AÑO 1958 - II TRIMESTRE - NUM. 50 (1.er Fasc.)
NUMERO EXTRAORDINARIO

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Sumario

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

NÚMERO 50

(1.er Fascículo)

NUMERO EXTRAORDINARIO

SEGUNDO TRIMESTRE

MADRID

1958

Depósito Legal M. 1.882.-1958

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

INTRODUCCION

Me cabe el honor de presentar este número extraordinario de NOTAS Y COMUNICACIONES, *que hace el cincuenta de los hasta ahora publicados, correspondiente al segundo trimestre del corriente año, aun cuando su gestación ha tenido lugar durante la dirección de mi antecesor, el Excmo. Sr. D. Alfonso de Alvarado, a quien en realidad corresponde la iniciativa de darle un carácter extraordinario y, por lo tanto, el éxito por la calidad y cantidad de artículos reunidos.*

Hace ahora exactamente treinta años que vió la luz el primer número de esta REVISTA, *cuya creación obedeció a la necesidad por todos sentida de disponer, no sólo los miembros y colaboradores del Instituto Geológico, sino todos los geólogos en general, de una publicación de aparición frecuente, en la que se pudieran dar a conocer tanto los estudios y trabajos que por su extensión o importancia relativas no debieran tener cabida en el Boletín y Memorias, como las noticias y observaciones de interés, a las que conviniera dar pronta publicidad, sin esperar a las publicaciones ya existentes, de aparición generalmente anual.*

Nuestra guerra de Liberación interrumpió la aparición de NOTAS Y COMUNICACIONES, *cuya publicación no*

se reanudó hasta el año 1941. Pero a partir de esta fecha ha ido tomando incremento, debido en gran parte al incesante aumento del número de geólogos españoles, y a partir de 1951 se vió la Dirección del Instituto Geológico y Minero de España en la necesidad de darle su actual carácter trimestral, para poder dar salida al abundante original recibido. Con ello, los geólogos españoles disponen de una publicación, de aparición regular y frecuente, con la que dar a conocer en plazo breve las noticias u observaciones que consideren interesantes.

El satisfactorio resultado obtenido con la publicación de NOTAS Y COMUNICACIONES *ha inducido a conmemorar la aparición del número 50, dándole un carácter extraordinario. Pero como la cantidad de geólogos ha crecido notablemente en España, y la acogida dispensada a la* REVISTA, *en general, y a esta iniciativa, en particular, ha sido muy favorable, nos hemos encontrado rápidamente con una cantidad de trabajos que obligan a descomponer el número en dos tomos y a cerrarlo sin poder solicitar muchas colaboraciones con las que hubiéramos deseado verlo honrado.*

Contienen estos dos tomos veintiocho trabajos de firmas tan prestigiosas como las de Alastrué, Bataller, Busnardo, Candel Vila, Comba, Crusanfont, Duc Rojo, Durand, Febrel, García Figuerola, García Fuente, Gómez de Llarena, Hernández Pacheco, Honn, López de Azcona, Meléndez, Menéndez Amor, Muñoz Cabezón, Pérez Mateos, Quintero, Reig, Revilla, Ríos, Romañá, Sáenz García, Sanz, Sos, Truyols, Vía, y el autor de estas líneas.

Todos ellos son muy interesantes y merecerían ser glosados, pero esto alargaría excesivamente esta introducción, y si, por el contrario, se intenta hacer referencia a algunos de ellos tan sólo, surge la insuperable dificultad de la elección, ya que considero a todos por igual dignos de elogio, cosa que, por otra parte, ninguno de ellos necesita.

Así pues, creo que mi deber es limitarme a dar las más expresivas gracias a todos los que nos han honrado con su colaboración y reiterar una vez más que nuestra REVISTA *está siempre abierta para los colegas que tengan algo interesante que decir en relación con la geología o la minería.*

Posibilidades petrolíferas del subsuelo español en su relación con el origen del petróleo y sus condiciones de yacimiento

POR

JOSE M.ª RIOS
Profesor de Geología en la Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Minas

JOSE M.ª RIOS

POSIBILIDADES PETROLIFERAS DEL SUBSUELO ESPAÑOL EN SU RELACION CON EL ORIGEN DEL PETROLEO Y SUS CONDICIONES DE YACIMIENTO

En esta breve exposición, limitada por el espacio disponible, me propongo presentar al lector, con la máxima sencillez y claridad de que sea capaz, qué es lo que podemos esperar en nuestro país, con criterios razonables, en materia de hidrocarburos.

A muchos de los lectores les va a parecer este resumen carente de profundidad y categoría, pero como se trata de un trabajo de divulgación, prefiero ponerme a tono del nivel de comprensión de todos ellos, a muchos de los cuales no hay motivo ni razón alguna para suponerles preparación en la materia.

En consecuencia, no puedo soslayar la delineación de los rasgos de cuestión tan manida como lo es la del origen de los hidrocarburos naturales. Pero es que el conocimiento de esta cuestión es fundamental para el enjuiciamiento de las posibilidades petrolíferas de nuestro país.

Para atraer el interés de ustedes hacia la materia es preciso recordar que la industria del petróleo es, sin duda alguna, la más importante del mundo actual, por

la trascendencia inmediata en la vida de cada día, en la guerra y en la paz, por su alcance absolutamente mundial, así como por el volumen de los capitales invertidos en ella.

Sobre los productos del petróleo se basa la gran mayoría del transporte, una parte considerable de la energía motriz (incluso la eléctrica) y una importantísima industria química. Un colapso repentino de la industria del petróleo, en las circunstancias actuales, supondría una catástrofe mundial difícilmente inigualable por cualquier otro fallo de la Naturaleza o de la industria humana, y no es fácil imaginar cómo podría la inteligencia del hombre superar la desorganización causada por tal contingencia.

Además, ya no resulta tan marcada la diferencia entre efectos en el mundo civilizado y no civilizado, no solamente porque este último concepto es cada vez más restringido y menos neto, al menos si nos referimos sólo al punto de vista de la civilización materialista, sino porque el motor de explosión es el agente de nuestra cultura material de más rápida y profunda penetración en los sectores, cada vez más reducidos, de condiciones primitivas de vida.

Si consideramos la importancia de los hidrocarburos desde el punto de vista de nuestra nación, vemos en seguida que a las anteriores consideraciones hemos de añadir la de la succión, cada vez más importante, que sobre nuestras fuentes de divisas ejercen el desarrollo de la industria nacional del motor, la popularización del transporte mecánico, la producción térmica de energía eléctrica y la creciente demanda de productos químicos derivados del petróleo. Todos ellos son factores deseables, que indican un incremento del nivel medio de vida

y de industrialización del país, pero al mismo tiempo agravan un problema cada día más serio y amenazador: el de una exigencia insoslayable de divisas para la importación de hidrocarburos crudos o elaborados. Y éste es un problema que directa y también indirectamente afecta día a día a la economía de nuestros hogares.

Téngase en cuenta, además, que no se han señalado, en el anterior párrafo, sino algunas de las bocas que, continuamente abiertas, demandan su ración de petróleo, o, indirectamente, de oro.

* * *

Con el nombre de petróleo se designan, incompletamente, una serie de productos extremadamente variables en su estado (ya que los hay gaseosos, líquidos y sólidos) y en su composición, que es a veces muy sencilla, como la del metano, el más sencillo de todos, un gas constituido por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno; o muy compleja, como en aquellos cuya fórmula se compone de hasta 30 átomos de carbono y 62 de hidrógeno, y son sólidos, negros, asfálticos.

Los hidrocarburos naturales, según los alberga la Naturaleza en el seno de sus rocas, son mezclas, de composiciones muy diversas, de estos cuerpos químicos, tan diferentes entre sí unos de otros, y, como consecuencia, son también muy diversos en carácter. Hay depósitos naturales de hidrocarburos que se componen sólo de gas, y este gas puede ser muy seco y sencillo, con predominio del metano, como ocurre en el valle del Po, en Italia, o de mezclas de gases, líquidos y sólidos, como ocurre en la mayor parte de los campos petro-

líferos, o bien de líquidos y sólidos, o sencillamente de sólidos, como en los depósitos y minas de asfalto.

A su vez, en los hidrocarburos líquidos, o crudos petrolíferos, los hay de aspectos y composiciones muy variables. Algunos son transparentes, de tonos claros y ambarinos y olor agradable, a gasolina; son los de mejor calidad, del tipo de los de Pennsylvania. Otros son oscuros, densos, de olor desagradable, sulfúreo, como algunos de Venezuela y México. Los más son de densidades intermedias, de tonalidades más bien oscuras, opacos y de reflejos verdosos.

Estos son los diversos aspectos materiales del oro líquido, tan buscado y tan ambicionado, por el que se organizan guerras tremendas, que, a su vez, se alimentan de sangre y petróleo, y por el que se urden intrigas y se derrocan reinos y repúblicas.

Estos productos, una vez alumbrados del seno de la corteza y llevados a la superficie, son los que alimentan la industria mundial del petróleo, y los oleoductos son verdaderamente las arterias del mundo por las que circula el flúido vital que mantiene viva la vida moderna.

Llevados a las factorías, se separan unos de otros sus variados componentes, mediante procesos de destilación fraccionada, que juegan delicadamente con las diferencias que existen entre sus temperaturas y tensiones de evaporación, y que incluso fuerzan la descomposición de unos, en otros de más valor. De allí salen los éteres, las gasolinas ultrainflamables de aviación y las corrientes, los aceites combustibles, los aceites de lubricación e infinidad de otros productos entre ellos los plásticos y sintéticos que ustedes manejan diariamente en sus casas y que, bajo su agradable aspecto y vivos

coloridos, en nada recuerdan el producto de que proceden.

Pero volvamos a lo que más nos interesa: a la manera de localizarlos en la Naturaleza y al estudio de las posibilidades o probabilidades que tengamos de encontrarlos en el subsuelo de nuestra Patria.

El petróleo es un producto que da mucha guerra en todas las acepciones de la palabra. A pesar de que constituye la base da la industria más compleja y potente del mundo, a pesar de que sus productos se manejan con tan extraordinaria inteligencia y versatilidad por los químicos, y a pesar también de las inmensas cantidades de dinero que se invierten en su búsqueda y alumbramiento, y también en la pura investigación de todo lo que a él se refiere, hay muchas cosas referentes a su génesis y a su acumulación que son aún, si no un misterio total, parcialmente desconocidas al menos.

Una de esas cosas es su origen. En primer lugar se pensó que derivaba de reacciones, bajo la corteza terrestre, entre el carbono y el hidrógeno, ambos elementos existentes en nuestro globo terráqueo, o mejor aún, entre carburos metálicos naturales y el agua. Reacción que se reproduce a diario, en la vida habitual, con el carburo de calcio, o carburo corriente, y el agua, en los candiles de carburo. Lleva a pensar que pueda ser ése el origen de los hidrocarburos el hecho de que las atmósferas gaseosas que se desprenden de muchos volcanes se componen en proporciones, a veces considerables, de metano, el más sencillo de todos los hidrocarburos naturales. De los productos gaseosos de tales reacciones y por polimerizaciones sucesivas, originadas merced a las temperaturas y presiones elevadas que existen en nuestro globo bajo la corteza, derivarían los pro-

ductos más densos, líquidos y sólidos. Las diversas teorías que propugnan tales orígenes están ahora más o menos totalmente desechadas, pero aún renacen periódicamente, y entre ellas, otra aún más singular, la del origen primario o astral del metano, apoyada en el hecho de que este gas existe en las atmósferas de algunos astros y de que lo que contienen en oclusión algunos meteoritos, esos mensajeros que nos llegan del espacio ultraterráqueo. Según esta teoría, los hidrocarburos existen en el globo terráqueo, *per se*, por la misma razón que existe el cobre, el plomo o el platino: porque sus elementos componentes son de origen cósmico y están allí desde el principio.

Pero la teoría de más universal aceptación es la del origen orgánico del petróleo, y a esta idea, o convencimiento, de la mayoría, van ligadas las técnicas actuales de investigación y producción.

Según esta teoría, el petróleo es, digámoslo así, un sedimento detrítico por su origen, pero que después, en su diagénesis o proceso de formación de la roca, en vez de endurecer, como ocurre a la mayor parte de los sedimentos, se convierte en un flúido.

De modo que, por su origen, el petróleo natural es una roca detrítica sedimentaria, pero sumamente peculiar: su materia prima es orgánica, restos de seres muertos que se hunden en el seno de las aguas, sobre todo en los mares, y que se depositan en sus fondos.

Hay muchas clases de pruebas de que así sea. Por lo pronto, se han podido fabricar en el laboratorio tipos elementales de petróleo a partir de materia orgánica. A los yacimientos de petróleo acompaña casi siempre agua salada, y este agua contiene yodo y bromo, que van unidos al agua del mar. El petróleo hace girar el

plano de la luz polarizada, lo que se considera propiedad exclusiva de la materia orgánica viva. A los yacimientos petrolíferos acompañan restos de seres orgánicos. Las impurezas del petróleo, casi siempre productos nitrogenados y de azufre, son productos de tipo orgánico. En fin, toda la técnica de la prospección de petróleos se basa, en sus razonamientos, en este origen del petróleo, y lo encuentra.

De entre la materia orgánica, tanto la materia vegetal como la animal, puede dar origen, bajo determinadas condiciones, a petróleo, pero la materia animal parece ser la más apropiada para ello, y entre la vegetal lo son los microorganismos y las algas. De la materia animal, tanto los seres más grandes como los más chicos, incluso los microorganismos.

Pero no basta con que mueran estos seres, sino que, además, deben acumularse en cantidades considerables y bajo determinadas condiciones.

En los mares continuamente se renueva la vida. Muchos seres mueren a diario y otros nacen. Los restos de aquéllos se hunden junto con los sedimentos térreos y van al fondo.

Para que se formen cantidades interesantes de petróleo son necesarias cantidades considerables de materia prima, de restos orgánicos. Esto puede conseguirse bien con escasa densidad de materia orgánica y grandes espesores de sedimentos, pero, sobre todo, con grandes cantidades de materia orgánica. Catástrofes naturales que originen la destrucción simultánea de grandes cantidades de materia orgánica, se producen con relativa frecuencia. La temperatura de un sector marino puede descender por un cambio de las corrientes submarinas, y de entre la inmensa población marina de ese sector,

unos seres podrán huir, otros podrán adaptarse a las nuevas condiciones de vida y, finalmente, muchos no podrán ni huir ni adaptarse; morirán en masa y sus restos se acumularán en el fondo en cantidades considerables. O bien, las aguas pueden ensuciarse, con las mismas consecuencias. O hacerse tóxicas con las emanaciones de un volcán subterráneo. O los organismos vivos pueden ser víctimas de la acción de una brusca sacudida. Tenemos pruebas de tiempos plenamente históricos, e incluso recientes, de catástrofes de esta naturaleza. En fin, son innumerables las posibilidades de estas contingencias durante el transcurso de la larguísima historia de la Tierra, o mejor dicho, de su historia orgánica, con sus más de seiscientos millones de años.

No siempre que la materia orgánica queda así acumulada en el seno de las aguas, da origen a petróleo; es preciso que concurran, además, otras condiciones.

En efecto, sabemos que la materia orgánica, en circunstancias ordinarias y en ambiente oxidante, camina rápidamente a su destrucción por corrupción. Pero aislada de tal ambiente el proceso es distinto. Entonces es sometida al ataque de bacterias anaerobias y experimenta un proceso químico, complejo y mal conocido, que da origen inmediatamente a una materia, que se denomina sapropel, de la cual va a derivar el petróleo. Es una materia pútrida y aceitosa, que impregna los sedimentos entre los que se depositó la materia orgánica.

Es de trascendencia, por consiguiente, que la materia orgánica muerta quede aislada de los ambientes oxidantes, y eso sucede si queda rápidamente envuelta y cubierta por sedimentos finos, arcillosos, que se saturan instantáneamente de agua, y que, una vez saturados, no

dejan pasar el agua a través, es decir, se convierten en impermeables.

No ocurriría lo mismo si son arenas los materiales que se sedimentan con los restos orgánicos y los cubren, ya que no ejercen la acción protectora de impermeabilización y aislamiento del ambiente oxidante.

Conforme se acumulan los espesores de materia orgánica y de sedimentos, se va formando el sapropel, esas diminutas gotitas aceitosas que se forman alrededor de las partículas microscópicas de los granos de arcilla. Pero el peso mismo de los sedimentos que en forma ininterrumpida se depositan encima los comprime y reduce los huecos: entonces las partículas aceitosas se aglomeran unas a otras y se acomodan, de la mejor manera posible, en los diminutos huecos restantes, que son cada vez más chicos y cuya cantidad es cada vez menor.

Los sedimentos petrolígenos, al hundirse bajo el peso de los nuevos sedimentos, alcanzan mayor temperatura, ya que la de la corteza terrestre aumenta más o menos en un grado cada 33 metros de profundidad. Y, además, la presión a que están sometidos es cada vez mayor, debido al peso de las capas que se siguen depositando encima.

Merced a la acción continuada de estas presiones y temperaturas incrementantes, se desencadena en el sapropel un proceso químico, mal conocido en sus detalles, pero bastante claro en sus líneas generales, mediante el cual se descompone aquél en los diferentes tipos de hidrocarburos, tan variados, que constituyen los crudos petrolíferos.

La variedad de tipos entre estos últimos se atribuye, en primer lugar, a la clase de la materia orgánica que se deposite, según sea vegetal o animal, y dentro de

cada clase, a los diferentes tipos de organismos. Después, al tipo de bacterias actuantes; finalmente, a la velocidad del proceso y a la calidad de las presiones y temperaturas, sin que las cifras en que se evalúan unas y otras tengan que ser muy elevadas.

Digamos de paso, que, según enseña el estudio de los sedimentos recientes, este proceso puede ser tan breve como los cincuenta años.

También es curioso recordar que el origen del carbón es paralelo al del petróleo. Las circunstancias de formación son parecidas, aunque difieren los ambientes y las materias primas. Los carbones derivan, sobre todo, de materia vegetal de origen terráqueo, en contraposición al petróleo, que deriva, sobre todo, de materia animal, o vegetal, de ambiente subacuático. Por consiguiente, los carbones se originan, predominantemente, en ambientes continentales; los petróleos, en ambientes marinos, o en mares o lagos interiores.

Los ambientes marinos someros, los mares que quedan aislados, las depresiones de aguas corrompidas, mal aireadas, son los ambientes más propicios a la formación del sapropel, que más tarde se transforma en petróleo.

Al principio de la explotación de los petróleos, y todavía durante muchos años después, se creyó que el carbón era un producto material mucho más abundante que el petróleo. Hoy se sabe, con toda seguridad, que es bien cierto lo contrario. El petróleo es mucho más abundante en la Naturaleza que el carbón, y su presencia, mucho más universal, como corresponde al hecho de que las extensiones de los mares dominan considerablemente a las de las tierras firmes en la superficie del globo, incluso en la época geológica actual, en que

las tierras firmes han ido ganando cada vez más terreno a las áreas marinas a lo largo de los períodos geológicos.

Hemos llegado así a un concepto fundamental, el de las rocas petrolígenas, y vemos que rocas petrolígenas son, sobre todo, las arcillas, en menor grado las calizas y las margas, y sólo cuando coinciden las circunstancias que hemos reseñado antes.

Pero el petróleo, las más de las veces, no se encuentra ni se explota en las rocas en que se ha formado, sino en otras distintas y a veces muy remotas, en el espacio y en el tiempo.

De esta manera nos planteamos la cuestión de las rocas petrolíferas, las que en la actualidad almacenan el petróleo que se explota, y, como consecuencia, una cuestión muy trascendente: la de la migración del petróleo, o su trasvase de las rocas que lo producen a las rocas que lo almacenan. El petróleo migra, o huye, de las rocas donde se forma merced a su estado flúido, y lo hace obligado por diversos factores geológicos.

El petróleo y el agua son las dos rocas flúidas importantes de la naturaleza. De ahí deriva también la dificultad de su investigación: son materiales móviles, huidizos, y sus movimientos bajo la corteza aparecen como sumamente caprichosos. Desde luego que obedecen a leyes fijas y concretas, pero éstas son complejas. El desarrollo de su aplicación depende de infinidad de factores, y de esta manera resultan sumamente complicadas de investigar e interpretar, salvo en algunos casos elementales.

En cierta manera, el agua y el petróleo se buscan con técnicas parecidas, pero en circunstancias opuestas, ya que el agua tiende siempre a descender, obligada por

la fuerza de la gravedad, y el petróleo a ascender, obligado por la presión de sus gases y por su gran ligereza (su densidad es menor que la del agua).

Las rocas en que se forma el petróleo, y en general todas las sedimentarias, se forman en el seno de las aguas como posos o sedimentos sueltos, blandos, incoherentes, que se solidifican y convierten en piedra a lo largo del transcurso del tiempo mediante un proceso de endurecimiento que los geólogos llaman diagénesis. Los agentes principales de este proceso son la presión de los sedimentos superpuestos, que hace disminuir al límite la proporción de huecos entre las partículas de aquéllos, y procesos químicos, sobre todo de calcificación, y, en menor grado, la temperatura.

De esta manera los sedimentos expulsan el agua que contienen por su sedimentación en el seno de las aguas, se petrifican y se convierten en rocas sólidas.

Las arcillas petrolígenas se convierten en pizarras, expulsan los hidrocarburos, el petróleo bruto que se ha ido formando mediante un proceso paralelo de diagénesis de carácter eminentemente químico y bioquímico, y que se ve obligado a buscar acomodo en otras rocas más porosas que los albergue.

En la Naturaleza hay muchas rocas porosas, y este es un factor fundamental en la migración del petróleo y en la formación de campos de petróleo.

Son porosas de por sí las arenas, las areniscas (en mayor o menor grado), las dolomías y también algunas calizas. Y, además, puede almacenar petróleo cualquier clase de roca si está agrietada o fracturada, incluso las rocas no sedimentarias, incluso los granitos; y las metamórficas, o sea las que han estado sometidas a tremendas deformaciones y presiones y a elevadas temperaturas, si presentan grietas o cavidades abiertas, cosa que es posible, aunque poco probable.

No son porosas las arcillas y muchas margas y pizarras, rocas que, como además no suelen presentar grietas abiertas, sino que su deformación suele ser plástica, no son petrolíferas, pero que de todos modos desempeñan un papel importante en los campos petrolíferos, como agentes de retención, por su impermeabilidad.

De modo que el concepto de roca petrolífera es mucho más amplio que el de roca petrolígena.

El petróleo desplazado de su roca de origen, o roca madre, se mueve siempre a través de las rocas porosas que encuentra en la vecindad, obligado por diversos factores, que son: el peso de los sedimentos por encima, la propia presión de sus gases, su ligereza, el empuje de las aguas subterráneas, más pesadas, y tiende siempre o casi siempre a ascender.

Esta es la migración del petróleo, proceso tan complicado, que, por lo general, es difícil averiguar con certeza qué camino siguió hasta alcanzar su emplazamiento actual, y por esta razón es difícil saber con seguridad cuáles son las rocas madres de los diferentes campos petrolíferos, a veces muy alejados de ellas.

Y, sin embargo, este proceso es de transcendencia fundamental para la formación de campos de petróleo, porque muchos hidrocarburos, en su migración ascendente, tropiezan con un obstáculo o barrera, o bien, si no lo encuentran, se pierden en la atmósfera por evaporación y oxidación. En el primer caso, se constituye un campo petrolífero. En el segundo caso, el petróleo se disipa y se pierde.

Los obstáculos son de índole muy variada, y se clasifican en tres tipos generales, que definen, a su vez,

los tres grupos más generales de tipos de yacimientos petrolíferos:

Primero, aquellas deformaciones de las capas o estratos que los abomban en forma de cúpula, con la convexidad hacia la superficie de la Tierra, y que se denominan en geología cúpulas o anticlinales cupuliformes (figura 1).

El petróleo, que va migrando por un estrato o capa porosa, y está retenido por una capa impermeable superpuesta (digamos que llega por areniscas permeables, bajo arcillas impermeables), ve impedido su escape a la superficie por la disposición de los estratos en forma de cúpula y queda retenido en todas direcciones ascendentes por las arcillas impermeables, como por un gasómetro natural.

Entonces queda inmóvil y se separa por densidades: los gases ocupan la parte más alta, los productos líquidos ocupan los huecos de las areniscas o de cualquier otra clase de roca que ofrezca espacios vacíos e intercomunicados, y flotan sobre aguas saladas, que terminan el yacimiento por debajo.

Estas aguas saladas constituyen su base. Proceden de las rocas madres del petróleo, y son las aguas originales de sedimentación, retenidas probablemente por emulsión con los aceites; el yodo y bromo que contienen son la prueba de su origen sedimentario y marino.

Todo ello está sometido a la presión de los propios gases del petróleo. Si mediante un sondeo alcanzamos el nivel del petróleo, éste es expulsado violentamente al exterior (si la presión del gas es suficiente), y el pozo es eruptivo. Es lo que habéis visto tantas veces en las películas, y lo que tanto gozo puede producir al geólogo y al productor. Si no es suficiente, llega

CAMPO PETROLIFERO EN ANTICLINAL O CUPULA

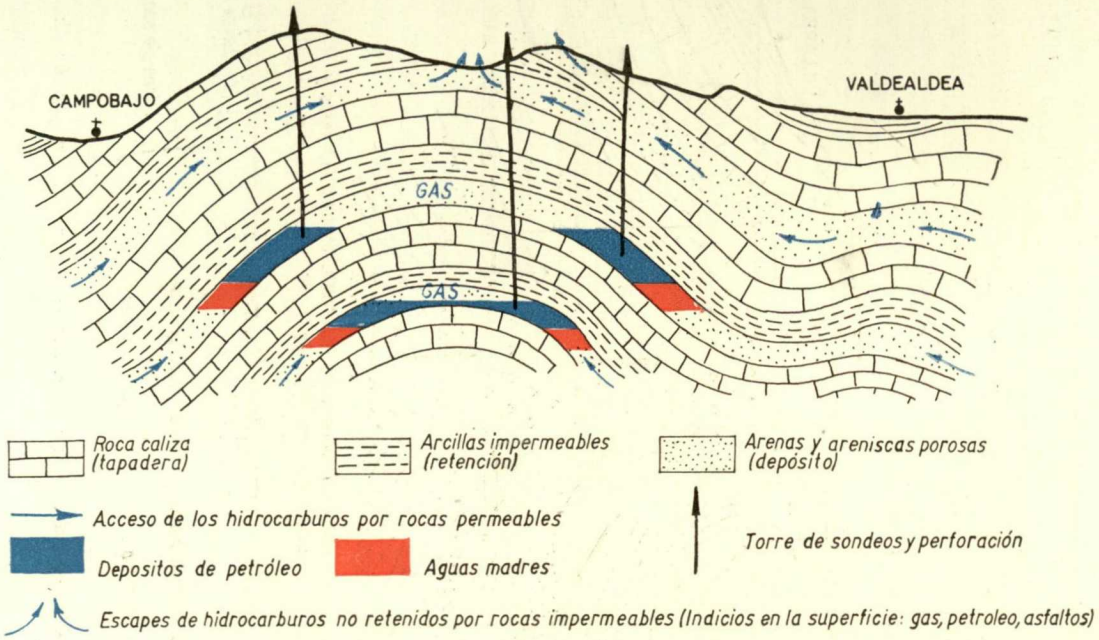


Fig. 1.—Morfología subterránea visible en superficie. Prospección directa.

CAMPO PETROLIFERO EN CHIMENEA SALINA (DIAPIRO)

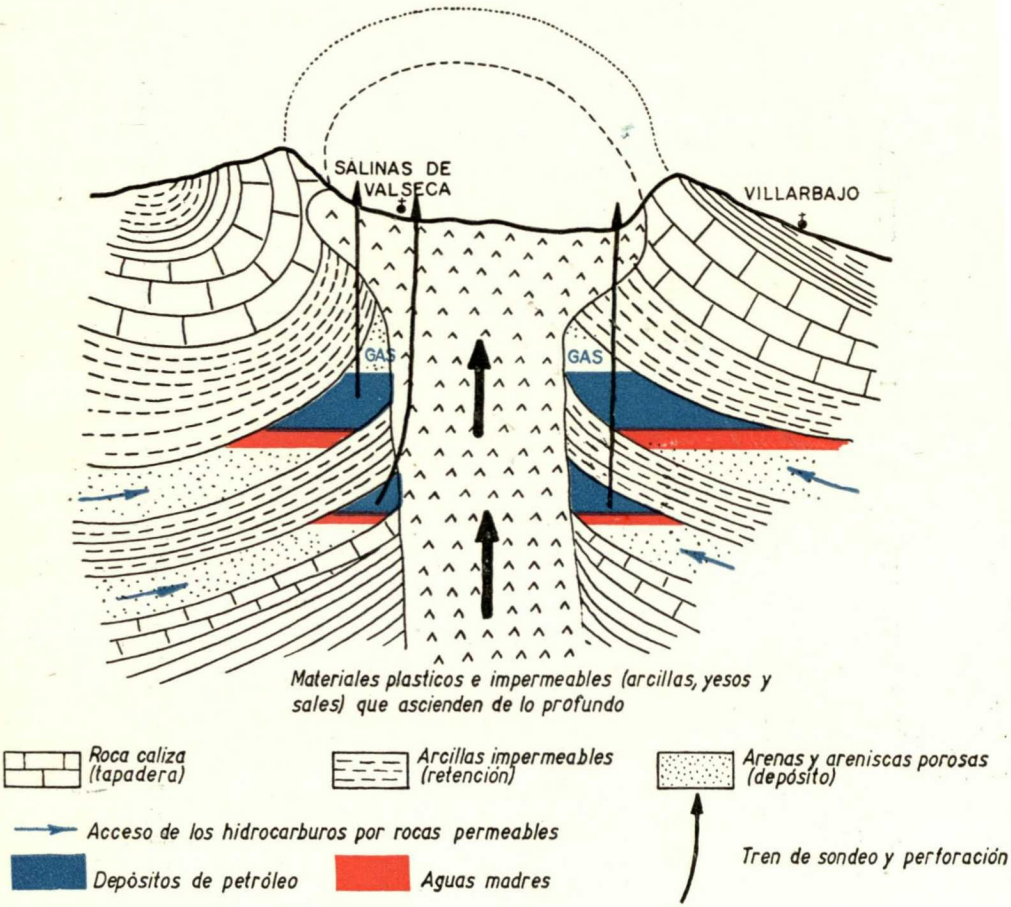


Fig. 2.—Morfología subterránea visible en superficie. Prospección directa

hasta un cierto nivel y desde allí ha de ser elevado con bombas hasta la superficie.

En segundo lugar, tenemos las estructuras del tipo de las chimeneas salinas. Estas son a modo de volcanes, columnas rellenas de arcilla y materiales salinos, que desde profundidades variables, y a veces muy grandes, atraviesan todos los terrenos que tienen encima y vierten sus materiales al exterior. En muchas de ellas la fluencia es continua; en otras, espasmódica. Sus dimensiones (para dar una idea de ellas) pueden llegar hasta los dos kilómetros de diámetro; la profundidad, hasta diez kilómetros (fig. 2).

Estos materiales, en su salida al exterior, empujan de abajo arriba los materiales situados por encima, como un puño poderosísimo y los abomban. De modo que constituyen, por encima de la columna, una cúpula o abombamiento periférico.

Si los petróleos existen previamente en la región, o si llegan a ella por migración, se acumulan en corona en las capas deformadas que ascienden hacia la chimenea, empapando alguna roca porosa y retenidas siempre por una capa impermeable, o en varias capas porosas cubiertas por varias impermeables.

Al llegar a la columna misma, como está constituída por yesos y arcillas, materiales impermeables, los hidrocarburos quedan retenidos por este tapón y se forma un campo petrolífero.

Estos dos tipos de estructura son relativamente abundantes en nuestra Península y son los más ventajosos por muchas razones. Generalmente son de dimensiones considerables y dan lugar a campos extensos, pero, sobre todo, son las de más fácil localización porque se señalan en la superficie del terreno como deforma-

ciones o abultamientos en los estratos de la corteza terrestre, cosa que el geólogo localiza sin dificultad en sus estudios de la superficie, si estos son de suficiente detalle.

Por esta razón son las más buscadas y apreciadas y, por la misma razón, las que con más frecuencia se han explotado y por eso escasean cada día más.

Poco a poco, estas estructuras, más llamativas, se van agotando. Pero el Moloch de la industria del motor necesita cada día más alimento. Entonces es preciso recurrir a un tercer y variado tipo de estructuras cuya investigación es más difícil, costosa y problemática. Son estructuras que, por lo general, no se manifiestan por ningún indicio aparente en la superficie del terreno y cuya localización no se logra sino mediante cuidadosos, largos y costosos estudios geológicos y geofísicos.

Son las trampas profundas, de índole tan variada como las que se enumeran a continuación, que no son sino algunos ejemplos: Si el petróleo sigue en su migración un estrato poroso puede ocurrir que éste cambie su índole, y pase a ser impermeable (fig. 3); entonces el petróleo queda detenido en su avance y, retenido por arriba por una capa impermeable, constituye un campo petrolífero. Si una asociación de capas, estrato poroso-estrato impermeable (que es la unidad petrolífera imprescindible), es cortada por una roca volcánica (fig. 4), el petróleo queda detenido en su migración. Si queda cortada por una rotura del terreno (fig. 5), que desplaza las capas, y el estrato poroso queda sellado por un tapón impermeable, en todos estos casos, queda detenida la migración del petróleo, y se forma un depósito.

Estas estructuras no suelen señalarse en la super-

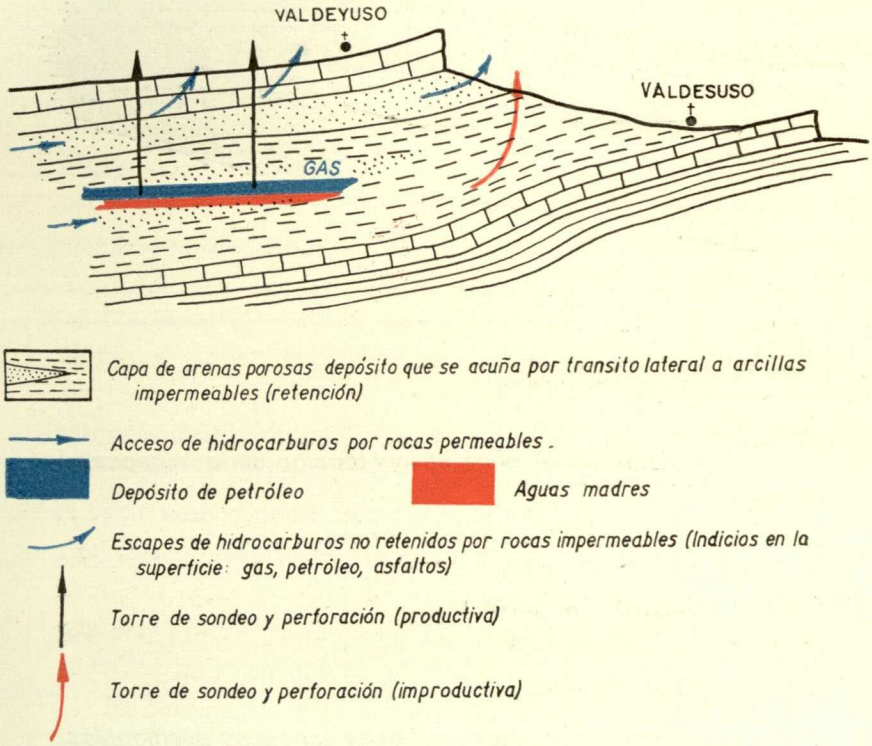


Fig. 3.—Morfología subterránea invisible en la superficie. Predición difícil o imposible, salvo cuando hay indicios. Detección por geofísica o estudios geológicos muy minuciosos.

