuarcitoso residual, emergiendo de la penillanura granítico-diorítica del valle medio del Aljucén. Extensas dehesas con arbolado de encinas. Vista hacia el Oeste.

(Fotos H.-Pacheco, 'X-46.)

**ESTUDIO MINERO DEL YACIMIENTO
DEL «CONJURO», BUSQUISTAR-NOTAEZ
(Granada)**

POR

MANUEL PASTOR

MANUEL PASTOR

ESTUDIO MINERO DEL YACIMIENTO DEL
«CONJURO», BUSQUISTAR-NOTAEZ
(Granada)

CONSIDERACIONES PREVIAS

En nuestras recientes visitas al yacimiento del "Conjuro", y mediante algunos trabajos de reconquista, sólo pudimos reconocer totalmente la parte Norte (la comprendida entre los cortes 2 y 5) de lo que siempre se ha considerado como "masa principal" de este acreditado criadero, del que forman parte, como prolongaciones periféricas y secundarias, las mineralizaciones correspondientes a los afloramientos de "San Augusto" y "San Adolfo", carentes, hasta el día, de la más pequeña "preparación" o "presentación".

Nos fué imposible, por el contrario, penetrar en la zona Sur por cualquiera de sus galerías 3, 4 ó "La Encina", cuyos accesos, totalmente hundidos, se resistieron a nuestro intento. De haberlo conseguido hubiera sido completo nuestro reconocimiento del retículo explorador de la *mina actual* (toda ella en la masa principal), pues, como puede verse en el adjunto plano de labores, las plantas a que corresponden estas galerías, y como ocurre en la zona Norte con las 9, 11 y 20, están comunicadas entre sí por una infinidad de recortes, trancadas y calderillas, que forman en definitiva un solo conjunto, bien dispuesto y orientado hacia sus fines exploradores.

Sería, pues, aventurado y optimista el que con los datos obtenidos en nuestros incompletos recorridos subterráneos,

que estimamos en el 35 por 100 del total de la red, y con la presentación externa del total de los afloramientos del yacimiento (cerro del "Conjuro" o masa principal "San Augusto" y "San Adolfo"), pretendiésemos llegar a conclusiones definitivas en puntos tan importantes como son la "cubicación" del criadero y la "naturaleza física y química" de sus minerales. Si hoy vamos a llegar a hacerlo es gracias a la afortunada coincidencia de que, en el ejercicio de nuestra actividad minera, hemos podido completar nuestra impresión personal al disponer de varios informes y estudios de eminentes geólogos e ingenieros que visitaron y trataron del "Conjuro" en épocas en que eran practicables todas sus labores y, por ello, sencillo el desmuestre y análisis de los minerales de todas sus zonas.

Hacemos constar, y ello constituye siempre una garantía, que estos informes fueron emitidos, unas veces, en plan de posibles compradores de la propiedad minera, y otras, por los presentadores del asunto para su negociación. Del mismo modo nos es grato consignar que sus planos, descripciones, medidas y análisis han sido plenamente confirmados por nosotros, tanto en la parte minera que del criadero nos ha sido posible reconocer últimamente como en nuestros ensayos de laboratorio.

Aclarada francamente nuestra decisión de aprovechar el trabajo ajeno, nos limitaremos a consignar, comparar y comentar los resultados finales que nuestros antecesores en este estudio minero emitieron sobre todos aquellos puntos, que para nosotros quedaron a medio conocer al no poder alcanzar el completo de la "presentación" del yacimiento.

Por lo demás, hemos de procurar guiarnos hacia el aspecto práctico y económico del posible aprovechamiento industrial del criadero, lo que ya, desde ahora, anunciamos como dificultoso o imposible en cualquier época si no llega a demos-

trarse la existencia de un tonelaje mínimo de seis o siete millones de toneladas, capaz de neutralizar, por su importancia, el costoso "transporte" con que han de contar siempre los minerales del "Conjuro".

En este sentido práctico hacemos notar que todas las cubicaciones que han de citarse en este trabajo se refieren única y exclusivamente a la "masa principal" del yacimiento (o sea, a la del propio cerro), y que en ellas no se ha tenido en cuenta para nada las prolongaciones de "San Augusto" y "San Adolfo", que, aunque reconocidas como secundarias y hasta como poseedoras de minerales de menos valor, consideramos injusto despreciar. Creemos, por el contrario, que el mayor interés de este yacimiento estriba precisamente en la justa valoración de sus mineralizaciones periféricas, que, aunque desconocidas, son las únicas capaces de elevar el medio admitido tonelaje exclusivo del cerro; la masa de este último, aun con la estimación más optimista, ha de resultar siempre insuficiente para hacer posible la amortización del montaje moderno de la mina (él solo capaz de conseguir un "coste" medianamente reducido) y sobre todo la del gasto correspondiente al medio de transporte que llegue a fijarse como adecuado y proporcionado a la importancia definitiva de cualquier explotación futura.

Sólo nos queda hacer notar la formalidad y solvencia de cuantas Sociedades y peritos han mediado en la confección de los estudios que hemos de utilizar en nuestra inmediata exposición. Para ello nada mejor que citar el historial de las negociaciones que los motivaron, que es el siguiente:

1.º En 1905, toda la propiedad minera del "Conjuro" (cerro y prolongaciones) fué ofrecida a la Sociedad Mokta-el-Hadid por su constante propietario, Compañía Creusot. Mr. Merlange, en nombre de la primera de ellas, hizo por aquella época el primero de los informes de que ya hemos

hecho mención, y que trajo como consecuencia que su Compañía no se decidiera a la compra proyectada, que él consideró incapaz de remunerar suficientemente al capital que había que invertir.

2.º En 1924, la razón social Figueroa-Carbonell, arrendataria y en dificultades con Creusot, ofrece a Mokta la cesión de su contrato de arrendamiento. Las circunstancias económicas habían cambiado desde 1905, y Mr. Milius fué encargado de examinar la nueva proposición. Sus conclusiones fueron: que el insuficiente tonelaje y la misma calidad física del mineral hacían poco interesante el asunto.

3.º En 1928, Creusot y Figueroa-Carbonell proponen a la Minero-Metalúrgica de Peñarroya el constituir una unión, para estudiar de nuevo las posibilidades de la mina. El trabajo de los Sres. Gadaix y Le Rumeur llega a conclusiones favorables. En vista de ello, Peñarroya solicita de Mokta su intervención y entrada en la nueva asociación. De ello el que, en abril de 1929, se procede por Mokta-el-Hadid a la confección de un nuevo y completo estudio, en el que colaboraron los especialistas Mrs. Merlange, Noel y Duny, y que es el último y más moderno documento referente a las negociaciones que acabamos de enumerar. De este estudio nace la duda sobre la existencia de la mineralización en la parte central del cerro, y de ello una rebaja en la estima de la cubicación de la "masa principal" del criadero, que hasta este momento se había calculado entre 5.000.000 y 3.700.000 toneladas.

MANIFESTACIONES EXTERNAS DEL YACIMIENTO

Todas las manifestaciones externas del yacimiento del "Conjuro" se localizan en la abrupta orilla izquierda del río Trevélez y consisten en una larga serie de afloramientos de buen mineral de hierro, que se apoyan en capas de cuarcitas

o de filadios arcillosos, y quedan recubiertos por la caliza triásica que corona toda la formación del cerro.

Una de sus partes, la principal, y la que lleva propiamente el nombre del "Conjuro", se desarrolla ampliamente y queda visible, sobre el flanco NO. del cerro de esta denominación, gracias a un profundo corte transversal del terreno. Presenta especial interés, tanto por sus dimensiones como por la calidad del mineral que posee, y es la única que ha sido investigada con verdaderos trabajos mineros, que la acreditan como poseedora de probabilidades de llegar a constituir un auténtico criadero de aprovechamiento industrial.

Con alguna interrupción momentánea puede seguirse durante 600 metros en el sentido de su alargamiento N.-S.; pero en cambio, su parte central y hasta su extremo S., parecen corresponder a zonas trastornadas, y hasta es muy posible que falten de su sitio primitivo, por haber sido desplazadas y hasta destruidas.

Es sólo en el extremo N. de este afloramiento del cerro (entre los cortes 2 y 3 del croquis adjunto) donde puede apreciarse con exactitud su potencia superficial, que oscila entre los 25 y los 30 metros; más allá del corte 3 el afloramiento desaparece bajo los escombros de antiguos trabajos y sin que deje de adivinarse en una línea de hundimientos de escasa consistencia; luego, entre las secciones 5 y 7, esta desaparición se hace total al dejar su sitio a un terreno descompuesto y arrastrado, constituido simultáneamente de bloques de mineral y de caliza dolomítica.

Esta falta que acabamos de señalar la creemos debida a empujes que, al traducirse en desplazamientos tectónicos entre las fallas que marcamos en el croquis, han corrido y profundizado el trozo de yacimiento que debía existir entre los perfiles 5 y 7. Reaparece éste entre el 8 y el 10; pero su valoración se hace difícil al quedar medio tapado por una costra de te-

rreno desprendido y sin cohesión. A partir del 10 la mineralización continúa, con hierro de menos Fe, hasta que una nueva falla la hunde y tuerce hacia el O., formando con ella el último jirón del criadero.

Esquemáticamente, el conjunto de este dislocado afloramiento, que no es sino el resultado final del trastorno y rotura en pedazos de un solo horizonte estratigráfico, lo interpretamos, como puede verse en el croquis de la página 9.

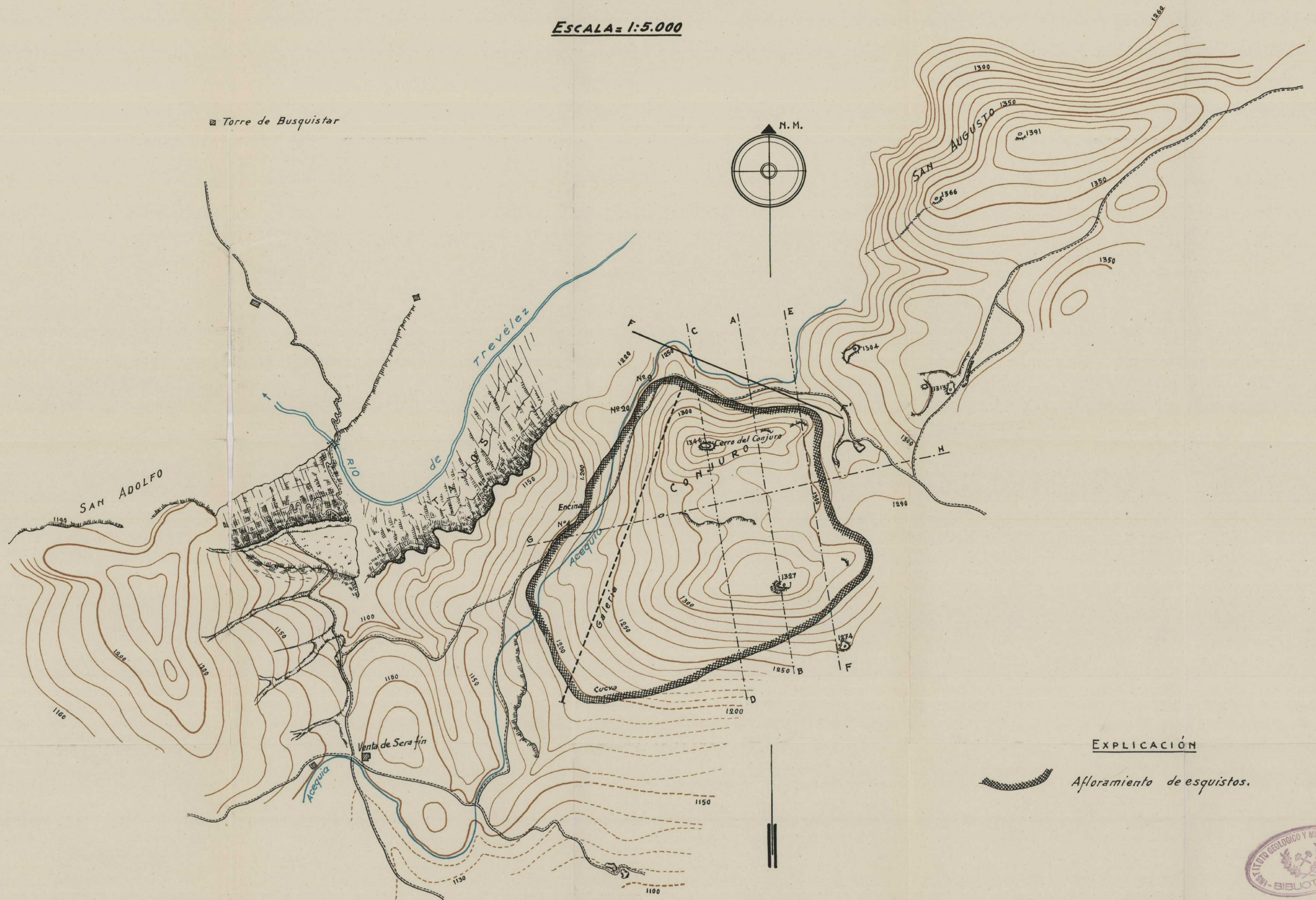
Antes de seguir adelante creemos oportuno hacer notar que la disposición tectónica diseñada la estimamos desfavorable a toda investigación en profundidad, y como causa y origen de la naturaleza física y química de los minerales afectados por los accidentes geológicos que hemos supuesto. Ello concuerda con el hecho de que si bien el mineral de los afloramientos suele presentarse bajo la forma de una roca dura, cavernosa y concrecionada, de color pardusco y brillo metálico, este aspecto es muy superior al que tienen los minerales subterráneos; tal variación no es más que la natural consecuencia de acciones atmosféricas, que no afectan, desgraciadamente, más que a un tonelaje reducido.