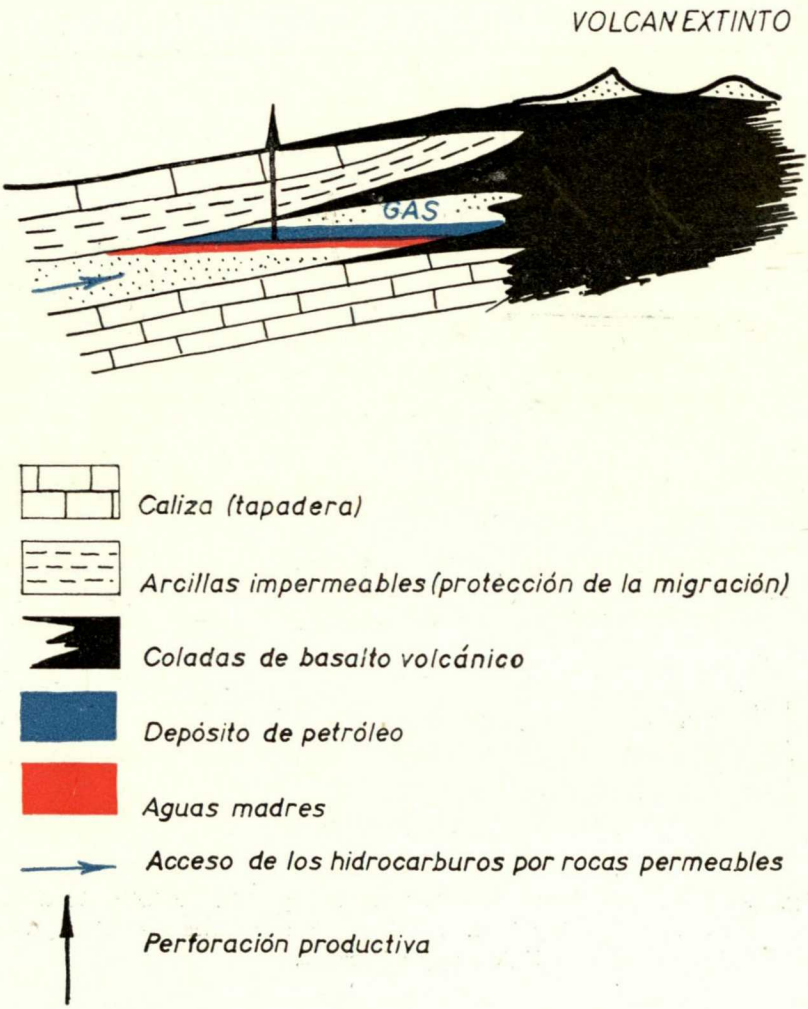


Fig. 4.—Estructura subterránea invisible en superficie. Predicción difícil. Este tipo de estructura es poco corriente, pero posible.

Son ricas en vida las fajas costeras (tanto mas cuanto más anchas son) en mares poco profundos, donde la luz del sol alcanza al fondo marino y abunda la vida vegetal que alimenta a su vez al pez chico que, como es sabido, alimenta al pez grande.

Pero, ademas, estas fajas costeras coinciden a su vez, con frecuencia, con aquellas zonas donde se acumulan los sedimentos en gran abundancia (fig. 6). Para que esto pueda ocurrir los fondos de los mares deben ser móviles, no rígidos, sino que deben ser capaces de deformarse y hundirse, al recibir nuevos sedimentos, bajo el peso de los mismos. De otro modo el mar se llenaría y dejaría de serlo.

Hay muchas zonas sigulares de la Tierra, zonas débiles que se llaman geosinclinales, y que están enmarcadas por los continentes rígidos. En las partes de estas zonas próximas a la costa es donde merced al hundimiento progresivo del fondo, se pueden acumular enormes espesores de sedimentos procedentes de la destrucción erosiva de la tierra firme vecina, hasta más de diez mil, o quince mil metros, durante épocas geológicas largas, con la peculiaridad de que los mares siguen siendo someros, de escasa profundidad, ya que conforme se hunde el fondo, se rellenan, y conforme se rellenan se hunde el fondo.

Las condiciones vitales necesarias para asegurar la abundancia y proliferación de los seres vivos quedan preservadas. En depósitos sedimentarios de estas características es donde puede formarse petróleo en grandes cantidades.

Por consiguiente, las regiones dotadas de series sedimentarias potentes tienen más probabilidades de ser petrolígenas que las que ofrecen series esquemáticas.

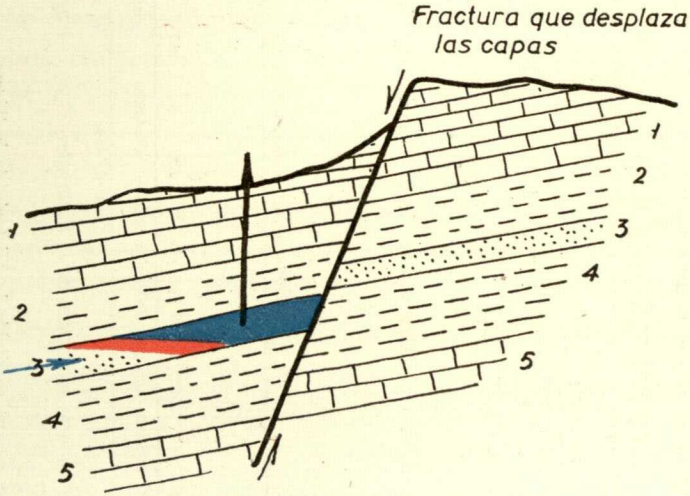


Fig. 5.—Areniscas o arenas, porosas y permeables, por las que asciende el petróleo hasta quedar detenido en la falla, bien por impermeabilidad de esta, bien por intestar con 4, arcillas impermeables. La estructura puede predecirse en muchos casos, no en todos, pero la acumulación de petróleo es más improbable. La mayor parte de las fallas no sólo no constituyen cierre sino que ofrecen oportunidades de escape.

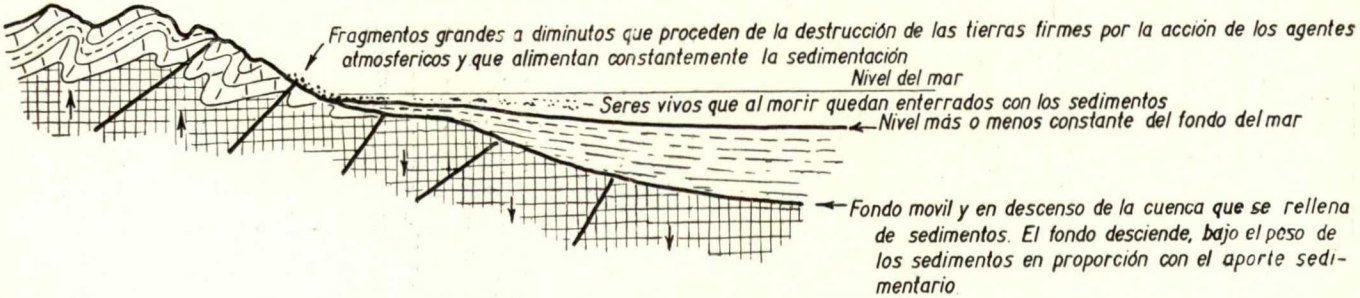


Fig. 6.—Mecanismo de la sedimentación y soterramiento de la materia orgánica.

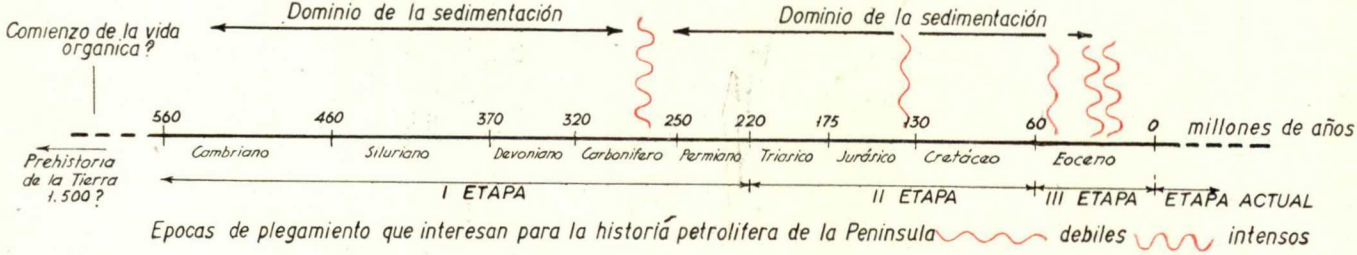


Fig. 7.—Etapas y periodos en que se divide la Historia de la Tierra.

Todo el ámbito geográfico de nuestra actual Península ha pasado en unas u otras épocas geológicas por estas circunstancias, pero no simultáneamente. Por consiguiente, todo él ha podido ser, en una u otra época, petrolígeno.

Pero moderemos nuestro optimismo, ya que hemos dicho que petrolígeno es distinto a petrolífero. Entre ambos conceptos existe un puente muy delicado, que es el de la migración, y son muchas las zonas petrolígenas que se malogran en su transcurso: sus hidrocarburos se pierden antes de constituirse en depósitos. Hemos de eliminar, prácticamente del todo, del grupo de las petrolíferas, las rocas formadas durante el primer y más largo tercio de la historia geológica de nuestro país: las de la Era Primaria, desde el período Cambriano hasta el Carbonífero superior (correspondientes a los primeros 300 millones de años), porque si bien pudieron ser, y en efecto fueron, petrolígenas (como lo prueba las pizarras bituminosas de Puertollano y algún que otro raro indicio de hidrocarburos en sus rocas) todas ellas fueron plegadas, y casi siempre con violencia, por intensas compresiones que tuvieron lugar al final de ese período, durante el Carbonífero superior (fig. 7). Estos plegamientos violentos las rompieron y quebrantaron de tal manera, que debieron perderse la mayor parte de los hidrocarburos que se pudieran formar durante la larguísima época de sedimentación, potente y relativamente tranquila, que predominó en esa época. Además estas rocas fueron penetradas, en gran medida, por rocas ígneas, procedentes de zonas profundas bajo la corteza, que, con sus elevadas temperaturas, volatilizaron o quemaron los hidrocarburos que no habían escapado.

No es totalmente imposible que, en zonas de remanso menos violentamente estrujadas, quedase algún depósito, pero no parecería lógico buscarlo (sería buscar una aguja en un pajar) sin al menos haber agotado las posibilidades de investigación en zonas más propicias. De todos modos, su investigación sería, con toda probabilidad, tan cara, que aún obtenido ese problemático petróleo, su precio no compensaría. Tampoco es imposible que las rocas de esa edad hubieran recibido por migración, y almacenado, petróleos procedentes de otras más modernas, pero para que tal cosa ocurriese habrían de cumplirse circunstancias difíciles, de gran exigencia, que lo hacen muy improbable.

De esta manera quedan eliminadas, como posiblemente petrolíferas, las rocas más antiguas que el período Permiano, las cuales aparecen desnudas de sedimentos posteriores en grandes áreas del nordeste, oeste y sureste de la Península, y asoman ocasionalmente en el resto de ella bajo otras más modernas que las cubren.

Pero a partir de la extinción de estos grandes plegamientos, que hicieron emerger entonces, del seno de las aguas, todas las rocas que se habían depositado en lo que hasta entonces eran mares, la región occidental permanece en emersión como un continente, o como fragmento de un continente mayor, pero la región oriental se hunde de nuevo.

Se inicia en ella a partir de ese momento, un largo período en que, en las márgenes de ese continente, y alrededor de otras zonas emergidas, como islas o cadenas de islas, se van a acumular, en régimen de sedimentación tranquila, espesores más o menos potentes, según las regiones, de rocas, algunas de las cuales

son petrolígenas. En estas complejas acumulaciones de sedimentos algunos son porosos, otros impermeables.

Por consiguiente, encontramos las condiciones necesarias y suficientes para la formación, y también para la migración del petróleo.

Pero hay un momento en que esta historia geológica favorable experimenta un tropiezo. Al final de la época jurásica, durante el segundo tercio de la historia geológica del país (hace unos 130 millones de años), tiene lugar un nuevo plegamiento, no intenso (mucho menos intenso que el anterior), pero que afecta a áreas bastante extensas. Solamente se libra de él (en parte), la zona en que ahora se levantan las Cadenas Béticas. Este plegamiento refuerza la migración. No sólo comprime las capas porosas que contienen petróleo, aumentando su presión, sino que las ondula y origina pendientes, por las que el petróleo se acerca peligrosamente a la superficie.

Ahora bien, estos plegamientos, como dijimos, no fueron muy intensos, pero sí lo suficiente para que en algunas zonas emergieran las rocas de los fondos marinos como tierras firmes. Entonces los petróleos, en su migración, pudieron llegar al contacto con la atmósfera y perderse por evaporación y oxidación.

Tenemos que contar con que parte de los petróleos que se han ido formando durante la época transcurrida desde la actuación de los primeros plegamientos, hasta estos segundos, se hayan perdido para siempre.

Pero no todos, ya que hay zonas en que los plegamientos no han actuado, o han actuado débilmente, sin originar emersiones. En estas zonas es más probable la retención del petróleo en el seno de las rocas que lo contienen.

De todas maneras hay que contar durante esta etapa de plegamientos, con desplazamientos de los petróleos en procesos de migración, y es de gran importancia, aunque nada fácil, tratar de averiguar las direcciones de tales desplazamientos.

La trascendencia de estos plegamientos, a pesar de su aparente y relativa insignificancia, es grande. Porque hasta ahora los fondos de los mares eran bastante homogéneos en sus profundidades y en el carácter de sus sedimentos, pero de ahora en adelante van a mostrar una gran variedad y una gran movilidad.

Unos fondos marinos se van a hundir con gran rapidez y van a recibir grandes espesores de sedimentos; otros, por el contrario, van a permanecer casi inmóviles, y recibirán escasos sedimentos; finalmente, otras zonas permanecerán emergidas, y durante millones de años no recibirán sedimento alguno.

De aquí nace la variedad de posibilidades petrolíferas que ofrece la Península. Unas zonas con grandes espesores sedimentarios, tales como las Cadenas Béticas, la región Cantábrica, y parte de los Pirineos y de las Ibéricas, tienen durante esta época, grandes posibilidades petrolígenas; otras zonas las tienen menores; otras, muy reducidas.

Estos fenómenos se desarrollan, sobre todo, en la época geológica que sucede inmediatamente al segundo plegamiento: las épocas del Cretáceo inferior y medio.

Los fondos marinos se estabilizan algo más durante el período inmediatamente siguiente, el Cretáceo superior (hace unos 90 millones de años) en que, además, los mares invaden muchas zonas antes emergidas. De modo que aumenta notoriamente el ámbito de las rocas

petrolígenas. Todavía varían los espesores sedimentarios en unas u otras zonas, reflejando las desigualdades de la época anterior, pero en tono menor, atenuadas.

Este período de sedimentación tranquila, y que en algunas regiones es muy potente, se prolonga durante bastante tiempo, hasta la mitad de la tercera y última parte de la historia geológica de nuestro país. Todo esto es favorable desde el punto de vista petrolígeno.

Y ahora nos acercamos al último y definitivo acto del drama.

Los fondos marinos, a finales del período Cretáceo y durante el período Eoceno, o sea, a principios de la tercera etapa (hace unos 60 millones de años) empiezan a mostrar, todavía episódicamente, intranquilidad. Son los anuncios del gran plegamiento que se prepara, y que de momento no tienen más transcendencia que ir marcando, en los fondos de los mares, las directrices generales de las grandes y modernas cordilleras de la Península, Pirineos, Ibérica y Bética. Pero su transcendencia petrolera es reducida.

A finales del período Eoceno, empujados por presiones inexorables y violentas, empiezan a plegarse en el fondo de los mares, y a surgir de ellos, las mencionadas cordilleras (hace unos 40 millones de años). La Península comienza a adquirir su configuración actual.

En el emplazamiento del actual valle del Ebro queda aislado un mar expirante que no da origen a petróleos, por la escasez de vida de sus fondos, pero sí a otra riqueza trascendente, las sales potásicas.

El plegamiento continúa, en la cadenas de montañas que lo enmarcan, durante toda la época oligocena, a empujones, ahora aquí, luego allá, con más o menos violencia.

Y la sedimentación persiste en el espacio comprendido entre las cordilleras y, en parte también, sobre las mesetas, pero en sedimentación lagunar, y desfavorable a la formación de petróleo. Esta sedimentación es notablemente potente en el Valle del Ebro.

El último acto de plegamiento tiene lugar en las márgenes del Valle del Ebro, a final del Oligoceno (hace unos 28 millones de años), a mitad de la tercera y última etapa de la historia geológica de la Península. Luego las cordilleras enmarcantes se alzan en masa, y esa parte de la Península alcanza su fisionomía actual, salvo ligeros retoques posteriores. Y este alzamiento es de transcendencia para las actuales posibilidades petrolíferas.

Los plegamientos, excepcionalmente violentos en las cordilleras Béticas, se prolongan allí hasta más tarde, con efecto que, a mi juicio, es desfavorable, porque esa región, sujeta a una historia sedimentaria más prolongada y tranquila que las restantes, más petrolígena por consiguiente, queda en cambio más maltratada por los plegamientos, más triturada, ofreciendo menos posibilidades de acumulaciones considerables y sujeta a una dificultad de estudio actual mucho mayor.

Veamos ahora la influencia de estos plegamientos en las posibilidades petrolíferas.

De lo dicho antes se deduce que un país tiene tantas más posibilidades petrolígenas cuanto más larga y tranquila es su historia sedimentaria, que permita la acumulación de potentes espesores de rocas de origen marino y tipo somero, y cuando esta historia se cierra por un plegamiento no excepcionalmente violento, de modo que se formen abundantes estructuras o trampas cerra-

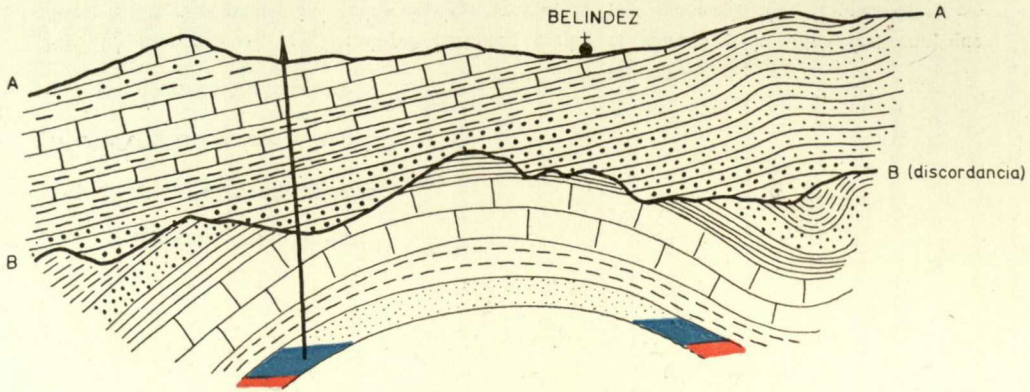


Fig. 8.—A-A: Superficie actual del terreno: B-B: Superficie antigua del terreno anegada, después de su plegamiento, por nuevos sedimentos. La superficie B-B es la discordancia. La estructura petrolífera profunda es impredictible mediante la observación geológica de superficie, pero se puede estudiar por procedimientos geofísicos.

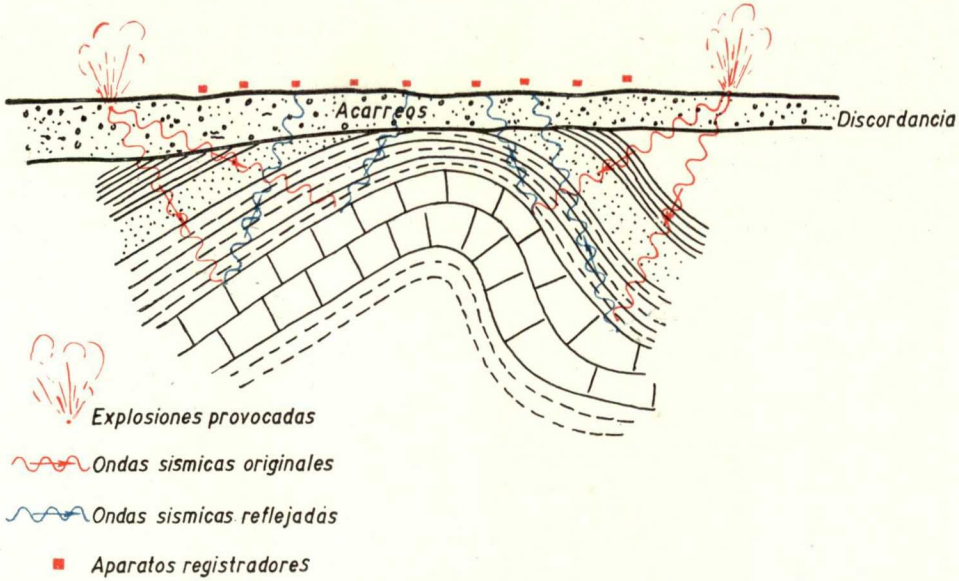


Fig. 9.—Los aparatos registradores permiten medir el retraso y la intensidad con que llegan a diversos puntos las ondas sísmicas provocadas por una explosión, después de su reflexión en un estrato duro profundo. Estos valores numéricos y gráficos son función de la forma del estrato, y permiten al geólogo deducir la estructura más verosímil.

las que pueda acumularse el petróleo tras su
ión.

re, además, que los plegamientos actúan, sobre
ı las zonas débiles de la corteza en que se acu-
grandes espesores de sedimentos, de modo que
s petrolígenas y petrolíferas son, por lo general,
dentes, o al menos adyacentes.

historia sedimentaria ofrece tales característi-
ranquilidad, el país tiene mucha probabilidad de
ı productor de petróleo.

ı historia sedimentaria se ve interrumpida por
entos accesorios, intermedios, aunque sean poco
s, se favorece la migración a mayores distan-
e complica mucho el cuadro de distribución ge-
parte de la posible pérdida por escape.

historia sedimentaria se cierra por un plega-
excesivamente violento, las estructuras cerradas
asas, los estratos que contienen el petróleo se
n en demasía y el petróleo tiene demasiadas
idades de escapar a la atmósfera por las fractu-
rque los estratos, infinitamente replegados, se
demasiadas veces en contacto con la superficie
no, favoreciendo excesivamente la disipación por
a la atmósfera.

cordamos ahora rápidamente la historia geoló-
nuestra Península expuesta en tan esquemáti-
gos (fig. 7), vemos que, en su primer tercio, una
sedimentaria bastante propicia se ve malograda
violencia de los plegamientos que la cierran.
s la historia sedimentaria es, al principio, uni-
y bastante favorable; luego desmerece por la
n de los segundos plegamientos, pero no en to-
regiones. En el período inmediatamente siguiente

esta desigualdad se mantiene, e incluso se acentúa; unas regiones son más prometedoras por la mayor continuidad y espesor de sus series sedimentarias, que otras. Pero aún llega a nivelarse esta desigualdad durante el último período de la historia sedimentaria.

Finalmente los plegamientos finales, los mismos que dan lugar a los Alpes y al Himalaya, movilizan los petróleos así acumulados y los albergan en las estructuras cerradas que han creado.

La desigualdad de la intensidad de estos plegamientos origina nuevas desigualdades en las posibilidades de almacenamiento de petróleo. Unas regiones están demasiado trastornadas; son poco propicias. Otras, menos violentamente plegadas, lo son más.

Recordemos que la mayor parte de los campos petrolíferos mundiales están situados en las márgenes de las cordilleras, allí donde los sedimentos son más modernos, y además están menos violentamente plegados, en la zona de tránsito de la cordillera a la llanura (fig. **10**).

Al geólogo corresponde estudiar dónde se dará la coincidencia máxima de estos factores favorables: Series estratigráficas potentes abundantes de rocas porosas cubiertas por otras impermeables, existencia de deformaciones favorables al almacenamiento, ausencia de posibilidades de escape por fracturas, o por evaporación a la atmósfera de la capas que contienen petróleo y quizás lo más importante de todo, que la concatenación de los fenómenos que originan estas circunstancias tenga lugar ordenadamente, en el espacio y en el tiempo; que cada fenómeno suceda en su tiempo preciso, facilitando la acumulación y dificultando el escape; que cuando el petróleo se forme, encuentre una roca permeable en que acumularse; que su migración se haga

en el sentido y momento oportunos; que los plegamientos puedan recoger esta migración y no la disipen.

Por consiguiente, una historia sedimentaria larga y tranquila, seguida de un acto plegamiento final no excesivamente violento, es lo que más puede favorecer la formación de grandes depósitos de petróleo.

En nuestro país, de historia geológica tan compleja y variada, se ha dado de todo: hay zonas malogradas pero, sin duda alguna, hay zonas que, serenamente enjuiciadas, deben considerarse como razonablemente propicias.

En el cuadro que acompaña al final del trabajo se expone una valoración personal de estas circunstancias que tiene en cuenta los factores expuestos.

* * *

Hasta aquí la obra de la Naturaleza.

Veamos ahora lo que hace el hombre para localizar estos depósitos naturales y ponerlos al alcance de la explotación.

Una investigación de petróleos completa consta de tres etapas: geológica, geofísica y de sondeos. La primera y la última son imprescindibles, la segunda es de gran conveniencia muchas veces, imprescindible otras.

De las tres etapas, la más económica, con mucha diferencia, es la geológica. Por consiguiente las compañías ponen cada vez más empeño en que la prospección geológica sea de la máxima precisión posible, no sólo, como dijimos antes, porque las estructuras visibles en superficie que hay aún por encontrar son cada vez más escasas (en los países productores de petróleo, no nos referimos al nuestro todavía improductivo) y las no vi-

sibles requieren aún mayor precisión y detalle en la observación y el uso de criterios y técnicas geológicas más complejas, sino porque un estudio geológico profundo ahorra mucho dinero en exploraciones geofísicas y en sondeos. La relación media de costos de estos tres tipos de investigación está en la proporción de un 4,5 por 100 del costo total para la geología, un 39 por 100 para la geofísica y un 56,5 por 100 para los sondeos de exploración.

Los geólogos, por consiguiente, reconocen cuidadosamente el país, y, apoyados en la observación minuciosa de las rocas visibles en la superficie del terreno, leen en el libro de la Naturaleza y tratan de establecer toda la serie de hechos que hemos mencionado, y precisamente en este orden: existencia de estructuras capaces de almacenar petróleo; existencia en profundidad de rocas permeables cubiertas por otras impermeables; existencia en la región de rocas petrolígenas; existencia de indicios superficiales de petróleo o escapes, que indiquen la presencia de hidrocarburos en profundidad; establecimiento de la serie de acontecimientos geológicos, o historia geológica de esa región, con previsión de las posibilidades de migración y escapes, y todo esto con la mayor precisión y detalle posibles.

Si la región es propicia a la observación geológica por encontrarse sus rocas desnudas de vegetación, y poco recubiertas de cultivos o aluviones y terrenos de acarreo, puede llegarse a resultados de tan gran precisión, que permita prescindir de estudios geofísicos, y pasar inmediatamente a sondeos de investigación. Sobre todo con la facilidad que prestan actualmente las técnicas de estudios geológicos mediante el examen de fotografías aéreas. El geólogo tiene métodos para ca-

librar por sí mismo el grado de precisión alcanzado por su estudio.

Pero hay regiones en que a estos estudios no se les puede dar precisión, porque la Naturaleza no muestra suficientes elementos de juicio en la superficie del terreno, oculta bajo cultivos, bosques o acarreos.

En estos casos el geólogo necesita la colaboración del geofísico, colaboración muy útil siempre para corroborar la exactitud de sus previsiones e imprescindible también para localizar el tercer tipo de trampas o estructuras (figs. 3, 4 y 5) y para el estudio de aquellas zonas de la corteza en que hay una discontinuidad, o varias, a cierta profundidad bajo la superficie, bajo cuyas discontinuidades, llamadas discordancias por los geólogos, todo es distinto de lo que hay por encima (fig. 8).

La geofísica aplicada emplea aquellas técnicas en que, mediante procedimientos mecánicos, eléctricos o geoquímicos, y utilizando la diversidad de propiedades físicas de los materiales que componen la corteza, la exploran en profundidad.

El geofísico provoca terremotos mediante explosiones, o manda corrientes eléctricas, o mide las diferentes compacidades de los materiales bajo la corteza, y las ondas sísmicas, o corrientes eléctricas así generadas se propagan bajo la corteza de diferentes maneras, según cuales sean los materiales que la componen y como se dispongan (fig. 9).

Las técnicas para llevar esto a cabo, y para interpretar los resultados, son complejas, y los procedimientos costosos.

Pero de esta manera el geofísico explora las zonas profundas bajo la corteza, y suministra al geólogo una

serie de datos que, interpretados geológicamente, completan los obtenidos por observación en la superficie.

Los procedimientos geofísicos difieren de los geológicos, en que lo que suministran es una serie de valores numéricos, o gráficos, que admiten diversas interpretaciones geológicas. Al geólogo le corresponde estimar cuál es la más lógica, probable y correcta.

Por consiguiente no se concibe, ni es posible, la aplicación de métodos geofísicos sin un conocimiento geológico porque, como dije, los procedimientos geofísicos no dan directamente resultados concretamente geológicos, sino datos abstractos que han de ser interpretados geológicamente.

Todavía más hay que desconfiar de aquellos procedimientos, que se dicen geofísicos, y que exigen un factor personal para su ejecución, una propiedad que sólo poseen determinadas personas. Los procedimientos geofísicos no tienen nada de milagreros y no requieren más factor personal que el conocimiento de las leyes y métodos de la geofísica. Sus aparatos y técnicas son de uso universal para todos los que las han estudiado e independientes de factores o virtudes individuales.

De otro modo se entra en el campo de la radioestesea, de la rabdomancia, de la presciencia, y no merecerán más fe que la que merezcan estos procedimientos, que no son científicos, aunque en cierta medida, y dentro de ciertos y estrechos límites sean admisibles.

Hoy por hoy sólo merecen confianza científica los procedimientos que no exigen un fluído o especial sensibilidad indefinible, inherente a determinados individuos.

* * *

¿Y qué es lo que se ha hecho en España en el campo de la investigación del petróleo?

Muchos geólogos han recorrido, desde finales del siglo pasado, el suelo nacional en todos sentidos, con objeto exclusivo de determinar las posibilidades petrolíferas de nuestro país, y con más intensidad lo han hecho a partir de 1940.

Entre estos geólogos se encuentran españoles, y también americanos, alemanes, franceses, holandeses, ingleses y de otras nacionalidades.

Las impresiones son diversas. Las ha habido pesimistas basadas, sobre todo, en la idea, manifiestamente exagerada, de que el subsuelo español está excesivamente fracturado. Esta es una falsa idea, sumamente perniciosa, que hay que combatir a toda costa. Es cierto que hay zonas excesivamente deformadas, pero hay otras muchas que lo están poco y otras intermedias, de tránsito entre unas y otras, que quizá son las más interesantes (fig. 10), pues coinciden, además, con las zonas de mayores espesores sedimentarios, en los tipos de formaciones que interesan. Otros factores, menos manifiestos y aparantes pueden haber sido más adversos; y son los que rigen la migración de petróleo en las épocas intermedias entre los plegamientos y los que ordenan la correcta concatenación, en el espacio y en el tiempo, de los fenómenos geológicos.

Preocupa más a los geólogos, mucho más que la fracturación misma de los estratos, la cuestión de la abundancia de buenas rocas-depósito, de gran permeabilidad, capaces de albergar cantidades considerables de petróleo. Y también la cuestión de un precario equilibrio final entre depresiones muy hondas, aunque rellenas

las leyes del petróleo, muchas y muy importantes compañías, bien informadas acerca de la constitución geológica del país, se han interesado activa y profundamente.

Hasta ahora en España, y desde el primer sondeo practicado en 1900, se han llevado a cabo, hasta 1939, 15 perforaciones dignas de mención que suman unos 10.500 metros de sondeo, y desde 1939 hasta hoy, 36 perforaciones importantes, que suman 61.630 metros de sondeo. En total, 72.000 metros de sondeo en cincuenta y ocho años.

En Francia se practicaron, en 1956, 174.000 metros de perforación, y en 1957, 231.000 metros, sin contar las investigaciones del territorio metropolitano.

En España no llegan a diez máquinas de sonda las que tenemos actualmente dedicadas a investigaciones de petróleo, de las que sólo cinco son al mismo tiempo grandes y modernas.

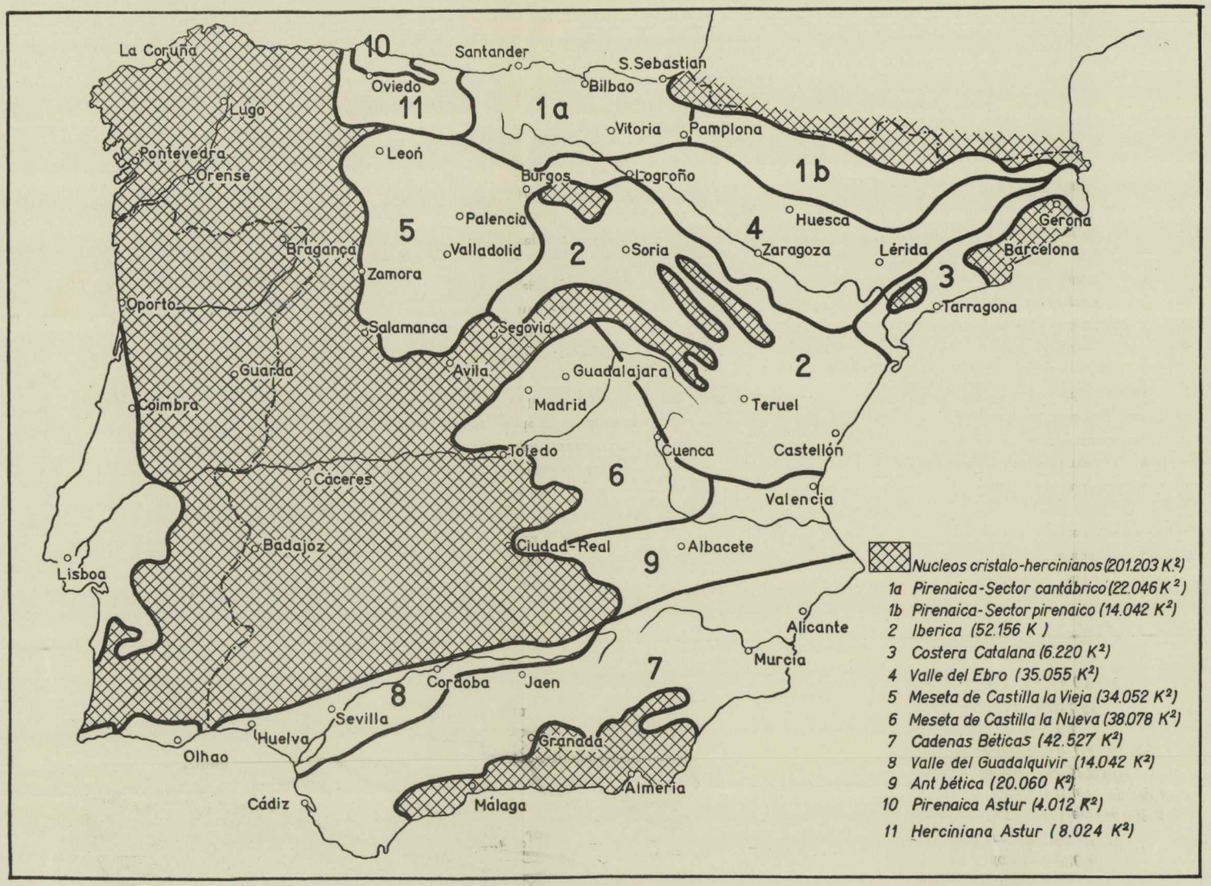
En Francia tenían 80 unidades en 1956 y 105 en 1957.

Durante el año 1956 se dió título en Francia a 58 Ingenieros especialistas en geología y en geofísica, en 1957 a 67 nuevos profesionales que se sumaron en un solo año a los varios cientos ya empleados en estas investigaciones. Mientras que España apenas llegan a 20.

En investigaciones geológicas, comprendidos los sondeos de exploración, se invirtieron, en 1957, 62.000 millones de francos.

Hemos elegido Francia, como término de comparación, porque es el país más vecino, y relativamente más parecido al nuestro desde el punto de vista de su constitución geológica, porque sólo en los últimos tiempos es productor, y porque todavía no es un gran productor. Las cifras son más elevadas para Italia, y aún más para

REGIONES DE ESPAÑA SEGUN ESTIMA DE SUS POSIBILIDADES PETROLIFERAS



DESIGNACION	NOMBRE	CARACTERISTICAS SEDIMENTARIAS GENERALES	CARACTERISTICAS SEDIMENTARIAS LITOLOGICAS	CARACTERISTICAS TECTONICAS	INDICIOS	OTRAS CONSIDERACIONES
	Núcleos cristalo-hercinianos.	Compuestos por rocas cristalinas que no pueden engendrar petróleo, y por rocas metamórficas y rocas de intenso plegamiento herciniano que pueden haberlo engendrado pero que, con toda probabilidad, lo han perdido; probabilidad que es de grado extremo para las metamórficas. Pueden contenerlo por migración o transvase de petróleo procedente de regiones contiguas, pero este caso es de circunstancias de ocurrencia de gran exigencia y, por consiguiente, poco probable.				
1 a.....	Pirenaica, sector cantábrico.	Series sedimentarias muy potentes. Facies muy apropiadas. M F	Rocas porosas y muy porosas y coberturas impermeables. M F	Tectónica media a suave. F	Muy abundantes. Distribución general. F	La región es de características generales más bien uniformes, si bien los espesores varian bastante de unas zonas a otras. Las más interesantes son las de tránsito de 1.ª a 2.
1 b.....	Pirenaica, sector pirenaico	Series sedimentarias potentes a poco potentes. Facies apropiadas. F	Rocas porosas y coberturas impermeables. F	Tectónica violenta a suave. F	Abundantes. Distribución general. F	La región es de características generales muy variables de modo que abarca zonas de muy distinto interés.
2.....	Ibérica.	Series sedimentarias potentes a medias. Facies apropiadas. F	Rocas muy porosas y coberturas impermeables. M F	Tectónica media a suave. F	Más bien escasos pero algunos importantes. Distribución irregular. N	Por lo general, la estratigrafía de esta región es ideal para el almacenamiento de petróleos. En algunas zonas las series son, sin embargo, excesivamente delgadas.
3	Costera catalana.	Series sedimentarias poco potentes. Facies apropiadas. p f	Rocas porosas y coberturas impermeables. F	Tectónica media a violenta. p f	Alguno importante pero muy escasos. Distribución muy irregular. N	
4.....	Valle del Ebro.	Series sedimentarias potentes. Facies muy apropiadas (en parte), pero muy profundas. p f	Muy apropiadas con toda probabilidad bajo la cobertura oligocena M F	Tectónica suave M F	Desconocidos. N	Aquí hay que considerar: El relleno de oligoceno continental que no origina petróleo pero puede recibirlo de debajo; su gran espesor constituye un obstáculo. Y las formaciones más antiguas, por debajo, que según todas consideraciones, es decir, tectónicamente, son de gran interés, pero que yacen muy profundas.
5.....	Meseta de Castilla la Vieja.	Series sedimentarias poco potentes. Facies apropiadas. m f	Rocas porosas y coberturas impermeables (se suponen al menos en parte del área). F?	Se supone que la tectónica es suave bajo la cobertura miocena. M F?	Desconocidos. N	Bajo una cobertura miocena, no muy potente, se extienden hacia el NO. en amplitud desconocida, las formaciones cretáceas que tan buenas perspectivas tienen en la región. Pero con espesores probablemente muy reducidos. Región problemática que exige un estudio geofísico.
6...	Meseta de Castilla la Nueva.	Series sedimentarias poco potentes. Facies apropiadas. p f	Rocas porosas y coberturas impermeables. M F	Tectónica de media a suave. F?	Dudosas. N	Parecida a la anterior, pero mucho más propicia por que la existencia de formaciones posiblemente petrolíferas, bajo el mioceno está comprobada en gran parte del área y es probable en la restante.
7.....	Cadenas Béticas.	Series sedimentarias potentes. Facies apropiadas. M F	Muy variadas y apropiadas con frecuencia F	Tectónica por lo general muy violenta. D	Abundantes. M F	La región es tan compleja y variada que son de esperar excepciones a la idea general de tectónica excesivamente violenta. Su estudio sistemático es difícil y complejo. El enjuiciamiento de esta región es difícil y arriesgado.
8.....	Valle del Guadalquivir.	Series sedimentarias medias a potentes. Facies apropiadas. F	Con frecuencia apropiadas. F	Tectónica al parecer muy violenta. D	Abundantes. M F	Se puede decir lo mismo que de la región 7. Ambas son enigmáticas, en cuanto a posibilidades, por la dificultad de la investigación sistemática. Resultados sometidos a mayor intervención del azar.
9.....	Antebética.	Series sedimentarias medias a poco potentes. Facies apropiadas. M F	Menos apropiadas. N	Tectónica suave a violenta según zonas. M F a D	Alguno. Distribución muy irregular. N	Es región poco estudiada desde el punto de vista petrolífero.
10...	*Pirenaica Astur.*	Series sedimentarias medias. Facies apropiadas. F	Apropiadas. F	La zona de téctonica suave y de área reducida. F a D	Alguno de interés.	El área de posible interés es muy reducida.
11.....	Hercinica Astur.	Series sedimentarias potentes. Facies apropiadas. M F	Apropiadas. F	Zona de tectónica violenta. D	Escasos. N	Su interés es remoto pero teóricamente posible.

M F = Muy favorable. F = Favorable. m f = Menos favorable. p f = Poco favorable. D = Desfavorable. N = Neutro.
OBSERVACIÓN.—La presencia de los factores desfavorables interviene en contra, en mayor medida que los favorables en pro.

Tanto este cuadro, como la división de la Península en regiones naturales posiblemente petrolíferas constituyen, por su esquematismo, una gran generalización. Se han reunido en cada región o unidad natural, aquellas zonas que presentan un mínimo de características generales comunes, pero dentro de una misma región hay muchas características o variantes distintas, e incluso muy distintas. El que una región se indique como posiblemente petrolífera no quiere decir que toda ella lo sea, sino que incluye zonas que lo son.

En teoría toda clase de rocas puede contener petróleo, y de hecho se encuentra petróleo en toda clase de rocas y formaciones, pero la probabilidad de muchas de ellas es remotísima, y además ligada a que exista petróleo en otras vecinas de muy distintas características, de las que lo reciben por transvase o migración lateral. Este grupo, muy importante, de rocas (hipogénicas), no puede engendrar petróleo, y si bien, como dijimos antes, pueden recibirlo del otro grupo mediante migración, es circunstancia esta que se dá muy raramente, porque pide una serie de condiciones de gran exigencia y rara coincidencia. El otro grupo de rocas (sedimentarias) puede engendrar petróleo y por consiguiente es mucho más probable que lo contenga. Pero de nuevo han de reunir un número de condiciones, muy exigentes, para que se acumule en cantidades interesantes.

Una gran parte de la Península (con rayados cruzados) está integrada por rocas del grupo que no puede engendrar petróleo (rocas hipogénicas), y por rocas metamórficas de plegamiento intenso que pueden haberlo contenido pero que rara vez cumplen con la compleja serie de condiciones necesarias a su almacenamiento, por lo que, además de tener pocas posibilidades de contener petróleo, tienen aún muchas menos de transmitirlo por transvase a las primeras. La restante parte de la Península (no rayada) puede originar y contener petróleo, pero, en cada región, habrá muchas zonas que no reunen el complejo conjunto de condiciones exigidas para producirlo y, después, almacenarlo.

El objeto de la investigación petrolífera es, en cada región, separar la mayoría de las zonas que no reunen condiciones, de la minoría que reune condiciones, aunque tampoco en estas pueden afirmarse nunca que contengan petróleo, sino solo que están en condiciones de contenerlo.

Las regiones petrólíferas son aquellas áreas peninsulares que tienen un cierto denominador común de características estratigráficas y tectónicas, pero como dijimos antes, la variedad, dentro de cada región, es grande, y muchos los casos de excepción.

Alemania, y ninguno de estos países es gran productor.

En Venezuela, en el Canadá y en otros muchos países, hoy grandes productores, y que almacenan en su seno enormes cantidades de petróleo se hicieron muchos sondeos estériles antes de encontrarlo, como igualmente ha ocurrido en muchas regiones actualmente petrolíferas.

Por consiguiente, creo que se puede afirmar honradamente que España, a juzgar por sus características geológicas, puede muy bien ser un país petrolífero. No tenemos ningún derecho a ser pesimistas porque, ni mucho menos, ni remotamente, hemos llegado al esfuerzo técnico y económico que han tenido que realizar la mayor parte de los países productores para alcanzar tan preciado producto.

Es cierto que, si no hay petróleo en nuestro subsuelo, no aparecerá por muchos miles de millones que gastemos, pero es igualmente cierto que si lo hay, la manera recta de llegar a él no es otra sino hacer las cosas como deben hacerse, como se dijo antes, y esta manera es extraordinariamente costosa. Es un hecho duro, pero ineludible. Tampoco podemos limitarnos a creer que lo hay o no lo hay. Es preciso llegar al conocimiento y llegar cuanto antes, y para ello no queda más remedio que investigar y sondear. Si además tenemos acierto y suerte, el camino puede ser menos largo y costoso.

La investigación de petróleos es terriblemente cara y arriesgada, pero también, si existe el petróleo, enormemente remuneradora.

Dejo a ustedes que deduzcan las conclusiones lógicas de estos razonamientos y estas cifras.

Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo en España desde 1939

POR

J. M. RIOS

LACION DE LOS PRINCIPALES SONDEOS RA INVESTIGACION DE PETROLEOS LLEVADOS A CABO EN ESPAÑA DESDE 1939

En diversas ocasiones (véase la bibliografía) se han blicado relaciones que expresan más o menos somera- nte los resultados alcanzados por los diferentes son- os realizados en España para investigación de hidro- rburos.

En estos momentos el número de perforaciones ya ılizadas por las diversas Compañías alcanza una cifra ativamente crecida. Conviene resumir en un conjunto los los resultados, y conviene, además, que las diver- ; numeraciones hasta ahora adoptadas, con diversos terios, se unifiquen bajo otro más inmutable e inde- ndiente, y éste puede muy bien ser el del orden cro- lógico de realización (por años), que es el que hemos optado en este resumen.

Hemos prescindido de los sondeos anteriores a 1936. rque ya han sido reseñados conjuntamente en diferen- s ocasiones, y además, porque su interés, con respecto los modernos, es muy reducido, por su escaso alcance profundidad, y por las circunstancias que, en algunos ellos al menos, acompañaron a la elección de empla- miento.

Las localizaciones aproximadas de los sondeos mo-

dernos figuran en el mapa que se acompaña, según el orden relativo de su realización, o sea, el de su numeración correlativa en este trabajo.

Expreso mi agradecimiento al Dr. Percomig, que tuvo la amabilidad de señalar y corregir algún dato erróneo en las relaciones anteriores, y al Ing. Sr. Martínez Peña, que me ha ayudado a recopilar los datos contenidos en este trabajo, así como a la realización del mapa.

1. Tudanca (1941) (CAMPSA, núm. 1).—Comenzado en Tudanca (Burgos), sale del Turonense. A los 130 metros entra en Cenomanense. A los 200, en el Albense-Wealdense. A los 236, de nuevo en el Turonense; a los 290, de nuevo en el Cenomanense. A los 390, de nuevo en el Wealdense. Termina a los 445 metros *sin cortar indicios* y después de haber atravesado una falla.

2. Zamanzas, 1 (1942) (CAMPSA, núm. 2).— Comenzado en Zamanzas (Burgos), se desarrolla por entero en el Albense-Wealdense. Termina a los 602 metros. Corta *indicios de petróleos y gases* a diversos niveles.

3. Zamanzas, 2 (1944) (CAMPSA, núm. 3).—Comienza en Wealdense. A los 460 metros entra en el Lías y termina en él a los 820 metros. Corta en ambas formaciones *muchos indicios de petróleo y una salida de gas*, entre los 655 y 677 metros.

4. Zamanzas, 3 (1945) (CAMPSA, núm. 4).—Comienza en Wealdense. Pasa al Liásico a los 474 metros y termina en él a los 860 metros. Corta *indicios de petróleo*

as a diversos niveles, en ambas formaciones, y una *da de gas* a los 609 metros.

5. Oliana (1947-48) (CIEPSA, núm. 1).—Situado la provincia de Lérida. Comenzó en margas del Eo- o superior y terminó a los 2.223 metros, sin salir de nisma facies litológica. Es un bello anticlinal de cie- s periclinales, situado en la zona de transición de la tónica violenta del Pirineo a la tectónica suave.

Es improbable, aunque no imposible, que todo el esor atravesado corresponda al espesor real de la for- ción, que se estimaba bastante más reducido antes de nenzar el sondeo. Es posible que haya una acumula- n tectónica de material. La dificultad en apreciar la posición de los estratos, debido a la peculiar textura las margas, ha impedido establecer de manera cate- rica cuál sea la causa real de esta aparente anomalía. cualquier caso, el interés de esta estructura queda en . Pero su exploración se habrá de afrontar con un en de sonda de más alcance y habrá que renovar los tudios geofísicos que precedieron a su perforación, licando los métodos de reflexión que no se practica- n entonces en nuestro país.

6. Chiclana (1947) (ADARO, núm. 5).—Comen- el sondeo en septiembre de 1947, en la localidad de hiclana (Cádiz) cortando arcillas. A los 10 metros se trró en las calizas miocenas para pasar pocos metros ás allá a margas bastante duras, con intercalaciones de alizas. A los 100 metros se pasa a alternancias de mar- as, yesos cavernosos dominantes con alguna caliza su- ordinada, que desaparece a partir de los 150 metros. Después las margas se hacen arcillosas, y a 205 metros

se corta un *nivel petrolífero* hasta los 206 metros. Desde 206 metros hasta 210 metros se siguen cortando las alternancias de margas muy arcillosas y yesos sacarinos. A los 210 metros aparece cloruro sódico con arenas y nódulos de margas, y termina el sondeo el 3 de junio de 1949, a los 747 metros de profundidad, cortando cloruro sódico y arenas.

7. Peña Ortún (1949-50) (CAMPSA, núm. 5).—Comienza en Wealdense. Pasa al Jurásico a los 491 metros, y al Liásico a los 1.021 metros. Termina en él a los 1.264 metros. Corta *indicios de petróleo y gas* a diversos niveles en ambas formaciones. Se practicó una prueba Schlumberger hasta los 1.050 metros.

8. Burgo de Osma (1949-50) (CIEPSA, núm. 2).—Situado en la provincia de Soria. Partió del Cretáceo superior y atravesó parte del Senonense y, además, Turonense hasta 358 metros; Cenomanense, hasta 504 metros; Albense-Wealdense, hasta los 752 metros; Liásico, hasta los 1.092 metros; Rético, hasta los 1.875 metros, y Triásico. Terminó en el Buntsandstein, a los 2.212 metros. La estructura es un bello anticlinal, compuesto de dos subestructuras. Se hizo la prueba de Schlumberger. El *resultado* fué *totalmente negativo*.

9. La Marina (1950-51) (CIEPSA, núm. 3).—Situado en la provincia de Alicante. Partió de Mioceno y a los 925 metros penetró en el Trías, formación en que encontró rocas hipogénicas a los 1.596 metros y se detuvo el sondeo en ellas a los 1.610 metros. La estructura sondeada es bonita, con buenos cierres, pero pertenece a una región de tectónica compleja y de pasado

ológico tormentoso. Se trataba de explorar, sobre lo, el Mioceno, que allí es de origen marino, y den- del Mioceno interesaba especialmente un horizonte ıy poroso de areniscas, que se sitúan en la base y que n productivas en Argel y Túnez. En este sondeo sultaron tener una potencia de 40 metros. Se prolon- el sondeo en el Trías con la esperanza de poder cortar nuevo Mioceno bajo él, circunstancia nada extraña esta compleja región, pero se detuvo al encontrar cas eruptivas. La prueba Schlumberger dió *resultado gativo*.

10. Dobro (1951) (CAMPSA, núm. 6).—Comienza n Wealdense. Entra en el Lías a los 468 metros. De uevo en el Wealdense a los 1.147 metros, para terminar ı él a los 1.221 metros. *No cortó indicio alguno*.

11. Rojales (1952) (CIEPSA, núm. 4).—Próximo ; de La Marina (Alicante). Atravesó 1.221 metros de Mioceno y aún se prolongó hasta los 1.582 en el Trías. La falta de correlación entre las columnas de dos sonleos tan próximos, ya que el detalle de las series cortalas era muy diferente, estableció de modo fehaciente, ma vez más, la complicación tectónica de la región, con violentos accidentes profundos. La tectónica profunda difiere, además, mucho de la superficial, bastante mansa, y que da lugar a estructuras regulares. *No cortó indicio alguno*.

12. Villanueva de Rampalay (1952-53) (CAMPSA, número 7).—Situado en Villanueva de Rampalay (Burgos). Se inicia en Wealdense. Pasa al Jurásico a los 565 metros y sigue en él hasta cerca de los 2.000 metros,

en que vuelve a entrar en el Wealdense. Termina en Keuper a los 2.177 metros. *Cortó abundantes indicios* en el Lías, *tanto de petróleo como de gas*. Se practicaron dos pruebas de Schlumberger.

13. Boltaña (1952-54) (CIEPSA, núm. 5).—Ubicado en Boltaña (Huesca) en un gran anticlinal de cobertura eocena y de más de 30 kilómetros de largo. Está dirigido de Norte a Sur, es decir, perpendicular a las directrices tectónicas normales del Pirineo, que se dirigen de Este a Oeste.

Se pensaba pasar un pequeño espesor de calizas de la base del Eoceno y explorar el Cretáceo superior. Salió el sondeo de las calizas eocenas para entrar en el Danés a los 260 metros, y en el Maestrichtense, a los 774 metros. Luego cortó el Campanense-Santonense, y de nuevo Campanense y Maestrichtense, y entró de nuevo en calizas del Danés-Eoceno, a los 1.392 metros, y en el Maestrichtense a los 1.892 metros, de modo que en vista de estas complicadas circunstancias se suspendió a los 2.124 metros. La estructura, que en superficie acusa sólo una ligera disimetría, muestra en profundidad una gran complejidad. *El resultado fué negativo*. Igualmente el de la prueba Schlumberger. Es el último de los sondeos realizados por CIEPSA, antes de su colaboración con Deilmann.

14. Baeza (1953) (ADARO, núm. 1).—En el curso de investigaciones hidrológicas llevadas a cabo en el valle del Guadalquivir (región 8) *se cortaron gases combustibles* en Baeza (Jaén) (1953), a diferentes profundidades, sobre todo entre los 270 y 275 metros, en un sondeo que se detuvo a los 300 metros sin salir del Mio-

no, donde había comenzado. Continuó «Adaro» con ra sonda más apropiada y se cortaron de nuevo gases tes de entrar en el Keuper, a profundidad de 365 me- os. Se detuvo el sondeo en esta formación a los 410 me- os.

15. Marcilla (1953) (VALDEBRO, núm. 1).—Las ctividades de Valdebro parten de un primer acuerdo ara la investigación de una concesión en Marcilla (Na- arra). Este acuerdo fué modificado posteriormente va- as veces, y ampliado, tanto por lo que se refiere a las nversiones de capital como a las superficies puestas a isposición de Valdebro.

Se comenzó por hacer, casi simultáneamente, un es- udio geológico de la región, en la que enclavan diver- as estructuras, todas ellas ubicadas en formaciones oli- gocenas del valle del Ebro. Se eligió entre todas el gran anticlinal de Marcilla, o de Falces, que es una es- tructura de cierres periclinales y perfecta conformación y, además, de grandes dimensiones.

Se hicieron sucesivamente dos estudios geológicos de la estructura, que llegaron, como veremos, a conclusio- nes contradictorias respecto de una cuestión muy impor- tante para la valoración del sondeo, la de los espesores oligocenos. El Oligoceno continental no se estima como formación de interés desde el punto de vista petrolífero, aunque no es tampoco imposible que reciba y almacene hidrocarburos procedentes de regiones más profundas o laterales. Uno de los informes estimaba los espesores de esta formación «muerta» en poco más de los 1.500-1.600 metros, mientras que el otro estudio, poste- rior, lo estimaba en un mínimo de 3.500 metros y pro- bablemente en valores más bien próximos a los 4.000

metros. Tras este Oligoceno, y de haber tenido espesores más reducidos, podía esperarse cortar Eoceno y, desde luego Cretáceo superior e inferior y quizás Jurásico y Liásico. Casi simultáneamente se realizó una investigación sísmica por reflexión, cuyos resultados no fueron nada terminantes.

Se previó un sondeo mínimo de 2.500 metros de profundidad para ser llevado a cabo con un equipo Rotary, capaz de llegar a los 4.000 metros. El sondeo no salió del Oligoceno y se detuvo en tramos más bien bajos, pero todavía no basales, del Oligoceno, a profundidad de 3.415 metros, después de atravesar grandes secciones de evaporitas. La marcha fué normal; iniciada el 17 de marzo de 1953, terminó el 21 de junio. Comenzó con diámetro de 20″ y se redujo a 13.3/4″ primero, y finalmente a 9″. Se practicaron dos pruebas Schlumberger. El sondeo se detuvo al comprobar que los espesores oligocenos deberían estar cerca de los 4.000 metros. *No cortó indicio alguno.*

16, 17 y 18. Baeza-Bailén (1953-54) (ADARO, números 2, 3 y 4).—A continuación del sondeo de Baeza se practicaron otros tres sondeos más entre Baeza y Bailén, siempre en la misma zona. El sondeo número 2 volvió a encontrar *gases* en el Mioceno, antes de entrar, a los 530 metros, en el Trías, donde se detuvo el sondeo a los 640 metros. Los sondeos 3 y 4 entraron en el Trías no sin ocasionar antes *débiles desprendimientos de gas.* Los espesores miocenos resultaron más reducidos que en los anteriores sondeos. Ambos terminaron en formaciones paleozoicas, después de atravesar el Trías.

19. Délica (1953-54) (CAMPSA, núm. 8).—Situada sa estructura cerca de dos chimeneas salinas, se practió un sondeo en Délica (Vizcaya) (1943-1954) de *reconoimiento geológico* en el borde del diapiro de Orduña, ondeo que alcanzó la profundidad de 558 metros. Parió del Turonense en facies de margas marinas, y dado l espesor cortado, se supone que terminó en Cenomaense en la misma facies, pero resultó totalmente eséril en fósiles.

20. Castilfrío (1954) (VALDEBRO, núm. 2).—Se perforó con la misma máquina de Marcilla, sobre una estructura en el Cretáceo inferior, denominada estructura de Oncala, situada en el NE. de Soria, en la provincia de este nombre.

El sondeo se inició en las facies wealdenses, que en esta región son continentales y están en la zona de tránsito de los espesores reducidos (300 metros al SE.) a los enormes espesores (por encima de los 6.000) que la formación presenta al Norte, donde domina la facies marina. La estructura es amplia (19 por 15 kilómetros) y tiene forma de domo. La serie se inicia con el Wealdense en tránsito gradual al Malm, y exiten además el Dogger, el Lías y el Trías germánico, en general con sus tres tramos. Se estimó que con 2.000 metros de sondeo se exploraría la serie hasta el Keuper.

La perforación fué precedida de estudios geológicos de detalle medio, pero no por prospección geofísica. Se colocó la sonda casi en el ápice de una de las dos subestructuras, la de Castilfrío, en que se descompone el domo de Oncala. A los 530 metros se abandonó el Wealdense para penetrar en el Jurásico hasta los 874 metros y en el Lías hasta los 1.475 metros. La identificación del

Keuper resultó muy dudosa, no se apreció la existencia de Muschelkalk y aún los conglomerados que, por debajo de los 1.800 metros, se han atribuido al Bunt, no representan tampoco la facies típica. Debe de tratarse de facies costeras del Trías, en razón de su proximidad al basamento paleozoico de la Sierra de la Demanda. Los últimos 50 metros de areniscas cuarcíticas fueron atribuídos ya al Paleozoico. Se suspendió el sondeo a los 2.400 metros *sin* haber dado *indicio alguno de petróleo*. Se practicó una prueba Schlumberger. El sondeo se hizo con la máquina de Marcilla.

21. Zúñiga, 1 (1954) (CIEPSA, núm. 6).—En la provincia de Navarra. Su realización fué precedida por un minucioso estudio estratigráfico, realizado con gran detalle en su fauna y en su micropaleontología, por cuidadosísimos levantamientos geológicos locales y regionales, y por una intensa y extensa campaña geofísica. Las campañas geológicas fueron llevadas a cabo por equipos mixtos de alemanes y españoles, y existían otros estudios de la etapa de colaboración CIEPSA-Socony Vacuum Oil. Los restantes estudios los realizó el personal técnico alemán de Deilmann, con colaboración técnica española. Este estudio es, sin duda, con gran diferencia, el de más detalle que haya precedido a perforación alguna en España.

El sondeo de Zúñiga es una variante del antiguo sondeo de Gastiain, en la estructura del mismo nombre, que llegó a los 1.600 metros de profundidad y cortó gases. Este sondeo fué realizado por Mr. Faison Dixon, en 1923, para la Interocean Oil Co., de Nueva York.

Empezó el de Zúñiga en septiembre de 1954, en margas turonenses, que abandonó a los 260 metros para en-

tar en formaciones cenomanenses hasta 2.050 metros. A partir de allí entró en margas arcillosas del Albense superior. Posteriormente pasó este sondeo a areniscas cuarcitosas del Albense inferior, de gran poder abrasivo. La perforación de los últimos 500 metros en esta formación fué extremadamente penosa, y por esta causa se detuvieron los trabajos y se importó una máquina americana de más potencia y capacidad (16.000 pies), para proseguir los trabajos en profundidad, como se hizo en otro punto de la misma estructura.

En el sondeo de Zúñiga *se han cortado interesantes niveles con hidrocarburos gaseosos a gran presión*. Las pérdidas de circulación en los niveles inferiores son extraordinariamente elevadas. Las pruebas realizadas permiten abrigar optimismo respecto del porvenir de este área. No se descarta en modo alguno, la posibilidad de encontrar crudos a niveles más profundos.

Esta estructura fué considerada siempre, por varios de nosotros, como la más prometedora entre las conocidas hasta ahora.

22. Chiclana, 2 (1954-56) (ADARO, núm. 6).—Comenzó el sondeo el 17 de marzo de 1954 en la localidad de Chiclana (Cádiz), cortando margas eocenas grises y azuladas bastante descompuestas. A los 98 metros se cortaron margas pardo rojizas con espejos. A los 102 metros se entró de nuevo en las margas grises con pirita, y a los 120 metros, *trazas* al parecer *de hidrocarburos*. De 120 a 151 metros se cortan bancos de yesos oquerosos con trazas de margas y abundantes cristales de azufre, y margas negras con cantos

de yeso y brechas de arenisca muy caliza y porosa. Entre 151 y 160 metros se cortan sales. Entre 160 y 188 metros, margas y arcillas rojo oscuras con olor a petróleo y algo de arenisca roja. Entre 188 y 207 metros nuevamente sal con arenisca y *cantidades apreciables de petróleo*. De 207 a 279 metros, arcillas grises, sales y continúan los *indicios de petróleo*. De 279 metros a 310 metros, arcilla gris y marrón.

A los 310 metros se entra en una formación potentísima de margas de diversos colores, que duran hasta el final del sondeo. Desde 960 metros hasta el final, las margas tienen vetillas de yeso. Terminó el sondeo a 1.032,75 metros, el 19 de julio de 1956.

23. Apodaca, 1 (1955) (CIEPSA, núm. 7).—En la provincia de Alava. Situado muy cerca, por el Nordeste, de la estructura de Zuazo (CAMPSA), en el flanco de una chimenea salina rellena de Keuper (Diapiro, de Murguía). Parte igualmente del Turonense y se terminó a 2.535 metros en facies margosas del Albense, *sin que mostrase indicios petrolíferos de ninguna clase*. Las facies atravesadas difieren mucho de las de Zúñiga.

24. San Lorenzo de la Parrilla (1955) (VALDEBRO, núm. 3).—Esta localidad corresponde a una estructura situada en la provincia de Cuenca, ligeramente al Este de la carretera general de Madrid a Valencia. Es un domo, de dimensiones reducidas en su afloramiento, pero que se extiende más ampliamente, sin duda, en profundidad bajo formaciones neogenas y paleogenas, que lo aislan de otras estructuras parecidas, en que es rica la región. La serie estratigráfica se compone de un Senonense-Turonense calizo sobre un Cenomanense margoso, Albense-Wealdense continental areniscoso, Lías ma-

ıo margoso y calizo, y por debajo el Trías de facies ɜrmánica. Se empezó este sondeo con una sonda aleana, en febrero de 1955, y se cortó Cretáceo superior ısta los 130 metros. Cenomanense hasta los 160 metros, ı que se penetra en el Albense-Wealdense. A los 540 metros se detuvo el sondeo en Lías y se practicaron versas pruebas Schlumberger y sísmicas. Se cambió . máquina por la más potente de Marcilla y se prosiuió el sondeo. A los 1.642 metros se entró en el Trías ıperior, y se abandonó el sondeo con *resultado negatio* el 15 de agosto, a los 2.580 metros, en Triásico, desués de cementado el orificio.

25. Iglesias (1955-56) (VALDEBRO, núm. 4).—Esta localidad está situada al Suroeste de Burgos, en na extensión de Mioceno horizontal. El sondeo se reazó con objeto de explorar una estructura determinada or métodos gofísicos en formaciones mesozoicas oculas. Comenzó la operación el 29 de octubre de 1955, en Mioceno, que abandonó a los 1.198 metros, para entrar n el Cretáceo superior. A los 1.438 metros penetró en Cretáceo inferior. A los 1.627 entró en Liásico. A los .637 metros, en el Triásico. A los 2.091, en Siluriano, y e abandonó en esta formación a los 2.180 metros. Se racticaron tres pruebas Schlumberger y diversas pruebas sísmicas y de todos órdenes. *El resultado fué negativo.*

26. Puigreig (1956) (VALDEBRO, núm. 5).—Está ubicado al N. inmediato de la localidad de Puigreig, en demarcaciones oligocenas del Norte de la provincia de Barcelona, en un aplastado domo. Su perforación se inició, con la máquina de Marcilla, el 2 de marzo del

año 1956 y terminó el 14 de agosto del mismo año, a 3.192 metros. Cortó Oligoceno (0-670 metros), Eoceno (670-3.015 metros) (el tránsito entre Eoceno y Oligoceno es gradual y poco definido) y Paleozoico (¿Carbonífero), desde 3.015 hasta 3.192, en que se dió por terminado. De manera sorprendente no se cortó el Cretáceo, que muy poco más al Norte tiene considerable espesor. *No dió indicio alguno* de hidrocarburos.

27. Bornos (1956) (VALDEBRO, núm. 6).—Este sondeo es una renovación de los antiguos sondeos de la zona de Bornos-Villamartín (Cádiz), que sin llegar a la producción industrial, suministraron, durante días, crudos de muy buena calidad. Se llevó a cabo con un equipo EMSCO G-500 recién importado, que ejecutaba en este sondeo su primera perforación. Comenzó sus operaciones en 19 de marzo de 1956 y terminó el 28 de agosto, a 3.027 metros. Cortó Mioceno (0-293 metros), Eoceno (293-580 metros), Triásico (580-3.027 metros). El Triásico consistió en Keuper salino. Su anormal espesor, sin duda de acumulación tectónica de los materiales salinos del Keuper, absorbió la capacidad de la sonda, e impidió reconocer los tramos inferiores del Trías. *No cortó hidrocarburos*, no obstante estar enclavado en zona de abundantes indicios.

28. Leva, 1 (1956) (CAMPSA, núm. 9).—Se inició en el anticlinal de Leva (Burgos), próximo a la localización del primitivo sondeo de Leva (1923), cerca de Soncillo. Partió esta nueva perforación del Turonense inferior en la culminación del anticlinal y cortó 250 metros de Turonense margoso y calizo, y arenoso en su parte inferior (CO₃ Ca = 40 %), Cenomanense de areniscas

alíferas (250-404 m.), Albense de arenas y areniscas líceas, con lechos de arcillas negras, con mucha materia orgánica, lignitos y materiales leñosos (404-1270 m.), n débil espesor de Wealdense (1270-1302 m.). Se dió or terminado después de cortar 90 metros de sales y arniolas de un domo triásico, a 1.512 metros de profundidad. Esta perforación *cortó aceites ligeros*, en areas, con riqueza de 8 por 100, pero *sin gas ni presión lguna*, a diversos niveles comprendidos entre los 497 · los 580 metros en formaciones del Albense de facies itoral, consistentes en areniscas y arcillas negras con *Orbitolina* y abundante materia orgánica. El anticlinal se manifestó en profundidad como un diapiro profundo que ha perforado el Liásico, Jurásico y parte del Cretáceo inferior.

29. Laño, 1 (1956) (CIEPSA, núm. 9).—Iniciado en junio de 1956, en la localidad de Laño (Burgos), en margas calizas del Cretáceo superior. Atravesó las siguientes formaciones: Senonse (0-700 metros), Turonense (700-1.063 metros), Cenomanense (1.063-1.298 metros), Albense (1.298-2.150 metros), Wealdense (2.150-2.350 metros), Triásico (2.350-3.501 metros). Terminó en junio de 1957, a 3.501 metros. Encontró frecuentes *trazas de asfalto* en las calizas por encima de los 915 metros, y a partir de esta profundidad hubo algún *indicio de hidrocarburos líquidos y gaseosos*. Sobre todo entre los 1.160 y 1.190 metros, en bancos de calizas poco porosas, del Cenomanense, cuyas grietas dieron indicios de petróleo. La acidificación produjo algunos centenares de litros de crudos. Ese horizonte no manifestó ni gas ni hidrocarburos ligeros.

Es interesante hacer notar que el gran espesor trií-

sico atravesado corresponde, casi todo él, a sal común, con escasas intercalaciones de margas yesíferas y dolomias. Se interpreta como un domo salino profundo.

30. Matienzo (1956) (VALDEBRO, núm. 7).—Se inició la perforación el 19 de septiembre de 1956 en Matienzo (Santander), y terminó el 23 de diciembre del mismo año, a 1.950 metros. Cortó Wealdense (0-609 metros), Jurásico (609-702 metros), Liásico (702-1.166 metros), Rético (1.166-1.280 metros) y Triásico (1.280-1.950 metros). *No cortó indicios de hidrocarburos.*

31. Alda, 1 (1956) (CIEPSA, núm. 8).—Explora la misma estructura que los sondeos de Zúñiga y antiguo de Gastiain, pero se sitúa en el flanco septentrional. Iniciado en calizas senonenses, cortó Coniacense (0-500 metros), Turonense (500-1.060 metros), Cenomanense (1.060-1.950 metros), Albense (1.950-3.358 metros). A los 3.450 metros entra en Aptense fosilífero; de 3.450 a 3.780 metros, en calizas aptenses alternantes con margas y areniscas duras, y la perforación continúa en la actualidad. Ha sido sondeo trabajoso, ya que hasta 600 metros hubo de perforarse sin circulación de lodos, y a partir de los 3.000 metros, las areniscas albenses han resultado muy duras y abrasivas, verdaderas cuarcitas. Se *cortó gas metano* entre 2.755 y 2.808 metros

32. Almarchal (1956-57) (VALDEBRO, núm. 8).—Se inició la perforación el 18 de septiembre de 1956, en la localidad de Almarchal (Cádiz), y terminó el 28 de septiembre de 1957, a 3.405 metros. Todo el sondeo parece haberse desarrollado en formaciones eocenas consistentes en arcillas hojosas rojas y grises, que dominan

sta los 1.029 metros; areniscas alternantes con arci-
s, hasta los 2.214 metros, y de nuevo arcillas hojosas
as y grises hasta los 3.465 metros.

Las primeras arcillas rojas y grises corresponden al
ceno inferior. La edad de las restantes formaciones
avesadas es más dudosa, y la interpretación tectóni-
del sondeo, confusa, ya que los niveles más profun-
s en el sondeo parecen también eocenos, pero más
os estratigráficamente.

Cortó gases a distintos niveles, a partir de 754 me-
os, en que unas areniscas suministraron las primeras
anifestaciones.