* * *


Aunque en el criadero del "Conjuro" no haya más remedio que atribuir la máxima importancia al afloramiento del cerro que acabamos de describir, y que es el único realmente "presentado", no por ello hay que quitar importancia a sus prolongaciones del Este ("San Augusto") y del Oeste ("San Adolfo"), que, no difiriendo gran cosa del primero, son evidentes testigos aislados de una misma formación mineralizada. De ello el que no creamos que existan diferencias esenciales en cuanto a la naturaleza del mineral de unos y otros aflora-

CERRO DEL CONJURO

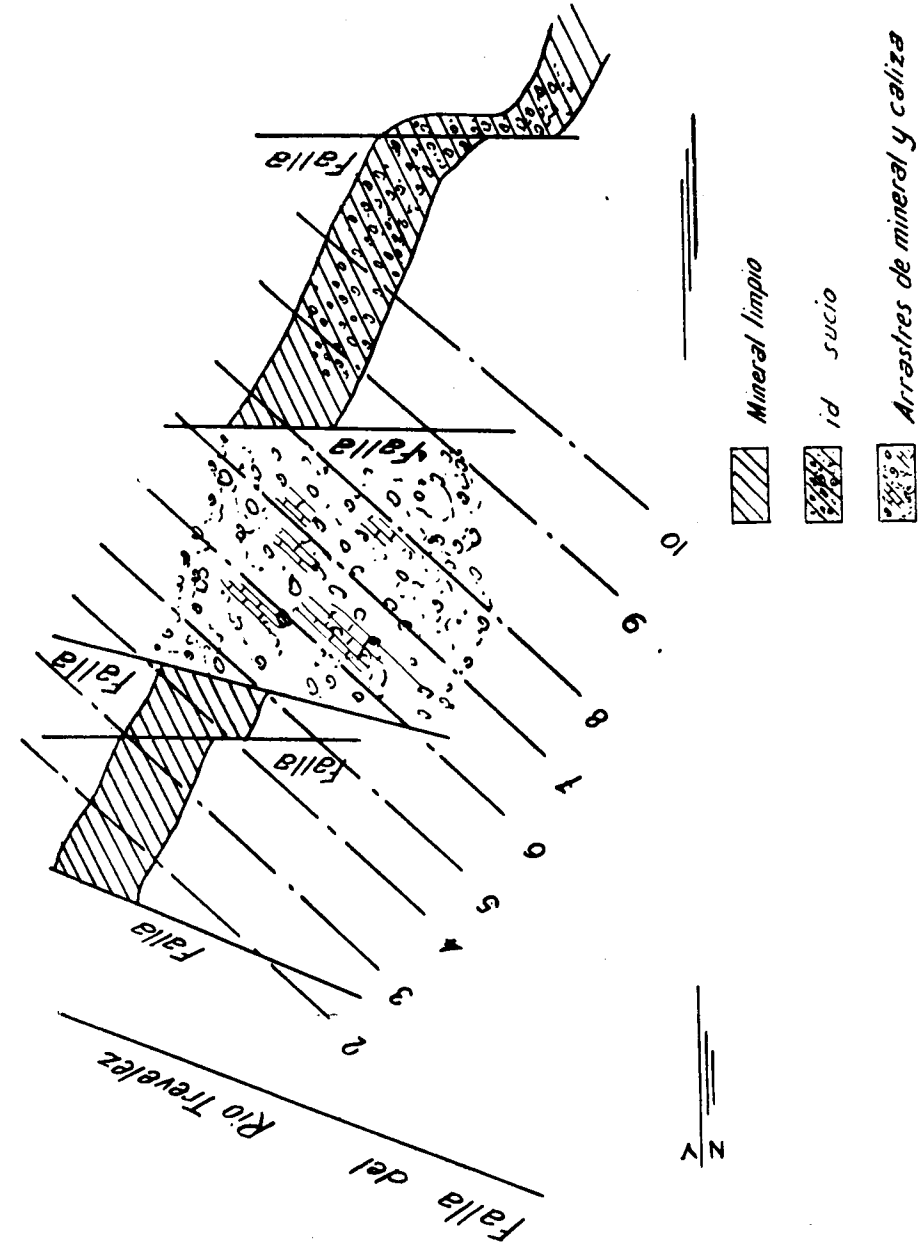
ESCALA = 1:5.000



EXPLICACIÓN

 Afloramiento de esquistos.





mientos, como lo demuestra el hecho de que una muestra media de los de "San Augusto" ha dado el 43,51 por 100 de Fe, contra 47,58 por 100 que dió otra semejante, obtenida en los del cerro.

Por otra parte, hemos podido comprobar que en todas las manifestaciones superficiales, bien sean éstas las principales del centro o las secundarias periféricas, que al lado de zonas especialmente pobres existen otras (pitón central de "San Augusto") que dan un mineral de muy buena calidad.

En resumen: si la situación geológica de estos secundarios afloramientos a que venimos refiriéndonos no hace presumir un gran tonelaje, no deja por ello de ser cierto que sus mineralizaciones son exactas a las del cerro y de un mismo origen.

RESEÑA GEOLOGICA

No creyendo justificado el considerar al yacimiento del "Conjuro" como una incógnita geológica, ya que su origen metasomático queda fuera de toda duda, y hasta son conocidos o fáciles de prever (dentro de ciertos límites) los contornos de sus mineralizaciones de tendencia estratigráfica, nos limitaremos en este apartado a dar un ligero resumen de lo que, sobre su aspecto geológico general, escribió hace años nuestro compañero Alfonso de Sierra en el tomo V de "Criaderos de Hierro de España" (*Memorias del Instituto Geológico y Minero*).

Después de una concienzuda descripción estratigráfica de los horizontes geológicos que, pertenecientes al estrato cristalino y al Triásico, dominan en los términos de Busquistar y Notáez, tras de referirse a varios accidentes tectónicos que rompieron y trastornaron estos sedimentos secundarios y azoi-

cos y de citar la existencia de algunos diques o filones de rocas hipogénicas (dioritas y pórfidos cuarcíferos), en evidente conexión con la avenida ferrífera que substituyó la caliza del Triás por el mineral del yacimiento, trata concretamente de este último en la forma que sigue:

"En las calizas triásicas, precisamente en el contacto entre estas hiladas y las de filadios arcillosos inferiores, que están descompuestas y metamorfizadas, se encuentra una serie de yacimientos de mineral de hierro de indudable importancia.

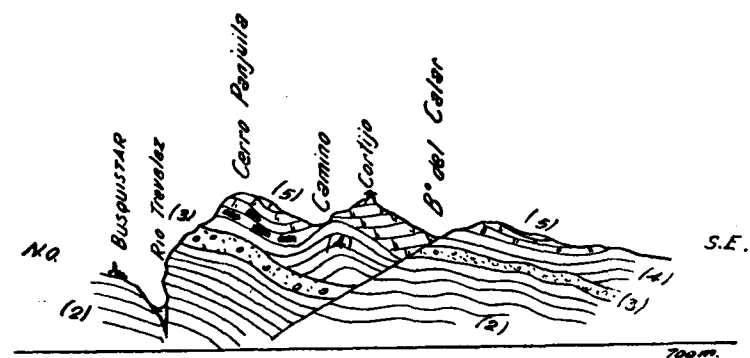
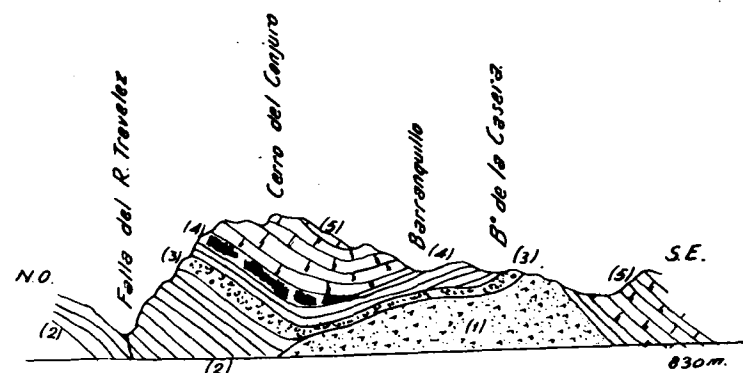
Son yacimientos de sustitución de las calizas, y forman, como siempre, masas irregulares entre la caliza dolomítica y, generalmente, en las proximidades de las fallas principales de la región."

Como cortes estratigráficos, que dan una idea de su concepción de la forma de presentarse las mineralizaciones, trazó los dos siguientes, de exacta orientación NO.-SE.; uno pasa por el propio cerro del "Conjuro" y el otro por el de Panjuila, al O. del anterior (véase página siguiente).

Basta una ligera observación de ambos para convencerse de que su autor supuso la existencia de un pliegue sinclinal, que no sólo invierte el buzamiento de las capas, sino que origina un salto y la correspondiente discrepancia de las mismas, antes y después del accidente geológico, y, como es consiguiente, dada la magnitud de las presiones que sufrieron, una gran división, fractura y hasta descomposición de las rocas de toda la formación.

De todo ello el que en nuestro pequeño croquis de la disposición de los afloramientos del Cerro hayamos figurado las fallas o fracturas que debieron afectar al criadero, tanto en su formación como en su posterior destrucción incompleta, y a las que sólo conceptuamos como accidentes de restringido alcance minero, pero no como verdaderas fallas geológicas, de las que sólo hemos podido apreciar, en la zona del yaci-

miento, la existencia de la grande e indudable que marcó el paso del río Trevélez, cuyas aguas han debido erosionar y transportar la mayor parte de los minerales del primitivo ya-



- (1) Granulitas y porfiritas.
- (2) Pizarras silíceas y cuarcitas.
- (3) Conglomerados y areniscas.
- (4) Launas.
- (5) Calizas y dolomías.
- Mineral de hierro.

cimiento del "Conjuro", que hoy vemos reducido a los estribos del "Cerro", "San Augusto" y "San Adolfo".

Hacemos notar, por último, que si bien es de suponer que en el proceso de la formación del criadero éste pasó por el

estado de siderosa, de esta fase intermedia no se aprecia hoy en día la más pequeña señal; todos los minerales extraídos hasta ahora son óxidos de buena clase, que no muestran mezcla alguna de carbonatos ni tan siquiera el menor aspecto espático. De ello el que lo clasifiquemos como criadero de sustitución, ya en el último grado de su proceso metasomático. Si este mismo hecho lo hemos comprobado con toda seguridad en un yacimiento tan importante y tan hondo como el de Alquife (Granada), con 40 ó 50 millones de toneladas y profundidades de 160 y 170 metros, no nos puede extrañar el que vuelva a presentárenos en este de Busquistar, excesivamente superficial y de escaso volumen.

INVESTIGACIONES

Del conjunto del criadero del "Conjuro", la única parte investigada es la correspondiente al propio cerro de este nombre, en donde la mineralización está cortada en todos sentidos por una verdadera red de galerías exploradoras. En cambio, las secundarias masas periféricas de "San Augusto" y "San Adolfo" carecen de toda labor minera, y si dejan entrever su posible importancia es sólo por la dimensión de sus afloramientos.

De ello el que este capítulo se refiera únicamente a esta zona central, que, aunque diferenciada en su investigación y en nuestra misma reseña inmediata en dos partes (zonas Norte y Sur), constituye, sin duda alguna, una sola masa que debe considerarse como continua, a pesar de que sea muy probable (no seguro) que su centro presente una intercalación estéril o mal mineralizada, que en un extremo pudiera llegar a dividirla en dos.

De estas dos masas centrales y medio diferenciadas, den-

tro de lo que es el lentejón del cerro, sólo hemos podido reconocer, subterráneamente, la correspondiente al Norte; los hundimientos de sus accesos los afectaban sólo en sus primeros metros, y nos fué fácil forzar las entradas de las galerías 11 y 20, y por ellas alcanzar la labor número 9, que, como las anteriores, quedaba perfectamente conservada en su trayecto interno, y ello desde hace ya cuarenta años.

Fracasamos, en cambio, como les sucedió a los Sres. Noel y Duny en 1929, en nuestro intento de penetrar en la red de la masa Sur; sus hundimientos, y ello puede y hasta debe interpretarse como síntoma de la existencia de un mineral flojo y menudo, son más extensos, y su reconquista, seguramente nada imposible, ha de ser una labor minera de cierta preparación y tiempo.

No obstante lo incompleto de nuestros reconocimientos, el hecho de haberse comprobado plenamente lo que Mr. Merlange dijo en 1905, al referirse a la zona Norte, nos ha hecho tomar como exactos sus planos, cortes y descripciones referentes a la Sur, que para más garantía coinciden perfectamente con lo que figuraba y figura en el adjunto plano de labores, que no es otro que el que proporcionó en aquella época la Sociedad Crusot, como propietaria de la mina.