33. Treviño, 1 (1957) (CIEPSA, núm. 10).—Iniciado en un anticlinal oligoceno, próximo a la localidad de Treviño (Burgos). Comenzó en febrero de 1957 y se dado por terminado a profundidad de 2.595 metros. ortó Terciario continental (0-1.545 metros) y Triásico .545-2.595 metros). Existe, pues, aquí un domo sali-o, oculto en profundidad, en el que se cortaron 1.000 etros de sal, con alguna intercalación de arcillas ro-s compactas.

34. Medina Sidonia (1957) (ADARO, núm. 7).—omenzó el sondeo en mayo de 1957, en la localidad e Medina Sidonia (Cádiz), embocado en las margas eo-enas. Se cortaron margas, grises y pardas, descom-uestas, hasta los 93 metros, en que alternan con cantos a veces banquitos de arenisca. Esta alternancia ter-ina a los 103,50 metros, en que vuelven de nuevo las argas grises y pardas descompuestas, con algún can-o escaso de arenisca. A los 122 metros se entra en for-aciones salinas. A los 132 metros se entra de nuevo en

las margas grises y pardas muy descompuestas, con trozos de arenisca. El sondeo terminó a los 184 metros, en margas grises, el 4 de octubre de 1957.

35. Leva, 2 (1957) (CAMPSA, núm. 10).—La máquina de Leva 1 fué trasladada a un flanco de la misma estructura, de la que se pensó en un principio que era un anticlinal corriente, mientras que el sondeo antes descrito, demostró que albergaba una cúpula salina. Como consecuencia, se desplazó la máquina, huyendo de la culminación para tantear los flancos del domo salino. Como la perforación anterior, ésta partió igualmente del Turonense inferior. Los terrenos cortados son los mismos que en Leva 1, ya que el sondeo sólo dista 800 metros del anterior. La única diferencia estriba en que se partió de un horizonte 100 metros más alto, estratigráficamente, que el anterior. El Cretáceo inferior se empezó a cortar a 509 metros, bajo formaciones de areniscas duras de cuarzo, de grano fino y grueso, alternantes con arcillas negras y carbonosas, y algún horizonte marino con *Orbitolina*. En posición tendida y muy monótono hasta ± 800 metros, en que la inclinación de las capas pasa a un promedio de 46° (máximo de 50° a 1.200 metros). A los 1.300 metros cambia a anhidritas y arcillas rojas y conserva una gran inclinación. A los 1.400 metros vuelve a su inclinación normal y facies de areniscas y arcillas negras. A los 1.450 metros pasa a arcillas y anhidritas. Actualmente, a los 1.480 metros, en arcillas rojas, anhidritas y algún lecho de arcillas negras. Sigue la perforación.

Este sondeo *no ha cortado* las *manifestaciones petrolíferas* puestas de manifiesto por el sondeo anterior.

36. Asperillo (1957) (VALDEBRO, núm. 9).—Se inició la perforación en 17 de febrero de 1957, en la localidad de El Asperillo (Huelva), y terminó el 12 de mayo, a 3.307 metros. Cortó Pleistoceno (0-99 metros), Plioceno (99-695 metros), Mioceno (695-1.206 metros), Oligoceno ? (1.206-1.232 metros). Calizas duras y cristalinas de edad dudosa, cretácea o jurásica (1.232-2.185 metros), Rético (carniolas) (2.185-2.460 metros) y Trías salino y yesífero (2.460-3.307 metros). *No ha dado indicios de hidrocarburos*, pero cortó aguas saladas y sulfurosas.

37. Isla Mayor (1957) (VALDEBRO, núm. 10).—Se inició la perforación el 5 de julio de 1957, en la localidad de Isla Mayor (Sevilla), y se terminó el 22 de agosto del mismo año, a profundidad de 2.373 metros. Cortó: Pleistoceno (0-128 metros), Plioceno (128-686 metros). Margas con intercalaciones de arcillas, calizas y areniscas, atribuídas al Mioceno superior (686-1.047 metros). Margas arcillosas grises y verdes con algún yeso, atribuídas al Mioceno medio (1.047-1.840 metros). Margas arcillosas grises y verdes algo calizas, con lechos calizos intercalados (1.840-2.167 metros), y areniscas calizas de grano fino (1.167-2.107 metros) del Mioceno inferior. A los 2.197 metros se empiezan a atravesar pizarras metamórficas ampelíticas muy negras, del Paleozoico, en las que se abandona a los 2.373 metros. *No mostró indicio alguno.*

No solamente sorprende en este sondeo la falta de formaciones cretáceas y eocenas entre el Mioceno y el Paleozoico, sino la presencia de éste a tan alto nivel dentro del valle del Guadalquivir.

38. Moguer (1957) (VALDEBRO, núm. 11).—Se inició la perforación el 6 de septiembre de 1957, en la localidad de Moguer (Huelva), y se encuentra, al cerrar este escrito, a 1.918 metros. Cortó, hasta ahora, Cuaternario y Pleistoceno (0-152 metros), arcillas y margas de Terciario aún no identificado (152-714 metros) y calizas con intercalaciones arcillosas (714-1.914 metros), atribuíbles a niveles cretáceos y jurásicos. Desde los 1.914 metros en adelante, corta, por ahora, niveles de anhidrita en masa, hasta los 2.047 metros. Desde aquí hasta 2.192, formaciones de sal en masa. De 2.192 a 2.370 metros, margas abigarradas rojas y verdes. Desde 2.370 a 2.419 metros, areniscas rojas del Buntsandstein. A 2.419 metros entra en pizarras negras ampelíticas del Paleozoico. Se da por terminado a 2.473 metros, el día 14 de noviembre de 1957. *No cortó indicios.*

39. Almonte (1957) (VALDEBRO, núm. 12).—Iniciado el 26 de noviembre de 1957, en la localidad de Almonte (Huelva). Terminado el 26 de diciembre de 1957, a 1.344 metros. Cortó los siguientes terrenos:

De 0-165 metros, gravas, gravillas y arenas pleistocenas.

De 156-702 metros, arcillas plásticas azules, con intercalaciones de calizas, probablemente Mioceno.

De 702-835 metros, calizas mesozoicas de edad indeterminada.

De 835-1.283 metros, anhidritas y arcillas rojas y verdes del Keuper.

A 1.283 metros, pizarras negras ampelíticas del Paleozoico.

40. Treviño, 2 (1957) (CIEPSA, núm. 11).—Situado unos tres kilómetros al O. de Treviño 1. Empezó el 5 de octubre de 1957, y se encuentra actualmente a profundidad de 1.400 metros. Partió del Oligoceno. Ha atravesado Oligoceno, Campanense y Santonense. Falla. Cenomanense durante 80 metros. Falla. Coniacense y la serie normal. Actualmente perfora el Turonense.

41. Ojén (1957) (VALDEBRO, núm. 13).—Comenzó el 3 de diciembre de 1957, en la localidad de Ojén (Cádiz), y está a 1.460 metros en 16 de enero.

Comienza en arcillas fisibles del Eoceno, que llegan hasta 698 metros, con ligeras intercalaciones de areniscas.

Desde 698 metros hasta 1.460, areniscas más o menos duras, con intercalaciones arcillosas del Eoceno.

42. Laño, 2 (1958) (CIEPSA, núm. 12).—Situado 500 metros al S. del pueblo de Baroja, a unos cinco kilómetros en línea recta de Laño 1. Comenzará a perforar en enero de 1958.

OTRAS ACTIVIDADES

Aunque las que acabamos de mencionar son las más importantes no han faltado otras, realizadas por Compañías más modestas en sus diversas concesiones.

Recordamos un sondeo realizado por el Instituto Geológico cerca de Soria, que partió de la parte alta del Albense-Wealdense y paró a unos 700 metros, sin salir de la formación, con resultado negativo.

Tres sondeos realizados en Zumaya, en la costa cantábrica, entre San Sebastián y Bilbao. No se han publicado sus resultados, pero parece que alcanzaron entre los 700 y los 1.000 metros, y al menos uno de ellos se dice que cortó gases a gran presión. Partieron de la parte más alta del Cretáceo superior y, con toda probabilidad, no salieron de él.

La Sociedad «Petróleos Españoles» realizó el sondeo de La Bisbal, en la parte NE. de la provincia de Gerona, cerca de la costa mediterránea (región 3). Alcanzó 609 metros y se detuvo en formaciones paleozoicas, después de atravesar la serie eocena, prácticamente entera. Los 50 metros de calizas basales mostraron indicios.

La Sociedad LECSA (Orovio) realizó otro sondeo en Riumors, no lejos del anterior, y se detuvo, por avería, a los 435 metros, sin salir de formaciones pliocenas, donde había comenzado. Su resultado fué negativo.

Ambas sociedades se acaban de unir para proseguir conjuntamente sus actividades.

Y ha habido otra serie de pequeños intentos, sin base técnica ni económica.

Varios sondeos menores de 1.000 metros han sido practicados en algunos de los diapiros de la región cantábrica por la Compañía «Petrolífera Ibérica», sin resultados positivos. No se posee información acerca de las formaciones cortadas.

Un sondeo, al que la Prensa nacional dió gran resonancia, fué el realizado en Benatae (Jaén) por una institución ajena en sus fines a la investigación de petróleos. Su ubicación no fué precedida, al parecer, por reconocimientos geológicos, y fué determinada por procedimientos geofísicos con fuerte tufillo, en mi opinión, de

adiestesia. Antes de comenzar la perforación se había anunciado la presencia de una bolsa de petróleo a los 20 metros.

El sondeo se inició (1957) en areniscas y margas rojas del Trías, de cuya formación se perforaron 265 metros. De allí se pasó a Paleozoico (Siluriano y Cambriano ?), consistente en 35 metros de pizarras negras con pirita y cuarzo, 35 metros de cuarcitas grises y 125 metros de pizarras oscuras y de un grado más elevado de metamorfismo. El sondeo fué abandonado pasados los 60 metros, último dato fidedigno que poseemos. A principios de abril es cuando se llegó a la zona en que se anunciaba el hallazgo. Los resultados fueron negativos.

RELACION POR COMPAÑIAS

CAMPSA

1) Tudanca (1), 1941.
2) Zamanzas, 1 (2), 1942.
3) Zamanzas, 2 (3), 1944.
4) Zamanzas, 3 (4), 1945.
5) Peña Ortún (7), 1949-50.
6) Dobro (10), 1951.
7) Villanueva de Rampalay (12), 1952-3.
8) Délica (19), 1953-4.
9) Leva, 1 (28), 1956.
10) Leva, 2 (35), 1957.

CIEPSA

1) Oliana (5), 1947-8.
2) Burgo de Osma (8), 1949-1950.
3) La Marina (9), 1950-1.
4) Rojales (11), 1952.
5) Boltaña (13), 1952-4.
6) Zúñiga, 1 (21), 1954.
7) Apodaca, 1 (23), 1955.
8) Alda, 1 (31), 1956.
9) Laño, 1 (29), 1956.
10) Treviño, 1 (33), 1957.
11) Treviño, 2 (40), 1957.
12) Laño, 2 (42), 1958

ADARO

1) Chiclana, 1 (6), 1947-9.
1') Baeza (14), 1953.
2-4) Baeza-Bailén (16-18), 1593-1954.
6) Chiclana (22), 1951-56.
7) Medina Sidonia (34), 1957.

VALDEBRO

1) Marcilla (15), 1953.
2) Castilfrío (20), 1954.
3) San Lorenzo (24), 1955.

SONDEOS MAS IMPORTANTES LLEVADOS A CABO EN ESPAÑA PARA PROSPECCION DE PETROLEOS DESDE 1939

1. Tudanca (1941) (CAMPSA, núm. 1).
2. Zamanzas, 1 (1942) (CAMPSA, núm. 2).
3. Zamanzas, 2 (1944) (CAMPSA, núm. 3).
4. Zamanzas, 3 (1945) (CAMPSA, núm. 4).
5. Oliana (1947-48) (CIEPSA, núm. 1).
6. Chiclana (1947) (ADARO, núm. 5).
7. Peña-Ortun (1949-50) (CAMPSA, núm. 5).
8. Burgo de Osma (1949-50) (CIEPSA, núm. 2).
9. La Marina (1950-51) (CIEPSA, núm. 3).
10. Dobro (1951) (CAMPSA, núm. 6).
11. Rojales (1952) (CIEPSA, núm. 4).
12. Villanueva de Rampalay (1952-53) (CAMPSA, número 7).
13. Boltaña (1952-54) (CIEPSA, núm. 5).
14. Baeza (1953) (ADARO, núm. 1).
15. Marcilla (1953) (VALDEBRO, núm. 1).
16, 17 y 18. Baeza-Bailén (1953-54) (ADARO, números 2, 3 y 4)
19. Délica (1953-54) (CAMPSA, núm. 8).
20. Castilfrío (1954) (VALDEBRO, núm. 2).
21. Zúñiga, 1 (1955) (CIEPSA, núm. 6).
22. Chiclana, 2 (1954-56) (ADARO, núm. 7).
23. Apodaca, 1 (1955) (CIEPSA, núm. 7).
24. San Lorenzo de la Parrilla (1955) (VALDEBRO, número 3).
25. Iglesias (1955-56) (VALDEBRO, núm. 4).
26. Puigreig (1956) (VALDEBRO, núm. 5).
27. Bornos (1956) (VALDEBRO, núm. 6).
28. Leva, 1 (1956) (CAMPSA, núm. 9).
29. Laño, 1 (1956) (CIEPSA, núm. 9).
30. Matienzo (1956) (VALDEBRO, núm. 7).
31. Alda, 1 (1956) (CIEPSA, núm. 8).
32. Almarchal (1956-57) (VALDEBRO, núm. 8).
33. Treviño, 1 (1957) (CIEPSA, núm. 10).
34. Medina Sidonia (1957) (ADARO, núm. 7).
35. Leva, 2 (1957) (CAMPSA, núm. 10).
36. Asperillo (1957) (VALDEBRO, núm. 9).
37. Isla Mayor (1957) (VALDEBRO, núm. 10).
38. Moguer (1957) (VALDEBRO, núm. 11).
39. Almonte (1957) (VALDEBRO, núm. 13).
40. Treviño, 2 (1957) (CIEPSA, núm. 11).
41. Ojén (1957) (VALDEBRO, núm. 12)
42. Laño, 2 (1957) (CIEPSA, núm. 12).

(15) Ríos, J. M.: *Breve noticia del estado actual de las investigaciones del petróleo en España*. VII Convegno. Naz. del Metano e del Petrolio, Sezione 1, Palermo, 1952.

(16) Ríos, J. M.: *Marcha de las investigaciones de petróleo en España: 1952-1955*. «Rev. Combustibles, a. XV, núms. 78-9, Zaragoza, 1955.

(17) Ríos, J. M.: Comentarios al artículo de H. D. Hedberg: *Perspectivas petrolíferas mundiales desde un punto de vista geológico*. «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», número 39, Madrid, 1955.

(18) Sanz, R.: *El petróleo en España*. «Mem. del Inst. Geol. y Min. de España», Madrid, 1988.

(19) Sampelayo, P. H.: *Aportación a la bibliografía del petróleo en España*. «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», núm. 15, Madrid, 1946.

(20) Sondeos (Comité Nacional de): *Catalogación provisional de los sondeos efectuados en España*. Madrid, 1929-1932.

(21) Varios autores: «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 38, dedicado a las investigaciones de petróleo. Madrid, 1955.

Excursión geológica por Bloque de Piélago (Toledo - Avila)

POR

LUIS CARLOS G. DE FIGUEROLA

LUIS CARLOS G. DE FIGUEROLA

EXCURSION GEOLOGICA POR BLOQUE DE PIELAGO (Toledo-Avila)

INTRODUCCIÓN

Durante el año 1957 tuvimos ocasión de recorrer la región situada entre Talavera y la alineación de Gredos en su parte más oriental. La mayoría de nuestros itinerarios se pueden situar en las hojas topográficas número 578, 579, 601 y 602 del Mapa Nacional 1/50.000, que comprenden un rectángulo de interés, tanto morfológico como tectónico y petrográfico. Su estudio en detalle y en conexión con las zonas próximas es más propio de una monografía que de una simple nota. Pero aquí queremos hacer resaltar solamente algunas de nuestras observaciones sobre las dos hojas mencionadas en último lugar.

Vidal Box, en sus estudios sobre Gredos (15), establece cuatro alineaciones montañosas que de Sur a Norte se van sucediendo en sistema casi paralelo, y que quedan separadas por tres depresiones longitudinales. Es un esquema claro y conciso y en el cual la región que estudiamos se sitúa sobre la alineación más meridional.

La bibliografía es relativamente escasa y en gran parte se encuentra recogida en la memoria explicativa de la hoja 602 (10), única publicada hasta la fecha. Otros trabajos dedicados especialmente a la Morfología hacen referencia a esta región cuando tratan del Macizo de Gredos, encuadrándola en las líneas generales del sistema Central. Birot y Solé Sabarís (1) indican expresamente que no estudian la Sierra de San Vicente, aunque sí hacen observaciones y determinan consecuencias en el alto valle del Tiétar.

El eje de Gredos, estrecho y abrupto, forma en realidad un arco abierto hacia el Sur, desde Pedro Bernardo al valle de San Martín de Valdeiglesias, donde termina de forma brusca. Su continuidad con la Sierra de Guadarrama propiamente dicha, ofrece algunas dudas, pues a parte de su dirección distinta existe una gran distancia Norte Sur entre la terminación de una y el comienzo de la otra. Quizás las líneas tectónicas del Guadarrama tengan sus similares en las de la Paramera de Avila, con lo cual los bloques situados al Sur de las dos habrían sufrido una evolución diferente y sería difícil establecer el paralelismo entre las formas morfológicas de ambos conjuntos. Nosotros nos abstenemos de hacer comparaciones en este sentido.

De la tectónica

Bajo la denominación de Bloque de Piélago, incluímos no solamente el macizo alto (la mal llamada Sierra de San Vicente, pues éste es el nombre de unos de sus picos), sino también una extensa llanura de arrasamiento que se extiende principalmente hacia el W. y

SW. El nombre de piélago lo tomamos de una plataforma alta, situada entre los picos más elevados, donde se encuentran las ruinas del convento que lleva su mismo nombre.

El bloque se limita por el SE. en el contacto con un sedimentario reciente. Por el N. y NW. con la depresión del Tiétar, mediante un fuerte escarpe que afecta a los granitos y neis como a las calizas y pizarras. Por el NE., el macizo Central del bloque se continúa por las delgadas elevaciones de la sierra de la Culebra, sierra de la Higuera y más lejos por el monte de Cenicientos, ya en las inmediaciones del valle de San Martín de Valdeiglesias. Entre este último y las anteriores existe una cuerda muy rebajada que establece una amplia comunicación entre la cabecera del Valle del Tiétar y una llanura con escasos resaltes, donde se encuentra el monte-isla de Cadalso de los Vidrios, uno de los mejores ejemplares del Sistema Central (fot. 1). Pero esta región queda ya fuera de la que hemos recorrido con más detalle.

El macizo lo integran siete elevaciones con cotas superiores a los mil metros que se pueden ordenar en dos alineaciones paralelas de dirección SW.-NE. La más norteña sería la de Navalasierra-Cruces y la meridional la de Cabeza Bermeja-San Vicente-Cituero-Oso, muy seguida y que se eleva de forma abrupta sobre una estrecha y mal desarrollada llanura que la separa del escarpe meridional de todo el bloque. Entre ambas alineaciones nos queda la elevación de Pelados y una llanura colgada que, de acuerdo con Kindelan y Hernández Pacheco, constituye una antigua superficie de erosión. La acción remontante del Guadyerbas co-

mienza a morderla por su borde Oeste. Más o menos perpendiculares a estas fracturas, se encuentran otras de mucha menos importancia. Pero las líneas principales del núcleo en unión de las marginales del bloque en este punto forman un conjunto muy paralelo de dirección NE. y sin que se curven en ningún sentido. Este hecho, como veremos más adelante, no se mantiene más hacia el W., ya en la plataforma de Navalcán.

Esta plataforma presenta las características de una llanura de arrasamiento de forma clara durante más de treinta kilómetros desde las proximidades de Navamorcuende hasta más al W. de Navalcán. Pero su altitud va descendiendo paulatinamente hacia el punto citado en último lugar. De cotas comprendidas entre los 600 a 650 pasamos a las de 450 que es ya la de los terrenos sedimentarios. Lomas pandas, de radio muy abierto, alternan con algunas vaguadas, en general poco marcadas y con cursos de agua de carácter tranquilo, excepto en las inmediaciones del borde NW. del bloque No aparecen verdaderos montes-islas y solamente algunos cerros más o menos cónicos se han desarrollado en el berrocal, granítico y metamórfico de Cervera y Segurilla, conservando sus cotas dentro de las indicadas.

Otro tipo de elevaciones en detalle merecen ser citadas aparte. El primero lo constituye la atalaya de Torrejón, en el término de Sotillo de las Palomas, que, con cota próxima a los 600 m., destaca como serreta aguda y pelada sobre una base cubierta de vegetación, y con cota ya más baja. Su eje está constituído por un potente dique de cuarzo y las laderas por granitos sumamente catacláctico y alterados. En contraposición

las rocas próximas (granitos), son duras, enteras y frescas. El mismo fenómeno lo hemos observado en otras regiones graníticas, y no se explica fácilmente que la erosión respete el granito y cuarzo catacláctico y rebaje grandemente las demás rocas de dureza mucho mayor. Seguramente el proceso químico tiene en estos casos más importancia que el físico. En la penillanura granítica de Salamanca hay buenos ejemplos de esto y son conocidos con el nombre de «sierros».

El otro tipo de elevaciones forman dos líneas paralelas de dirección SW. a partir del núcleo central: Camello-Meregiles y Navalaparra, que tiene de particular que su eje, está constituído por un pórfido de carácter granodiorítico, con pasta criptocristalina, pero que según nos alejamos de él la pasta se va haciendo más granuda hasta quedar constituída en verdadera roca granitoidea, similar a la general del campo; en ningún momento se puede establecer el límite entre ambas. El fenómeno es de por sí bastante interesante desde el punto de vista petrogenético. Pero además se da la circunstancia de que la primera de las dos alineaciones indicadas está en prolongación de la fractura que limita por el SE. las elevaciones de Cabeza Bermeja-San Vicente, Cituero-Oso, lo que parece indicar que esta fractura tiene un antecedente antiguo y profundo que originó en la zona milonitizada una felsita, hoy convertida en pórfido. Recientemente sólo la parte más oriental de la fractura ha sido rejuvenecida. La alineación del otro eje porfídico no coincide exactamente, con la línea que separa las elevaciones del macizo, aunque con su misma dirección se encuentra corrida hacia el Sur.

Paralela a estas alineaciones se sitúa el escarpe que limita todo el bloque hacia el SE. Desde San Román a las proximidades de Gamonal se dibuja nítido y como trazado con tiralíneas. Pero este escarpe no corresponde enteramente al contacto entre el sedimentario y las rocas plutónicas o metamórficas. Solamente en la parte más oriental se da este fenómeno. Por el contrario, a partir del cerro Mojón hasta Casar de Talavera, el escarpe está en realidad dentro de la masa cristalina, quedando una franja de estas rocas, que alcanza, a veces, más de un kilómetro, entrando a formar parte de la llanura que se extiende hacia el curso del Tajo.

El arroyo Pepino corre la mayor parte de su curso pegado al escarpe y de forma paralela a él. Sus márgenes presentan caracteres bien diferentes. La que corresponde al escarpe es de roca fresca y dura, con gran número de canchales y bolos, mientras que la opuesta está constituída por rocas miloníticas, cataclácticas y neis tectónicos, con algunas aplitas difusas y sin que se originen canchales ni el berrocal. Es decir, corresponde a una zona de fracturas. Desaparece hacia el Sur, recubierta por las terrazas del Tajo y un delgado manto de arcosas. En Gamonal ya no se observa la zona de trituración y las arcosas, más silíceas, montan directamente sobre el granito fresco. La zona de fractura, de existir aquí, estará completamente recubierta por los sedimentos recientes.

Es claro que el Bloque de Piélago se hunde hacia poniente y que tal desnivelación es anterior a la formación arcósica. El problema consiste en datar este sedimentario. En la hoja de Talavera (más al Sur), figura como mioceno, mientras que en la de Navamorcuen-

e, aparecen del plioceno superior por comparación con l de otros puntos y por paso a conglomerados de tipo aña más al Este. Admitiendo como más cierta esta segunda suposición, tendríamos que la desnivelación del Bloque de Piélago en su parte occidental, es cuando menos anterior al plioceno alto. Pero no todo a lo largo de a fractura es idéntico.

Hacia el Este, en un pequeño escarpe inmediato a la carretera de Garciotún, las formaciones sedimentarias no aparecen horizontales, sino buzando de forma tendida hacia el SE. Se trata de areniscas poco arcósicas con pequeños lechos lenticulares, muy finos y discontinuos, de cantos poco rodados y de tamaño aproximado a avelanas. Su presencia nos fué comunicada verbalmente por el profesor Alía Medina y más tarde la visitamos personalmente. Parece indicar la existencia de movimientos muy recientes en este punto, pero de pequeña intensidad. Esto explicaría la presencia de conglomerados de tipo raña por esta parte, mientras que por el lado de Gamonal, no existen. El movimiento acentuaría aún más el levantamiento del Este.

El bloque se descompone en horquilla en su parte Oeste. La más meridional de las dos ramas, es al mismo tiempo, la más fina y la que alcanza menor longitud antes de desaparecer bajo el sedimentario. Por el contrario, la septentrional llega a la confluencia del Guadyerbas con el Tiétar, y probablemente se continúa más al NW, bajo los conglomerados de este río. Pero lo más curioso es la digitación de esta última que através de las Cuerdas de la Majadas y Canalejas, se aproxima enormemente a Gredos, un poco al W. de Ramacastañas. Estrangula así el Valle del Tiétar y el río se

encaja grandemente entre Monte Nuevo y la Barca de Peña.

El entrante que separa las dos ramas de la horquilla está relleno por materiales areniscos con pocos feldespatos, a los que se le superponen en muchos puntos un delgado manto de conglomerados finos, pertenecientes a la segunda terraza. Es una llanura muy mal drenada por el curso medio del Guadyerbas que corre perezoso y más pegado a la rama Norte de la horquilla. El

Fig. 1.—Corte en el Arroyo del Estanque (Km. 6 de la carretera de Navalcán a la de Oropesa-Candeleda).

1. Granito biotítico de grano grueso.—2. Conglomerado poligénico.—3. Arcosas con cantos muy gruesos.—4. Arcosas amarillentas.—5. Conglomerados con pocas arenas.

río asciende a la llanura cristalina por el ápice del entrante sedimentario, aprovechando una fractura longitudinal.

La rama mayor está igualmente inclinada hacia el SW. y adosadas a las rocas granitoideas aparecen unos conglomerados poligénicos cementados por calcita y minerales caolínicos. Fácilmente se puede observar en el kilómetro 93 de la carretera de Talavera a Arenas de San Pedro (fot. 2), en Cuestas Blancas, al Sur de Navalcán, en el kilómetro 6,500 de la carretera de este último pueblo a la de Oropesa, en el camino de Solana a Alcornocal y otros puntos, tanto en el borde Sur como en el Norte de esta rama del complejo cristalino.

El tamaño y la composición mineralógica de los cantos cambia un tanto de unos puntos a otros e incluso la cantidad y abundancia del cemento también varía, a veces, dentro del mismo lugar. En el kilómetro 6,500 de la carretera de Navalacán, es quizá, donde mejor pueden estudiarse (fig. 1). Los cantos aumentan de diametro hacia la parte alta y son de muy distinta composición, cuarcíferos, de calizas cristalinas, de pizarra, de granito. En un nivel algo más inferior tiene más cemento calizo, los cantos son mucho más finos y se hacen más esporádicos. Descansan directamente sobre el granito y tienen cuando más una potencia de hasta dieciséis metros.

En Paraleda, este conglomerado poligénico, con cantos más finos descansa en parte sobre el granito y en parte sobre unas calizas cristalinas. Parece que aquí falta el tramo más alto con cantos mayores y más angulosos. Todas estas formaciones son horizontales y se localizan en cotas muy parecidas, aunque la distancia entre los puntos observados sea muy grande. Los más altos son los situados más hacia el Este (420 m.), mientras que los del W. sólo alcanzan los 360 m. Lo que parece indicar que el conglomerado se encuentra inclinado en el mismo sentido que la plataforma cristalina y con un valor similar.

Sobre este conglomerado se encuentra la serie arcósica, de grano grueso, poco cementada y con gran cantidad de cantos grandes de cuarzo bien redondeados. Su color es rosado y alcanza hasta una potencia de 60 m. en las inmediaciones del Guadyerbas, sin que aparezca ninguna estratificación. Hacia el Oeste va descendiendo su potencia. Se puede considerar como una fa-

cie marginal de las arcosas que se encuentran por el lado de Talavera y que han sido consideradas como del plioceno.

Al norte de Tiétar, entre Machoverde y Navaltoro, se extiende una potente formación de aspecto caótico distinta a la anterior. Se compone de cantos muy mal redondeados, eminentemente de pizarras y cuarzo, aunque también los hay de calizas cristalinas y de granito.

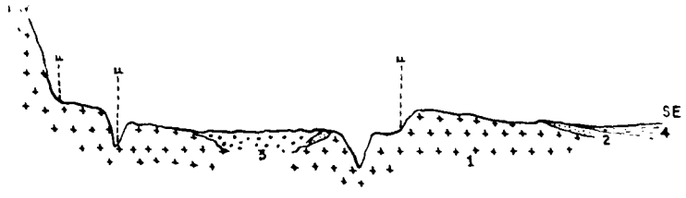


Fig. 2.—Corte de Poyales Golín de la Senda.
1. Granito biotítico, granito orientado y neis.—2. Conglomerado poligénico.—3. Conglomerados de tipo raña.—4. Arcosas.

Monta sobre el conglomerado poligénico (fig. 2) y lo consideramos del plioceno tipo raña, con más de 80 metros de espesor. Da lugar a una topografía de grandes y sinuosas lomas lisas y suaves.

Nos inclinamos a suponer que el conglomerado poligénico es de un mioceno alto, y en este caso la basculación del bloque de piélago hacia el W. habría que datarla de finales del mioceno, aunque por el Este sufriera un pequeño rejuvenecimiento inmediatamente anterior a la formación de la rañas. La fractura de Poyales, que limita el eje principal de Gredos, también habría sufrido movimientos similares, lo que explicaría la formación caótica de Machoverde-Navaltoro.

Cinco fracturas importantes se pueden reconocer en la plataforma occidental del Bloque de Piélago. Aparte de

llas tenemos la que lo limita por el Sur y ya ha sido mencionada antes. El paso del Valle del Tiétar, con fuerte escarpe, parece corresponder a una sola fractura, rectilínea y con la misma dirección NE.-SW. Pero la observación en el campo demuestra que en realidad se trata de dos líneas independientes, o mejor dicho, de dos segmentos pertenecientes a distintas fracturas y que aparecen en continuación el uno del otro. Una de ellas comienza en la Sierra de la Higuera y llega con la dirección dicha a Hontanares, desde donde se inflexiona hacia el Sur para desdibujarse en el Trampal, ya con dirección francamente N.-S. Adquiere así una forma de arco con radio amplio.

La segunda se inicia más al Oeste; en las inmediaciones de Las Canalejas, donde el Tiétar se amolda a su trazado. Luego sigue hacia el SSW, y termina prácticamente con dirección Sur, a partir del codo del arroyo Miéjar y el tramo inferior del arroyo Jardín. Es, pues, en arco y más o menos concéntrico con el anterior. El mismo trazado le atribuímos a la existente al Norte de Segurilla y Mejorada, aprovechada en parte por el arroyo Marrupejo y el Bonalejo. Más al Oeste la banda de trituración con su cortejo de estructuras de cuarzo, desaparece bajo las arcosas que rellenan el entrante entre las dos ramas de la horquilla.

La cuarta no se desarrolla en arco, sino en forma rectilínea, y por ella sube el Guadyerbas de la llanura de colmatación de las arcosas a la de arrasamiento. Es claramente anterior a la formación de las arcosas y quizá la parte con dirección hacia el Sur se encuentre bajo estos sedimentos.

La fractura que nos falta por enumerar es completamente renegante con todas las anteriores. Partiendo de la Cañada de Hontanares lleva dirección SSE. hacia Montesclaros y aparece más al Sur del Guadyerbas con la misma dirección, cortando a la del Marrupejo de forma casi ortogonal en La Pedernala. Punto muy singular en el que aparecen algunas estructuras con silex blanco-lechoso, negro o azulado. Es la única formación que conocemos en la que el silex se presente de forma filoniana, y los cantos sueltos recuerdan algunas veces los del Pontiense castellano.

Volviendo a las tres líneas de fracturas mencionadas en primer lugar vemos que todas las estructuras de la terminación del bloque por su parte Oeste se curvan hacia el Sur. El mismo fenómeno se observa incluso en el eje principal de Gredos. El río Ramacastaña sigue un curso rectilíneo de Sur a Norte hasta San Esteban del Valle, desde donde se curva hacia Este, y por la profunda garganta de Juarna llega al collado de Serradillos ya francamente con dirección SW.-NE.

De las rocas

Aparte de las arcosas y conglomerados terciarios que bordean el bloque, la constitución petrológica es muy compleja y, a veces, presenta grandes dificultades para establecer los límites precisos entre ellas. Dominan los granitos biotíticos, calcoalcalinos y de grano medio a grueso. Pasan insensiblemente a granitos orientados y de éstos a neis cuarzofeldespáticos con índice de color muy bajo. En los términos de Mojorada y Segurilla el límite entre el granito y el neis se establece con dificultad

que se ve aumentada por la presencia del eje porfídico mencionado al principio. También en los de Parrillas y Navalcán se pasa insensiblemente de los granitos orientados a los neis cuarzofeldespáticos.

En líneas generales podemos establecer dos bandas metamórficas de carácter fuertemente fémico y cálcico que, con dirección Norte-Sur o NW.-SE., montan sobre un sustrátum granitoideo o neísico. Una de ellas comienza en forma aguda en San Román, y termina más potente en Buenaventura y Sartajada. Está constituída por pizarras arcillosas, micacitas, neises fémicos de grano fino y migmatitas en bancos bastante potentes. Estas últimas adquieren su mayor expresión en lo alto de Navalasierra, donde montan sobre pegmatitas y aplitas. Buzan hacia el NE. de forma tendida y son verdaderas arteritas ricas en cuarzo.

La dirección más frecuentemente observada en toda la banda es la del NW., si bien al Este del pueblo de Navamorcuende lo hacen hacia el NE. y con buzamiento vertical o un poco inclinado al NW.

Aneja a ella encontramos otra más pequeña situada entre los pueblos de Pepino y Segurilla. Es bastante rica en cuarzo y constituída en su mayor parte por migmatitas. Al Norte de Pepino, así como al Este, existen unos manchones pequeños de calizas cristalinas bastante impuras, que unas veces se encuentran asentadas directamente sobre el granito y otras en pizarras anfibólicas o micáceas. Seguramente por su pequeñez no figuran en la hoja geológica 602, pero su localización es interesante para relacionarlas con otras situadas al Oeste. Parecen alinearse al NNW. con otra pequeña mancha de las inmediaciones de Cervera. De todas ellas, unas aparecen

en la plataforma cristalina y otras en la parte inferior de la fractura marginal que se hunde bajo el Terciario, con diferencia de cota de 100 metros entre las más próximas. El respeto de la erosión por estas calizas es in-

Fig. 3.—Corte de la banda fémico caliza al Norte del Guadyerbas.
2. Calizas cristalinas impuras.—3. Granitos y neis.—4. Micacitas y pizarras.

teresante y da lugar a algunas interrogantes sobre la época de la fractura.

La otra banda fémica está en realidad dividida en dos partes de características diferentes. La primera llega prácticamente desde la fractura del Guadyerbas hasta el río Tiétar, en las proximidades de Hontanares (figs. 3 y 4).

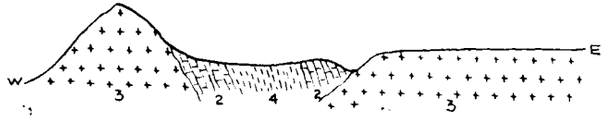


Fig. 4.—Corte del cerro de Don Pedro a Navalborro.
2. Calizas cristalinas.—3. Granitos y neis.—4. Pizarras y micacitas.

Está constituída por pizarras micáseas y calizas que originan los yacimientos de Montesclaros, estudiados por Carandell desde el punto de vista mineralógico. Se trata una banda muy estrecha de dirección NNW. Están afectadas en parte por la fractura de Hontanares antes citada y que origina un brusco contacto entre calizas y el granito con la formación de algunas fuentes. Al Sur de

la fractura del Guadyerbas, se encuentra un isleo de estos materiales, dos manchitas de calizas y tres o cuatro de pizarras, curcitas y migmatitas (fig. 5), montando sobre un granito orientado o un neis cuarzofeldespático.

Lateralmente a la banda, y en su lado W., se han desarrollado unos neis leucocráticos de grano fino y

Fig. 5.—Corte de Dos Cabezas a la Solana.
1. Areniscas arcósicas.—2. Calizas cristalinas.—3. Granitos y neis.

abundante moscovita. Se trata de verdaderas leptitas que se continúan en Cabezas, un poco más al NW., y a partir de ellas da comienzo la segunda parte de este metamorfismo fémico, con mayor anchura y extensión. Están exentas de calizas hasta que se pasa la falla del Tié-

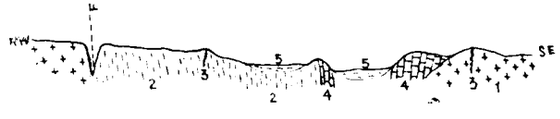


Fig. 6.—Corte de Poyales a Montenuevo.
F. Fractura de Poyales.—1. Granito biotítico de grano grueso.—2. Pizarras, micacitas y cuarcitas.—3. Diques de cuarzo.—4. Calizas cristalinas.—5. Sedimentos cuaternarios.

tar. Al lado Norte de este río forman dos corridas que bordean la llanura cuaternaria de los Campos (fig. 6). Gran parte de este metamórfico pizarroso y calizo, desaparece bajo el potente conglomerado de Manchoverde y algunas formaciones cuaternarias. Contiene algunas es-

tructuras de cuarzo debido a la proximidad de la fractura de Poyales.

Podemos admitir que el metamórfico mantiene una dirección NNW. o NW. que debe corresponder a la orogenia hercínica.

Por el lado Este del macizo elevado, no aparece este tipo de rocas metamórficas e incluso el granito carece de tránsitos a las formas neísicas. Por tanto, el nivel superior de la granitización es más elevado hacia el Este.

En la sierra de la Culebra existe un problema petrogenético interesante, pues existe un potentísimo dique aplítico que en algunos puntos pasa a verdadera felsita de gran dureza, mientras que en otros está constituída casi exclusivamente de feldespatos. Alcanza más de 12 kilómetros de longitud, y quizá se pueda establecer su continuación hacia el Oeste, en las inmediaciones de Almendral de la Cañada. Su dirección es E.-W. Se puede considerar como signo de fractura antigua que en movimientos más recientes no ha jugado un papel deciviso.

Madrid, marzo de 1958.

Laboratorio de Patrografía
de la Universidad Central

BIBLIOGRAFÍA

1. BIROT, P. y SOLÉ SABARÍS, L.: *Investigaciones sobre Morfología de la Cordillera Central española* Inst. «Juan Sebastián Elcano». C. S. I., 1954.
2. CALDERÓN, S.: *Ensayo orogénico sobre la Meseta Central de España.*—«An. Soc. Esp. Hist. Natural», XIV, 1885.
3. CARANDELL PERICÁS, J.: *Las calizas cristalinas de la Sierra de Guadarama.*—«Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.», n.º 9, 1918.
4. CORTAZAR, D.: *Expedición geológica por la provincia de Toledo.*—«Bol. Com. Map. Geol. de Esp.», primera serie, tomo V, 1878
5. DANTÍN CERECEDA, J.: *Levantamiento reciente de la Meseta Central de la Península.*—Tomo ext. «R. S. Esp. Hist. Nat.», 1921.

6. DE LA PEÑA, A.: *Reseña geológica de la provincia de Toledo.*—«Bol. Com. Map. Geol. de Esp.», tomo III, 1876.
7. GONZÁLEZ Y GUTIÉRREZ PALACIOS, J.: *Observaciones geológicas sobre la alineación montañosa de Gredos y sobre las rocas graníticas del territorio portugués.*—«Bol. R. Soc. Esp. Histo. Nat.», tomo XII, 1912.
8. HERNÁNDEZ PACHECO, E.: *Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica.*—«Conf. Asoc. Esp. prog. Ciencias», Salamanca, 1923.
9. HERNÁNDEZ PACHECO, F.: *Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica.*—«Rev. Peñalara», t. XII, 1925.
10. MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA: *Explicación de la Hoja de 602 (Navamorcuende).*—«Inst. Geol. Min. de España», 1952.
11. MARTÍN CARDOSO, G.: *Bosquejo geográfico y geológico de la Sierra de San Vicente* (Toledo). — «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», tomo XVIII, 1918.
12. MARTÍN DONAYRE, F.: *Descripción física y geológica de la provincia de Avila.*—«Mem. Inst. Geol. y Min. de España», 1879.
13. SCHMIEDER, O.: *Die Sierra de Gredos.*—«Miltiel. Geogr. Gesllsch», in München, t. X, 1915. (Trad. «Est. Geograf.»).
14. SCHWENZNER, J.: *Zur Morphologie das Centralspanischen Hochlandes.*—«Geogr. Abhandl», ser. 3.ª, t. X, 1937.
15. VIDAL BOX, C.: *Ensayo sobre la interpretación morfológica y tectónica de la Cordillera Central en el segmento comprendido en la provincia de Avila.* — «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XXXVII, 1937.
16. VIDAL BOX, C.: *La línea morfotectónica meridional de la Sierra del Guadarrama.*—«Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XL, 1942.

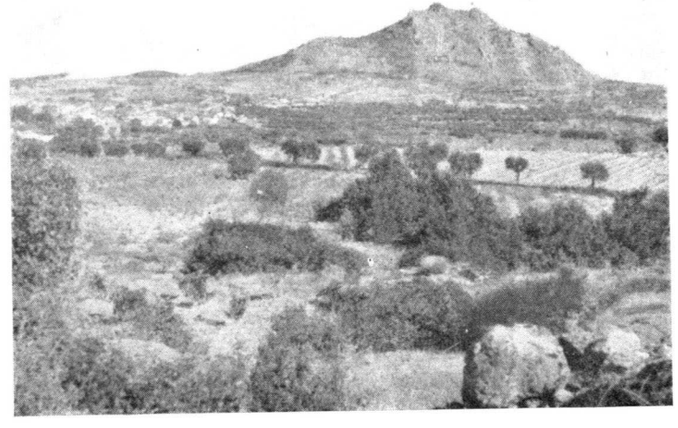


Foto 1.—El Monte isla de Cadalso de los Vidrios, visto desde el Norte.

Foto 2.—El conglomerado poligénico del Km. 93 de la carretera de Arenas de San Pedro a Talavera.

Geología Antártica

POR

ANTONIO DUE ROJO, S. I.
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

ANTONIO DUE ROJO, S. I.

GEOLOGIA ANTARTICA

Una triple barrera, infranqueable durante siglos, ha impedido hasta ahora al geólogo el estudio del «continente blanco», como se ha llamado a la Antártida: el acceso marítimo lo impide, o al menos lo dificulta extraordinariamente, un océano agitado por violentísimos temporales y lo bloquean los hielos, formando un contorno irregular que casi duplica la superficie continental; vencido este primer obstáculo, el explorador encuentra el clima más *inhumano* de toda la Tierra, así por los rigores de un frío extremado, como por la excepcional fuerza de los vientos, en un país de bruscos y enormes desniveles, y lo que es más grave para el geólogo, cuya audacia y tesón superen estas dificultades: una capa helada de varios kilómetros le separa del terreno que trata de estudiar, al menos si ha de hacerlo por los métodos clásicos. No obstante, como se verá en esta reseña, es mucho lo que ya se sabe acerca de la geología antártica, y mucho más lo que se espera de los actuales trabajos que con ocasión del Año Geofísico Internacional se están llevando a cabo: procedimientos ingeniosos de la técnica moderna han superado los obstáculos naturales, haciendo accesible y habitable aquel desierto de

hielo, y suplen hoy la observación directa impracticable con otros métodos indirectos, pero eficaces.

El interés científico, no menos que el de orden práctico, ha estimulado a varias naciones a establecer, con no pocos gastos y riesgos, estaciones de observación y experimentación, no solamente en las costas y en la península de Graham (aunque en esta última, de más baja latitud, son, naturalmente, más numerosas), sino en el interior y en el mismo polo Sur; partiendo de ellas como bases, se han realizado ya y están en proyecto diversas expediciones parciales, en las que, generalmente, se trata de recoger datos valiosos, así en el terreno de la meterología como en el de la geología; la aviación está prestando utilísimos servicios para estos fines, además de servir para el reconocimiento y preparación de las rutas terrestres. En estos últimos meses se han publicado en numerosas revistas científicas mapas de la Antártida, donde se da la anomalía de no estar apenas marcados, por desconocerse aún, no ya los accidentes geográficos, sino ni siquiera los límites exactos entre el mar y la tierra en la periferia (y en el interior, donde se sospecha la existencia, al menos, de lagos de de cierta importancia); en cambio, aparecen exactamente situadas las instalaciones más o menos permanentes, que han enriquecido con nuevos nombres la geografía polar. Por otra parte, estos pobladores provisionales se ven obligados a usar un vocabulario especial, exigido por la accidentada superficie del país, con términos exóticos empleados antes por los exploradores y, a veces, tomados del léxico esquimal, tales como nunataks (picos de montañas que asoman sobre la capa de nieve), hummocks (lomas de hielo), sastrugi, bergscrunds, seracs,

dongas y barrancas (éste último empleado en castellano por los ingleses), etc... (27).

EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DIRECTA

Las informaciones de los descubridores, completadas y sistematizadas recientemente, dan una idea general de la geología fisiográfica: dos grandes masas muy desiguales, separadas por el estrechamiento comprendido entre el mar de Weddel y el de Ross, se suelen denominar, un poco arbitrariamente, oriental la mayor y occidental la menor; en la unión de ambas, un sistema de montañas con fallas de notable extensión vertical, parece constituir la espina dorsal de todo el territorio. La parte oriental es un escudo macizo precámbrico de carácter indoafricano, sepultado, como todo lo demás, por un casquete helado de un espesor máximo, hacia el centro, de unos 4.000 metros; la occidental presenta mayor variedad de plegamientos de tipo andino, y el hielo que lo cubre es de sólo 2.000. Por consiguiente, el volumen total que gravita sobre el suelo, de unos 15.000.000 de kilómetros cuadrados, si admitimos un espesor medio de tres kilómetros, es del orden de 45.000.000 de kilómetros cúbicos, o sea, 45.000 billones de toneladas, cifras completamente provisionales, por partir de una primera aproximación, desmentida en varias localidades, de que la tierra antártica sea una meseta uniforme.

Estamos habituados a considerar que el planisferio *termina* por el Sur de las diferentes regiones oceánicas y por los extremos meridionales de los continentes: la realidad es que todos estos elementos geográficos están ligados entre sí por este continente misterioso, y en el descubrimiento de estas relaciones radica el interés geo-

lógico de las investigaciones actuales. Las islas adyacentes a la Tierra de Graham, apéndice que avanza en dirección al cabo de Hornos, están formadas, como era de esperar, por rocas semejantes a las de los Andes de Patagonia, indicio de que pertenecen al mismo sistema, en tanto que las lavas de las islas Sandwich del Sur muestran gran afinidad con los materiales eruptivos de las Indias Occidentales; todas las demás islas de la región antártica parecen formadas por rocas mixtas de olivina-basalto y traquitas, según el modelo simple característico de los archipiélagos oceánicos: predominan las lavas olivina-basalto, generalmente más alcalinas y menos silíceas que el substratum basáltico de los continentes (8). El estudio directo del suelo continental está forzosamente limitado a algunos parajes de las costas, a varias islas próximas a ella y, excepcionalmente, a los *oasis* o parajes libres de hielo y nieve, de los que al escribir estas líneas se conocen dos principales: uno a 480 kilómetros del polo, del cual ha dicho Lawrence M. Gould, director de Investigaciones Polares en la estación Amundsen-Scott del polo Sur, que promete ser «la Meca de los geólogos», y otro en la porción ocupada por la Comisión rusa, a 350 kilómetros de su base principal de Mirny. Este último fué descubierto durante los vuelos de reconocimiento efectuados desde ella, y al revés de las regiones vecinas, no se cubre de hielo, ni siquiera en el rigor del invierno; contiene varios lagos cuya agua es sólo ligeramente salada y se distingue además de cuanto le rodea por su microclima especial, en particular por su temperatura (en verano a mediodía se llegó a los 25° C.) y por la humedad; se cree que su existencia es debida a la posición geográfica, de resultas de

a cual las lenguas de hielo contornean el oasis y los vientos predominantes apartan las precipitaciones, dejando así el zócalo al descubierto. Su extensión es de 50 kilómetros cuadrados, y en él predominan los gneis y rocas graníticas; el aspecto general es el de una región de colinas, cuya altura media varía entre los 60 y 90 metros, aunque en algunos puntos llega a los 180. La mayor parte de las depresiones están llenas de agua, y el lago más extenso tiene una profundidad de 30 metros. En contraste con el oasis, los vuelos de reconocimiento hacia el interior han revelado que la capa de hielo se eleva progresivamente hacia el Sur y que en la región del polo magnético la elevación es de 3.500 metros sobre el nivel del mar (25). Es de notar que la situación del oasis de Bunger, como se le ha llamado, corresponde en latitud casi a la del círculo polar antártico (66°, 16, S.), y, por tanto, no es tanto de extrañar esta anomalía climatológica como la primera, de la que aún no hemos podido recoger datos concretos, situada junto al polo geográfico, en plena meseta y a mucho mucho mayor altitud.

Expediciones durante el AGI

Según datos recogidos hasta la fecha (fines de marzo), doce naciones han organizado expediciones y establecido 51 estaciones en diversas partes de la Antártida; aunque sus programas de investigación comprenden preferentemente estudios meteorológicos, incluyen también los geológicos: unos y otros, en grado de indudable interés teórico y práctico. De esas noticias recopilamos aquí muy brevemente lo que interesa a la solución de los problemas planteados en Geología, considerando las

instalaciones, equipos, etc., solamente como medios para este fin.

Los Estados Unidos habían hecho ya anticipadamente los preparativos inmediatos para la instalación de seis bases principales, donde radica el material móvil y el abastecimiento para exploraciones sistemáticas, a más de algunos depósitos auxiliares situados estratégicamente en las rutas respectivas; sus actividades presentes se prolongarán por lo menos hasta entrado el año 1959, y uno de sus objetivos es una red de sondeos sísmicos y estudios glaciológicos que abarcan áreas muy extensas. Además de la estación central en el mismo polo, las demás están distribuídas a partir del mar de Weddel, hacia el W., hasta completar un semicírculo que termina en la tierra de Wilkes. (3) (19).

Las estaciones rusas avanzan casi en línea recta desde las costeras de Mirny y Bunger antes citadas, hasta la más meridional de Sovietskaya (83°, S.-50°, E. Gr.) y a intervalos semejantes se escalonan las intermedias de Pionerskaya y Komsomolskaya, de cuya línea se desvía hacia el E. la auxiliar de Vostok. Sus planes parecen ser muy vastos, a juzgar por el copioso material que empezaron a traer desde fines de 1955: edificios especiales para ser instalados sobre hielo, otros con cimientos de acero, casetas desmontables, equipos de trineos, convoyes de hasta cien unidades de tractores, automóviles para cualquier terreno, topadoras (bulldozers), grúas, pontones, helicópteros, aviones, etc. (11). Según noticias de Prensa de Alemania occidental (18), la expedición soviética aspira a alcanzar el llamado «polo de la inaccesibilidad», el cuarto en la lista formada por el geográfico, el magnético y el del frío (este último

hasta ahora inmediato al primero de ellos, aunque fundadamente se cree que serán superados los —74,5° C., cuando se hagan observaciones a mayor altitud); se trata de la porción más alejada que ninguna otra de las costas, hacia los 70° S. y 100° E. Gr., a donde nadie ha llegado todavía e indudablemente habrá que vencer para ello gravísimas dificultades, ya que los vuelos de reconocimiento han comprobado que esta meseta *inaccesible* se encuentra a unos 4.600 metros sobre el nivel del mar. Se han realizado ya 29 de estos vuelos y tomado fotografías aéreas sobre unos 60.000 kilómetros cuadrados: según han declarado los rusos, el yacimiento de carbón descubierto por Byrd en un valle de la cordillera de la Reina Maud, de varios centenares de kilómetros de extensión, es de muy baja calidad, y aún no se han confirmado las deducciones hechas por el mismo Byrd en 1947 sobre la existencia de minerales de Cu., Ag., Au., Cr., S., Zn., Mo. y U. (14).

La benemérita labor científica con que las estaciones fijas inglesas colaboran en la Antártida desde la península de Palmer y la costa del mar de Weddel, ha pasado a segundo término en la opinión pública ante la espectacular travesía del continente por la ya famosa expedición Fuchs-Hillary, algunos de cuyos resultados citaremos a continuación. Como el mismo Fuchs escribía hace cuatro años, describiendo los trabajos preparatorios que desde las islas Falkland se venían realizando (10), éstos habían comenzado en 1944 y se puede decir que el éxito de la difícil empresa fué consecuencia lógica y fruto de un largo entrenamiento de los técnicos en meteorología, cartografía y geología; durante esos catorce años, la Falkland Islands Dependencies

Survey ha publicado varios mapas en color que van siendo corregidos a medida que se recogen datos más recientes y completos. Una de estas excursiones *de ensayo* durante el verano antártico, fué de 1.600 kilómetros, a razón de 30 a 50 diarios; lentitud en gran parte debida a las observaciones geológicas, más laboriosas que las meteorológicas y dependiente también del estado del suelo: con nieve dura el progreso es rápido; en cambio, a través de la nieve en polvo, que forma una capa profunda, se fatigan mucho los motores y los vehículos sólo pueden avanzar a velocidad mínima. Esta fué una de las causas que retrasaron el viaje de Fuchs en su primera parte, desde el mar de Weddel hasta el polo (1.400 kilómetros), especialmente al principio de ella, pues al acercarse a la meseta central el declive ascendente es más suave y el terreno más practicable; en la segunda etapa (2.000 kilómetros) hasta el mar de Ross, que Hillary creía demasiado peligrosa de emprender, la llanura empieza a interrumpirse con escalones gigantescos de unos diez kilómetros de largo cada uno, donde abundan las fallas y precipicios, agravado todo ello por las tormentas de otoño, que ya empiezan a fines de enero, y las fuertes vestiscas heladas. En esta histórica expedición se hicieron sondeos sísmicos de cincuenta en cincuenta kilómetros, y gravimétricos de veinte en veinte, obteniéndose así un perfil transversal completo; en las estaciones fijas, donde varios observadores habían invernado, se hicieron además diversos estudios glaciológicos (28). El 11 de febrero de 1958 pasaron por las Canarias los miembros de uno de estos grupos de regreso a Inglaterra; pero no hicieron declaraciones concretas.

Las estaciones francesas de Dumont d'Urville, descubridor de la Tierra de Adelia, sobre el meridiano 140° E. Gr., y de Charcot, 300 kilómetros más al Sur, tienen instalados sismógrafos desde hace un año (15) en edificios sólidos con aislamiento térmico de plástico esponjoso y otras defensas técnicas para la prolongada invernada; es de notar que la segunda expedición francesa del AGI (febrero de 1957), es ya la décimosexta desde 1948 (22). Otros países, Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Japón, Noruega y Nueva Zelanda, completan sobre la costa el semicírculo de estaciones que desde el mar de Weddel rodea la Antártida oriental hasta el de Ross, además de varias islas próximas y el núcleo más denso que de ellas hay en la península de Palmer, cuyo estudio fotogramétrico han terminado ya de efectuar los aviones ingleses (4), (5), (17) y (23). Por ser todas ellas costeras, sus investigaciones geológicas son relativamente fáciles, y según los informes publicados acerca de ellas, las muestras de minerales recogidas serán analizadas en los laboratorios nacionales respectivos al regreso de las expediciones.

Sondeos sísmicos

Para la Geología de la corteza terrestre es éste sin duda el trabajo más interesante, cuyos resultados parciales vamos a resumir; hasta se ha suscitado una especie de controversia sobre la *realidad* del continente antártico: con el sensacionalismo exagerado propio de la Prensa se ha llegado a atribuir a los rusos la negación de su existencia (14), en el sentido de que en su mayor parte la superficie del suelo se halla bajo el nivel del mar, como aplastada por el enorme peso del casquete

polar, en contradicción con lo que los hombres de Fuchs manifestaron al coronar su última etapa, de que todos los sondeos habían dado resultado *positivo* en este sentido. La primera noticia recibida sobre ello procedió del mismo Polo Sur, en cuyas cercanías trabajaba un equipo de la Marina de los Estados Unidos bajo la dirección del Revdo. P. Daniel Lineham, S. I., director del Observatorio Sismológico establecido en la Facultad de Filosofía y Teología de Weston, Massachusetts; el 10 de noviembre de 1957 se obtuvo allí una profundidad de 2.529 metros de hielo sobre roca sólida, cuya elevación sobre el nivel del mar resultó ser de sólo 275 metros. Este investigador había practicado ya otros sondeos semejantes en las regiones árticas canadienses. La segunda noticia sensacional fué la de que la estación norteamericana de Byrd (80° S.-120° W. Gr.), situada a 1.500 metros sobre el nivel del mar, tenía debajo una capa de hielo de 3.000; y más tarde el sector ruso anunciaba un máximo de espesor de 7.000, gigantesca masa helada que aparentemente está como prendida y aprisionada por varios picos aislados que emergen del fondo del mar y sobresalen todavía por encima de la nieve (14) y (26). Este sistema de levantar el mapa hipsométrico del continente *por puntos*, es decir, por sondeos necesariamente parciales, dará difícilmente una idea completa de la estructura y disposición de la masa helada en relación con la tierra firme y el mar; pero se han hecho ya y se harán varias campañas de este género hasta cubrir áreas muy extensas: desde la estación norteamericana de la Pequeña América núm. 5 (hubo que cambiar su emplazamiento varias veces durante los últimos años), actualmente situada en el extremo oriental de la bahía de

Scott, en el mar de Ross, hasta la estación de Byrd, se ha obtenido un perfil de unos mil kilómetros, durante los cuales el espesor va creciendo gradualmente de 600 a 2.100 metros, para aumentar hasta 3.000 en dicha base, quedando abierta la investigación ulterior para averiguar si la anomalía citada se debe a un lago interior, a un *fiord* profundo, o simplemente al exceso de presión sobre la tierra firme. Los otros perfiles previstos comprenderán la mayor parte de la Antártida occidental y un amplio sector de la oriental a partir de la base de Ellsworth, en la costa del mar de Weddel; equipos especializados de glaciólogos y sismólogos están ahora recorriendo esas rutas en tractores y otros vehículos apropiados, de modelos recientemente construídos a este fin.

Durante la expedición antártica alemana de 1938-1939 había hecho Robin numerosas medidas del espesor del hielo y obtuvo en la región denominada Hoya de Penk espesores de 2.000 metros para una altitud de 1.700; en el Muro Recto de Neumayer, 500 y 2.000, respectivamente, y en la meseta de Wegener, 2.400 y 2.700; como se aprecia por estas cifras, la primera de esas regiones corresponde a una depresión bajo el nivel del mar de 300 metros; la segunda, a una elevación de 1.500, y la tercera, de 300. En estos trabajos de prospección sísmica se pudo comprobar una diferencia notable del hielo antártico respecto del de Europa y Groenlandia en cuanto a su conductibilidad para las ondas en función de su temperatura; para las longitudinales resume Brockam gráficamente los resultados en uno y otro caso; para el del Norte, la curva, bastante regular, varía entre 3,60 y 3,95 kilómetros por segundo para temperaturas

comprendidas entre 0° y —28° C.; en la Antártida los límites térmicos son diversos, y a partir de —16° hasta —40 la curva es casi recta y varía sólo al principio de 3,75 a 3,80 Km./s., manteniéndose en este valor fijo durante todo el intervalo que va desde —28° hasta —40°; semejante diferencia de caracteres físicos del hielo está probablemente relacionada con los resultados de las investigaciones que a continuación reseñamos (2), (24).

Perforaciones y túneles

Un método más rápido y económico de sondeo, aunque restringido a escasas profundidades, se está empleando con éxito en las bases fijas y en las excursiones verificadas a partir de ellas; durante la travesía del continente por la expedición de Fuchs se iban haciendo cada 65 kilómetros perforaciones rápidas con instrumental moderno portátil, a fin de apreciar las características de las capas someras, dato importante así para los estudios climatológicos como para la misma geología histórica, y otro tanto hay que decir de casi todas las demás exploraciones. A semejanza de lo que se hace hoy en los sondeos oceanográficos, también aquí se obtienen cilindros de hielo de 10 centímetros de diámetro, que luego son estudiados en el laboratorio de las bases; pero en la Antártida esta investigación es mucho más fructífera que en Europa, Alaska o Groenlandia, a causa de que allí escasea mucho la precipitación atmosférica, y por eso a pequeños espesores corresponden, a veces, largos períodos de tiempo, y el análisis puede fácilmente revelar importantes datos relativos a las pasadas centurias acerca de la climatología y su relación con la evolución de los glaciares: en ellos principalmente están

trabajando los geólogos norteamericanos, para reconstruir así su historia; a veces, la perforación es más profunda y no hecha de paso: en Groenlandia se sacaron muestras cilíndricas a profundidades cercanas a los 400 metros, con grandes dificultades, debidas a que la tensión producida da lugar a la fragmentación del hielo, favorecida por el gas que en él hay disuelto, cuyas burbujas se dilatan al perder la presión a que estaba sometido. Además de los interesantes indicios paleoclimatológicos, se hallaron otros diversos, tales como las cenizas volcánicas correspondientes al año 1912, en que tuvo lugar una erupción en Alaska: las del famoso Krakatoa podrán servir de jalón cronológico para el año 1883, y según la proporción hasta ahora establecida, en el hielo antártico se podrán hallar a una profundidad tres veces menor que en el de Groenlandia.

En el mismo Polo Sur se ha abierto un pozo en la nieve, que en octubre de 1957 había alcanzado sólo 16 metros; abierto a mano durante el invierno, además de servir para la obtención de agua dulce, se utiliza en la estación de Amundsen-Scott para deducir estos diferentes niveles cronológicos. Es tan dura la capa interior, que ni siquiera se pueden emplear sierras, sino que hay que arrancarlo con picos o hachas especiales para hielo y los trozos se izan en sacos; cada miembro de la expedición emplea un mínimo de dos horas semanales en esta tarea. Una rampa de 18° de inclinación facilita el acceso al túnel de 30 metros de largo; la temperatura del túnel es constantemente de —51° C. El estudio de los diversos estratos incluye el examen de la densidad, de los cristales de nieve, polen vegetal, radiactividad, temperatura, conductibilidad térmica, et-

cétera, como elementos de juicio para la historia antártica; en uno de los cilindros sacados, de 28 metros de profundidad, encontró el bacteriólogo norteamericano Charles E. Myers un *fósil vivo* interesante: una bacteria que se había conservado con vida desde hace 3.000 años, fecha asignada a ese nivel por los procedimientos usuales. Junto a la base soviética de Mirny se han abierto catas de 80-200 metros, al final de las cuales se encontró ya el agua, puesto que ese lugar de la costa está formado de islotes; bajo el hielo el mar tiene allí 150 metros de profundidad, pero con alternativas caprichosas, porque 100 kilómetros más al Sur, el nivel del mar está a 1.200 metros y el del hielo a 1.500, es decir, que éste se apoya directamente en el fondo.

Terrazas y sedimentos marinos

Las terrazas costeras que rodean la Antártida son considerablemente más profundas que en ninguna otra parte de la Tierra; se han hallado a doscientas o trescientas brazas (370-550 m.), profundidad semejante, aunque inferior, a la observada en algunas porciones de los bordes de Groenlandia, lo que ha hecho pensar que la depresión mide el peso del casquete polar: si es así, ello implica una sedimentación de ritmo muy lento durante el pleistoceno, y, por tanto, los cilindros de sedimentos que se obtengan en las inmediaciones del continente antártico alcanzarán fácilmente los de edad más antigua que los extraídos en otras terrazas continentales; o bien, según la hipótesis de Shepard, habría que atribuir la depresión a los cortes que en las terrazas han hecho los glaciares, así en Groenlandia como en la Antártida. Serán necesarios numerosos sondeos sísmicos de reflexión

y de refracción, en perfiles de suficiente longitud, para determinar el espesor total de los sedimentos, tanto los consolidados como los no consolidados, que se han ido acumulando en las márgenes de este continente, a fin de compararlos con los de las terrazas de otras regiones; partiendo de la apreciación, bastante común, de que la Antártida oriental es un escudo cristalino, al paso que la occidental es una cordillera, por la que se continúa el plegamiento circumpacífico, será interesante la comparación, con suficientes datos, de estas dos porciones geográficamente similares y próximas, pero de factores tectónicos tan diferentes (9).

En particular, la existencia y carácter de los cañones submarinos en estas latitudes tan altas tienen una gran importancia geológica; los trabajos de sondeo acústico realizados a bordo del «Discovery» en 1948 han permitido trazar con bastante aproximación el mapa batimétrico alrededor de la Antártida; hay en él casos desconcertantes, incluso de elevaciones donde se esperaba encontrar depresiones, cuales son las que cierran parcialmente la bahía de Scott. En las márgenes de estos cañones, a juzgar por la experiencia hasta hoy adquirida, se espera hallar sedimentos terciarios y aún más antiguos todavía, con los que completar la colección de fósiles recogidos en el mismo continente, en orden a determinar su historia paleoclimatológica; ya se ha comprobado la existencia de playas levantadas en varios parajes de la costa, y una búsqueda sistemática de terrazas podrá ser igualmente útil. En las fotografías obtenidas hasta ahora del fondo del mar inmediato al continente se observan ondulaciones como las que hace el viento al rizar la superficie del agua; su origen, a una profundidad a

donde no alcanza la acción de las olas, no está todavía averiguado, como tampoco la importancia relativa de las mareas astronómicas, oleaje debido a las violentas tormentas de aquellos mares, olas sísmicas, corrientes de turbulencia, microsismos y circulación general de corrientes marinas, factores todos que en los fondos antárticos, tan diferentes de los de otras regiones y, por tanto, más necesitados de exploración, darán indudablemente luz sobre este problema, ya que esos fondos rizados se consideran como una valiosa clave para estudiar el movimiento de las aguas abisales en contacto con el fondo, es decir, las corrientes más profundas, tan discutidas en paleoclimatología.

Dos grandes cuencas submarinas se extienden en la prolongación meridional del Atlántico y del Pacífico; la cresta central del primero de ellos se desvía allí hacia el Este, para pasar a igual distancia de Africa y de la Antártida y alejarse luego bastante en latitud hasta los 20° S.; vuelve luego a acercarse hacia Australia y Nueva Zelanda, donde se divide en varias ramas: una muy corta hacia el mar de Ross, otra que enlaza al Norte con la meseta submarina neozelandesa, y otra que completa el círculo, ascendiendo nuevamente en latitud, para bifurcarse, bajo la isla de la Pascua, y enlazar por la izquierda con los archipiélagos oceánicos y por la derecha con la Patagonia. Incluída en esta última desviación, y precisamente hacia el centro del océano Indico, hay una meseta más pequeña que la de Nueva Zelanda y mucho más próxima a la Antártida; todas estas elevaciones vienen a interrumpir los fondos abisales atlántico y pacífico: son otras tantas piezas de un rompecabezas que laboriosamente se trata de reconstruir.

La estratigrafía de los fondos submarinos antárticos, tales como son hasta ahora conocidos, ofrece los siguientes caracteres: el contiente está rodeado de una zona de sedimentos glaciares formados de elementos terrígenos típicamente desiguales, que comprenden desde la arcilla fina hasta los grandes bloques, en áreas de anchura variable entre los 300 y los 1.000 kilómetros, a las que siguen zonas de cieno diatomáceo algo más amplias y al fin de las cuales aparece ya el sedimento marino propiamente tal, con globigerinas en las partes más someras y arcillas rojas en las más profundas; pero es de notar que la mayor parte de estos datos se han deducido de sondeos que no han profundizado en el fondo más que unos cuantos centímetros; unos pocos, más recientes, llegan a varios metros. Los sedimentos glaciares marcan el área hasta donde alcanzan las aportaciones de materias continentales traídas por los glaciares: la abundancia de diatomeas se interpreta como indicio de la emersión de las aguas profundas al Sur de la convergencia antártica de las corrientes oceánicas, a paso que la globigerina y arcilla roja representan la sedimentación que normalmente tiene lugar bajo un termoclino estable y bien desarrollado. El fenómeno de la migración hacia el Norte o hacia el Sur de alguno de estos límites de los fondos oceánicos se suele reconocer mediante el registro de la disminución o aumento gradual del espesor de cada sedimento, como ya lo había registrado Scott en 1939 al Sur del océano Indico; en aguas antárticas queda mucho por hacer, y su agitación desmedida, a que antes se ha aludido, presenta para ello graves dificultades, a pesar de lo cual ya se han obtenido valiosos datos en forma de cilindros de sedi-

mentos en latitudes muy elevadas y bastante cercanas al continente, no muchos en número todavía, aunque se espera incrementarlos durante el A. G. I.; en ellos, la sucesión de capas revelará con más sólida probabilidad que las actuales conjeturas, los períodos glaciares e interglaciares, y para los tiempos presentes indicarán el proceso de producción de las corrientes frías profundas que actualmente se extienden hacia el Pacífico, Atlántico e Indico, y ayudarán a descifrar el enigma geológico del contraste que se observa entre los tipos sedimentarios del Pacífico ecuatorial oriental y el de igual latitud del Atlántico; por otra parte, como estas aguas son muy corrosivas tienden a evitar la deposición de los fósiles calcáreos en los sedimentos con los que están en contacto, acción característica que permite seguir fácilmente sus huellas.

De esta suerte podrá resolverse el problema, de suyo inabordable, de analizar las rocas antárticas, ocultas por un manto helado de varios kilómetros de espesor: la recolección y análisis de cantos erráticos aportados por los glaciares, ya en las costas, donde ello sea posible, ya en aquellas partes del mar donde el dragado sea practicable, ya, finalmente, en los sedimentos marinos de igual origen. Además, tuvo que haber, naturalmente en tiempos remotos, corrientes fluviales en la Antártida, por más que en la actualidad sus huellas estén borradas por el régimen geológico presente, sólo comparable con el de Groenlandia, aunque allí en menor escala; y parece evidente que en los bordes continentales, en las terrazas citadas y en sus declives se hallarán indicios de esos ríos en forma de cañones submarinos, donde los ejemplares de tales rocas incógnitas se encontrarán en

una forma completamente diferente de la suministrada por los glaciares de hoy; Ewing y Heezen, de cuyos trabajos se han recogido estos datos, creen fundadamente que la recolección de ejemplares por este método indirecto puede reconstruir y mostrar bajo insospechados aspectos la estructura y composición del misterioso continente (8).

Un dato utilísimo para la geología histórica de la Antártida lo ofrece el crecido número de montañas submarinas aisladas, de tipos muy diversos, cuya existencia han revelado los sondeos, aunque escasos, en aquellos mares; muchas de sus cimas son achatadas y sus cotas varían entre los 180 y los 360 metros, como las del Atlántico Norte, y entre los 900 y los 1.300, como los *guyots* del Pacífico de que hemos tratado en una reseña anterior (7): es importante hacer el inventario de ellas, así como el dragado de esas pequeñas mesetas, puesto que las muestras de rocas y fósiles darán la época de su emergencia, como se ha podido hacer a base de tales datos en el Pacífico central. Las lavas que se han recogido en algunas de estas cimas próximas a las islas Macquarie y a Nueva Zelanda presentaban inclusiones foraminíferas correspondientes al mioceno, y ya se había logrado obtener tres cilindros de sedimentos de 2,5 metros cada uno durante la expedición antártica norteamericana de 1946-1947, a profundidades comprendidas entre 3.000 y 3.600 metros bajo el campo de hielo, a la entrada del mar de Ross; la interpretación que dió de su análisis J. L. Hough significa un avance de lo que se podrá esperar de los que se están sacando en la actual campaña: guijarros y arenas gruesas aportadas por los glaciares y sedimentos finos procedentes de los ríos en

períodos libres de hielos, dispuestos unos y otros en capas alternadas, le permitieron conjeturar el transcurso de un período interglacial desde hace 40.000 años hasta hace 6.000, con un recrudecimiento secundario del frío, centrado hacia los 21.000 (13).