Hechas previamente estas advertencias, pasamos a describir la "Red de Investigación del Cerro del "Conjuro":

Consta de multitud de labores que, comenzadas siempre horizontalmente, alcanzan, antes o después, el techo del criadero y van profundizando en el terreno, por medio de pozos o de trancadas, indicando en todos los puntos una constancia en el buzamiento SE. del techo (10 a 20 grados).

El muro, ordinariamente esquistoso, está también reconocido con pozos y galerías, que ponen en evidencia una pendiente regular y bastante más débil que la media de 15 grados del techo.

Tal disposición de los hastiales del criadero le dan la forma de una cuña clavada en el flanco de la montaña, y que termina, por la acumulación casi completa de techo y muro, a los 170 metros de la superficie del afloramiento.

Las galerías de esta red están dadas en las partes del yacimiento correspondientes a los trozos N. y S. del afloramiento del cerro; la parte central (en las proximidades de la sección 6 del croquis) no está cortada por ninguna clase de trabajos. Esta circunstancia, unida a lo que parece indicar la correspondiente manifestación superficial, hace muy dudoso el corte 6, a pesar de la existencia, en los planos antiguos que reproducimos, de un pozo (núm. 1) y de una galería, que figurando como abiertos en mineral son inaccesibles desde antes de 1928.

La parte de afloramiento situado al S. del corte 10 no ha sido objeto de ninguna investigación de mediana importancia.

Las varias y diversas galerías que partiendo de la superficie se ramifican por el interior del yacimiento, comunicándose unas con otras, justifican que, salvo la laguna existente entre los cortes 5 y 7, el conjunto de la formación mineralizada queda perfectamente reconocido, y que si a lo que ellas demuestran en planta unimos los datos que en alzado han proporcionado los diversos pozos y chimeneas perforados, no resulta nada aventurado el dar como cierta la serie de cortes adjuntos, que son los que han servido para el cálculo de la cubicación del criadero.

Estos cortés suponen una brusca disminución de la potencia útil de la mineralización, a partir de una cierta distancia de la traza de los afloramientos, bien sea por una aproximación de los hastiales, que de esta manera comprimen una adelgazada parte del yacimiento, o bien por la aparición de bancos calizos o margosos, similares en su naturaleza al techo, y que resultan alternantes con los bancos de mineral de hierro.

De una forma o de otra, el mineral de ésta, que creemos cola del criadero, es de una calidad bastante mediocre.

Las investigaciones de la masa Norte (galerías 9, 11 y 20) son hoy todavía medianamente accesibles, al contrario de lo que sucede con las de la masa Sur, que fueron afectadas de antiguo por hundimientos de importancia, que las debieron inutilizar poco después de la visita de Mr. Merlange en 1905. Esta diferencia de comportarse unas labores exactas, y de la misma edad, es lo que deja entrever una marcada diferencia entre la naturaleza del mineral de ambas zonas, y el que en la Sur sea de esperar la existencia de numerosos episodios muy arcillosos.

TRABAJOS ANTERIORES A LA INVESTIGACIÓN DEL "CREUSOT"

En general, los planos que han llegado a nuestras manos no hacen más que indicar la existencia de estos trabajos, anteriores a la época en que se realizó la "presentación" a que acabamos de referirnos. La mayoría de ellos, arruinados hoy, presentan, sin embargo, innegable interés, tanto por el examen de sus escombreras como por las referencias que de ellos quedan todavía. Son éstos:

Algunas trancadas y galerías abiertas sobre el afloramiento y al Sur del corte 10: Mal situadas, estas exploraciones no debieron proporcionar gran conocimiento sobre esta parte del yacimiento.

Una galería situada al nivel y 50 metros al Sur de la número 11: La esterilidad del techo de todo su recorrido parece indicar el descuelgue de un jirón del criadero al Sur del corte número 5. Ella apunta, además, la existencia de una zona trastornada entre los cortes 5 y 7.

Un pozo perforado en esta zona, aunque superiormente al afloramiento: Tiene más de diez metros dentro de un terreno

suelto, formado de grandes bloques calizos. La zona hundida que pudiera indicar parece asimismo evidenciarse, en el mismo aspecto topográfico de la superficie, entre los extremos Norte y Sur del cerro.

Una trancada situada unos 25 metros al Norte del corte 2: Parece haber seguido el muro de una formación de cuarcitas, y de ello el que pueda suponerse el cambio, en esta zona, de la naturaleza del que suele ser corriente muro del criadero.

Otra señal de cierta actividad minera y hasta industrial, ocurrida en "El Conjuro" en tiempos muy remotos, es la presencia de numerosas escorias en un pequeño collado, por el que llega al cerro el sendero de Trevélez (en puntos más bajos y a la derecha del afloramiento de los perfiles 3 y 4 y, sobre todo, al pie de la entrada de la gruta de "La Forja"). Estas escorias no pueden provenir más que de pequeñísimos aprovechamientos metalúrgicos, que en época de la dominación musulmana se realizarían exclusivamente con algunos minerales arrancados en los afloramientos próximos.

Por último, a la derecha de los perfiles 3 y 4, y en contacto superior con el mineral superficial, la presencia de un hundimiento pequeño, en el que quedan mezclados fuertes bloques calizos con trozos de mediano tamaño de buen mineral, sería muy difícil de explicar sin la previa existencia de antiguos pozos o trancadas. Tales trabajos debieron provocar el descenso de las calizas del contrafuerte del cerro y dar origen, ya posteriormente, a hundimientos que no tuvieron tiempo de consolidarse.

CUBICACIONES

Comenzaremos por dejar anotadas las que se justificaron en los varios dictámenes que, emitidos sobre el yacimiento del

“Conjuro”, nos han servido de ayuda y guía en nuestro trabajo actual. Son éstas:

	TONELADAS
La Sociedad Creusot pretendió siempre que sus trabajos de investigación justificaban un tonelaje de.....	5.000.000
Mister Carbonell reduce esta cifra a.....	4.000.000
Mister Merlange, en 1905, admite por su parte.....	3.700.000
Peñarroya, en 1928	3.700.000
Por último, en 1929, los Sres. Noel y Duny, cubiendo como compradores y desde un punto de vista puramente minero, rebajan la media de todas las estimaciones anteriores a...	2.000.000

Al sentar esta última cifra no dejan de hacer constar que ella no es más que la expresión del “tonelaje utilizable”, y que fué alcanzada después de negar la existencia de toda mineralización en la zona central del cerro (sección del criadero comprendida entre los cortes 5 y 7) y de despreciar para sus cálculos, por suponerla muy mezclada con intercalaciones estériles, la indudable masa que sumarán todos los adelgazados bordes de la cuña del yacimiento.

Todas estas cifras se refieren únicamente a la masa del cerro, y no cuentan para nada con las laterales de “San Augusto” y “San Adolfo”, que bien por una causa u otra (y aparte su reconocida falta de “presentación”) no se contabilizaron nunca y sólo se consideraron como esperanzas de relativo y desconocido valor.

* * *

Por nuestra parte, y aunque admitamos en principio las dos hipótesis en que fundó el Sr. Noel sus cálculos, no dejamos de reconocer como demasiado pesimista su manera de cubicar. De ello el que aun dando como buenos todos sus cortes (de los que hemos podido comprobar los 2, 3 y 4) y hasta

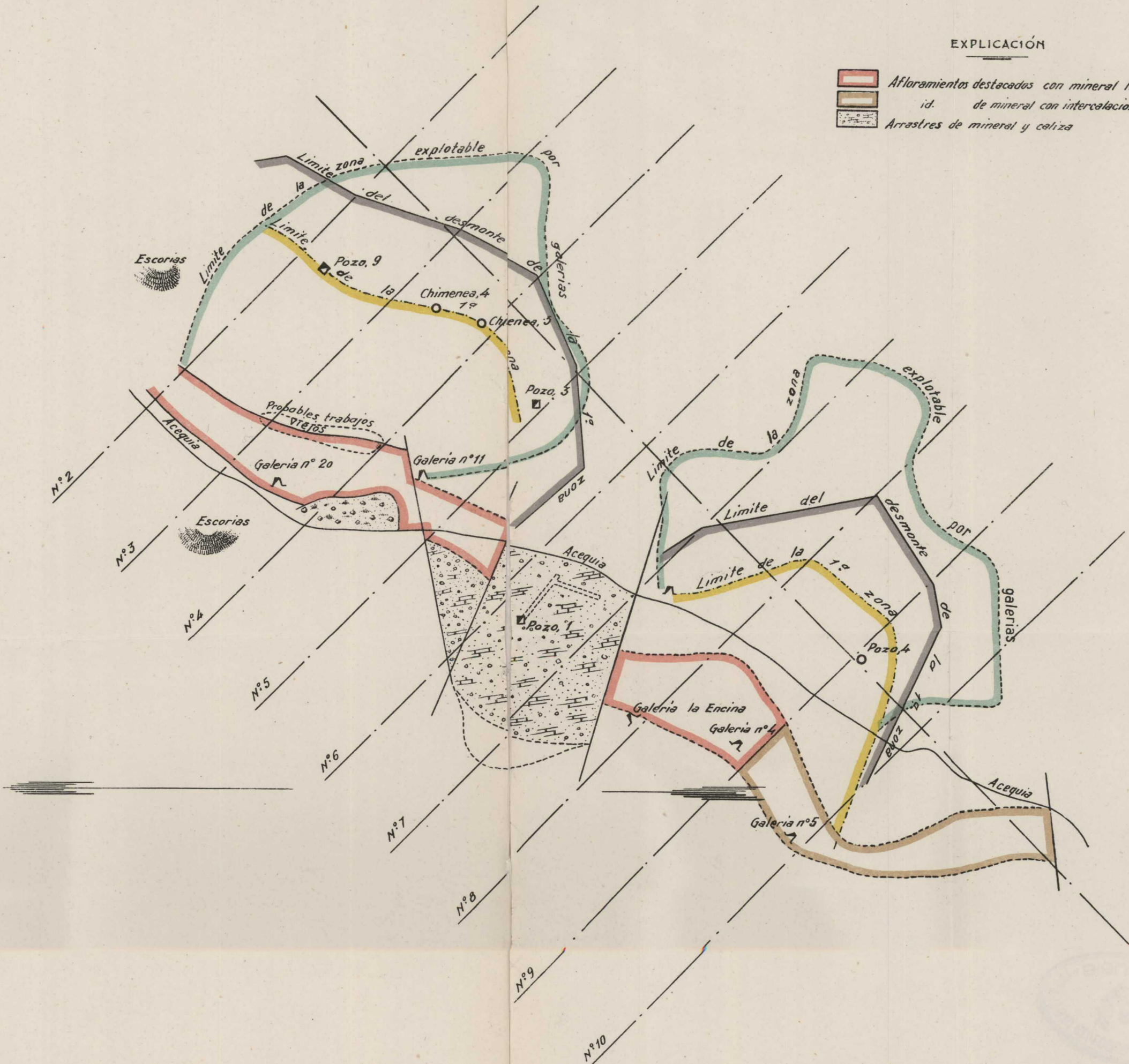
PLANO DE AFLORAMIENTOS DEL CONJURO



Escala 1:2.000

EXPLICACIÓN

- Afloramientos destacados con mineral limpio
- id. de mineral con intercalaciones estériles
- Arrastres de mineral y caliza



CORTES DEL CONJURO

Escala 1:4.000



Nivel de Galería Le Encina (1.260 m)

Nº 2

Nº 3

Nº 4

Nº 5

Nº 7

Nº 8

Nº 9

Nº 10

- Mineral desmontable
- Mineral de arranque subterráneo
- Rocas estériles
- Arrastres de mineral y caliza
- Escombros antiguos

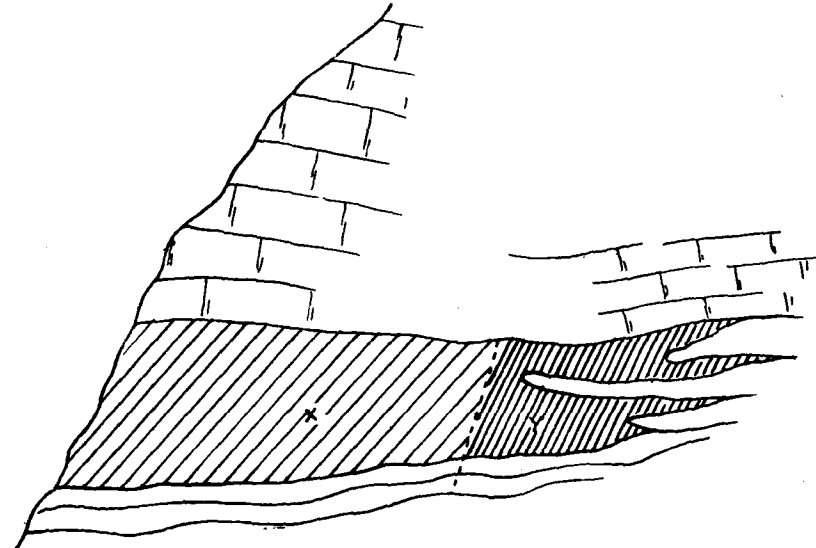
X

adoptando su práctica operatoria, modifiquemos la nuestra en los siguientes detalles:

1.º Valorizar hasta sus límites conocidos las colas o bordes orientales del criadero. Estas partes, que él despreció, las contabilizaremos, aunque afectándolas por un coeficiente de esterilidad, bastante más elevado que el admitido para las zonas bien metalizadas.