Sismología «de terremotos»

Con este título, de aparente redundancia, se distingue el estudio de los sismos de las aplicaciones prácticas a que se presta el uso de los sismógrafos. Para el conocimiento geológico del continente antártico, los registros de terremotos desde cualquier distancia epicentral susministran ya datos útiles, como expondremos a continuación; aunque, desde luego, se atiende durante el Año Geofísico Internacional al registro de los terremotos propiamente antárticos, y al de focos distantes registrados *desde* la Antártida: esto último se está realizando por medio de tres componentes Press-Ewing especialmente apropiadas a las ondas Lg. y de Rayleigh, mediante las cuales se aspira a determinar la estructura cristalina del subsuelo antártico y también a deducir el espesor medio del casquete de hielo. Ondas de extraordinaria lentitud, a las que se vacila hoy en llamar superficiales en sentido estricto, prometen aportar noticias interesantes acerca de niveles muy profundos de la corteza terrestre, que quizá comprenden parte del manto inferior; su período es hasta de 400 segundos, y suelen ser engendradas por sismos de extraordinaria violencia: su penetración en profundidad parece ser tal, que con alguna hipérbole se ha dicho de ellas que afectan a todo el globo terrestre (20). Investigaciones hechas en el observatorio geológico de Lamont (New-York) han revela-

do la existencia de otras ondas intermedias de 100 segundos, antes sólo identificadas en la corteza y ahora también en el manto, puesto que acompañan a las anteriores, más profundas; esto facilitará la solución del problema tectónico, ya que, por ser más cortas, sus pormenores de estructura y leyes de propagación pueden ser mejor estudiados en el sismograma que las otras de cuádruple longitud de onda. Siendo el fundamento de estas investigaciones la diversidad de caracteres en la gráfica, según que la ruta sísmica recorrida sea oceánica o continental, es evidente que un terremoto así registrado en un extremo de la Antártida permitirá deducir, según que la haya atravesado o no, la naturaleza del medio transmisor, y aportar datos para la cuestión arriba mencionada de si existe o no dicho continente con caracteres de tal. Hay cuatro estaciones sismológicas norteamericanas funcionando desde 1957 (1).

Una ojeada al mapa sísmico en proyección polar que comprenda sólo hasta los 40° de latitud Sur da una idea de la situación sismotectónica antártica suficiente para apreciar su relación con los sistemas que allí confluyen desde el Norte: los focos sísmicos se alinean preferentemente sobre una cresta submarina que da una vuelta casi completa al continente; abundan los de magnitud 7-8 y son más densos hacia el SW. de Nueva Zelanda y el SE. de la Patagonia, regiones, por lo demás, de notables diferencias de nivel submarino, de esas que acusan perturbaciones tectónicas en otras partes del globo; este accidente geológico viene a ser la continuación de la cresta de la isla de Pascua, de la cordillera de los Andes y de la línea sismotectónica que va de N. a S. de Nueva Zelanda. Las estaciones sismológicas neozelan-

desas y australianas han localizado aquí unos 40 epicentros, pero sólo de foco superficial, grupo que no se extiende más allá del meridiano 135° E. Gr., salvo alguno que otro esporádicamente distribuido por la prolongación de esta cresta en aguas del Indico.

Pero toda esta actividad parece detenerse al llegar a la Antártida misma, que, a juzgar por los datos telesísmicos, es una masa estable, sin que parezca tener sólido fundamento la sospechada conexión del arco de las Antillas del Sur con el núcleo de las Macquerie *a través* del continente. La historia sismográfica de éste es muy breve y sencilla: con motivo de la expedición de Scott a principios de este siglo, y según relación que publicó Milne en 1905, se instalaron allí sismógrafos que funcionaron durante varios meses, de 1902 a 1903, en una estación situada en los 78° S. y 167° E. Gr.; en 1940, Byrd estableció otra en el monte Rockefeller, a la misma latitud y a 155° W. Gr., aunque sólo durante los meses no completos de noviembre y diciembre de dicho año; desde entonces hasta el A. G. I. no ha habido registro. He aquí los resultados obtenidos anteriormente: de los 136 terremotos registrados en 1903, ninguno fué sentido en la estación; 26 pudieron identificarse como procedentes de focos muy lejanos; otros 73 tenían su epicentro entre la Antártida y Nueva Zelanda, y los 37 restantes son dudosos, pues, dada la imperfección de los instrumentos de entonces, no es fácil sacar conclusiones útiles a favor de alguno genuinamente antártico. El Sumario Internacional de Kew (Londres) no menciona en todo el siglo más que once sacudidas que tengan su foco más al Sur del grado 65, y después de una atenta revisión hecha por Gutenberg

y Richter (12), ninguno de esos epicentros es de fiar y bien pudieran tener su foco en regiones australes algo alejadas de la Antártida, en la cual ciertamente no ha habido sismo alguno de magnitud superior a 7,7, que, de haber tenido lugar durante este siglo, los datos telesísmicos lo hubieran identificado; a lo más se habría *perdido* algún terremoto de magnitud inferior a causa de la relativa escasez de estaciones potentes en el hemisferio Sur a principios de siglo; pero para las últimas décadas ese margen de error está ya muy restringido. No hay, pues, razones suficientes para incluir a la Antártida entre las regiones geológica y tectónicamente convulsionadas; sísmicamente hay que equipararla a las grandes mesetas continentales de estructura uniforme bajo ambos aspectos, al modo de la península índica, la mitad oriental de Sudamérica, la occidental de Australia y otras semejantes. Las observaciones sismográficas durante el A. G. I. completarán, sí, el cuadro de la sismicidad mundial con datos útiles sobre esta región hasta ahora inexplorada, pero no podrán variar esencialmente su carácter tectónico, deducido de estos poderosos argumentos negativos que limitan tales perturbaciones al exterior del círculo polar antártico, rodeando, sin tocarla, a la masa continental. La consecuencia final podría ser la afirmación *provisional* de que ese bloque podrá asemejarse *hoy* a un archipiélago oceánico, si los sondeos siguen acumulando puntos hundidos bajo el mar en diversas partes de su superficie; pero a pesar de ello, seguiría siendo geológicamente un continente sometido a excepcionales condiciones provocadas por el peso del hielo que sobre él gravita.

Montañas

Para el geólogo, a quien el hielo antártico impide el estudio inmediato del suelo, las cumbres que de vez en cuanto asoman sobre la llanura blanca, a la que superan frecuentemente en varios miles de metros de altura, constituyen valiosos elementos de juicio: y, en efecto, consta que los geólogos norteamericanos están llevando a cabo una activa y laboriosa campaña, así de exploración de estos desniveles, como de investigación de los que permanecen ocultos, valiéndose de medios indirectos, principalmente gravimétricos: se han instalado gravímetros de precisión en las estaciones que sirven de bases, y a partir de ellas los gravímetros portátiles de los equipos móviles efectúan mediciones ulteriores para comprobar los datos sísmicos relativos al espesor del hielo y determinar el relieve topográfico y la compensación isostática global del continente; se desea averiguar si existen en él cuencas sedimentarias y estructuras anticlinales, de las que no aparecen indicios superficiales, así como tener una idea más exacta del volumen de hielo total: del proceso, hasta ahora desconocido, de licuefacción o crecimiento: de si influye en él la cantidad variable de CO_2 artificial, como se conjetura actualmente, y, por tanto, si nos hallamos en las proximidades de una futura glaciación o de un subperíodo interglacial (*). En particular se está intentando

(*) Informes de marzo de 1958 (Scientific American) anuncian resultados recientes de esta clase de observaciones: hay sobre la Antártida el mismo CO_2 que en las zonas fabriles más activas; asimismo

unir la red gravimétrica de América y Australia con la de la Antártida; los trabajos preliminares en regiones oceánicas inmediatas a ella ya se han hecho en gran parte (6).

Pero en este novísimo campo de exploración puede afirmarse sin hipérbole que el acceso a las montañas es aún más difícil que en el mismo Himalaya; no solamente por lo elevado y abrupto de sus cumbres, algunas de las cuales son del mismo orden de altitud, sino porque el factor meteorológico es aquí particularmente adverso (largo invierno polar, temperaturas, vientos, et cétera), hasta el punto de que son pocas las montañas que han podido ser escaladas o que lo serán en fecha próxima. Hacia el centro de la porción occidental se alza el monte calificado como el más misterioso del mundo, a unos cinco o seis mil metros sobre el nivel del mar; su cima parece humear, pero aún no se sabe si se trata o no de un volcán y ni siquiera se ha podido determinar exactamente su posición geográfica: lo han divisado hasta ahora diez hombres, y sus informes han dado lugar a diversas conjeturas entre los científicos: únicamente un piloto aviador lo ha visitado dos veces desde el aire, pero es tan inaccesible, como veremos a continuación, que aunque fué descubierto por personal de la Marina de los EE. UU. hace más de once años, todavía no se le ha puesto nombre (21).

En febrero de 1947, al terminarse la llamada High Jump Expedition, y cuando el breve verano antártico tocaba también a su fin, el capitán W. M. Hawkes y

comunican que una gran extensión del banco de hielo que cubre el mar de Weddel se ha comprobado ser una isla de unos 370 por 300 kilómetros.

otros nueve marinos recibieron órdenes de realizar un vuelo de descubierta en dirección Este de la estación de la Pequeña América, sobre la región que hoy se llama Tierra de Mary Byrd; por tratarse de sobrevolar parajes nunca vistos antes por explorador alguno, se emplearon para la expedición dos Douglas DC-3 del tipo de aviones de transporte, de suerte que si uno de ellos tenía que hacer un aterrizaje forzoso con sus cinco tripulantes, el otro pudiera socorrerle y completar la misión. Hawkes pilotaba uno de los aparatos y el otro el comandante James C. McCoy, y formaba parte de la expedición el actual jefe fotógrafo del Departamento 43 de la Marina, comandante Charles C. Shirley; el derrotero estaba fijado de antemano, y debido a lo avanzado de la estación, no debían desviarse de él, so pena de poner en peligro la empresa.

Varias horas después de salir de la Pequeña América divisaron la montaña; al principio aparecía como una mancha o una humareda en el horizonte, que al aproximarse iba creciendo más y más hasta alcanzar una altura increíble: según pudo apreciar Hawkes, se hallaba a unos cincuenta kilómetros desviada de su ruta, hacia los 78° S.-124° W. Gr., es decir, a unos 860 kilómetros al Este de la Pequeña América y a 1.200 del polo. Su aspecto, según Hawkes, teniendo en cuenta que el panorama antártico dominante es el de una inmensa llanura helada, ofrecía un vivo contraste con ella y daba la sensación de ser tan alto como el Everest; él lo estimó al principio en unos 5.000 metros, de forma cónica y cubierto de nieve; la base de la montaña era poco visible, pero la cumbre se perfilaba bien sobre el fondo y de ella salía un penacho de humo o de nie-

ve, que esto no se pudo dilucidar, proyectado horizontalmente según la dirección del viento. A fin de lograr una apreciación más exacta de la altura, maniobró de modo que el avión de McCoy quedase entre el suyo y el monte, y obtuvo una película cinematográfica de ambos objetos, aunque a causa del movimiento del operador y la excesiva distancia entre los aviones no pudo conseguir la perspectiva que deseaba. Según McCoy, que juzga haber pasado a unos veinte kilómetros del pico, su altura debe de estar comprendida entre los 5.000 y los 6.000 metros, probablemente más próximo a los 5.500 que a los 6.000; afirma haber divisado manchas oscuras, debidas quizá al granito descubierto por las ráfagas del viento, cerca de la cumbre, y calculó que la base tendría una superficie de unos 26 kilómetros cuadrados; el fotógrafo citado lo describe como de forma perfectamente simétrica y cree recordar haber visto esas manchas oscuras, no sólo arriba, sino también cerca de la base. Se discutió por radio entre los dos aviones acerca del penacho, cuya longitud estimaba McCoy en un kilómetro y medio; pero no se pudo averiguar con certidumbre su naturaleza. Hubieran deseado detenerse en dar algunas vueltas alrededor, pero la consigna recibida se lo impidió. La impresión que daba era de una cima casi aislada en el extremo oriental de una cadena de colinas bastante altas, que aún no han recibido denominación geográfica.

La segunda ocasión que tuvo Hawkes para ver este monte misterioso tardó nueve años en volverse a ofrecer; fué en invierno de 1956: iba volando en el «Neptuno», de la Marina, con una tripulación de ocho com-

pañeros, encargados de buscar y trazar una ruta para tractores desde la Pequeña América hasta la estación de Byrd; pudieron comprobar que el camino recto no era el mejor por estar surcado de enormes grietas que ningún tractor podría franquear. No obstante, terminó la operación cartográfica encomendada, y al llegar al fin de la ruta marcada, volvió hacia el Norte y se dirigió a la montaña que había visto anteriormente, pensando que el hielo de sus flancos sería más firme y a propósito para ruta de tractores; pero esta vez el estado del tiempo le fué adverso; cuando llegó allá, la cumbre estaba perdida entre nubes; voló alrededor de ella buscando indicios de cenizas volcánicas de las que suelen presentarse a lo largo de las laderas de un volcán, sin conseguirlo, a causa de la poca visibilidad; por lo cual, muy contra su voluntad, tuvo que regresar a la Pequeña América, marcando de paso el futuro camino para los tractores. Una idea clara de las especiales dificultades que tienen estas exploraciones la hallamos en la respuesta que dió a quien le preguntaba por qué no subió sobre el nivel inferior de las nubes (plafond) para examinar la cumbre de cerca: «Hubiera sido cosa fácil, pero no hay que olvidar que a mí no me enviaron a descubrir volcanes activos o apagados, ni a medir su altura, por mucho interés científico que ello tuviera; fuí enviado a trazar una ruta por los hielos, y eso no se puede hacer volando sobre las nubes, sobre todo cuando no se conoce el terreno que hay debajo y no se sabe lo que se encontrará al descender de nuevo.»

Ahora Hawkes forma parte de la última expedición antártica y espera durante ella que alguien será enviado

expresamente, él u otro, a resolver este misterio geológico.

No menos ardua que la exploración de los sistemas orogénicos continentales es la de los submarinos, así por la dilatada extensión del campo de hielo sobre aquellos mares, como por ser tan duros de navegar; sin embargo, por haberse hecho recientemente muchos viajes marítimos a la Antártida y llevar generalmente esos navíos equipos de sondeo acústicos, los datos recogidos a este respecto han sido y serán sin duda abundantes. La cresta oceánica que pasa cerca del continente por debajo de Australia y Nueva Zelanda se ha trazado sobre el mapa con escasos elementos oceanográficos de esta clase; pero así como la cordillera central del Atlántico está claramente definida por los focos sísmicos que dibujan fielmente su contorno, del mismo modo y por doble analogía, se ha podido completar el trazado de la circumantártica; la primera analogía es la comprobación directa de los sondeos, aunque no muy copiosos, que acusan la elevación del fondo exactamente en el arco de sismicidad más activa: más aún, a veces se ha podido *seguir* uno de estos accidentes geológicos oceánicos a través de los mismos continentes, donde la alineación de epicentros descubre su continuación, como ocurre en el Africa oriental y en la isla Sur de Nueva Zelanda. La segunda analogía, aún más obvia, es la continuidad ininterrumpida con que se prolonga esta cresta por rutas marítimas menos accesibles, siguiendo la línea marcada por los resultados de sondeos practicados en aguas más tranquilas y en latitudes así bajas como medias; para esta labor de reconstrucción es de suma utilidad el catá-

logo sísmico contenido en la magnífica obra de Gutenberg y Richter, «Seismicity of the earth», cuyos mapas sísmicos, tan completos hasta la fecha de su publicación (1949), se han completado con los datos recientes (12). El carácter propio de este tipo de cresta oceánica, además de su alta sismicidad, incluye a todo lo largo de su trayectoria una zona central de fuerte depresión, a modo de una gigantesca grieta de profundidad frecuentemente mucho mayor que las que se hallan a bastantes centenares de kilómetros a uno y otro lado del eje de la cordillera submarina; un segundo tipo de éstas, que se distingue por su carácter asísmico, y por tanto sólo identificable por sondeos, también está representado en aguas antárticas por la cresta de las Kerguelen-Gaussberg, como también lo está en el Artico por la recientemente descubierta de Lomonosov; una y otra están separadas del sistema general centro-atlántico y son geológicamente independientes de él; el tercero, asimismo presente en la región antártica en el arco de Scotia, se caracteriza por su composición petrográfica: al paso que todas las extrusiones que se ofrecen en los dos tipos anteriores son de basaltos oceánicos de la serie atlántica, las de aquí son andesíticas y graníticas, pertenecientes a la serie pacífica y, al mismo tiempo, una serie metamórfica diferente; en este arco hay una depresión inicial en el lado convexo, asociado a un cinturón sísmico, probablemente mucho más parecido al de las Antillas que al de los archipiélagos del Pacífico. Las rocas de las islas Macquarie son, desde luego, de tipo atlántico, a pesar de hallarse en el Pacífico meridional, y están asociadas al primer tipo de cresta oceánica más bien que al cinturón de plegamientos circumpacífico; la línea de focos sísmicos que marca la cresta de la isla de la Pascua y la que va desde la India a la Antártida, confluyen aquí y se unen a la de Nueva Zelanda; parece probable que la elevación del fondo submarino de Macquarie que va desde estas islas a Tasmania, es también asísmica y pertenece al segundo tipo, o sea de mero plegamiento.

Como se ve, la confluencia de sistemas diferentes en diversos órdenes geológicos, que a lo largo de los continentes o de los océanos se reúnen y mezclan en la Antártida, hace subir de punto el interés científico de su difícil exploración por todos los medios citados, así directos como indirectos; las observaciones gravimétricas ofrecen uno de los más eficaces para hacer distinción entre las crestas de diversos tipos; hace años se sugirió que el cinturón circumpacífico continuaba desde la fosa de Kermadec a través de la Antártida occidental, Tierra de Palmer y arco de Scotia, para unirse a los Andes meridionales; si hoy se comprueba por medidas gravimétricas la ausencia de una marcada anomalía negativa entre Nueva Zelanda y el Oeste antártico, quedará definitivamente descartada esa hipótesis; indudablemente esta clase de medidas efectuadas sobre cada uno de los tres tipos de crestas submarinas contribuirá mucho a esclarecer estos problemas tectónicos.

Continuidad de las investigaciones

Aunque se han utilizado en esta reseña las aportaciones más recientes de los boletines antárticos oficiales, publicados por los Comités del AGI, y no pocas de

la Prensa y revistas científicas, es evidente que ha de dejar forzosamente en suspenso muchas cuestiones allí planteadas; unas porque su misma naturaleza exige tiempo para publicar los resultados, dependientes de un examen y análisis imposible de realizar sobre el terreno y reservado para los laboratorios; otras por que se refieren al éxito de un trabajo de prospección minera intimamente relacionado con futuras reivindicaciones territoriales de índole política y económica, sobre cuyos resultados no es fácil que se den noticias completas por razones obvias...; otras, en fin, porque no será posible durante el año geofísico, por más que se prolongue más allá de unos diciocho meses, cumplir adecuadamente los vastos programas previstos. A este propósito, durante la cuarta conferencia antártica, celebrada en París en junio de 1957, se aprobó, entre otras mociones, la de que en Nueva Zelanda se reunieran, de vuelta de su misión, los miembros de las expediciones de los diferentes países para un cambio de impresiones sobre la prolongación de algunos trabajos hechos durante el AGI, después de terminado éste; incluso se recibió favorablemente la proposición argentina acerca de otra reunión especial o symposium general sobre el mismo tema en la primavera de 1959. La impresión general es que se tomarán medidas inmediatas a este respecto, aunque naturalmente fuera ya de las atribuciones del Comité Especial, que expiran con el año 1958; otras entidades internacionales permanentes se habrán de encargar de ello, por lo cual se hizo la oportuna representación en este sentido al Consejo Internacional de Uniones Científicas. No cabe duda que la continuación de las observaciones meteorológicas, clave de la

predicción del tiempo en el hemisferio Sur, es un postulado exigido por el bien común; asimismo, en el campo geológico, el análisis de los trabajos ahora efectuados, exigirá también comprobaciones complementarias posteriores, y no es aventurado afirmar que la Antártida, que la técnica moderna ha logrado domar y hacer habitable, dejará definitivamente de ser un desierto de hielo, sólo apropiado para teatro de hazañas heroicas.

Recibido el 28-III-1958.

BIBLIOGRAFÍA

(1) BENIOFF, H. y GUTENBERG, G.: *Progress Report Seism. Lab. Calif.* «Transact. Amer. Geoph. Union», v. 38, núm. 2, páginas 248-254, arbil, 1957.

(2) BROCKAM, B.: *Eisscismische Untersuchungen.* «Zeitschr. für Geoph», v. 23, núm. 5, págs 241-242, 1957.

(3) BULLETIN AGI.: Núms. 1-6. («Transact. A. G. U.», v. 38, número 4-6, agosto-diciembre, 1597.

(4) CIEL ET TERRE.: *L'expédition antarctique belge 1957-1958*, v. 73, núms. 6-7, págs. 389-399, julio-agosto, 1957.

(5) DOYEN, P.: *Les expeditions antarctiques au cours de l'été austral 1956-1957.* «Ciel et Tere», v. 73, núms. 3-4, págs. 191, siguientes, marzo-abril, 1957.

(6) DUE, A.: *Notas oceanográfico-geológicas.* «Not. y Com. Inst Geol. Esp.», v. 34, págs. 27-40.

(7) — — — *Actualidad geofísica de las regiones polares.* «Urania», v. 40, núm. 240, págs. 7-16.

(8) EWING, M. y HEEZEN, B. C.: *Some problemas of antarctic submarine geology.—Antarctica in the IGY.* «Geophysical Monograph», n. 1, 1956.

(9) EWING, M. y PRESS, F.: *Seismic measurements in ocean basins.* «Journal of Marine Research», v. 14, núm. 4, págs. 417-422, diciembre, 1955.

(10) FUCHS, V. E.: *Scientific Reasearch in Antarctica.* «The Scient Monthly», v. 79, núm. 1, págs. 52-53, julio, 1954.

(11) G. P.: *L'expédition soviétique dans l'Antarctique.* «La Nature» v. 84, núm. 3.251, págs. 86-96, marzo, 1956.

(12) GUTENBEG, B. y RICHTER, C. F.: *Seismicity of the Earth and*

associated phenomena. «Princeton Univ. Press», Princeton New Jersey, 1949.

(13) HOUGH, J. L.: *Antarctic sands tell about ancient weather*. «Sc. Dig», pág. 74, noviembre, 1952.

(14) KETMAN, G.: *Les russes au pol Sud: Le continent antarctique n'existe plus*. «Science et Vie», núm. 483, págs. 68-72 diciembre, 1957.

(15) LEBEAU, A.: *La seconde expédition française vogue vers l'Antarctique*. «La Nature», v. 84, núm. 3.260, págs. 465-468, diciembre, 1956.

(16) LILL, G.: *Some geological aspects of the oceanographic programm of the IGY*. «Geo. Times», v. 2, núm. 1, págs. 10-11 julio, 1957.

(17) LYONS, P. L.: *IGY and its significance to exploration geophysics*. «Geo. Times», v. 2, núm. 1, págs. 8-9, julio, 1957.

(18) NEUE PRESSE.: —Frankfurt a. M.—(4-5 de enero, 1958).

(19) ODISHAW, H.: *The International Geophysical Year*. «Geo. Times», v. 2, núm. págs. 6-9, julio, 1957.

(20) — — — *IGY; a report on the US programm*. «Science», v. 127, núm. 3.290, págs. 115-128, enero, 1958.

(21) PERKINSON, W. J.: *World's most mysterious mountain*. «The Baltimore Sun», 8 septiembre 1957.

(22) RIVOIRE, J.: *Overtures sur l'Antarctique*. «La Nature», v. 84 núm. 3.259, págs. 438-443, noviembre, 1956.

(23) — — — *Les expéditions françaises sur le continent antarctique* «La Nature», v. 85, núm. 3.268, págs. 297-301, agosto, 1957

(24) ROBIN, G.: *Dronnig Maud Land, Antarctica*. «The Geographical Journal», v. 120, parte segunda, 1954.

(25) ROMAÑÁ, A.: *El Año Geofísico Internacional*. Discurso de clausura del XIV Pleno del CSIICC. Madrid, 1958.

(26) SCIENCE.: *Antarctica a group of islands?*, v. 126, núm. 3 273 pág. 555, septiembre, 1957.

(27) SCIENCE DIG.: *Antarctica: Unknow white continente*, págs. 17 22, abril, 1955.

(28) STRATTON, D. G.: *New attempt to cross Antarctica*. «The Scient Monthly», v. 82, núm. 1, págs. 42-43, enero, 1956

Breve estudio crítico sobre la flora neogena de la Cerdaña ilerdense

POR

JOSEFA MENENDEZ AMOR
Doctora en Ciencias Naturales

JOSEFA MENENDEZ AMOR

BREVE ESTUDIO CRITICO SOBRE LA FLORA NEOGENA DE LA CERDAÑA ILERDENSE

Es la Cerdaña española un pequeño territorio, enclavado en el valle meridional de los Pirineos orientales, y del que por su destacada importancia renombrados geólogos y paleontólogos han venido ocupándose desde que a mediados del pasado siglo LEYMERIE y VIDAL iniciaron los primeros estudios en esta zona. Este fértil terreno, que ocupa una antigua despresión lacuestre, está rodeada de un cinturón de colinas y altas cumbres: macizo de Carlite al N. y NE.; macizo de Campardos al W.; cadena de Pigmals al SE., S. y parte de la Sierra del Cadí, y tiene su origen en los hundimientos o fracturas que tuvieron lugar durante los plegamientos pirenaicos y sávicos.

Petrográficamente fué estudiada por ROUSSEL, ROGGEVEN y otros, sin olvidar a MALLADA; también CHEVALIER, EGOZCUE, REY PASTOR, etc., aportaron datos muy interesantes de la sismología de la región, y en cuanto a los estudios tectónicos puede decirse que no han sufrido interrupción alguna desde que aquéllos comenzaron con las primeras aportaciones de VIDAL, siendo de destacar la labor llevada a este efecto por MALLADA,

DEPERET, BAISSEVAIN, NUSSBAUM, HERNÁNDEZ-PACHECO (E.), y más recientemente, por SOLÉ SABARÍS y LLOPIS LLADÓ. La contribución al estudio fitopaleontológico de esta zona fué hecha por DEPERET, y especialmente, por REROLLE, al describir treinta y nueve especies de vegetales fósiles recogidos en diferentes yacimientos de esta región. La gran riqueza y variedad de su flora, comprobada más tarde por los señores CRUSAFONT y VILLALTA, nos hicieron preocuparnos y realizar un estudio más detallado y completo, y aun cuando éste se ha llevado a efecto y aumentado el número de citas a 188, no puede todavía darse por concluído.

Los yacimientos en los que puede recogerse material son muy abundantes y por ello nos limitaremos solamente a citar los más importantes: Coll de Saig, Badés, Padró, Alp y Balltarga, todos ellos enclavados en la provincia de Lérida. Los restos vegetales aparecen siempre en las arcillas y se encuentran tanto mejor conservados, cuanto más fino es el grano de aquéllas.

En la flora fósil ceretana son escasas las Monocotiledóneas, mientras que las Dicotiledóneas, especialmente arbóreas, mantienen una gran predominancia. Las Criptógamas están representadas por los Hongos y Pteridofitas, no muy abundantes.

Entre las Algas, sólo hemos encontrado representantes de Caráceas y Diatomeas, si bien éstas últimas no parecen tener la misma edad que el resto de los fósiles estudiados.

Del Orden Pennales hemos encontrado los géneros *Navicula* (*N. cliptica*, Heib.) y *Cimbela* (*C. prostatum*, Brun.), y de las Centrales hemos identificado abundantes valvas de *Melosira granulata*, Rhr. y de *Coscinodiscus oscurus*, *Sch.*

El número de Diatomeas es grande, aunque las especies como acabamos de ver son poco variadas, predominando la forma redondeada (*Coscinodiscus*) y la cilíndrica (*Melosira*), debido a que estas formas presentan más resistencia a las acciones mecánicas, originadas por fenómenos de presión ejercidas por los mismos sedimentos.

Merece especial mención el género de *Coscinodiscus*, género del que HERIBAUT, dice: «Hoy día son todos marinos; no es posible que estos depósitos se hayan formado en lagos de agua dulce; no han podido vivir y desarrollarse más que en lagos profundos, alimentados por grandes manantiales termominerales y ricos en alimentos salinos». Ahora bien, siguiendo también a este autor, entre otros, se asegura: «Que la fosilización de las hojas no es posible en el curso de la formación de un depósito diatomífero». Si esto es cierto, ¿cómo nuestras Diatomeas marinas y de agua dulce aparecen en las arcillas en que tan abundantes son los restos vegetales? La explicación no puede encontrarse más que en el hecho de que la depresión lacustre de la Cerdaña, formada a consecuencia de los plegamientos alpinos se colmaba lenta y suavemente. La potente red fluvial que se originó al formarse nuestro Pirineo, como consecuencia de los movimientos alpinos, ha de erosionar los terrenos por los que pasa, y arrastrar en sus aguas frústulas de Diatomeas, que serán de habitat marino, toda vez que antes de dicha elevación todo aquello estuvo invadido por el mar.

Teniendo en cuenta, además, que a fines del terciario esta región era una zona lacuestre, en la que se desarrollaba intensamente la vida vegetal, tanto aérea como acuática, es lógico suponer que en estos lagos se irían

depositando conjuntamente la microflora ya fósil y la macroflora originada por la fosilización de las especies vivientes en la depresión. La presencia de diatomeas marinas podría explicarse como consecuencia de la erosión y arrastre antes mencionados.

Los hongos aparecen sobre las hojas de especies también fósiles en forma de puntuaciones o manchas más o menos destacadas, pero siempre visibles. Mencionaremos *Sphaeria sp.* y *Depazea cinnamomea*, Sap. entre los Pirenomicetales; *Hysterium laberynthiforme*, Ung. entre los Histeriáceos y *Sclerotium Cinnamomi*, H, entre los Gastromicetales.

Entre las Filicíneas leptoesporangieas tienen representación las familias de las Osmundácaes con *Osmunda Strozii*, Gaud. las Esquiceáceas con *Lygodium Gaudini*, Heer y, entre las Polipodiáceas, el *Pteris protogea*, Prin. y el *P. radobojana*, Ung.

Entre las Gimnospermas, son las Coniferales las únicas representantes encontradas, debiendo citarse entre las Taxodiáceas el *Glyptostrobus europaeus*, Br., muy abundante desde las capas miocenas más antiguas hasta las más recientes, y el *Taxodium distichum miocenicum*, Heer.

Entre las Pináceas fueron reconocidas *Abies saportana*, Rer., *Pinus paleostrobus*, Ett. También las Cupresáceas con *Juniperus drupácea*, Labill, var. *pliocena*, Rer., tienen su representación. Pero merecen especial mención las Araucariáceas con el *Doliostrobus rerollei*, Marion, cuya existencia en estos yacimientos tiene un gran interés paleontológico.

Las Monocotiledóneas son raras, tal vez por su menor facilidad para la fosilización, si bien se encuentran restos que bien pudieran atribuirse a Gramíneas y Cipe-

ráceas, destacando entre éstas, el género *Rhizocaulon*, de posición dudosa, tanto en su sistemática (Eriocauláceas, Restiáceas o Ciperáceas), como en el tiempo; respecto a este segundo punto, SAPORTA cree que ha sobrevivido poco al oligoceno y comenta: «Es sorprendente, en efecto, observar, que fuera de Francia meridional donde abundan desde el cretáceo al aquitaniense, los RHIZOCAULON no han sido todavía señalados en ninguna otra parte».

Con el hallazgo, pues, de este género en la Cerdaña española, no sólo se amplían los límites de su habitat a más allá de Francia meridional, sino que también aumenta su difusión en el tiempo, ya que sobrepasa el aquitaniense, puesto que los terrenos en que han sido recogidos los ejemplares estudiados pertenecen a un mioceno superior en los límites con plioceno.

Los *Potamogeton* unidos por analogías en su modo de vivir a las Tifáceas, dejaron también sus huellas en las margas ceretanas. Igualmente las zarzaparrillas ocuparon un pequeño puesto en el bosque, como arbustos espinosos y trepadores con la *Similax* cf. *obtusangula*, Heer.

Las Dicotiledóneas presentan entre las Monoclamídeas una buena representación, ya que Betuláceas, Fagáceas, Miricáceas, Salicáceas, etc., nos ofrecen al estudio gran cantidad de sus hojas, por lo general perfectamente conservadas. Entre todas ellas destacan las Fagáceas, por su gran variedad y abundancia, especialmente el género *Quercus*, con representantes de especies mejicanas, como *Q. drimeja*, Ung., *Q. elaena*, Ung.K de los Estados Unidos, como el *Q. neriifolia*, y algunas formas europeas, como el *Q. mediterránea*, sin que falte una típicamente ceretana, y que fué clasificada por REROLLE como *Q. hispánica*.

Es interesante resaltar la importancia de *Fagus pliocénica*, Sap. var *ceretana*, Rer., pues, estudiados en conjunto y en detalle todos los ejemplares recogidos, hubimos de hacer con ellos dos grupos: en uno reunimos todas aquellas hojas de forma ovalado-lanceolada con el borde provisto de dientes simples, peciolos de mediano tamaño y 18 a 20 pares de nervios secundarios. El otro grupo lo forman hojas de forma más ovalada con el borde liso o con dientes apenas perceptibles y no más de 12 pares de nervios secundarios.

Estudiadas gran cantidad de hojas del haya actual, observamos en ellas: forma ovalada con tendencia a la redondez, ausencia total de dientes, o, a lo más, muy ligeras sinuosidades en el borde; peciolo de longitud media y solamente nueve pares de nervios secundarios. Ante este estudio comparativo y las opiniones de SAPORTA y de DEPAPE y FALLOT, estamos de acuerdo con dichos autores en considerar todos los tipos de hojas citadas como variaciones de una misma especie. El proceso de variación se realizaría a partir—según nuestra opinión—, de un *Fagus* preaquitaniense que daría origen a dos formas principales: una americana, *Fagus ferrugínea* y otra europea, *Fagus pristina*, de contornos lanceolado elípticos u ovalados, carencia de dientes y reducción en el número de pares de nervios secundarios, llegándose a la forma *Fagus pliocénica*, que acentuando la redondez de su limbo y la reducción máxima en el número de nervios, alcanza ya la forma actual de *Fagus sylvatica*. Entre *F. pliocénica* y *F. pristina* se encuentran, en la cubeta ceretana, formas intermedias que REROLLE clasificó como *F. pliocénica*, var. *ceretana*, y que, a nuestro modo de ver, no es más que una variación local de *F. pristina*.

Análogo proceso se observa en *F. ferruginea* que deriva en *F. pliocenica*, para acabar originando el actual *F. sylvatica*.

También REROLLE hace un análisis muy minucioso sobre el *F. pliocénica*, sus relaciones y diferencias con otras especies, y llega a análogas consecuencias, terminando su estudio con la siguiente propuesta: «Sería sabio agrupar en un haz común todas estas formas dispersas y con rasgos mixtos, que se desarrollan tan ampliamente desde el extremo norte o del oriente hasta las vertientes meridionales de los Alpes y los Pirineos, hacia la aurora de los tiempos pliocénicos. M. DE SAPORTA ha propuesto ya, reunirlas bajo el nombre de *F. pliocénica*, si bien él no ha hecho una descripción metódica de la especie, creando el epípteto *miopliocénica*, que podría ser más justo, adoptándose por mí este modo de ver como el más razonable. Se podría establecer en la nueva especie varias subdivisiones correspondientes a variedades locales: *arvenensis*, *itálica*, *silesíaca*, etc. La variedad *ceretana*, por ejemplo, debe permanecer distinta de la de las cineritas; sin duda, está ligeramente más próxima al *F. sylvatica*, aunque las hojas estén frecuentemente provistas de 12 pares de nervios y su fruto...».