2.º Elevar en un prudente prorrateo los tonelajes correspondientes a los cortes 5 y 7, que estimamos demasiado estilizados y cortos en planta.

3.º De una manera similar a la anterior, valorar, aunque



sea con escasez, la problemática cubicación del sector correspondiente al perfil número 6, que por haberse supuesto negativo ni siquiera figura en la serie gráfica de los alzados.

En cambio, no variaremos para nada su decisión de no tener en cuenta el mineral existente al Sur del corte número 10; esta zona, además de carecer de toda labor minera, se

manifiesta al exterior como marcadamente adelgazada y sucia.

Con semejante plan operatorio, y utilizando la planta y cortes de las láminas que se acompañan, llegamos a confeccionar el siguiente "Cuadro de cubicaciones", que ha de servirnos para el cálculo final de este capítulo:

CORTE NÚM.	2	3	4	5	7	8	9	10
Superficie X...	3.020	3.320	3.955	2.710	1.680	2.070	1.770	180
Superficie Y...	505	830	330	190	372	325	442	60

En el cuadro y croquis anteriores (este último nada más que orientador) se figuran con una X las superficies que tuvo en cuenta el Sr. Noel para cada uno de los perfiles, y con una Y las que hoy añadimos nosotros por cuenta propia, y que supondremos de obligada explotación subterránea, en contra de las X, fácilmente atacables en desmonte.

Del cuadro que antecede se deducen los volúmenes siguientes:

MASA NORTE

Zonas X

	METROS CÚBICOS
Mineral bruto	587.050
Mineral limpio (15 por 100 menos).....	499.050

Zonas Y

Mineral bruto	100.750
Mineral limpio (30 por 100 menos).....	70.350
Volumen correspondiente al mineral limpio de masa Norte.	569.400

MASA SUR

Zonas X

Mineral bruto	192.600
Mineral limpio (15 por 100 menos).....	163.700

Zonas Y

Mineral bruto	30.000
Mineral limpio (30 por 100 menos).....	17.000
Volumen correspondiente al mineral limpio de masa Sur:	180.700
Volumen correspondiente al mineral limpio del "Cerro"...	750.100

Ahora bien: si a este último volumen, conseguido con un corte número 6 sin valor alguno, y con los 5 y 7, exageradamente reducidos, añadimos el cubo resultante de aumentar en un 20 por 100 el parcial que obtuvimos para estos dos últimos perfiles, y otro tanto por la posible existencia de yacimiento útil en la zona o sección del número 6, aumentará esta última cifra hasta 825.870 metros cúbicos.

Por último, multiplicando este volumen definitivo por 2,7, que es la densidad del mineral del "Conjuro", *in situ*, obtendremos:

TONELAJE TOTAL DEL CERRO DEL "CON-

JURO" 2.229.850 TONELADAS

Creemos necesario añadir que esta cubicación debe considerarse como *mínima*; todas las reservas que se han tenido en cuenta y todas las disminuciones admitidas en el tonelaje tomado como cierto serán, seguramente, compensadas con largueza por las prolongaciones que hasta hoy no ha podido demostrar el criadero y por las sorpresas favorables que en el curso de su explotación habrían de presentarse en las zonas que se han supuesto inexplotables o de muy escaso rendimiento.

Pensamos también que los afloramientos de las concesiones "San Augusto" y "San Adolfo" podrán representar algún día un tonelaje de tal importancia, que, unido a los 2.500.000 toneladas que aseguramos para el "Cerro del Conjuro", completarán el interés industrial de este coto minero de Busquistar-Notáez.

Datos referentes a la posible explotación a cielo abierto de una parte de la masa del "Cerro"

Para llegar a la anterior cubicación partimos, por dividir la masa del criadero en dos partes diferentes; la primera no es más que la suma o acumulación de todas las zonas X de nuestros croquis, y la segunda, el similar resultado de reunir, una tras otra, todas las zonas Y, o, hablando de otro modo, todas las colas del yacimiento.

La primera, además de ser la de mayores potencias de mineralización vertical, es la que tiene menor recubrimiento calizo hasta la superficie. Por el contrario, la segunda es de un espesor reducido y, verticalmente hasta lo alto del cerro, queda tapada por un desproporcionado espesor estéril.

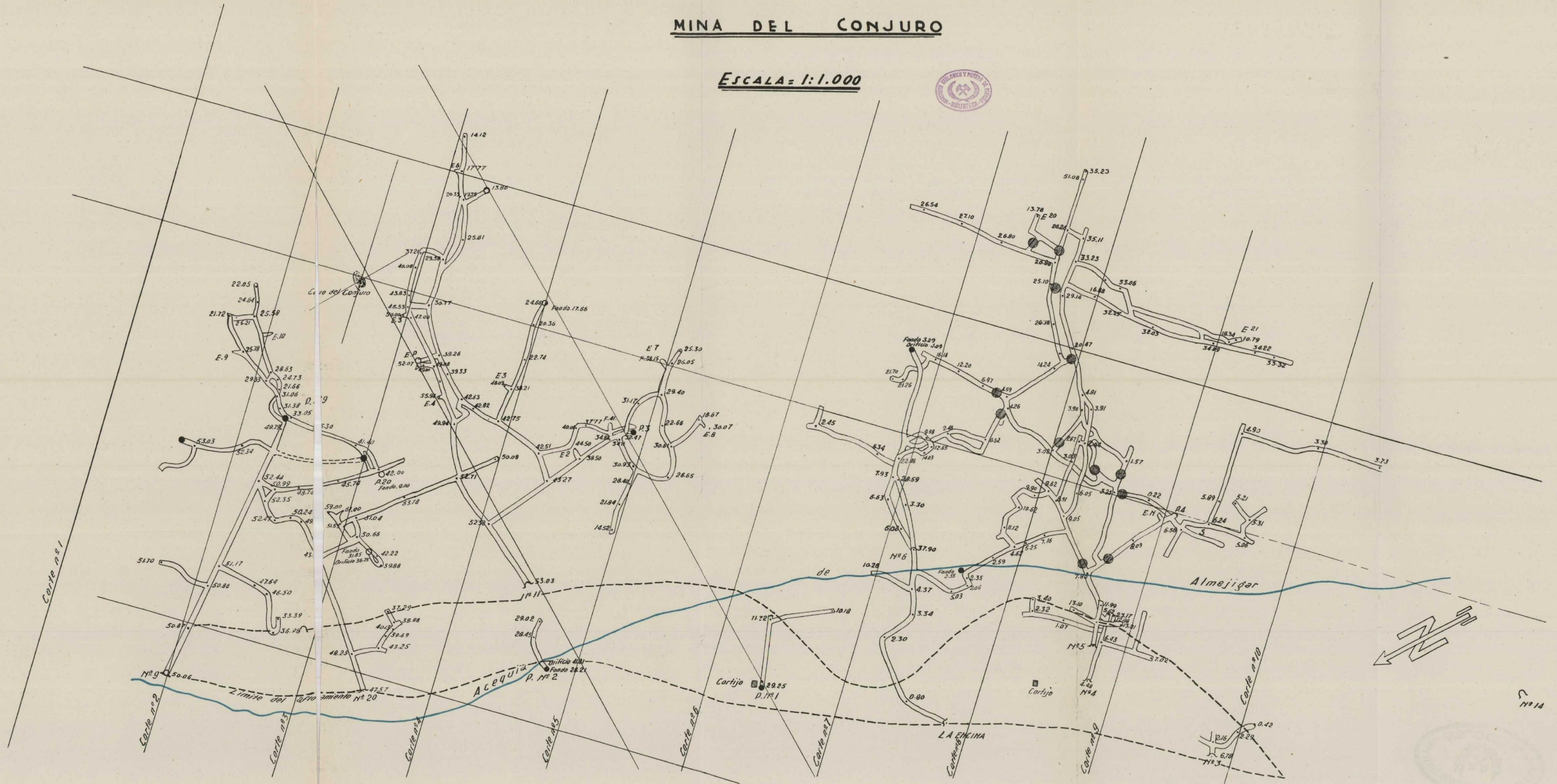
Consecuencias de esta especial disposición de la masa mineral, dentro de la mayor y rocosa del monte en que se encaja, son: la posibilidad de llegar a explotar a cielo abierto la masa correspondiente a la primera de las partes consignadas y la necesidad manifiesta de que sea subterráneo el arranque de la segunda.

De ello el que la cubicación final de 2.230.000 toneladas, que acabamos de justificar, la podamos dividir en las dos partes siguientes: una, propia para ser "desmontada", con 1.850.000 toneladas, y otra, de explotación subterránea, con 380.000 toneladas.

El arranque de cada una de las toneladas del 1.850.000 que cubica esta primera e ideal parte, habrá de representar, comparadas en cada caso las cotas de las secciones de la masa con las que llegan a la superficie estas mismas secciones, el previo desmonte de 1,39 metros cúbicos de caliza, y es además indudable, dada la disposición de la mineralización dentro del

MINA DEL CONJURO

ESCALA = 1:1.000



cerro, que este "coeficiente de desmonte" podrá rebajarse hasta 0,95, en cuanto la explotación a cielo abierto se proyecte para 1.500.000 toneladas solamente.

NATURALEZA DEL MINERAL

Lo que vamos a señalar sobre las condiciones físicas y químicas del mineral del "Conjuro" lo hemos condensado del trabajo que en 1905 realizó el Sr. Merlange, que fué el último técnico que consiguió visitar y desmostrar concienzudamente la totalidad de las labores y afloramientos del yacimiento.

La posterior comprobación de los Sres. Noel y Duny, en 1929, y la nuestra del corriente año, tienen solamente carácter parcial, ya que trataron únicamente de los minerales de la masa Norte; con este alcance limitado, y tanto una como otra, coincidieron con los anteriores en fecha que vamos a resumir.

TOMA DE MUESTRAS

Fué tan importante y minuciosa que sumó un total de 26.000 kilogramos de minerales, arrancados en los cinco distritos diferentes en que previamente había dividido la planta de la mina. De ellos, provenían de la masa Norte, 15.000, y de la Sur, los 11.00 restantes.

CONDICIONES FÍSICAS DEL MINERAL

División por tamaños.—El cribado sucesivo, en trómeles y tamices, de las numerosísimas muestras tomadas dió el siguiente resultado medio:

	POR 100
Elementos mayores de 12 milímetros.....	34,0
» entre 12 y 8 milímetros	10,8
» entre 8 y 5 milímetros	11,6
» entre 5 y 3 milímetros	17,0
» entre 3 y 1 milímetros	18,4
» entre 1 y 0 milímetros	8,2
	100,0

Consideradas individualmente, las muestras arrancadas en zonas próximas a los afloramientos dieron una proporción de elementos gruesos (mayor de 12 milímetros) claramente superior a la corriente en los cuarteles del interior. Del mismo modo, y aunque con diferencias más ligeras, los minerales de la masa Norte demostraron ser de mejor composición volumétrica que los del Sur.

Si la anterior división en tamaños parece clasificar al mineral del "Conjuro" como "muy menudo" (65 por 100 inferior de 12 milímetros y, de esta parte, el 43 por 100 menor de cinco milímetros) o, lo que es lo mismo, como "inapropiado para ser fundido en la forma de todo-uno", el hecho de contener solamente un 8,2 por 100 de "polvo" (entre 0 y 1 milímetro) lo eleva considerablemente de categoría y lo convierte en aceptable aun en su estado de arranque. Ya se sabe que en los altos hornos los perjuicios mayores los acarrear precisamente estos "polvos", de que casi carecen los minerales del "Conjuro".

Ensayos de friabilidad (1).—Los que se realizaron con cinco lotes de "gruesos", procedentes de los cinco distritos de la mina, estudiaron el comportamiento, en una manipulación industrial, de los elementos de tamaño superior a 12 milímetros.

Se sometió a esta primera calidad, previamente separada

(1) ¿Cohesión, fracturación?

del todo-uno de arranque en un estrío preliminar, a tres cribados sucesivos, intercalados con las consiguientes cargas, descargas y transportes, y en forma tal de llegar a una prueba de condiciones más duras que las naturales de cualquier proceso metalúrgico, en el que hay que contar a su favor, para estos tamaños "gruesos", con que estos elementos van revueltos (medio amortiguados) con los "finos", que en los ensayos se habían eliminado previamente.

La destrucción o el desgaste respectivo que acusaron los cinco lotes fué del 17, 22, 25, 24 y 24 por 100 (22 por 100 de término medio), y los "menudos" que originó esta trituración artificial quedaron constituidos por 2/3 de elementos entre doce y cinco milímetros, y 1/3 de elementos entre cinco y cero milímetros.

Tales resultados no hacen sino comprobar la naturaleza "muy granular" y "poco polvorienta" que el mineral del "Conjuro" había demostrado en su clasificación por volúmenes.

En resumen: teniendo en cuenta que en el curso de las manipulaciones de cualquier trabajo siderúrgico han de sufrir también cierto deterioro o desgaste las mismas partes "finas" del mineral utilizado, se puede calcular que la "composición mecánica" del de Busquistar, y en su lugar de empleo, será la que sigue:

	POR 100
Mayor de 12 milímetros	30
12-5 milímetros	30-25
5-1 milímetros	40-35
1-0 milímetros	10 máximo.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Ley en hierro.—Los cuatro cuarteles en que se dividió la masa Norte acusaron, respectivamente, 48,37, 52,92, 53,85 y

53,78 por 100 de Fe "en seco", y el término medio de toda la zona fué del 52,23 por 100.

La masa Sur (con dos partes solamente) sólo alcanzó una media del 47,03 por 100.

Conviene hacer notar que estos resultados fueron obtenidos con un todo-uno bruto, y que sólo con un cribado y separación previos del tamaño de 0-1 milímetro (claramente empobrecido en Fe) se consiguió una mejora de más de una unidad en la media del resto.

Un completo y detallado cuadro de análisis por tamaños demuestra la constante disminución del contenido en Fe, a medida que va rebajando el grosor de los elementos ensayados; esta disminución es bastante débil hasta llegar al grupo 3-5 milímetros, y alcanza valores importantes en los verdaderos "finos" (0-1 milímetro).

Tal dependencia entre la ley y los tamaños sólo se explica por la endebles o friabilidad de las arcillas que acompañan siempre al mineral y por la misma naturaleza polvorienta de las partículas de manganeso.

Manganeso.—Este elemento existe con preferencia en los tamaños más menudos del mineral, que, en conjunto, lo contiene en un 3 ó 4 por 100. Esta cantidad de Mn, si es escasa para llegar a justificar un premio o bonificación por su presencia, es la suficiente para dar al mineral del "Conjuro" un valor especial capaz de influir en su precio-base.

Silice.—Como ocurre en todos los minerales de hierro, el contenido en SiO₂ está en relación con la dureza del mineral.

El todo-uno del "Conjuro" la contiene en un 5,50 por 100, francamente bonificable.

Azufre.—Aparte de las extremidades Norte y Sur del criadero, que demuestran la presencia de alguna "barita", el resto del mineral es puro en azufre. Si la media teórica de los ensayos realizados se elevó hasta 0,220 por 100, lo que

sería inadmisibile, el más sencillo estrío de la barita, existente en algún distrito, la hará rebajar fácilmente al 0,100 por 100.

Fósforo.—Desde este punto de vista, el mineral del "Conjuro" puede clasificarse entre los "muy puros". La media de los cinco resultados obtenidos en los ensayos quedó en 0,025 por 100.

Humedad.—Aunque en su determinación no haya habido unanimidad entre los resultados de 1905 y los posteriores de 1929 y del año actual, puede asegurarse que, en punto de destino, no alcanzará nunca al 10 por 100, y que el 8 por 100 será la expresión prudente de su término medio.

Respecto a esta cuestión de la humedad, se hace notar que si bien el todo-uno de extracción reciente da la impresión de ser muy húmedo, por el contrario, el depositado al aire libre durante uno o dos meses aparece como completamente desecado; pudiera ello obedecer a que el mineral del "Conjuro" contenga su humedad, no en los poros microscópicos, de donde sería difícil desalojar, sino en forma de gotas, localizadas en las cavidades de su masa y en la superficie de sus elementos.

Resumen.—Puede contarse con que el mineral comercial del "Conjuro", sobre punto de destino, tendrá la composición siguiente:

	POR 100
Hierro seco	51,50 a 52,00
Manganeso	3 a 4
Cal	1,50 a 2,00
Silice	5 a 6
Azufre	0,100
Fósforo	0,025
Humedad	8 00

TRANSPORTE

El coto minero del "Conjuro", con su altitud media de 1.200 metros, queda a 3,5 kilómetros del río Cadiar, que man-

tiene, en esa zona de su cauce, la cota media de 570 metros. Su distancia directa hasta la costa media mediterránea, entre La Mamola y La Rábita, y con la Sierra Contraviesa por medio, es de unos 22 kilómetros, y, por último, el pueblo de Orjiva tiene su emplazamiento a 12 kilómetros de la mina.

La Sociedad propietaria de sus concesiones intentó, hace ya largos años, salvar este corto pero difícil bloqueo geográfico, con un transporte mixto formado de un cable automotor, hasta el Cadiar (unos 4.000 metros); un ferrocarril minero, desde este punto intermedio a la carretera de Orjiva-Albuñol, y un último transporte, no determinado con fijeza, bien hasta Motril o hasta cualquier otro puertecillo mediterráneo con condiciones de embarque.

Construyó el ferrocarril planeado; pero el haberlo hecho demasiado próximo al cauce del Cadiar trajo como consecuencia, en una gran crecida del mismo, la ruina total de la obra y el abandono de sus proyectos de explotación directa. Fué entonces cuando debieron iniciarse las negociaciones de venta o arriendo de la mina, y cuando repetidamente media en el asunto la Sociedad Mokta-el-Hadid, que por estudiar sus posibilidades en tres o cuatro épocas diferentes tiene que considerar la cuestión "transporte" muy variablemente y conforme a las realidades que regían en los años en que mantuvo su interés.

Todos los cálculos y anteproyectos de esta Sociedad minera fueron amoldados al hecho, para ella elemental, de *que, siendo el tonelaje seguro relativamente pequeño, y el posible, demasiado indeterminado*, la solución del concepto "transporte" habría de representar una inmovilización mínima.

En este sentido, y aun reconociendo la posibilidad de encontrar un punto de embarque de condiciones aceptables al este de Motril (Calahonda, Castel de Ferro, La Rábita), al que se podría llegar sin dificultades especiales con cables de

20 a 27 kilómetros de recorrido, se inclinó (en 1929) a descartar esta solución y a tender hacia otra que aprovechara el cable Dúrcal-Motril y el puerto de esta ciudad, ambos del servicio público y en explotación regular por aquel entonces.

Naturalmente que esta acomodaticia solución representaba además de llegar a conseguir unas tarifas prudentiales, tanto en el cable como en el puerto, el que la Sociedad explotadora del primero construyese su proyectado ramal a Orjiva y el que los compradores de la mina montasen, a su exclusivo cargo, el de Conjuero-Orjiva.

Este último transporte aéreo automotor llegó a proyectarse por firmas especializadas en la materia, que con un desarrollo de 13.000 metros, una estación de ángulo intermedia y un desnivel favorable de 800 metros, presupuestaron un coste total (a razón de 100.000 pesetas kilómetro) de 1.300.000 pesetas, y en él adelantaron, como precio de coste de la tonelada kilómetro, uno comprendido entre 0,10 y 0,12 pesetas.

Respecto al trayecto Orjiva-Puerto de Motril, y teniendo en cuenta el volumen grande y regular a transportar y la ventaja de que este tonelaje habría de cargarse al cable en su recorrido descendente y sin casi movimiento de mercancías, se contó con el precio a "forfait" de 3,50 pesetas por tonelada.

El embarque en Motril fué asimismo estudiado en todos sus detalles: máximo de 180.000 toneladas anuales, barcos de 5.000 (36 al año), "stock" máximo de 20.000 y velocidad de carga algo inferior a 200 toneladas a la hora, o sea, apropiada a conseguirse por medio de grúas servidas por vagones especiales. Con semejantes condiciones se presupuestó un "gasto de establecimiento" (depósitos, grúa, vagones, etc.) de 500.000 pesetas y un precio de coste de 0,60 pesetas por tonelada.

En resumen: la solución que en 1929 parecía la más conveniente representaba una inversión de 1.800.000 pesetas y

un precio de coste del transporte y carga aproximado a las seis pesetas por tonelada. Todo ello contando con que el cable Dúrcal-Motril hubiese prolongado su acción hasta Orjiva.

* * *

Todo lo anterior de este capítulo estaba muy en razón en 1929; pero, por desgracia, en el día de hoy, 1946, las condiciones económicas son muy otras que las que sirvieron de base al calcular los anteriores desembolsos y precios de coste. De ello el que el problema haya variado tan radicalmente que el que quiera atacarlo de nuevo se verá obligado a hacerlo de manera muy diferente de la que acabamos de esbozar.

En efecto: no está construido, ni se construirá nunca, el ramal de cable que debía unir el central de Dúrcal-Motril con Orjiva, ni tampoco la marcha actual del que hemos llamado "central" presenta ninguna garantía de poder cumplir el servicio que se le reservaba en el reparto general; mal entretenido y con escaso transporte y rendimiento en estos últimos años, conlleva una vida precaria de funcionamiento discontinuo e inseguro.

Por otra parte, las tarifas actuales de este existente medio de transporte, lo mismo que las que hoy cobra el puerto de Motril, habrían de resultar de un orden muy diferente que las calculadas entonces con un optimismo razonable para aquella fecha. Sólo en lo que se refiere a las del cable (las que se habían estimado en 3,50 pesetas por tonelada, desde Orjiva a Motril) habría hoy que contar con un aumento desproporcionado, ya que nos consta que, desde Tablate a Motril, y para unos minerales de hierro de color, esta Empresa de transportes cobra 40 pesetas por tonelada, y ello en un trayecto que será, poco más o menos, la mitad del que utilizarían los minerales del "Conjuro", y sin tener que hacer ninguna ampliación de su instalación.

Finalmente, el desembolso y el coste de la tonelada por kilómetro, presupuestados para el trozo particular "Conjuro"-Orjiva, sufrirían hoy el aumento general que han experimentado todas las actividades industriales, y en especial aquellas que han de emplear materiales siderúrgicos, algunos de fabricación especial. Lo que entonces se comprometían a construir y montar a razón de 100.000 pesetas por kilómetro, ¿no habría hoy de ascender de las 500.000 pesetas por kilómetro y, con ello, a cargar sensiblemente el precio del transporte de la tonelada por kilómetro?

* * *

Desechada por tantas razones una solución en cuya factibilidad se creyó en 1929, no puede existir otra (para no pensar en un quimérico transporte por carretera ni en que llegue a ser una realidad el proyecto de un ferrocarril estratégico del Estado, comunicando las Alpujarras con Motril) que la exclusivamente minera y propia de unir el "Conjuro" con un puerto-embarcadero del Mediterráneo por medio de un cable directo y de trazado (automotor en la mayoría de su trayecto) conveniente.

La realización de un proyecto de semejante envergadura ha de representar, de ahora en adelante, la inversión de considerables capitales en el tendido de un cable de 20 a 27 kilómetros de longitud, y en la habilitación y utillaje de un punto de embarque sin las condiciones y defensas de un puerto como el de Motril. También ha de contarse con las repercusiones de orden comercial, en razón de las dificultades y peligros que supone efectuar una carga en casi mar abierto, que necesariamente traerá consigo la adopción de esta modalidad del transporte y embarque de los minerales del "Conjuro".

Por de pronto, y sólo en lo que respecta al cable, no creo exagerado el adelantar, como mínimo, un desembolso de 12.500.000 pesetas (500.000 al kilómetro ?); unida esta cantidad a la que necesariamente se llevaría la construcción o arreglo de un embarcadero de condiciones mínimas, ha de alcanzar indefectiblemente una cifra cuya amortización sólo se lograría con un transporte de fuerte volumen y de muchos años de duración.

En esta convicción puede asegurarse, sin temor alguno, que los 2.500.000 y aun los 3.700.000 toneladas que, con más o menos optimismo, pueden hoy ser la expresión de la cubicación de la parte central del criadero, son totalmente insuficientes para fundar en ellos la anterior solución, que, aparte el cumplimiento de varias condiciones de orden diverso, ha de exigir un tonelaje mínimo de unos ocho millones, o unas situaciones comerciales muy diferentes a las que hoy rigen los mercados de los minerales de hierro. (Los últimos precios, para la exportación de un buen mineral con el 50 por 100 de Fe, varían entre las 45 y 50 pesetas por tonelada, ferrocarril o barco.)

No es extraño, por tanto, el que concedamos nuestro mayor interés a las masas de "San Augusto" y "San Adolfo", que, formando parte del criadero del "Conjuro", no han sido tenidas en cuenta en sus estudios. Son las únicas que, en un caso afortunado, y previas dos investigaciones verdaderas, podrían elevar hasta ocho millones los tres o hasta los cuatro que se han concedido para el lentejón del cerro.

ESQUEMA DE UNA POSIBLE EXPLOTACIÓN DEL CRIADERO DEL "CONJURO"

El examen de los perfiles que hemos incluido anteriormente descarta toda discusión sobre el método de explotación más adaptable a la clase y condiciones del yacimiento del "Conjuro" o, más exactamente, a su parte más próxima a los afloramientos.

El cuadro de las áreas correspondientes a cada sección del yacimiento y su comparación con otro similar, en el que constan las superficies estériles que montan sobre cada uno de los perfiles considerados, confirma la ventaja indiscutible de la explotación a "cielo abierto".

Para su parte profunda (de delimitación definitiva, a fijar en último momento), en la que hay que contar con la frecuente inclusión de episodios estériles irregularmente distribuidos en la masa del criadero y con recubrimientos desproporcionados a sus potencias mineralizadas, el "coeficiente de desmonte" sería demasiado elevado, y de ello el que creamos que su arranque más económico ha de ser subterráneo, y posterior y supeditado a la definitiva extensión del principal a "cielo abierto".

En esta explotación mixta o, más propiamente, en sus canteras al descubierto habrá que descartar el empleo de excavadoras mecánicas, que si dan inmejorable rendimiento en canteras abiertas en terrenos homogéneos y fácilmente troceables, fracasarían seguramente en los amontonados y calizos frentes de arranque del "Conjuro", que, además, han de presentar el pie forzado de quedar íntimamente unidos, con pozos y planos inclinados, para la evacuación común de sus minerales y estériles.