Carpinus, *Alnus* y *Betula*, aun cuando no faltan, no son tan abundantes, aunque por lo que al *Alnus occidentalis*, Rer. se refiere, es bastante frecuente en los yacimientos ceretanos.

Las Miricáceas son pobres en representantes. Las Ulmáceas figuran con improntas de *Ulmus Braunii*, H., principalmente frutos, y muy especialmente con hojas de *Zelkova Ungeri*, Ett. de gran profusión en todos los yacimientos de nuestra Cerdaña. Respecto a esta última especie, es digno de señalar el gran confusionismo

que existe en relación con las citadas en la cuenca ceretana: *Z. Ungeri*, Ett. y *Z. crenata, Spach*, etc. Después de consultada toda la bibliografía referente a este género, y estudiados los diferentes criterios y opiniones sobre la sistemática del mismo, hemos recogido en el Jardín Botánico de esta capital, un elevado número de hojas, exactamente 927, que nos han permitido hacer un estudio comparativo bastante completo y llegar a la conclusión de que en la cubeta ceretana no existe otra especie que la *Z. Ungeri*, Ett., y que la gran variabilidad de sus hojas, convertida en variabilidad específica, que es lo que precisamente origina la confusión sistemática, no es suficiente en nuestro caso para considerar como especies, lo que, a lo más, y para otros yacimientos que no el ceretano, pudiera ser una variedad.

Las Moráceas cuentan con escasa representación, y en cuanto a las Yuglandáceas, se han recogido extraordinario número de hojas de *Juglans vetusta*, Heer y raros ejemplares de *Carya* y *Pterocarya*. Es importante la presencia como fósiles, de esta familia en la cuenca ceretana, por ser una de las que más evidencia el hecho de que el área de distribución de numerosos géneros y familias durante el terciario fué mayor que lo es hoy día; que mientras entonces algunos de ellos vivieron reunidos en una misma área geográfica, en la actualidad se encuentran diseminados por todo el mundo, lo cual hace suponer a HEER que especies esporádicas tuvieron en otro tiempo una distribución más amplia, pero menos dislocada, existiendo familias, cual es la de las Yuglandáceas, que mientras en la época terciaria vivían todas en la Europa Central, hoy lo hacen en varios continentes.

Varias especies de *Salix* y *Populus*, relativamente

abundantes, se encuentran como representantes de las Salicáceas en la Cerdaña española.

Las Proteáceas, si no muy abundantes, sí están al menos presentes, y hemos podido recoger ejemplares de *Dryandroides lignitum*, Heer, *D.* aff. *banksiaefolia*, Heer, *Embotrium microspermum*, Heer, *Banksia deikeana*, Heer y *B. helvética*, Heer, estas dos últimas especies bastante comunes. El problema de la existencia de las Proteáceas tiene gran interés por lo mismo que se ha discutido. En el cretáceo fueron muy abundantes y persistieron incluso hasta el tongriense: sin embargo, BENTHAM y SAPORTA han dudado de su existencia durante el terciario en contraposición con las opiniones de UNGER y ETTINGSHAUSEN que sostienen que tal grupo fué muy numeroso e incluso hojas incluídas entre las Proteáceas no son más que Miricáceas, punto sobre el que también insiste BENTHAN. ZITTEL está de acuerdo con el criterio de BENTHAN y SAPORTA.

Sin embargo, parece un hecho cierto que cuando las Proteáceas dominan en una flora, los géneros europeos actuales tienden a disminuir o desaparecen: estos dos elementos se excluyen el uno al otro; es la misma marcha que las Miricáceas siguieron un poco más tarde y cuya evolución reciente deja ya ver próximo su fin en nuestro hemisferio, aunque no sea todavía definitivo. Encontramos ejemplos de lo expuesto en la flora de Sézanne, donde apenas hay Proteáceas, mientras dominan los géneros europeos; en Aix, Hering y Armissan, donde estos últimos adquieren gran desarrollo, las Proteáceas también son escasas. Y es que, en efecto, esta familia cuenta en la actualidad con representantes sólo en Australia, Africa del Sur, y, en menor cantidad, en Améri-

ca meridional, Asia tropical, Nueva Caledonia y Nueva Zelanda.

Buxáceas y Hamamelidáceas son poco frecuentes y con duda se cita la familia de las Platanáceas.

De Gamopétalas han sido pocos los ejemplares recogidos, incluso la gran familia de las Compuestas apenas ha suministrado material indicado con ello una evolución, dando el carácter moderno de este grupo. Las Ericáceas tienen también escasa importancia y aún menos Ebenáceas y Mirsináceas, encontrándose el resto de las citas repartido entre Oleáceas, Caprifoliáceas y Sapotáceas.

Entre las Dialipétalas ocupan los primeros puestos Aceráceas, Papilionáceas y Lauráceas. Las primeras, con formas representativas en su mayor parte de la flora americana, han suministrado abundante material de hojas y frutos, habiendo sido descritas hasta diez especias de *Acer*: *A. agustilobum*, L., *A. campestris*, L., *A. decipiens*, Al. Br. *lactum*. C. A. Mey, var. *pliocenicum*, Rer., *A. magnini*, Rer., *A. psepdocracticum*. Ett., *A. pyrenaicum*, Rer., *A. subrecognitum*, Rer., *A. triangulilobum*, Goepp y *A. trilobatum*, Al. Br.

En cuanto a las Leguminosas, han sido halladas en una gran diversidad: entre las Mimosáceas figuran hojas de *Cassia* y *Caesalpina*, ambas con varias especies. Las Papilionáceas, si bien más abundantes en géneros, lo son menos en especie.

Las Lauráceas son importantes no sólo por el número de géneros que en Cerdaña se encuentran frecuentes, sino por lo que climatológicamente representan, ya que *Persea*, *Sassafras* y *Cinnamomun* constituyen una reliquia de la flora anterior; es digno de hacer notar, por lo que a este último se refiere, la enorme difusión que

alcanzó, de tal forma que pocos árboles en la actualidad pueden, en este sentido, compararse al *Cinnamomun*; hoy, sin embargo, su difusión es mucho más reducida.

Otras familias han dejado también la historia de su paso por los terrenos terciarios ceretanos, aunque sus restos sean relativamente raros: Rosáceas, Panicáceas, Tiliáceas, Sapindáceas, Aquifoliáceas, Araliáceas, Oleáceas, Caprifoliáceas, etc., y algunas otras faltan por completo.

El análisis de la flora que queda reseñada, revela el cercano parentesco de la misma con la actual, si bien no puede puntualizarse hasta qué punto, toda vez que estas relaciones no han podido ser establecidas más que a base del estudio y comparación de sus órganos foliares, siendo desconocidos en la mayor parte de los casos las flores y los frutos que son los elementos que dan las características específicas más seguras.

Las analogías con la flora pliocénica de Meximieux y con la miocénica de Senegaglia, Stradella, Oeningen y Val d'Arno son muy destacadas, pues las especies citadas para cada una de estas localidades representan un 18,78 por 100, 19,35 por 100, 34,21 por 100, 42,85 por 100 y 15,00 por 100, respectivamente, en relación con las especies ceretanas comunes.

Los estudios realizados llevan a la conclusión de que la región ceretana en tiempos miopliocénicos estuvo poblada por un bosque interior muy umbrío, muy espeso y con una gran variedad de estaciones biológicas, dado el gran número de especies que han convivido en una relativa pequeña extensión. Podemos imaginar el aspecto de aquella variada y rica vegetación de la siguiente manera: un conjunto de plantas vivirían dentro del agua o completamente encharcadas en los bordes del lago,

como *Potamogeton* y *Typha*, rodeadas de otro grupo vegetal amante de terrenos pantanosos como el *Taxodium*.

Las partes bajas más próximas al agua y en donde influyesen aún los efectos de las crecidas vivirían *Glyptostrobus*, algunos *Quercus* (*Quercus drimeja*) y *las Miricáceas*.

Un cinturón de árboles y arbustos avanzaría desde zona más lejana hasta esta última asociación, ocupando la zona del valle a la que llegarían los arroyos alimentadores del lago, integrado fundamentalmente por *Alnus*, *Populus*, *Ulmus*, *Fagus*, mezclados con *Juglans*, *Zelkova*, *Sassafras* y *Acer*, a los que acompañaría un sotobosque de *Ilex* y helechos, vegetación que testimonia la existencia de un suelo fresco. Más hacia el interior, y empezando a ocupar las vertientes frescas y umbrías de los escarpes inferiores y medios, vivirían *Laurus*, *Cinnamorum*, *Carpinus*, *Quercus*, *Fagus*, *Acer*, etc. Finalmente, y aún más alejados del agua, vivirían *Abies* y *Pinus*, coronando las cimas. La zona de ecotonía debería ser muy amplia, especialmente la existente entre la vegetación de los valles y de las vertientes montañosas, especialmente para algunas especies como *Ulmus*, *Fagus* etcétera.

Comparando la flora premiocena con la estudiada, se observa una sustitución de las especies tropicales por otras más septentrionales precursoras de la flora pliocena, que se inicia y que va a sustituirla. Las causas de este cambio hemos de encontrarlas en el cambio climático que se operó como consecuencia de los movimientos tectónicos; ante aquél algunas plantas pudieron resistir o adaptarse con alguna modificación, mientras que otras desaparecieron totalmente.

La flora ceretana hace, pues, de esta región ilerdense, una de las más interesantes localidades españolas para los estudios paleobotánicos, uniendo su importancia a la que la geología misma le ha proporcionado y a la que tantos geólogos han venido dedicando intensamente su atención.

(*Laboratorio de Paleontología del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Instituto* «José de Acosta».)

Recibido 28-III-58.

BIBLIOGRAFÍA

ALMELA, A. y RIOS, J. M.ª: *Explicación del mapa geológico de la provincia de Lérida.*—«Revista del Instituto Geológico y Minero de España», Madrid, 1947.

ALMERA, J.: *Descubrimiento de tres floras terciarias en nuestros alrededores.*—«Crónica Científica», T. XIV, Barcelona, 1891.

ALMERA, J.: *Catálogo de las flora y fauna pliocénica de Cataluña.*—«Mem. Real Acad. Cienc. y Artes», Barcelona, 1907.

BOISSEVAIN, H.: *Etude géologique et géomorphologique d'une partie de la vallée de la Haute Ségre.* — «Bull. Soc. Hist. Nat. Toul». Tomo LXVI, Toulouse, 1934.

CHEVALIER, M.: *Note sur les terrains néogènes de la Cerdagne.*—«Bull. Inst. Cat. Hist. Nat. Tomo XXV. Barcelona, 1925

DEPAPE, G.: *Le monde des plantes à l'apparition de l'homme en Enrope Occidental. Flores récentes de France, des Pays-Bas, d'Angleterre.*—«Ann. Soc. de Bruxelles», sér. B. Scien. phys. et nat. T. XLVIII. 2me part. 1928.

DEPAPE, G.: et BATALLER, J. R.: *Note sur quelques plantes fossiles de la Catalogne.*—«Bol. Inst. Cat. de Hist. Nat.», 2.ª serie, t. XXXI, Barcelona, 1931.

DEPERET, CH. et REROLLE, L.: *Note sur la gélogie et sur les mammifères fossiles du bassin lacustre miocène de la Cerdagne.*—«Bull. Soc. Géol. France» (3), París, 1888.

EGOZCUE, J.: *Relación de los terremotos ocurridos en la ciudad de Urgel y pueblos vecinos en el mes de enero del 1788 y erupciones de agua en Hinojosa de San Vicente en febrero del mismo año.*—«Bol. Com. Mapa Geol. de España». Tomo II, Madrid. 1875.

FLICHE, P.: *Note sur quelques végétaux fossiles de la Catalogne.*—«Com. Mapa Geol. de España», 2.ª serie, Madrid, 1906.

FLICHE, P.: *Nouvelle note sur quelque végétaux fossiles de la Catalogne.*—«Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.», Barcelona, 1908.

HERIBAUD, J.: *Les Diatomées fossiles d'Auvergne*. París, 1902-1908

HERNÁNDEZ-PACHECO, E.: *Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica*.—«Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales», Madrid, 1912.

LEYMERIE, A.: *Récit d'une exploration géologique de la vallée de la Ségre*.—«Bol. Soc. Géol. France», 2.ª sér., t. XXVI, París, 1868-69.

LLOPIS LLADÓ, N.: *La paleogeografía y el paisaje fósil de la provincia de Lérida*.—«Ilerda», núm. 7, fasc. único, Lérida, 1948.

MALLADA, L.: *Explicación del Mapa Geológico de España*, t. II y III, Madrid, 1896-98.

MEMORIA EXPLICATIVA DE LA HOJA GEOLÓGICA N.º 216, DE BELLVER. — «Instituto Geológico y Minero de España», Madrid, 1947.

MENÉNDEZ AMOR, J.: *Notas preliminares al estudio sobre la flora terciaria de la Cerdaña española*.—«Las Ciencias», año XIII, núm. 4, Madrid, 1948.

MENÉNDEZ AMOR, J.: *La depresión ceretana española y sus vegetales fósiles. Características fitopaleontológica del Neogeno de la Cerdaña española*.—«Mem. Real Acad. de Ciencias». Sección de Ciencias Naturales, t. XVIII (Tesis doctoral), Madrid, 1955.

NUSSBAUM, F.: *Orographische und morphologische Untersuchungen in den östlichen Pyrenäen*.—«Abdruck a. d. Jahresberischt der Geogr. Ges. v. Bern», t. XXXV-XXVI, Berna, 1946.

REROLLE, L.: *Etudes sur les végètaux fossiles de Cerdagne*.—«Rev. des Sc. Nat.», 3.ª sér., t. IV Montpelier, 1885.

SAPORTA, G.: *Examen analitique des flores tertiaires de Provense*, Zurich, 1861.

SAPORTA, G.: *Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de Sezanne*.—«Mem. de la Soc. Géol. de France», 2.ª sér., t. VIII, París, 1868.

SAPORTA, G.: *Sur de la flore des tufs pliocènes de Meximieux* — Lyon, 1873.

SAPORTA, G.: *Recherches sur la végétation du niveau aquitanien de Manosque*.—«Mém. Soc. Géol. de France», Mém. n.º 9, París, 1891.

SCHIMPER et SCHENK.: *Traité de Paléontoligie végétale*. París, 1891.

SOLÉ, L. y LLOPIS, N.: *Estudios geológicos en el alto valle del Segre*.—«Ilerda», t. II, fasc. 2, Lérida, 1944.

SOLÉ, L. y LLOPIS.: *Sobre la tectónica del alto valle del Segre*.—«Estudios Geológicos», n.º 6, Madrid, 1946.

UNGER, F.: *Synopsis plantarum fossilium*. Leipzig, 1845.

VIDAL.: *Geología de la provincia de Lérida*.—«Bol. Mapa Geol.», t. II, Madrid, 1875.

VILLALTA, J. F.: y CRUSAFONT, M.: *La flora miocénica de la depresión de Bellver*.—«Ilerda», t. III, fasc. 2, Barcelona, 1945.

ZEILLER, R.: *Elements de Paléobotanique*. París, 1900.

ZITTEL.: *Traité de Paléontologie*, t. III, París, 1891.

Miscelánea de la historia fluvial española

POR

CLEMENTE SAENZ GARCIA

CLEMENTE SAENZ GARCIA

MISCELANEA DE LA HISTORIA FLUVIAL ESPAÑOLA

El problema de la investigación paleogeográfica es abordado en la actualidad en concurso por dos ramas distintas de la Ciencia de la Tierra, cuyos métodos de estudio ofrecen, bajo ciertos aspectos, un marcado contraste merecedor de ser señalado.

Aparecen de un lado las doctrinas clásicas de la Historia del Planeta, que, atentas principalmente a establecer una ordenación cronológica de los fenómenos pretéritos, nos marcan de consuno para éstos un sentido creciente de complicación, que permite explicar cada episodio en virtud de los que le precedieron. Así, por ejemplo, venimos a buscar el origen de los conglomerados silíceos del Cretácico y del Trías en la destrucción de las cuarcitas del Ordoviciense, y así también, siguiendo con atención las vicisitudes porque hubo de pasar la gran isla mesozoica que fué nuestra Meseta antes del levantamiento pirenaico, venimos a explicar por éste la existencia de las grandes zonas endorreicas que caracterizaron a nuestro país durante el Terciario medio.

La Geografía física y la moderna Morfología terrestre, ciencias esencialmente espaciales, proceden, pue-

de decirse, que al revés: el análisis de las complicadas formas actuales del relieve permite ir poco a poco eliminando las más recientes en la selección causal, con lo que se reconstruyen paso a paso las anteriores, siempre más simples. Del tímido objetivo que hace algunos años perseguían los estudios de las terrazas fluviales y del glaciarismo cuaternario, se ha pasado hoy a la ambiciosa determinación de la edad de las erosiones terciarias y antiguas, y fuerza es de reconocer que las dificultades se acrecientan en el sentido de lo remoto en el tiempo, siendo menester asentar sólidamente los jalones más próximos, con el fin que nos sirvan de referencia segura en el intrincado laberinto por el que la nueva ciencia se quiere aventurar.

La cosecha es ya bastante fructífera, y, ante la luz proyectada por tal disciplina, se han disipado bastantes sombras que oscurecían la visión de muchas cosas: nadie sostendría hoy seriamnte la existencia en nuestras latitudes de un Cuaternario continental potente, sedimentado al estilo de las grandes formaciones marinas de la Era secundaria, siendo, como es, un hecho establecido su disposición en terrazas, con la particularidad contrastante de poseer más altos sus niveles más antiguos; el Diluvial de Madrid, y demás formaciones térreas de potencia, retroceden en filiación, y encuentran su adecuado puesto entre las hiladas del Mioceno u otros sistemas geológicos anteriores.

Se va teniendo al presente una idea bastante clara de lo que debió ser el paisaje terrestre en la época postpontiense y en las que la siguieron: hacia atrás las interrogantes se mantienen aún, pero la situación del puente de enlace con los resultados de la Geología clásica se adivina ya entre los tortuosos episodios de la Tectónica alpina.

I. Variaciones de los dominios de algunas cuencas

Seleccionamos los temas de esta «miscelánea» entre los que nos proporciona el conocimiento de algunas variaciones antiguas de los cursos de los ríos españoles.

Sentemos ante todo la falibilidad de algunos criterios de determinación, cual es, por ejemplo, la apariencia de los llamados codos de captura. Estos codos se producen cuando una corriente de dirección general, discurriendo a cierta altitud, es cortada, en un cierto instante de su evolución geológica, por la erosión remontante de otra más baja y de orientación diferente. En semejante caso el caudal de cabecera del primero de los ríos, pasa a engrosar el del segundo, sufriendo así una desviación brusca, y queda como residuario el exhausto cauce del curso decapitado, en cuyo recorrido posterior se irá parcial y paulatinamente reponiendo de su importancia perdida.

Ahora bien, la presencia en forma recíproca de un codo brusco en la dirección general de una corriente, puede ser explicable por un fenómno de captura, pero esto no todas las veces se verifica, y se hace preciso estudiar las circunstancias especiales de cada caso antes de dar por sentado el historial descrito. Una antigua confluencia en forma de T de un río dirigido según el trazo superior de esta letra y al que afluye el rasgo vertical, que por cualquier motivo haya perdido la mitad del primero, produce ya el efecto de una L; y,

aún no habiéndolo perdido, cabe también que en una carta planimétrica poco detallada deje de figurar el referido segmento, con resultado de la misma apariencia, la cual puede venir confirmada además por el capricho de una común denominación toponímica que po-

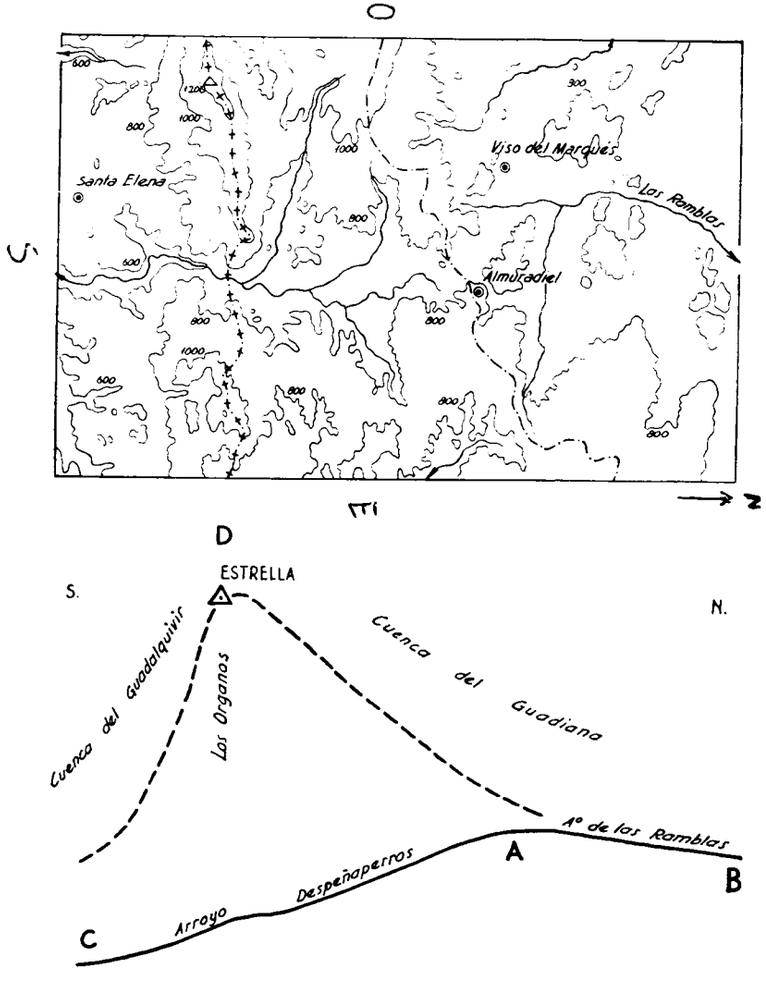


Fig. 1.—El Puerto del Muradal (planta y corte vertical).

pular y arbitrariamente se haya escogido para el recorrido en quiebra. No existirá en tales casos la captura, como tampoco existirá en el de determinadas sobreimposiciones, debiendo el geólogo estar prevenido contra semejantes causas de error.

Es indicio mucho más seguro del fenómeno de la mutación de un curso fluvial el de la existencia de lo que podríamos llamar puertos colgados, es decir, de la presencia topográfica de ciertos collados singulares (A. de la fig. 1), situados en el borde mismo de una meseta sin relieve marginal, y que separan una vertiente de declive muy suave, de otra contraria más abrupta, o al menos de pendiente acusada. Ellos insinúan que una red hidrográfica exterior a la meseta o escalón, viene mermando la extensión de la cuenca alta y, poco a poco, va haciendo perder la importancia de los ríos que superiormente la drenan. Si al indicio se une la existencia de alguna cadena D cortada en cañón por el curso inferior, o de un valle (AB) de amplitud desproporcionada a su actual escorrentía, la presunción adquiere los caracteres de la certeza, y la hipótesis el valor de un hecho consumado.

* * *

Las consideraciones anteriores nos han sido sugeridas por el estudio de cuanto acaece y ha acaecido en la yerta cabecera del Duero, curso que presenta no menos de dos acodillamientos localizados respectivamente en Numancia y Almazán, y que da lugar en conjunto a la célebre «curva de ballesta» de los versos de Machado (fig. 2). El río, primitivamente dirigido de Oeste a Este, tuerce al pie de las ruinas de la inmortal ciudad celtibérica en dirección sur, situándose así en prolongación del

tributario Tera, que baja del puerto de Piqueras y que se une por la izquierda al principal bajo el puente de Garray. En Almazán, viene del saliente el arroyuelo Morón, y hacia poniente se dirigen Morón y Duero unidos después de su confluencia.

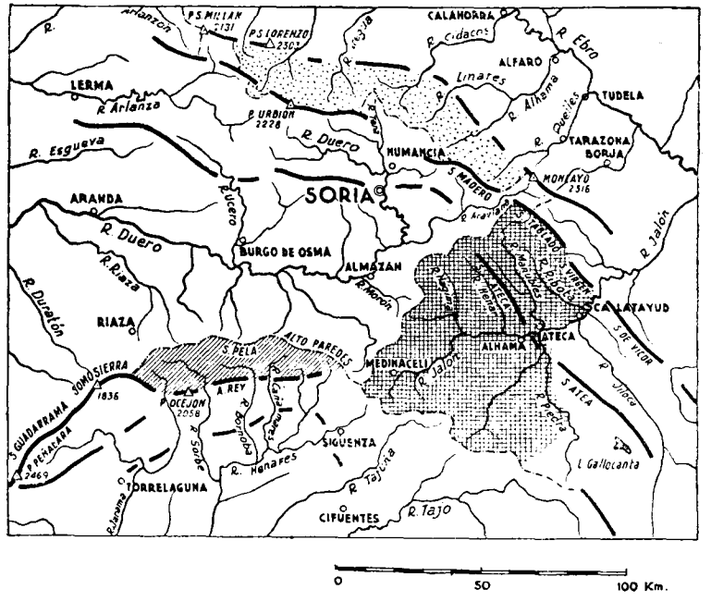


Fig. 2.—Reducción paulatina de la cuenca hidrográfica del Duero a partir del Mioceno. Punteado: Zona capturada por los afluentes directos del Ebro. En cuadrícula: Zona incorporada al Jalón. Rayado: Acción erosiva de los afluentes del Henares.

En otra publicación (1) hemos mostrado nuestro parecer de discrepancia con nuestro querido colega F. H. PACHECO (2), acerca de que el gran colector castellano

(1) Sur les terrasses pliocènes et pleistocènes de Soria (Haut-Duero, Espagne). «C. R. Cong. Int. de Géographie de Varsovie», Warszawa, 1934.

(2) Modificaciones de la red fluvial de España. La captura del Duero en Numancia. «Asoc. Esp. para el Prog. de las Ciencias». Congreso de

haya podido nunca rebasar Numancia e ir prácticamente más al Este de donde hoy va, fundándonos para hacerlo en nuestro conocimiento personal de la comarca y de sus curvas de nivel.

Nada, en cambio, se ha escrito hasta el presente, fuera de otra publicación nuestra (3), acerca de su segundo quiebro precitado, el de Almazán, y nos ocurre ahora

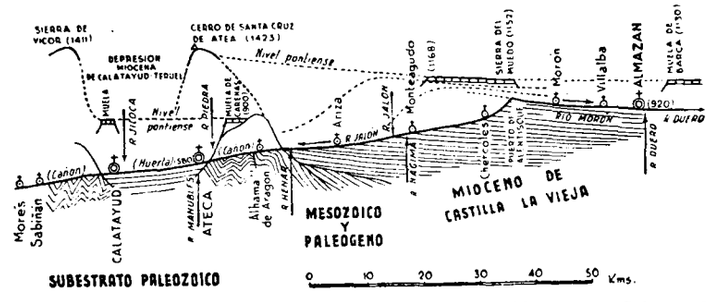


Fig. 3.—Evolución plio-pleistocena del perfil topográfico entre Calatayud y Almazán. (Verticales ampliadas 25 veces.)

mostrar cómo es precisamente dicho lugar el señalado, no por una variación pasada del curso fluvial, sino para otra en el futuro geológico.

Se desliza el insignificante río Morón en múltiples divagaciones por una anchurosa vega de suavísima pendiente desde su mismo origen, que tiene lugar en el borde de un escalón, mal llamado puerto de Alentisque. Hogaño su cabecera debió de hallarse situada en las sierras silúricas y cretácicas de Ateca y Alhama, treinta kilómetros más al SE., correspondiendo su caudal probable y su valle residuario a su categoría (figs. 2 y 3).

Cádiz. T. VII, 1927 (Hay otras publicaciones sobre el tema del mismo autor).

(3) Anecdotario geológico de los ríos sorianos. «Celtiberia», núm. 6. Soria, 1953.

Por el contrario, el Jalón, raptor de zapa y nunca raptado, tuvo que aserrar la referida cadena en el tan conocido cañón de Alhama-Ateca antes de apoderarse de su presa. Como tentáculos de un malévolo pulpo, adheridos a la yerta cabecera del Duero, colaboran en esta labor secular todos los afluentes marginales del importante dren aragonés, observándose las mismas muestras en cada uno de ellos. La función primitivamente divisoria de la vieja alineación tectónica que, en prolongación de las cadenas de Urbión y del Madero, pasa orillando al Moncayo por las Sierras de la Virgen, de Vicor, de Montalbán y avanza hasta Valencia, fué en determinado momento de la Historia de la Tierra transferida a la que, al Oeste, señalan las cumbres de Ateca, Atea y Gallocanta (fig. 2), y la posee en la actualidad una divisoria perpendicular de escasa importancia, constituída por bordes de escalones y alcarrias jalonadas por las sierras de Perdices, el Muedo y Radona, hasta la Ministra y los páramos de Maranchón.

Entre los citados afluentes del Jalón se distinguen en particular el Manubles, el Carabantes y el Henar, que atacan la indefensa cabecera del Duero más hacia el Norte, por los dominios del tributario Rituerto, también pobre de aguas, divagante y llano. En especial, morfológicamente, tiene un gran interés el citado río Henar, cuya vertiente izquierda constituída por la Sierra cretácica de Deza, continuación septentrional de la de Alhama, posee un marcadísimo zócalo o somontano (piedmont), cuya coronación, tallada en el Pontiense, es prolongación de la actual superficie por donde divaga el Rituerto, y con la cual se articulan también unos testigos aislados más al Sur, de caliza de dicha edad, sedimentados en discordancia sobre el Oligoceno.

En el asedio hidrográfico del Alto Duero, no es tampoco el Jalón el único militante. El desnivel de 300 metros provocador de la acción, se reduce, cierto es, para los ríos que integran la cabecera del Henares, a un escarpe de poco más de un centenar y medio, que se aprecia en la llamada Cuesta de Paredes y en los altos próximos a Atienza, pero ello se basta para prolongar el trabajo abrasivo de la red. Dichos obstáculos naturales, que en el principio de nuestra Cruzada fueron suficientes para facilitar el apoyo necesario a un puñado de valientes para la contención de una horda innumerable, no puede oponer, a la batalla hidrográfica que el Tajo plantea, resistencia positiva alguna. Quebrantadas como están ya las potentes líneas silúricas del pico de Ocejón y de las Sierras del Alto Rey y de La Bodera, que constituyen la prolongación tectónica del Guadarrama y del Somosierra, por la acción de los ríos Sorbe, Bornoba y Cañamares, hábiles zapadores de la cuenca del Tajo que las han minado en otros tantos congostos, van cayendo los nuevos baluartes bajo el impulso demoledor del tiempo. Los altos de Barahona y de Paredes que citan nuestros libros como divisoria, no son otra cosa que el borde de un extenso y llano páramo de calizas jurásicas subhorizontales, que por el lado Sur dejan ver el indefenso substratum de las arcillas del Keuper en constante derrubio.

* * *

Los ejemplos de los collados en escalón son inumerables en toda España, y en especial abunda en ellos la divisoria mariánica atacada en su flanco Sur por los afluentes del Guadalquivir, con merma de la superficie

Dicho valle ascendente torcería después hacia el Norte en dirección de Panticosa y, en esta suposición, el río Gállego habría enderezado un codo anterior en lugar de producirlo. Juegan en tan interesante inquisición piezas valiosas, cuales son las morrenas wurmienses de Senegüe, provistas por cierto de su cono de transición a la terraza correspondiente, y dignas de un atento estudio.

Con mayor, aunque todavía incompleto conocimiento, hemos de hablar de ciertas particularidades de la cabecera del Ebro, sitio en donde se ha emplazado el pantano que asume el nombre del gran río, y cuyas obras inicialmente dirigió el autor durante un lustro (véase figura 5).

Dejemos aparte el tema de su nacimiento vauclusiano en Fontibre, como resurgencia parcial del Hijar, para poner nuestra atención en el hecho de que la divisoria de su cuenca con la de alimentación del cantábrico Besaya, se le acerca en menos de un kilómetro hacia las proximidades de Reinosa, existiendo un desnivel del río al puerto del orden de media docena de metros.

El collado es por el lado del Norte del todo pendiente y de los que hemos calificado de colgados; el trazado del ferrocarril de Santander, que naturalmente lo aprovecha, se complica por ello en numerosas vueltas y revueltas, y en túneles labrados, los primeros, en las yesosas y corredizas arcillas del Keuper, de conservación onerosa.

El Besaya (fig. 5), ha necesitado para aproximarse hasta allí, partir en dos la encumbrada alineación de las sierras de Isar y Peñas Pardas, labrando las pintorescas hoces de Bárcena; le resta verdaderamente poca labor en muy favorable terreno para llevarse al Ebro, y hacer que se cuente este río entre los que desembocan en

el Cantábrico. Si otros intereses mayores no se opusieran a ello, tiempo ha que el hombre se hubiera anticipado a esta labor futura de la Naturaleza, persiguiendo posibles aprovechamientos industriales: una elevación de pocos metros de la presa del gran pantano de cabecera recién construído, bastaría teóricamente para conseguir tan original vertedero, si no existiera además otro portillo del cual después hablaremos.

A una legua por debajo de Reinosa, frente al pueblo minero de Las Rozas, presentaba el curso del Ebro, antes de ser anegado, un codo muy brusco: limitado hasta aquel lugar su valle, sin declive, por la cadena cantábrica en el Norte y la sierra de Hijar-Monte Hijedo por el Sur, que parecen custodiarle, lánzase bruscamente contra la segunda barrera y la atraviesa en la acentuada garganta de Montes-Claros, a cuya entrada precisamente se ha emplazado el cierre de la retención precitada.

En el mismo codo y en dirección opuesta a la primitiva, recibía el Ebro, antes de su anegamiento, un afluente de escaso caudal y de tortuoso y encharcado curso, denominado el río Virga. Y aquí una nueva singularidad de la cuenca, genialmente aprovechada por el proyectista Lorenzo Pardo: la pendiente del Virga es tan insignificante, que siéndolo ya la del Ebro (cosa rara en una cabecera, pues la cola del embalse se introduce por él cinco kilómetros con una altura de presa simplemente de 20 metros), la del afluente anda por el orden de la tercera parte, motivo por el cual el vaso del pantano se extiende hacia el Este cerca de 20 kilómetros. Hay aún más, y es que en la cola se ha producido por este extremo un extenso lago redondeado, de unos 5×5 kilómetros, sobre las turberas y arenas silíceas sueltas y de

espesor incalculable que constituyen una llanura, la Virga, a la que debe el riachuelo su nombre.

El final de la Virga, en término de Cabañas de Virtus y a corta distancia de la cota de embalse, consiste en otro espacioso puerto allanado que tiene una caída rápida hacia las vertientes del río Nela, escaladas dificultosamente por el ferrocarril de La Robla (misma figura). Es por aquí por donde anunciamos que existía otra salida natural del valle alto del Ebro, y ésta y las demás circunstancias descritas han llevado a más de un autor a suponer que el primitivo Ebro, remontaba desde Las Rozas dicho valle y que, formando un lago en la gran cazoleta de las arenas cuyos sedimentos eran éstas mismas, venía a escapar en forma de emisario por el Nela, para incorporarse, por tal intermediario en Trespaderne, a su cauce actual.

Nosotros mismos durante mucho tiempo habíamos aceptado semejante hipótesis, sin recapacitar que el curso, así acortado antes de su supuesta desviación, poseía una mayor pendiente media y fuerza erosiva que el alargado itinerario actual, al que adjudicábamos, sin razón, la misión de captor.

La cosa, sin embargo, se resuelve claramente en sentido contrario. El Virga, con su anchuroso valle y suavísimo perfil, no es sino un río residuario, que en otro tiempo nacía mucho más hacia el Este, posiblemente en las altas cumbres de Castro Valnera, y que ha sido decapitado precisamente por el Nela.