Lo más prudente sería contar con una "perforación", realizada con potentes martillos de aire comprimido; con un "troceado", a mano o a martillo pequeño; con un "estrío" y "carga" manual, y con un "transporte" a base de vagonetas de unas dos toneladas de capacidad, arrastradas con ganado mular.

En estas o parecidas condiciones de trabajo, y con una explotación anual comprendida entre 150.000 y 200.000 toneladas, la comparación con instalaciones similares en plena marcha hace suponer como muy probable un *precio de coste en bocamina comprendido entre 13 y 16 pesetas por tonelada*.

El montaje y preparación de una explotación como la que acabamos de esquematizar, y su misma modificación posterior hacia un postrer aprovechamiento subterráneo de las "colas" no desmontadas del criadero, ha de representar un gasto de "primer establecimiento" muy aproximado a los dos o tres millones de pesetas.

El desglose hipotético de esta cifra bien pudiera ser de un orden parecido al siguiente:

	PESETAS
<i>Habilitación de canteras.</i> —Planos inclinados automotores, a desembocar en dos galerías colectoras dotadas de pozos de descarga, ramal de estériles y prolongación hasta el almacén de minerales en bocamina.....	400.000
<i>Material móvil.</i> —Suponiendo en arranque simultáneo de mineral y de estériles diez canteras o pisos de 10 ó 12 metros de altura y una explotación total de 150.000 toneladas de mineral y de 120.000 metros cúbicos de caliza (anual), será necesario el empleo de unas 150 vagonetas de dos toneladas de capacidad unitaria; ello puede representar un gasto de...	500.000
<i>Vías férreas.</i> —Diez pisos de 300 metros de longitud media, dos galerías colectoras de 800 metros y otros 200 metros repartidos en los diferentes planos inclinados, hacen un total de unos 4.000 metros de vía, que con sus accesorios suponen...	250.000
<i>Aire comprimido.</i> —150 C. V. de potencia en compresores, unos 20 martillos de dos tamaños y unos 2.000 metros de tubería de conducción de aire comprimido.....	450.000
<i>Suma y sigue</i>	1.600.000

	PESETAS
<i>Suma anterior</i>	1.600.000
<i>Fuerza motriz.</i> —La línea general, a 6.000 voltios, que va desde Dúrcal a Almería, pasa muy próxima (unos dos kilómetros) de la mina. Este pequeño ramal y un puesto de transformación de 6.000/220 voltios.....	150.000
<i>Depósito de mineral en bocamina.</i> —Unas.....	125.000
<i>Construcciones diversas.</i> —Cuarteles para algunos obreros, oficinas, casa personal directivo, cuadras, etc.....	400.000
<i>Varios e imprevistos</i>	250.000
TOTAL DEL TANTEO.....	2.525.000

Ya puede apreciarse que si toda la inversión a efectuar en una imaginaria explotación del yacimiento del "Conjuro" no fuese otra que la tan imprecisa del anterior tanteo, su aspecto económico (sólo en lo que respecta a la "amortización") sería francamente abordable. Una amortización próxima a una peseta por tonelada, de la cubicación mínima y segura, no nos parece nada exagerada.

Por desgracia, la gran dificultad de este asunto del "Conjuro" estriba en que para dar solución al "transporte" de sus minerales no vemos otra salida que la construcción de un cable de unos 25 ó 30 kilómetros de mal recorrido y la habilitación de un punto de embarque al final de este trayecto. Los 13 ó 16 millones de pesetas que, en esta fecha, habrían de costar estas obras, elevarían el "total del gasto de primer establecimiento" de la Empresa hasta una cifra cuya cuota de amortización llegaría al orden de las cinco o seis pesetas en tonelada y para la cubicación de 2.500.000 toneladas.

CONCLUSIONES

I. El criadero del "Conjuro" presenta en la actualidad un interés completamente relativo. Si su *tonelaje mínimo y*

seguro, aun admitido el de tres millones, es insuficiente para conseguir la amortización de las inversiones que ha de necesitar el montaje racional de su "explotación" y "transporte", *sus cubicaciones probables* y hasta *posibles* (aun por justipreciar) no parecen tampoco dar grandes esperanzas, y menos aún la seguridad de que alcancen una realidad total de 7.500.000 toneladas, que es el mínimo que estimamos necesario para asegurar en él una "explotación" de rendimiento económico.

II. Los minerales de su masa central (la del cerro) son francamente de *buena composición química*, y en este aspecto, su colocación en cualquier siderurgia no ha de chocar con ninguna dificultad.

Los de las masas periféricas (realmente poco conocidos) aparentan una calidad inferior, pero no rechazable.

III. Físicamente, y aunque a primera vista pudieran aparecer como "excesivamente menudos", estos minerales son de una composición *muy granular* y nada "polvorienta". De ello el que pueda contarse con que el mercado los admita en su estado de "todo-uno".

Su comportamiento y desintegración física, en cualquier transporte y proceso industrial de utilización, ha de resultar satisfactorio.

IV. El gran obstáculo que hoy se opone a su posible aprovechamiento económico es la cuestión del "transporte", hasta el mar, de sus minerales.

En la actualidad, el único racional obligaría a unos desembolsos totalmente desproporcionados a la cubicación mínima y segura del yacimiento. Sólo si ésta llega a ampliarse hasta cifras de mayor consideración es cuando podría asegurarse que el asunto había llegado a una proporcionalidad que hoy día, dentro de sus realidades mineras comprobadas, de la carencia de un ferrocarril en toda la Alpujarra y de los costos

y valores en venta de los minerales de hierro, le falta, sin género alguno de duda.

V. Las anteriores conclusiones lo son dentro del estado actual de los mercados del mineral de hierro y de la carencia de todo medio de transporte de servicio público, del que pudiera aprovecharse el del "Conjuro". Un alza considerable en los precios de venta, o la construcción por el Estado de un antiguo proyecto de ferrocarril, uniendo las Alpujarras con el puerto de Motril, habrían de cambiar por completo el interés del criadero, aun con la única cubicación que le hemos reconocido como mínima.

VI. Por el momento no creemos aconsejable otra solución que la que tienda a estudiar y valorizar definitivamente las distintas masas del coto minero.

En tal sentido, no vemos otro campo de acción que las mineralizaciones periféricas de "San Augusto" y "San Adolfo", la parte central del lentejón del cerro y hasta su misma cola del Sur.

La valorización de estas zonas podría realizarse con "investigaciones mineras" de cierta extensión en la planta, pero también de suma sencillez de concepción y desarrollo: unos 600 metros de galerías de reconocimiento de planta horizontal y otros 200 de pocillos o calderillas, unos y otros bien distribuidos y emboquillados desde el mineral de los distintos afloramientos, serían, sin duda, muy suficientes para alcanzar un conocimiento real del tonelaje de estas masas y de la clase de sus minerales.

**COMPOSICION ELEMENTAL POR
METODOS ESPECTRALES DE AGUAS
MEDICINALES DE LA PENINSULA
IBERICA NUM. 1**

POR

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA



JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA

COMPOSICION ELEMENTAL POR
METODOS ESPECTRALES DE AGUAS
MEDICINALES DE LA PENINSULA
IBERICA NUM. 1

Como continuación de los estudios elementales, por métodos espectrográficos, de los diversos minerales de la Península Ibérica, publicamos esta primera parte del correspondiente a 144 muestras de aguas medicinales. Se enumeran los residuos secos: del 1.301 al 1.350, los de Portugal, comprendidos entre el Miño y el Duero; del 1.401 al 1.458, los de Galicia, y del 1.501 al 1.536, los del resto de España. Las muestras de Galicia se reseñan por separado, por ser objeto de un detenido trabajo, que tenemos en curso, sobre las aguas mineromedicinales gallegas. De los residuos que se han utilizado para los análisis, los de Portugal fueron preparados por el Dr. Brito; los de Galicia, por nosotros, y los del resto de España, unos, por los doctores Piña y Sirvent, con ocasión de un trabajo anterior (1), y otros, por nosotros.

El estudio químico, por métodos espectrales, de las aguas de España comienza de una manera sistemática por un interesante trabajo de los doctores Piña y Sirvent (1), en que analizan 40 muestras de aguas medicinales sin citar procedencia, identificando en ellas Ag, Al, Ba, Ga, Cu, Fe, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Pb, Si, Sn, Sr y Ti. Con posterioridad, el primer autor estudia nuevamente diez de éstas, objeto de una segunda publicación (2), en la que se menciona

lantano en el agua de Panticosa, sin duda por errata de imprenta, en lugar del calcio, y, por último, completa esta serie con cuatro manantiales del Este de España, también sin citar procedencia, estudio que figura en la correspondiente comunicación (3), en que el único elemento no citado anteriormente por el profesor Piña es el berilio, reconocido en dos muestras. En el vecino país comienzan los estudios, de una manera esporádica, por el profesor Pereira Forjás (4), y se les da a estos trabajos una orientación sistemática, con motivo de la tesis doctoral que tuve la honra de dirigir al profesor Brito (5), de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oporto; en ella se analizan 50 muestras de residuos secos de aguas medicinales, pertenecientes a la zona comprendida por los ríos Miño y Duero. Los elementos que encontramos en este trabajo fueron: Al, Ba, Be, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, V y Zr.

La técnica empleada consiste en la obtención de los residuos secos de las aguas a 120 grados, y con 0,02 gramos de éstos se obtienen los correspondientes espectrogramas con excitación por arco, con corriente continua, a 220 V en la línea, y 5 A, hasta la volatilización total de la sustancia. Los electrodos auxiliares son carbones muy puros; el espectrógrafo utilizado, un Hilger de dispensión grande, y la zona en que se opera, desde los 2.400 a los 5.000 Å.

Los doce elementos encontrados en todos los residuos son: Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Si y Sr, mientras que los contenidos sólo en algunos de los residuos fueron los catorce siguientes: Ag, Be, Co, Cr, Ga, Ge, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, V y Zr. Caso de que los residuos hubiesen sido sometidos a tratamientos físicos o químicos, para su concentración, quizá se hubiera podido reconocer la existencia de más elementos en las aguas; pero se ha mantenido el criterio de operar directamente con los residuos.

Plata.—Este elemento sólo se puede identificar con toda garantía en las siete muestras reseñadas; pero en los espectrogramas de varios de los residuos se aprecian ligeros indicios de las dos líneas más persistentes de la plata.

Berilio.—Con certeza, sólo pudimos reconocer el berilio en 21 muestras, todas portuguesas, comprendidas en las cuencas del Miño, Bajo Cavado, Alto Tamega y Vilarica.

Cobalto.—Se aprecia claramente el cobalto en 18 muestras; de ellas, cinco, portuguesas, y 13, gallegas.

Cromo.—En 11 muestras, de ellas dos portuguesas y nueve gallegas, hemos encontrado cromo.

Galio.—Este elemento se puede identificar en 46 muestras: 19, portuguesas; 16, gallegas, y 11, del resto de España. Al igual del germanio, parece localizado el galio en determinadas zonas, y es raro encontrarlo en muestras que no contengan aquel elemento.

Germanio.—Elemento más frecuente que el anterior, se ha identificado el germanio en 26 muestras de Portugal, 27 de Galicia y 11 del resto de España. Se puede afirmar que las aguas superficiales, o al menos las que tanto geoquímica como térmicamente así se manifiestan, contienen algunas veces germanio, en contra de la hipótesis de Bardet, confirmada por Piña de Rubies y Sirvent, de que este elemento es específico de las profundas; si se consideran las gallegas, que son las estudiadas más detenidamente, se aprecia claramente en las aguas ferruginosas de Veco, Buliqueiras, Cañás, Lardeidos, etcétera, que brotan a temperaturas de 14 a 17 grados.

Molibdeno.—De las 33 muestras que contiene el molibdeno, 25 pertenecen a Galicia, proporción que resulta muy elevada con respecto a las del resto de la Península.

Níquel.—De las 29 muestras que dieron níquel, dos son de Portugal y 27 de Galicia, por lo que se puede repetir la misma observación que hemos hecho para el molibdeno.

Plomo.—El 76 por 100 de las muestras analizadas contienen plomo, proporción elevada, que lo coloca como el más frecuente de estos catorce elementos; en ocasiones anteriores hemos sostenido la opinión de que se trata de plomo radiogénico.

Estaño.—Elemento encontrado con una frecuencia de 33 por 100; en las aguas parece ser que se manifiesta principalmente en los manantiales de zonas estanníferas.

Titanio.—En el 54 por 100 de las muestras analizadas se aprecia la existencia de titanio, figurando en segundo lugar, por su frecuencia, entre los catorce elementos reseñados.

Vanadio.—Se encuentra vanadio en 37 residuos de los estudiados.

Circonio.—Se ha reconocido el circonio en cinco aguas portuguesas y cuatro gallegas, que son: Nuevo Carballo (San José), Los Angeles, Louzal y Guitiriz.

Antimonio.—Sólo se ha reconocido la existencia del antimonio en dos manantiales ferruginosos bastante próximos, que son Cañas y Sumio.

En los cuadros que figuran a continuación reproducimos los resultados cuantitativos, aproximados, en proporción de residuo seco de los 14 elementos encontrados solamente en algunas de las muestras. Los números consignados en el cuadro se refieren a proporciones en residuos secos, y quieren decir el exponente negativo de 10, que indica, aproximadamente, el contenido en elemento; así es que el número 6 indica que la cantidad de elemento contenido es del orden de una millonésima.

Es difícil generalizar, como han pretendido algunos autores, la profundidad de procedencia de las aguas con el contenido en elementos del grupo del hidrógeno sulfurado en sus residuos, en el sentido de que estos elementos son más frecuentes en las aguas profundas. Si se consideran los tres

elementos del mencionado grupo contenido en algunas aguas, se aprecia que el antimonio sólo está en dos, que son las de Cañas y Sumio, precisamente ferruginosas, de poca profundidad; el plomo, salvo Inciό y Fonteferreña, está contenido en todas las ferruginosas estudiadas, careciendo de él varias sulfurosas, y el estaño se encuentra con la misma frecuencia en las sulfurosas de origen profundo, algunas de hasta 40 grados, como la tomada en la sala de primera de Arteijo, que en las ferruginosas poco profundas, como las ya mencionadas de Cañas y Sumio.

Parecen confirmar los análisis elementales la opinión anterior de que las aguas se mineralizan secundariamente con estos elementos, a costa de los contenidos en pequeñísimas proporciones en los terrenos que atraviesan, sin necesidad de que existan criaderos del elemento correspondiente.

BIBLIOGRAFIA

(1) PIÑA DE RUBÍES (S.) y SIRVENT D'ARGENT (C.): "Determinación espectrográfica de los cationes de algunas aguas mineromedicinales españolas". I. An. S. E. de Fis. y Quím., XXIX, 235, 1934.

(2) PIÑA DE RUBÍES (S.): "Determinación espectrográfica". II. An. S. E. de Fis. y Quím., XXIX, 653, 1934.

(3) PIÑA DE RUBÍES (S.) y AMAT BARGUES (M.): "Espectroanálisis en arzo de algunas aguas medicinales españolas". III. An. S. E. de Fis. y Quím., XXXIII, 765, 1935.

(4) PEREIRA FORJÁS (A.): "Spectrochimie des eaux minerales portuguis. L'eau de Cambres". C. R., CLXXXIX, 703, 1929.

"Spectrochimie des eaux minerales portuguis. L'eau de Gerez". C. R., CLXXXVI, 1.366, 1928.

(5) BRITO (A. C. DE): "Contribução para o Estudo Espectrográfico das Aguas Minerales do Norte de Portugal". Porto, 1945.

Presentado en el Congreso para "El Progreso de las Ciencias". San Sebastián, 11 de abril de 1947.

Núm.	CUENCA HIDROGRÁFICA	M A N A N T I A L	Ag	Be	Co	Cr	Ga	Ge	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zr
1401	Ballo	Fonte Ferreira (Ladrado)														
2	Condornias	Louzal													6	4
3	Veiga	Veco			∇ 4		5	6	∇ 3	3	3		6	4		
4	Mar	San Jorge			4					∇ 6	6		∇ 6	∧ 4	5	
5	Jubia	San Saturnino			∧ 4	4				4	3		6	∧ 5	6	
6	Fume	Portoferreiro			∧ 7	4		6		3	3		∇ 6	∧ 4		
7	Fume	Buliqueiras				4		6		∇ 3	3		6	∧ 5		
8	Mandeo	Boceiro						6		3	3		6	∧ 5		
9	Mero	Cañas			5	4		6		4	4		5	∧ 5		
1410	Mero	Sumio								3	3		6	∧ 5		
1	Arteijo	Arteijo (Fuente Santa)								4	4		5	∧ 4		
2	Arteijo	Arteijo (Sala de 1.ª)								∇ 4	4		∧ 6	∧ 5		
3	Arteijo	Arteijo (Sala de 2.ª)								∇ 4	4		∧ 6	∧ 5		
4	Arteijo	Arteijo (pulverizaciones)								∇ 4	4		∧ 6	∧ 5		
5	Arteijo	Arteijo (chorro frío)								∇ 4	4		∧ 6	∧ 5		
6	Perucia	Xeljo								4	4		∧ 6	∧ 5		
7	Allones	Rus			5					∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
8	Allones	Vivente								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
9	Allones	Carballo (balsa)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1420	Allones	Carballo (San José)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1	Allones	Carballo (caliente)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
2	Allones	Carballo (asiento)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
3	Allones	Javiña								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
4	Allones	La Souta								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
5	Allones	Candins								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
6	Allones	Caronta (Castelo)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
7	Mar	La Lage (Santa Irene)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
8	Tambre	La Lage (capilla)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
9	Tambre	Sobrado								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1430	Tambre	Lardeiros (ferruginosa)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1	Tambre	Lardeiros (sulfurosa)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
2	Ulla	Belmil								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
3	Ulla	Brandoso								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
4	Ulla	Brandoso Prevedinos								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
5	Ulla	Donas								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
6	Ulla	Loimil (ferruginosa)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
7	Ulla	Loimil (sulfurosa)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
8	Ulla	Selva negra								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
9	Ulla	Par								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1440	Ulla	Puentevéa								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1	Ulla	Los Angeles								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
2	Ulla	Soiglesia								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
3	Ulla	Bejo								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
4	Ulla	Pardinas								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
5	Miño	Guitiriz								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
6	Miño	Lugo (pulverizaciones)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
7	Miño	Lugo (Arqueta)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
8	Miño	Lugo (inhalaciones)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
9	Miño	Lugo (bicarbonatada)								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1450	Miño	Céltigos								∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		
1	Miño									∧ 6	6		∧ 6	∧ 5		

Núm.	CUENCA HIDROGRÁFICA	MANANTIAL	Ag	Be	Co	Cr	Ga	Ge	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zr
1452	Miño	Incio											>5			
3	Miño	Mondariz									6					
4	Miño	Gándara									6					
5		Caldelas de Tuy							<4		6			>5		
6	Duero	Verín	5								6			1		
7	Duero	Villaza	5				<5	5			6			1		
1458	Duero	Cabreiroa									6					
1501	Urola	Cestona					>6	6								
2	Miera	Solares					>6									
3	Nalón	Caldas de Oviedo	>5													
4	Duero	Calzadilla del Campo					>6	5	4						6	
5	Tajo	Trillo (Carlos III)														
6	Tajo	El Molar (Fuente del Toro)									>6					
7	Tajo	Valdelazara					>6				6					
8	Tajo	Valdemorillo	>5				>6	6	4		<5		>5	>6	>6	
9	Tajo	Venta del Hoyo														
1510	Guadiana	Hervideros de Fuensanta									6					
1	Guadiana	La Parrilla					>6	6			5		<6	>6	6	
2	Lanjarón	Lanjarón (Capuchina)											<6	6		
3	Segura	Archena									6		<6	6		
4	Júcar	Cofrentes	>5								>5		<5	>4	6	
5	Júcar	Onteniente														
6	Mijares	Manzanera											>5			
7	Ebro	Hoznayo									>5		>5	5	>6	
8	Ebro	Ontaneda											>5	5	>6	
9	Ebro	Escalada (ferruginosa)							4				6	5	>6	
1520	Ebro	Escalada (sulfurosa)							4				6	5	>6	
1	Ebro	Corconte														
2	Ebro	La Muera de Arbieto					>6	6								
3	Ebro	Cucho														
4	Ebro	Fuente Caliente (El porvenir de Miranda)	>5								6		<5	6	6	
5	Ebro	Arnedillo														
6	Ebro	Belascoain											<5			
7	Ebro	Burlada									6			6		
8	Ebro	Tiermas					>6	6			6			<6		
9	Ebro	Panticosa					>6	6	4		>6		<6	6	>6	
1530	Ebro	Panticosa (San Agustín)					>6	6			>6		<6	6	>6	
1	Ebro	Jaraba (Jerez)					>6	6			>6			6		
2	Ebro	Jaraba (Sicilia)	>5				>6	6			>6			6		
3	Ebro	Alhama de Aragón									>6			6		
4	Besós	Caldas de Montbuy (Termión)									>6			6	6	
5	Ter	Caldas de Malavella (Vichy c.)					>6	6			<4			6		
6	Muga	Vilajuiga														
Frecuencia por 100			4	15	13	8	32	45	23	20	76	2	23	54	26	8

Núm.	CUENCA HIDROGRÁFICA	MANANTIAL	Ag	Be	Co	Cr	Ga	Ge	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zr
1301	Miño	Melgaço Principal												<5		
1302	Miño	Melgaço Nova												<5		
1303	Miño	Penso		>6										<5	6	
1304	Miño	Valadares		>6										<5		
1305	Miño	Monção S. Bento		>6										<5		
1306	Miño	Monção Santa Maria		>6				>6						<5	>6	
1307	Miño	Monção N. S. da Saúde		>6				>6						<5	>6	
1308	Miño	S. Pedro da Torre						>6						<5	>6	
1309	Lima	Padreiro														
1310	Lima	S. Jorge Ribeiro Grande														
1311	Alto Cavado	Gerez Bica					>6	5	4		>6			>6		
1312	Alto Cavado	Gerez Forte					>6	5	4		>6			>6		
1313	Alto Cavado	Caldelas de Fora					>6	6			>6		6	>6		
1314	Alto Cavado	Caldelas Barbosa					>6	6			>6			>6	>5	
1315	Bajo Cavado	Gestal					>6	6			>6			>6		
1316	Bajo Cavado	Fraiao		>6							>6			>6		
1317	Bajo Cavado	Barcelos Castanheirinhos		>6	>4	>4		6		>6					6	
1318	Bajo Cavado	Barcelos S. Mart. de Galegos		>6												
1319	Bajo Cavado	Barcelos Barcelinhos		>6												
1320	Ave	Creixolil					>6									
1321	Ave	Taipas Banhos Velhos			>6		>6						<6	5	6	
1322	Ave	Taipas Banhos Novos			>6		>6							5		
1323	Ave	Vicela Médico			>6			6			>6					
1324	Ave	Vicela Rio					>6				>6					
1325	Ave	Vicela Lameiras					>6	<6						>6		
1326	Ave	Vicela Mourisco			>6		>6	6						>6		
1327	Ave	Santo Tirso Caldas de Saúde					>6	6						>6		
1328	Alto Tárrega	Chaves		>6												
1329	Alto Tárrega	Vidago Campilho		5											6	4
1330	Alto Tárrega	Vidago 1.ª		5												4
1331	Alto Tárrega	Vidago 2.ª		5												4
1332	Alto Tárrega	Vidago Salus		5												4
1333	Alto Tárrega	Pedras Salgadas Romana									<6					
1334	Alto Tárrega	Pedras Salgadas		>6							<6					
1335	Alto Tárrega	Pedras Salgadas Penedo		>6							<6					
1336	Alto Tárrega	Pedras Salgadas Grande Alcalina														
1337	Alto Tárrega	Pedras Salgadas D. Fernando									<6					
1338	Bajo Tárrega	Canaveses Principal					>6							<5		
1339	Bajo Tárrega	S. Vicente												<5		
1340	Bajo Tárrega	Entre-os-Rios Torre						>6					<6			
1341	Bajo Tárrega	Entre-os-Rios Casas Novas Norte						6								
1342	Bajo Tárrega	Entre-os-Rios Casas Novas Sul						>5						<5		
1343	Bajo Tárrega	Entre-os-Rios Curveira						5						<5		
1344	Vilarica	Bem-Saúde Sampaio		<5									<6		6	
1345	Duero	Covelinhas													6	5
1346	Duero	Grupo da Estrada Antiga					>6	5						<5		
1347	Duero	Lameira 28						5						<5		
1348	Duero	Lameira 30						5						<5		
1349	Duero	Grupo do Rio Bica			>4			5		5				<5		
1350	Duero	Grupo do Rio 30						5						<5		



ROCAS SEDIMENTARIAS

POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

FOR

MIGUEL MOYA

INGENIERO DE MINAS

MIGUEL MOYA

ROCAS SEDIMENTARIAS

POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

Si a un profano en geología se le dice que una cierta roca muy porosa es poco permeable y que otra determinada roca poco porosa es muy permeable, es posible que no deje de mostrar cierta extrañeza. Pero los menos versados en estas materias saben perfectamente que puede ser así y el porqué.

El tema es sencillo, diríamos que elemental, y por eso sin duda no existe, que nosotros sepamos, bibliografía española que trate del asunto, y desde luego las obras que sirven de enseñanza en los centros especializados no aluden a él, aunque el Instituto Geológico trabaja en esta materia, teórica y experimentalmente. Pero la sencillez del problema no le quita importancia, sobre todo para el estudio de aguas subterráneas, de yacimientos petrolíferos, etc. Y por ello no es de extrañar que en Norteamérica, por ejemplo, sea copiosísimo el número de publicaciones que traten detenidamente de la porosidad y permeabilidad de las rocas.

Porosidad de una roca es la existencia en su masa de oquedades o poros. Permeabilidad de una roca es la posibilidad de los flúidos líquidos y gases que atraviesan su masa.

Cuando hablemos de poros hemos de referirnos a los poros visibles o aparentes, que pueden ser observados a simple vista o con el microscopio ordinario.

Al hablar de permeabilidad la referiremos al paso del

agua, prescindiendo de las influencias de presión y temperatura del líquido. Y sólo nos referiremos a las rocas sedimentarias y, dentro de este grupo, a alguno de sus tipos. Todo ello a fin de no faltar a la obligada brevedad de estas notas.

Los poros de las rocas sedimentarias pueden clasificarse por su origen y por tamaño. Su origen puede ser primario (espacios intergranulares y planos de sedimentación) y secundario (disolución y contracción, debida a distintas causas). Por su tamaño, los poros pueden agruparse en supercapilares, capilares y subcapilares.

La porosidad de una roca está determinada por el porcentaje que el volumen total de sus poros representa en un volumen dado de la roca. Se mide, corrientemente, por el volumen de agua que puede contener una muestra de la roca

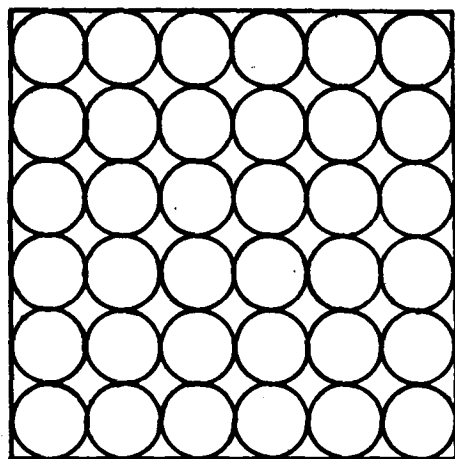


Figura A

de que se trate. Así, si un centímetro cúbico de roca contiene, estando saturada, un cuarto de centímetro cúbico de agua, la porosidad de la roca es del 25 por 100.

Teóricamente, si en un volumen dado de arena todos los granos fuesen esféricos y se tocasen uno con otro (fig. A), de

tal modo que los centros de los que forman una capa de la figura coincidan con los centros de los que están situados en la capa inferior formando lo que se llama una colocación abierta, tendremos una porosidad máxima de 47,64 por 100. Si, por el contrario, la colocación cerrada (fig. B) y los centros de los granos coinciden con los centros de los poros de

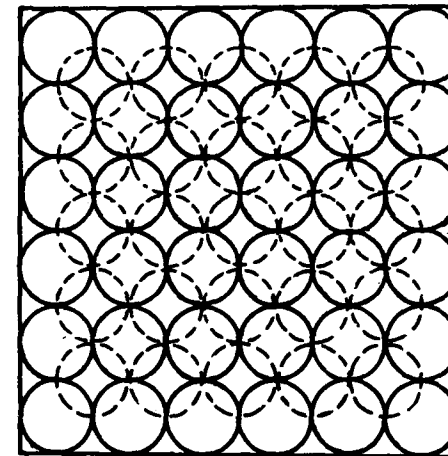


Figura B

la capa inferior (representado de puntos), la porosidad es mínima, 25,95 por 100. La comunicación entre los poros es fácil y directa en el primer caso, y sinuosa y difícil en el segundo.

Si aumentamos o disminuimos el tamaño de los granos en esta representación gráfica, el tamaño de los poros aumentará o disminuirá proporcionalmente y la porosidad seguirá siendo la misma. Es decir, la porosidad de una grava, en la que los guijarros sean esferas de dos centímetros de diámetro, será la misma que la de una arcilla compuesta de diminutas partículas esféricas. El tamaño de los poros será distinto, desde luego. La variación en la forma de los granos influye poco en la porosidad.

Si los granos son irregulares y angulosos, la porosidad

puede ser mayor o menor que en el caso que hemos supuesto para la forma esférica; pero si los granos son muy angulosos y no hay partículas planas, la porosidad es probablemente mayor que en el caso de las partículas esféricas.

La mezcla de granos gruesos y finos hace disminuir la porosidad de la roca, porque los granos finos ocupan los poros que dejan entre sí los granos gruesos.

Poros de origen primario son también los que existen en los planos de estratificación. Estos son debidos a la selección y agrupación de partículas de diferentes tamaños al efectuarse el transporte y sedimentación de las mismas. Debido a esta agrupación de materiales en los diferentes lechos de la formación, la porosidad cambia de unos lechos a otros.

Poros de origen secundario son producidos en las rocas solubles, por disolución y arrastre de partículas de la roca. Las oquedades se producen en mayor escala por encima del nivel hidrostático, pero pueden existir a grandes profundidades.

De origen secundario son también las oquedades o poros debidos a la contracción de las rocas, debida a dolomitación, deshidratación y otras causas.

Para que el agua pase a través de las rocas es necesario que las oquedades o poros se comuniquen entre sí y que tengan un cierto tamaño. Hemos dicho ya que las oquedades pueden clasificarse por su tamaño, en supercapilares, capilares y subcapilares.

Las oquedades supercapilares son aquellas en las cuales el agua responde a las leyes comunes de la hidrostática. Esto sucede en los tubos o conductos con un diámetro superior a 0,508 milímetros o entre planos distantes entre sí más de 0,254 milímetros.

Las oquedades capilares son aquellas en las que los tubos o conductos tienen un diámetro menor que 0,508 milímetros

y mayor que 0,0002 milímetros, o entre planos cuya separación esté comprendida entre 0,254 milímetros y 0,001 milímetros. En estos casos el agua no obedece a las leyes de la hidrostática, sino que está sujeta a la atracción capilar, y no circula tan libremente como en el caso anterior, por la gran fricción que ejerce a lo largo de las paredes. Las oquedades subcapilares son las de diámetro menor que 0,0002 milímetros o separación entre planos inferior a 0,0001 milímetros. En éstas, la atracción ejercida por el sólido se ejerce a través de las paredes de las oquedades existentes (fenómeno de adsorción).

El agua puede penetrar por estas oquedades; pero tiende a quedar como adherida a las paredes, impidiendo la entrada de mayores cantidades de líquido. La circulación del agua a través de estas oquedades es, por consiguiente, lentísima. La permeabilidad de una roca está determinada por la cantidad de líquido que puede atravesar un volumen dado de la roca en un tiempo dado.

Si dos rocas tienen la misma cantidad de espacio poroso, es decir, la misma porosidad, pero el espacio poroso es supercapilar en una y subcapilar en otra, la que tenga oquedades de mayor tamaño presentará condiciones más favorables para el movimiento del agua, es decir, será más permeable.

Es el caso de una arenisca de grano grueso y de una arcilla. La porosidad en las dos puede ser la misma, porque ya hemos visto que en ella no influye el tamaño de los granos; pero la permeabilidad es distinta, porque ésta sí depende del tamaño de los granos y, por consiguiente, del tamaño de los poros.

Una grava compuesta de granos gruesos y de granos más finos, que rellenan los poros que dejan los primeros, puede tener una porosidad inferior a la de una arcilla o una pizarra, y como el tamaño de los poros es mayor en aquélla que en ésta, la primera, menos porosa, es más permeable que la se-

gunda: Las partículas, en las areniscas, son pequeñas y planas, y por ello tienden a juntarse estrechamente. Esta circunstancia, y la presencia de materia coloidal en arcillas y pizarras, tiende a aumentar la impermeabilidad de las rocas.

En el caso de rocas sedimentarias muy ricas en fósiles, hasta el punto de formar verdaderos bancos, éstos presentan una gran posibilidad y serán también muy permeables. En una misma formación sedimentaria, la porosidad y la permeabilidad pueden cambiar de unos lechos a otros y ser más fácil la circulación del agua, en el sentido de la estratificación, que a través de los distintos lechos. En una caliza que se transforme en dolomía hay una contracción de un 12 por 100. La porosidad que ésta origina aumenta también la permeabilidad de la roca.

Una roca fracturada puede ser muy permeable y muy porosa.

Como resumen de lo dicho, vemos que si, por ejemplo, en un conglomerado de cantos gruesos y granos finos el volumen total de poros para un volumen dado de la roca es menor que el volumen total de poros de una marga, el conglomerado tendrá menos porosidad, será *menos poroso* que la marga; y que si los poros, en el conglomerado, son supercapilares, y en la marga, subcapilares, el conglomerado tendrá más permeabilidad, será *más permeable* que la marga.

Si las consideraciones precedentes logran aclarar y precisar algo más las conocidas analogías y diferencias que en relación con las rocas sedimentarias ofrecen los conceptos de porosidad y permeabilidad, habremos conseguido nuestro deseo al redactar la presente nota.

BIBLIOGRAFIA

LAHEE (F. H.): "Field Geology".

EMMONS (W. H.): "The Principles of Economic Geology".

DANIELS (A.): "A Text-book of the Principles of Physics".

SLICHTER (C. S.): "Theoretical Investigation of the Motion of Ground Waters".

KING (F. H.): "Principles and Conditions of the Movements of Ground Water".

**METODO PARA DETERMINAR POR
FLUORESCENCIA LOS MINERALES
DE URANIO**

POR

JOSE MARIA DE MELGAR

DE LA SECCIÓN DE MINERALOGÍA DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

JOSE MARIA DE MELGAR

DE LA SECCIÓN DE MINERALOGÍA DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

METODO PARA DETERMINAR POR FLUORESCENCIA LOS MINERALES DE URANIO

Desde hace tiempo he buscado para los minerales de uranio una reacción que, al par que se pudiera emplear en ella cantidades muy pequeñas de mineral, fuera lo suficientemente característica y sensible para, sin género de dudas, tener la certeza de que se trata de un mineral del dicho uranio.

Ensayamos sin resultado positivo la fusión con multitud de sustancias, hasta que me comunicó el Sr. G. Serrano que la revista americana *Journal Chemical Education*, tomo 23, correspondiente a mayo de 1946, páginas 213 a 219, había publicado un procedimiento sobre un método de determinación para los minerales uranio con fluoruro sódico, del que es autor J. De Ment, de Portland (Oregón).

No hemos podido hallar dicha revista, y, por tanto, desconocemos el procedimiento que en ella se cita; pero como pudiera reunir las características que buscábamos, inmediatamente nos pusimos a trabajar sobre ello con halagüeños resultados, que estimamos de positivo interés, dada la sencillez de su técnica y lo sensible de la reacción, por lo que nos decidimos a publicarlo.

TÉCNICA E INSTRUMENTAL

Con un hilo de platino de los usados corrientemente para la obtención de perla, con el bórax o la sal de fósforo, se toma,

humedeciéndolo con el aliento, una pequeña cantidad de fluoruro sódico pulverizado; se lleva a la llama del mechero de Bunsen o al dardo del soplete; en donde se funde fácilmente, adhiriéndose al hilo; en este estado, y estando aún fundido, se pone de nuevo en contacto con el fluoruro sódico pulverizado, que se adhiere al que está fundido en el hilo; repitiendo esta operación tres o cuatro veces se tiene cantidad suficiente para formar una perla, que se funde, hasta que quede completamente hialina.

Se lleva a la lámpara de fluorescencia, o sea, una lámpara de cuarzo con filtro absorbente para los rayos luminosos (nosotros empleamos una lámpara Philips con filtro morado muy oscuro), y se comprueba que la perla, de por sí, no da ninguna fluorescencia.

Al enfriarse la perla se contrae, tomando la forma de una lente bicóncava, y en una de las concavidades, en donde se pone un grano de mineral a ensayar, del tamaño de una punta de alfiler, o un poco de polvo fino, se lleva con cuidado a la llama del soplete o del mechero y se funde de nuevo durante un minuto o poco más.

Se deja enfriar y se coloca bajo la lámpara de U. V., observándose, si el mineral ensayado contiene uranio, una fluorescencia amarilla que no se observa con ninguno de los minerales que hemos ensayado sin contenido de uranio.

Hemos hecho las pruebas con pechblenda, de Hornachuelos (Córdoba); samarskita, de Carolina del Norte; carnotita, de Mesa (Colorado); torbernita, de Vizeu (Portugal); gummita, de Kasolo (Congo belga); betafta, de Betafo (Madagascar), y otros muchos, de pequeño contenido en uranio, de diferentes localidades. Minerales que de por sí no dan fluorescencia, y que una vez se les ha sometido al tratamiento antes descrito la acusan claramente.

Como hemos observado que las sales de uranilo dan la

misma fluorescencia, y no los compuestos uraniosos ni uránicos, suponemos que lo que en la perla se forma es fluoruro de uranilo: $\text{Fe}(\text{UO}_2)$.

Para desprender la perla del hilo basta ponerla en un tubo de ensayo con agua y hervir durante unos momentos, teniendo cuidado que quede completamente limpio antes de nuevos ensayos, lo que se comprueba mirándolo a la luz fluorescente, que aprecia claramente si queda alguna partícula de la perla adherida al hilo.

Dado que el hilo de platino es susceptible de que por ponerlo en contacto con algún mineral sea atacado y se inutilice, hemos hecho pruebas con alambre de hierro de 0,5 milímetros, que aunque no tiene larga duración sirve, lo mismo que el platino, para estos ensayos, teniendo la ventaja de que se puede cortar la parte usada para hacer la perla y tirarla, en lugar de tener que limpiar el hilo, lo que siempre es engorroso.

Los minerales de thorio, cerio, tántalo, niobio, titanio, etcétera, que hemos ensayado, no dan ninguna fluorescencia.

Algunas fluorinas, la villemita y otros, que son fluorescentes de por sí, pierden esta cualidad después de tratados en la perla del fluoruro sódico fundido.

Si diera la casualidad de que la técnica usada por el señor De Ment fuera la misma que la encontrada por nosotros, nos confirmaría aún más en la utilidad y sencillez de la misma, a la par que nos satisfaría el haber coincidido con tan eximio hombre de ciencia en este nuestro modesto trabajo de investigación.