Queda sin explicar, cierto es, el relleno arenoso de la cubeta de la Virga: muy fácilmente podría ocurrir que, a pesar de la soltura de sus materiales, no se tratara de un sedimento actual, ni aún cuaternario, sino que, al igual de las arenas de Madrid, fuese terciario y re-

presentase un relleno mioceno u oligoceno, de una bolsa dejada por el hoy demolido paredón de la compleja falla de Orzales, que pasa, precisamente, por debajo. Y en cuanto al codo y demás accidentes en planta de Las Rozas, habría que buscarles motivo en sobreimposiciones de curso, o a lo sumo en capturas muy antiguas, desligadas por fenómenos tectónicos posteriores de la actual morfología.

Se ve, en resumen, que el caso del alto Ebro es idéntico en todo al del alto Duero, no faltando a éste, para que la analogía sea más completa, ni la posibilidad puramente teórica de un embalse tan extenso como el de Reinosa, con cierre por debajo de Numancia, ni un río en oposición, el Merdancho, que por su escasa pendiente se asemeja en cierto modo al Virga.

II

Capturas subterráneas a través de la divisoria española

No vamos a exponer en la segunda parte de esta miscelánea la multitud de casos más o menos conocidos de capturas subterráneas de ríos que en España se pueden describir, y que calificaríamos de guerra fluvial de minas. Trataremos simplemente en ellas de colocar la debida apostilla a una afirmación ligera de un ilustre geólogo francés, asomado un tanto a los problemas hidroespeleológicos de nuestra Patria.

Entraremos en materia dando a conocer cómo, por los años plácidos que siguieron a la gran conflagración bélica de 1914, se puso sobre el tapete un tema jurídico internacional de aguas, consistente en la posibilidad

de que las del río Carol, afluente del Segre en territorio de Francia, fuesen derivadas por transvase al otro lado del Pirineo para su utilización energética, asunto que muy recientemente ha tenido una fase de reavivación.

Alarmado ya entonces el Gobierno español por la merma, en zona tan sedienta como es la dominada por los Canales del Urgel, propuso el estudio de lo procedente a una Comisión de Técnicos de distintas especialidades, y ésta hubo de emitir, en consecuencia, un fallo extraordinariamente original, que produjo revuelo en los medios enterados.

Proponía paradógicamente la ponencia, se dejase sentar al francés la jurisprudencia del derecho al total consumo de las aguas que nacen en su país, y, una vez que se consagrara el despojo, obtener por el mismo sistema una compensación, con réditos crecidos, en otra parte interesante de nuestro territorio. Veamos cómo:

Nacen los primeros caudales que discurren por el valle aparente del Esera, importante afluente del Cinca, en el mismo glaciar del Aneto, pico, como se sabe, enteramente español, y, después de descender torrencialmente hasta la cota 2.000 en el llano de Ayguallutz, se precipita en una sima abierta en él, y conocida en el país con la denominación de Forao del mismo nombre (4).

Dos opiniones, desde muy antiguo, controvierten el tema debatido del destino ulterior de las aguas que tan misteriosamente se pierden: la primera, y al parecer más natural, las destina a alimentar en el propio valle los di-

(4) Es errónea la designación de Trou du Toro con que se lo cita en los escritos franceses, y que algunos autores españoles están avudando inexplicablemente a divulgar.

versos estanques y fuentes en los que el río se vuelve a formar; la segunda, propicia para sugestionar la imaginación de los amigos de lo maravilloso, las encamina a través del Pirineo, hasta desembocar en la fuente más caudalosa de la cabecera del Garona, sita en el Valle de Arán y titulada en el dialecto del país «Güeil del Jueu» (Ojo del Judío).

Las razones geológicas han venido en esta ocasión excepcional, a inclinarse del lado de lo fantástico, pues la célebre torca se abre en el material permeable de unas calizas devónicas que, efectivamente, traspasan el macizo y que constituyen también la roca del manantial, el cual entra así en la categoría de las resurgencias.

Conocido que era todo esto de los técnicos citados, la proposición del dictamen consistía en ejecutar las obras necesarias para salvar con ellas la sima y la zona cársica, y tras de aprovechar un salto importante, incorporar las aguas a la vertiente española, beneficiando con ellas las necesidades agrícolas del canal de Aragón y Cataluña.

De cómo trascendiera todo ésto no hablan las crónicas, pero es el hecho que diversas entidades francesas, entre ellas la Academia de Ciencias de París, decidieron en 1931 abordar, con una prueba directa, el inquietante problema del curso subterráneo, siendo encomendada la cuestión a Mr. Norbert Casteret, quien provisto de una considerable cantidad del poderoso colorante que es la fluoresceína, penetró en nuestro país con una pequeña caravana en calidad de turista.

En la tarde del 19 de julio de 1931 era lanzada al abismo la preciosa sustancia, que ya a la mañana siguiente había teñido de verde todo el río Garona, ante la ex-

pectación de los pacíficos araneses, que no acertaban a explicarse la maravilla, a la par que los más desconfiados comenzaban a excitarse contra los presuntos envenenadores del río, a quienes ya los carabineros buscaban. Las cosas terminaron afortunadamente bien para los autores de la experiencia, a la que para ser en otro orden fehaciente sólo faltó la aquiesciencia y representación de la nación más afectada.

Para ir ahora a la parte concreta de nuestro tema, hemos de añadir que el señor Casteret ha escrito a propósito del asunto, diversos artículos narrativos y descriptivos en revistas varias (5), y que en la leyenda de un expresivo gráfico aparecido en *L'Illustration*, con la representación de la gran divisoria hidrográfica de Europa, que se extiende de Gibraltar a los Urales, se sienta la afirmación de que el Garona, que naciendo en la vertiente mediterránea y que trasponiendo bajo tierra la línea limítrofe se pasa a la atlántica, realiza un cambio de dominio que es singular en dicha parte del Globo.

A ello nos incumbe contestar que dicha mutación no es única y que, sin salirnos del territorio español, podemos mostrar otros cuatro ejemplos más, en los que el subterráneo de vertiente se realiza, y aún es posible que no sean los únicos (véase fig. 6).

* * *

Sin salir del ámbito de la propia cadena pirenaica hemos de hacer notar la presencia, al pie de Monte Perdido, en la cabecera del río Arazas, que baña nuestro Parque Nacional de Ordesa, de un pequeño lago, Lago Helado, de 3.000 metros de altitud, en el que ingresan los caudales de fusión de un pequeño glaciar, que se forma al abrigo de la precipitada cumbre y del vecino «Cilindro». Llama la atención del visitante la ausencia de aliviadero de este depósito natural, y, puestas a prueba sus dotes de observador, no tarda aquél en descubrir que el sobradero se establece por las cavidades de la roca caliza del vaso en cuestión. Los pliegues tumbados, que constituyen la estructura de la montaña, deben de conducir subterráneamente las aguas hacia un gran manantial, y el que esto escribe supuso, en sus primeras

(5) A algunas afirmaciones de prioridad en ellos contenidas, se podrían oponer transcripciones de anteriores escritos españoles cual recordamos, entre otros, el de la comunicación a la Conferencia Mundial de la Energía, celebrada en Barcelona en 1929, hecha por el Ingeniero de Minas D. José Romero Ortiz.

Fig. 6.—1. Farao de Ayguallutx y Ojo del Judío. 2. Lago Helado. 3. Zona del Ordunte y Cadagua. 4. Basconcillos del Tozo. 5. Aravianas-Vozmediano. 6. Calar del Mundo. 7. Polje de Zafarraya. 8. Polje de Villaluenga del Rosario.

andanzas, que éste pudiera ser la colgada Fuenblanca del gran cañón de Añisclo en el río Bellos, o el manadero más profundo de su afluente arroyo Aso, cerca del molino del mismo nombre, siempre dentro de la vertiente ibérica.

Observaciones con colorantes realizadas por alpinistas franceses, han dado últimamente a estos caudales un destino mucho más espectacular. En 20 de julio de 1952, según información tomada de revistas montañeras del vecino país (6), personal de Montpellier, con la colaboración del Servicio forestal de aquella nación, precipitaron en Lago Helado varios kilogramos de fluoresceína: al día siguiente apareció coloreada en verde la notable cascada del famoso circo de Gavarnie, galardón de aquellos notables acantilados franceses, atractivo que son de importantísima peregrinación turística durante el verano.

¡Cuán fácil resulta imaginar estos mismos caudales saltando alborozados por nuestro anfiteatro de Suaso o, con mayor desvío, por el de Cotatuero!

Dejemos, sin embargo, de imaginar, y computemos ya aquí una primera «violación» subterránea de la integridad de la divisoria de aguas europeas, diferente de Aygualluts.

* * *

Continuando en segundo lugar hacia el Oeste el recorrido de la arista de las aguas, y traspuesto el País Vasco, hasta adentrarse en la provincia de Burgos, se observa que esta demarcación administrativa posee territorios que desaguan al Cantábrico, constituyendo el pintoresco valle de Mena, limitado al Sur por la imponente cresteria de la Sierra de la Magdalena, uno de cuyos pueblos, Cadagua, posee una espectacular gruta, de la que surge el río de igual nombre, afluente del Nervión.

(6) Pirenées, núm. 11; La Montagne, núm. 356.

Un puertecillo suave más occidental, de los que hemos llamado en escalón, aprovechado por el ferrocarril de Bilbao a La Robla, separa a la referida sierra de su prolongación cantábrica, y da acceso desde Mena a la llanura de Bercedo, por la que deambula el río Cerneja, tributario en apariencia, por el Trueba y el Nela, del Ebro. El tal río Cerneja se pierde en varios sumideros, y lo mismo ocurre con otras barrancas del lapiaz de las calizas supracretácicas de los altos páramos que hay al Sur de la sierra, cerca de Castrobarto, y que también por el Salón debieran de discurrir hacia el colector ibérico.

La fuente vauclusiana del Cadagua es, sin género de duda, el desagüe de todas estas filtraciones que traspasan subterráneamente la barrera superficial.

Recorriendo de nuevo la divisoria de los Océanos, primeramente hacia el Oeste, hasta llegar dentro de la provincia de Santander a la cumbre singular de los Tres Mares al NE. de Reinosa, y así llamada por proyectar aguas al Cantábrico, al Atlántico y al Mediterráneo, es obligado, si se quiere seguir la línea, el efectuar un giro brusco de más de 300 grados y dirigirse hacia el SE., por cuya razón se vuelve a atravesar la provincia de Burgos entre las cuencas del Ebro y del Duero. Se llega así (figs. 5 y 6), a los denominados Páramos de la Lora, meseta calcárea de disimétricas caídas hacia el Sur y hacia el Norte, ya que en esta segunda dirección

corren profundos el colector y los afluentes de la fosa ibérica.

La carretera de Burgos a Aguilar de Campóo sigue en conjunto un valle margoso paralelo e inmediato al páramo por su flanco Sur, que es drenado por corrientes de la misma dirección.

De Burgos a Prádanos del Pozo se alinea el llamado río Urbel, afluente de Arlanzón, y entre Llanillo y Aguilar está el arroyuelo Lucio, afluyente del Pisuerga. Entre medio queda una depresión alargada, en la que se asienta el pueblo de Basconcillos del Tozo. Sorprende al viajero que hace el recorrido de la hoya ver cómo el riachuelo de Basconcillos tuerce repentinamente hacia el Norte y embiste la cadena, sin que de pronto se observe salida aparente. Siguiendo el curso del agua se averigua presto cómo las linfas penetran bajo el ampuloso hueco de una gran caverna. Con medios adecuados puede continuarse tras el caudal cerca de un kilómetro, ocupando al final el río hipogeo todo el ancho de un gigantesco corredor, hasta terminar por desaparecer en inaccesible sifón. (7).

No obstante, si se remonta por la exterior rinconada la meseta, no tardan en observarse unas grandes torcas de hundimiento que vienen a jalonar el paso del agua, y, al otro lado, en las proximidades de Barrio Panizares, se ve surgir, en cascada de otra boca, el manadero principal del río Rudrón, afluente del Ebro, que no es, pues, otra cosa que la continuación del río Basconcillos. Tercer caso supernumerario de la irrespetuosidad de los ríos celtibéricos hacia las divisorias importantes.

(7) Los jóvenes estudiantes que constituían la Sección espeleológica del G. U. M. (Grupos Universitarios de Montaña), exploraron, con el autor, esta caverna la fría tarde del 21 de diciembre de 1954

Interesa, por cierto, como curiosidad folklórica, hacer saber que la cueva de Basconcillos tiene una tradición, que incluso hemos oído decir que anda recogida en romances o cantos populares. Dicha cueva, en su tiempo estaba, ¡cómo no!, habitada por un mortífero dragón que exigía todos los años víctimas propiciatorias entre los aldeanos circunvecinos. Requerido el Sigfrido español Mío Cid Rui-Díaz de Vivar, abordó en combate al monstruo, matándolo al primer golpe de lanza, no sin que el caballo «Babieca» diera tan formidable coz sobre el terreno, que dejara para siempre marcada la huella de su pezuña en el sitio conocido en humorística abreviatura por la «pata del Cid». Se trata simplemente de una corrosión caliza, en que el lapiaz afecta la forma imaginada, paraje cuya denominación toponímica se extiende también a todo el páramo apellidado indistintamente por ese nombre. La caverna posee en cierta parte, como algunas otras congéneres, un techo plano y sinuoso, que justifica, en cierto modo, la leyenda del dragón, quien lo habría así modelado con las espinas de su lomo de dinosaurio.

* * *

Desde la Lora pasaremos por las sierras de la Demanda y Urbión, y, atravesando la provincia de Soria, nos vamos a situar en el remate silúrico de la llamada sierra del Madero, hacia Olvega, cerca de los parajes que hemos recordado a propósito del asedio hidrográfico de la cabecera del Duero (figs. 2 y 6). Hay a continuación una garganta, el estrecho de Noviercas o de Araviana, que interrumpe la alineación tectónica para

dar paso al río de ese nombre, afluente teórico del gran río celtibérico por intermedio del Rituerto. Al otro lado de la cortadura siguen las sierras de Toranzo, Tablado y de la Virgen, y más allá del Jalón, las de Vicor y Algairén, por donde la llamada cadena Ibérica se continúa con rumbo a Levante.

Paralelo, y a 15 kilómetros al NE. del estrecho, se alza aislada la mole del Moncayo, por la que la divisoria topográfica pasa efectuando un contorneo. Se circunscribe con ello una bella cazoleta, el valle de Araviana, drenado por la cabecera del río del mismo nombre, que recibe las nieves invernales del coloso, antes de su paso por el cañón rumbo al Oeste.

Haremos aquí el inciso de que también este valle es legendario, e incluso histórico, pues allí se dió la batalla en que murieron los siete Infantes de Lara, existiendo parajes donde los habitantes de Cueva de Agreda y de Noviercas llegan a afirmar que fueron atados los caballos de la hueste castellana.

En la planicie de aquel cuenco, atravesada por calizas jurásicas, y junto a ruinas, se ven diversas dolinas y hoyas, que son indicios de pasos subterráneos de agua, y el riachuelo, en efecto, rara vez llega a ellas ni menos al estrecho, pues se pierde ordinariamente sobre la banda mesozoica.

La salida del líquido elemento hay que buscarla, sin vacilar, en el fontarrón de Vozmediano, al otro lado del Moncayo, y que es el surtidor principal de uno de los brazos del Queiles, río que, tras de dejar su energía en varias centrales eléctricas, va a fertilizar las huertas de Tarazona y de Tudela antes de desembocar en el Ebro. Las calizas del manadero son, como es de prever, de la misma edad que las del valle, y las aguas

deben de contornear por el Norte a profundidad los esquistos silíceos del Moncayo (8).

* * *

Interrumpimos el recorrido de la divisoria, pero, como prosecución de nuestro tema, hemos de señalar a los estudiosos la presencia en Andalucía, a caballo sobre la Penibética (fig. 6), de dos enormes «poljes» o superdolinas, cuyas aguas desaparecen en el terreno.

Una es la extensa cuenca de Zafarraya, al Sur de Alhama de Granada, pletórica de sumideros, y cuyo desagüe hay que suponer sea por los afluentes del río Guaro y no por las fuentes de Loja.

Otra se halla en la provincia de Cádiz, donde están las profundas simas de Villaluenga del Rosario y del Cabo de Ronda, todo ello, como en el caso de Zafarraya, en calizas jurásicas altamente perforables, como prueba también el vecino paso del río Montejaque por la Cueva del Gato.

El sinclinal que forma el valle de Villaluenga conduce sin vacilación al gran manadero de Ubrique, y en este fontarrón hay que buscar la resurgencia del arroyo que en el abismo subterráneo se precipita.

En forma más difusa, contiene también la divisoria española tragantes pluviales de naturaleza calcárea que, a uno o a otro de sus costados han de debitar, sin correspondencia forzosa con la lima topográfica. En

(8) Noticias del siglo XVIII, exhumadas por el bibliotecario de la B. Nacional, P. Florentino Zamora (Manuscrito 7307), nos hablan de una sima en la dehesa de Fuentes de Agreda, que tiene enorme profundidad y agua al fondo. Su situación conviene perfectamente con la línea que suponemos de captura subterránea.

los orígenes comunes del Guadalquivir-Segura, en la Mancha y en los Montes Universales pudiéramos encontrar algunos. Volviendo al Pirineo, cabría considerar también las altas muelas de Isaba, cuyas percolaciones sabemos ya, por las sonadas exploraciones de la famosa sima de San Martín, que traspasan la frontera.

Por lo demás, de intercambio oculto de aguas a traves de divisorias de segundo o de tercer orden, se pueden citar en España muchas decenas de casos, muy interesantes algunos, pero que se salen del límite que voluntariamente nos hemos impuesto. Algunos se indican en el croquis número 5.

Recibido el 9-IV-1958.

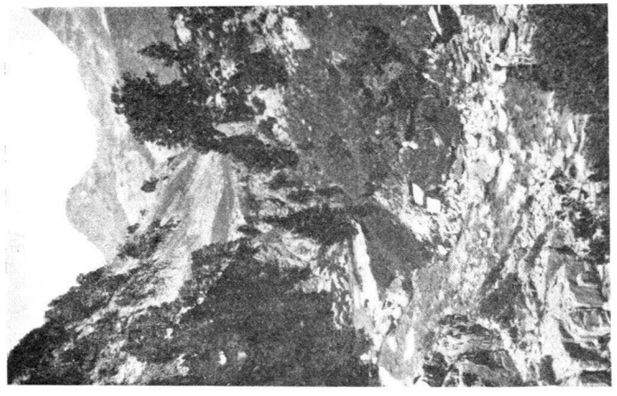


Foto 2.—El Forao de Aygualluts y pérdida del caudal de la cascada. Al fondo, pico de Salvaguardia y puerto de Berasque (Huesca).

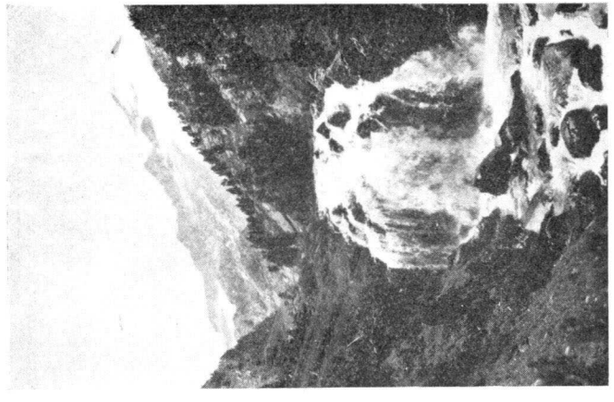


Foto 1.—El Aneto, su glaciar y la cascada de Aygualluts, vertiendo ésta en la torca de su nombre (provincia de Huesca).

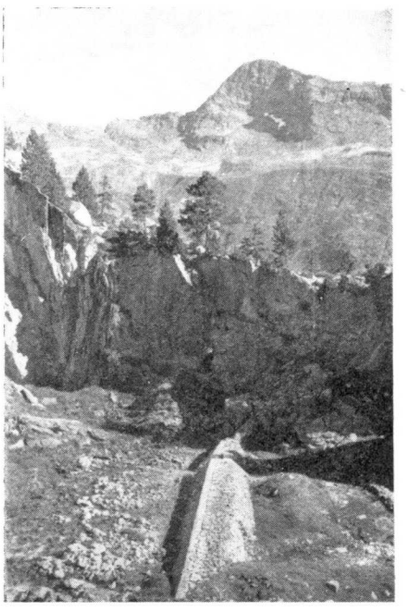


Foto 3.—Forao de la Renclusa y pérdida del arroyo de la Maladeta. Al fondo, puerto de Benasque y pico de la Mina (Huesca).

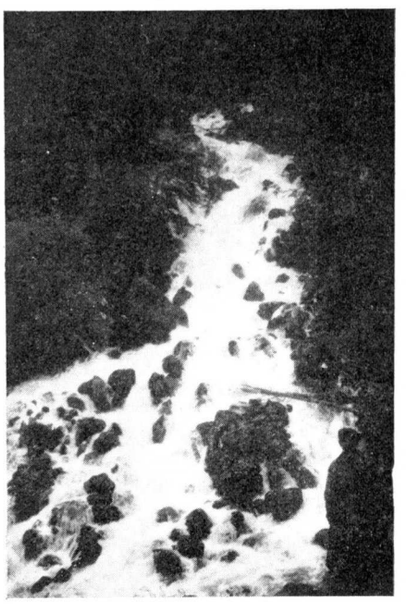


Foto 4.—Valle de Arán. Resurgencia conjunta de los sumideros precedentes en el Ojo del Judío (Lérida).

Foto 5.—Lago Helado, en las cumbres pirenaicas al pie del Cilindro (Huesca). Oculto por la nieve se adivina el aliviadero calcáreo que proporciona desagüe al ibón.

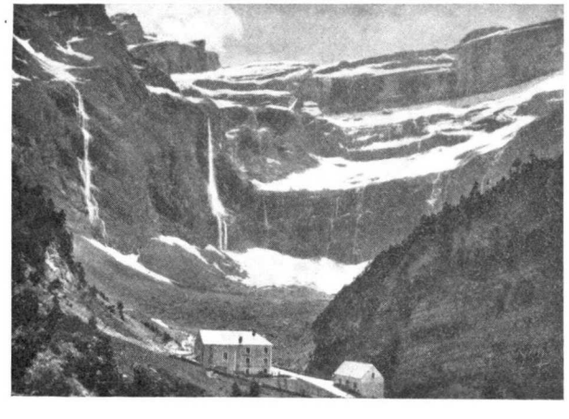


Foto 6.—El circo y la gran cascada de Gavarnie (Pirineos franceses).

Foto 7.—Origen aparente del Cadagua (provincia de Burgos).

Foto 8.—Origen aparente del Rudrón después de atravesar el páramo de la Lora (provincia de Burgos).

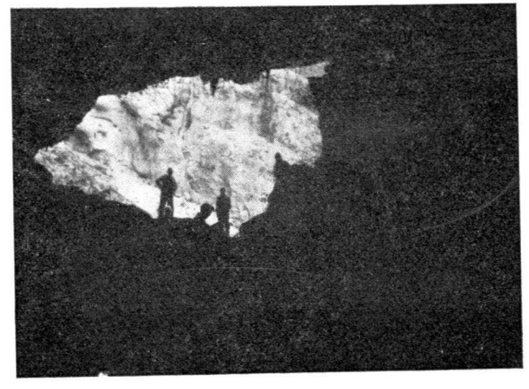


Foto 9.—Salida de la cueva del Rudrón. Barrio Panizares (Burgos).

Foto 10.—La «Pata del Cid». Lapiaz de la caliza supracretácica del Páramo de la Lora (Burgos).

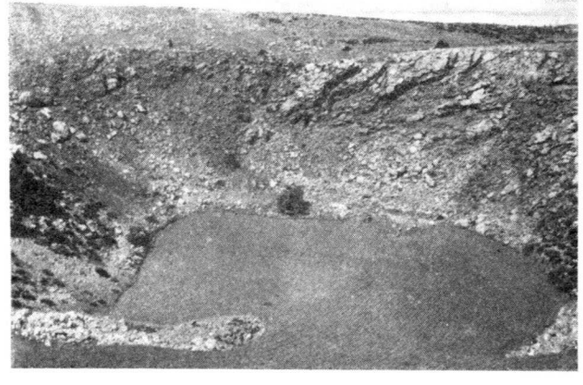


Foto 11.—Dolina en el valle de Araviana (Soria): caliza jurásica.

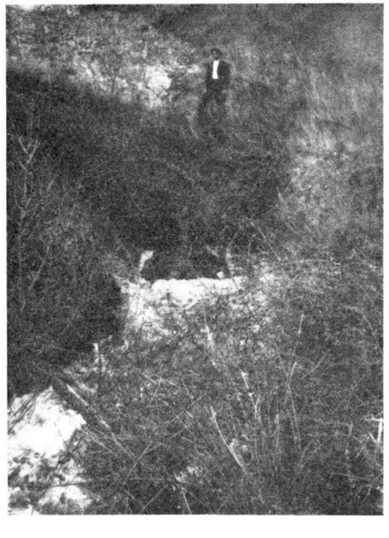


Foto 12.—Fuente del Queiles de Vozmediano (Soria), resurgencia del río Araviana.

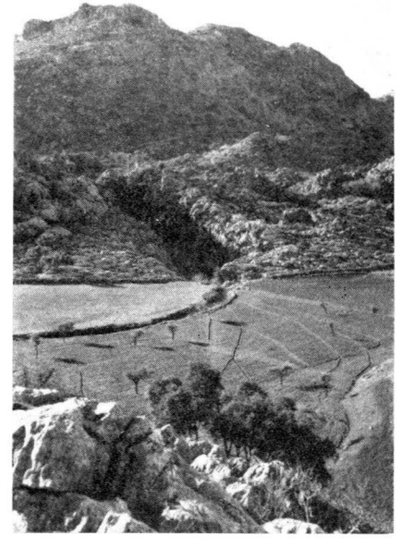


Foto 13.—Cueva sumidero del riachuelo de Villaluenga del Rosario (Cádiz). Sierra de Libar: caliza jurásica. (El desagüe corresponde a la foto 14.)

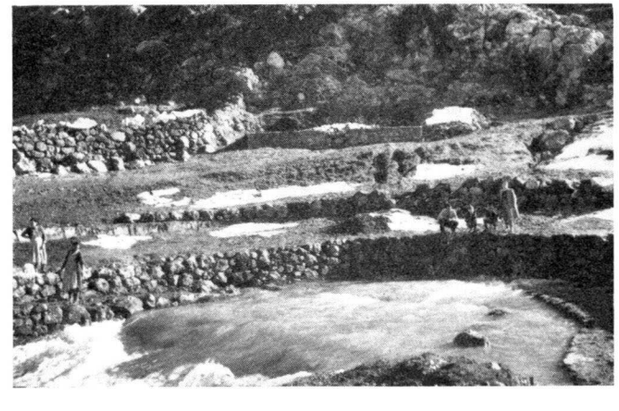


Foto 14.—Gran manadero vauclusiano de Ubrique (Cádiz), resurgencia de las pérdidas hidráulicas de Villaluenga del Rosario, notablemente incrementadas por otras aportaciones subterráneas. (Véase la 13.)

Contribución al estudio de las playas antiguas de Galicia (España)

POR

H. NONN

H. NONN

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS PLAYAS ANTIGUAS DE GALICIA (ESPAÑA) (*) (**)

Al revisar la literatura geográfica aparecida hasta el día sobre la zona costera de la Galicia española, surge entre otras la siguiente cuestión: mientras que el litoral portugués es rico en playas antiguas, con terrazas fluviales relacionadas con ellas, y mientras que las costas asturianas presentan, con las «rasas», niveles de abrasión marina apenas discutibles, el sector de las rías de Galicia parece pobre en vestigios de playas cuaternarias escalonadas. En el cuadro de un estudio morfológico de la Galicia litoral que preparamos (1), un primer trabajo realizado el verano pasado nos permite aportar una modesta contribución en este dominio (2). No va-

---

(*) Versión española y resúmenes por E. Torre Enciso.

(**) El autor hace constar su agradecimiento, en particular al profesor I. PARGA-PONDAL por la ayuda y consejos que ha tenido a bien darle, así como a las personas con las que le fué posible entrar en relación gracias a su intervención, especialmente al señor A. FERNÁNDEZ DEL RIEGO.

(1) Este trabajo, efectuado bajo la dirección del profesor GUILCHER, nos ha sido sumamente facilitado por el *Centre National de la Recherche Scientifique*. A ellos expreso aquí mi vivo reconocimiento.

(2) Numerosas publicaciones de C. TEIXEIRA, especialmente: *Plages anciennes et terrasses fluviatiles du litoral du N. W. de la Peninsule Iberique*, en «Bol. do Museu e Laborat. Mineral, e Geol. de Fac. de Ciencias da Univ. de Lisboa», núm. 17, págs. 33-48, 1949.

mos aquí sino a señalar la existencia de algunos depósitos, cuya interpretación, por otra parte, pudiera ser sometida a revisión.

Todos los autores concuerdan en señalar la casi completa ausencia, en las rías bajas, de playas antiguas por encima de +25 metros, y el escaso número de restos de las mismas a altitudes comprendidas entre +3 y +25 metros. El profesor portugués C. Teixeira ha señalado (3) algunos depósitos litorales o de terraza en territorio español, especialmente al Sur de la ría de Vigo, entre Bayona y La Guardia. Las «explicaciones» de los mapas geológicos a escala 1:50.000, correspondientes a las hojas de La Guardia (núm. 298) y Oya (núm. 260), contienen también una descripción de los mismos, y señalan algunos otros. Los autores (4) admiten la correlación establecida por el profesor Teixeira entre las altitudes y los períodos cuaternarios: 5-8 y 12-15 metros = monastiriense; 30-40 metros = tirreniense; 45-50 metros = milazziense. Pero sólo los niveles correspondientes al monastiriense están representados, según dichos autores, por depósitos. Los más elevados son replanos rocosos adosados al escarpe montañoso, y poco extensos. Por el contrario, los depósitos inferiores se siguen casi sin discontinuidad hacia Bayona, apoyados en una plataforma de abrasión marina a veces dominada por otro replano.

Ahora bien, los autores españoles consideran este bajo nivel como continental, a causa de la frecuencia de intercalaciones de niveles turbosos; el material proven-

(3) C. Teixera, V. supra, nota (2), pág. 43.

(4) J. M. López de Azcona, I. Parga-Pondal y E. Torre Enciso: *Hojas de La Guardia* (págs. 13-15) y *de Oya* (págs. 12-14).

dría, según ellos, de los torrentes que descienden por el escarpe costero; actualmente, los ríos se encajan en sus propios depósitos; el mar, apoderándose de ellos, los ha rodado en el límite de las mareas altas. No obstante, la plataforma en que se apoyan sería una «rasa» de origen marino.

No discutiremos aquí estas opiniones; es indispensable proceder a estudiar las muestras para lograr, al menos, una presunción sobre los orígenes de estos depósitos.

En el sector de las rías, esta continuidad de niveles con depósitos inferiores desaparece. En esta zona, el levantamiento de mapas geológicos a escala 1:50.000 no está terminado, y, hasta el momento, muy pocos sitios han sido señalados donde existen depósitos próximos al litoral. El examen bastante detallado de las orillas de las rías bajas nos ha permitido descubrir cierto número de ellos, referibles en su mayor parte al nivel más bajo respecto al nivel actual de las mareas altas

1 Los depósitos costeros antiguos de la ría de Vigo

Si están ausentes en la bahía de Bayona, en la parte de la orilla Sur más expuesta al mar, aparecen desde el Monte Ferro en las playas de Patos, que enlazan por el Norte con el pedúnculo de la península de Monte Ferro. Allí se desarrollan dos playas arenosas vecinas, que recubren un replano esquistoso que sólo descubre en bajamar viva. Cortes en el depósito antiguo que forma los acantilados de estas playas son visibles en varios sitios, y presentan variadas disposiciones. Hacia el SW. de la primera playa, cantos en espesores de 1,5 metros

forman la base del cantil, a partir solamente de 0,5 a un metro por encima del nivel de las mareas altas. Se les puede seguir más de 12 metros hacia el interior de la trinchera de un camino que conduce a la playa. Con estos cantos se mezcla arena muy oxidada. Marchando por la playa hacia el E., otro corte muestra la arena sola en más de 1,5 metros de alto; por otra parte, los cantos, en banco de 0,40 metros de espesor, sirven de apoyo a capas de arena de 0,40 metros de altura. Más al NE., aún sobre una plataforma rocosa poco desarrollada y muy baja, arena claramente en capas o cantos de pequeño tamaño aparecen en espesor de 0,5 metros, teniendo encima un agregado negruzco (arena humífera o muy oxidada), con algunos cantos rodados y que sobresale en el perfil del acantilado. El replano de la playa en este sitio está formado solamente por cantos, sin duda procedentes del acantilado. Este corte se sigue en más de 15 metros de longitud. La segunda playa, más al E., deja ver aún otros cortes con cantos más gruesos en bolsadas o en bancos que alcanzan hasta dos metros de potencia, apoyándose sobre la roca reducida a arena. Pueden seguirse estos cantos en más de 50 metros. Destaquemos de los yacimientos de Patos la abundancia de cantos rodados, el hecho de que los depósitos comienzan prácticamente al nivel de las partes más altas de la playa y que su espesor rebasa rara vez los dos metros de potencia.

A mitad de camino, entre Bayona y Vigo, cerca de la Punta Serral (o de Estay), en *San Miguel de Oya*, se observa otro depósito compuesto esta vez únicamente de arena, de una potencia generalmente superior a tres metros, y cuyo corte presenta una longitud de unos 100

metros. Esta arena descansa sobre un banco más ferruginoso, que forma, en lo alto del replano de playa actual, prominencias resistentes, solamente alcanzadas en los días de mar grueso. Existen aún otras playas antiguas constituídas solamente por arena; pero al *NE. de Vigo*, siempre en la orilla Sur de la ría, hemos observado todavía dos cortes con cantos y gravas.

En la *playa de la Guía* hay cantos de gran tamaño, bloques redondeados en dos metros de altura, localmente con una matriz de arena oxidada, que descansan sobre marmitas o cavidades, de 0,75 a un metro de altura. En algunos sitios se puede medir la profundidad del yacimiento, que sobrepasa los siete metros. La playa actual está formada aquí de gravas y de arena fangosa. Además, en este sitio los depósitos pueden seguirse a lo largo de más de 100 metros, a pesar de que su destrucción parece bastante rápida, tanto más cuanto que el hombre frecuentemente colabora al desprendimiento de los bloques (trátase de una playa atestada de gente en verano) (v. foto 1).

En fin, en la *playa de Cesantes*, en la ensenada de San Simón, existe otro depósito aproximadamente con la misma disposición. A lo largo de más de 150 metros por lo menos puede seguirse una capa horizontal de 0,70 a 0,80 metros de espesor, formada por granos gruesos de cuarzo bastante bien rodados (5), bajo la cual la roca aparece excavada por depresiones o marmitas. Una gruta permite ver los granos de cuarzo en espesores de

(5) Aquí, el material es casi exclusivamente cuarzoso, y esta abundancia se explica quizá en parte por el hecho de que la playa, aunque se apoya en granito, está justo en el contacto con los esquistos micáceos, y el cuarzo abunda en este contacto.

más de tres metros, formando el techo de esta cavidad. Un camino que desemboca al W. de la playa proporciona un corte aún más interesante; el banco de granos cuarzosos penetra hacia el interior unos ocho metros. Aquí la disposición se completa con otro conglomerado de cantos rodados con cemento muy duro, de 0,60 metros de espesor, situado siete metros por encima de la parte más alta del actual replano de playa, y separado del yacimiento inferior por roca *in situ* bastante alterada. Este yacimiento es interesante por su posición en el fondo de una ría, por la presencia de dos bancos de cantos superpuestos, y por la cementación particularmente dura del banco superior, pero su interpretación es tanto más delicada y no obligadamente marino.

La orilla Norte de la ría de Vigo tampoco está desprovista de depósitos. Un nivel con acumulación marina nos ha sido señalado entre Cangas y Limens (6), pero no hemos podido verlo. Por el contrario, en la Punta del Con, a 1,5-2 metros por encima del actual replano de playa arenoso, los cantos rellenan las anfractuosidades del acantilado rocoso, llevando superpuestos depósitos de pendiente limosos de cuatro a seis metros de potencia. Estos no aparecen en gran espesor ni en amplias extensiones, pero no parece que hayan sido dispuestos allí por el mar, pues gracias a una gruta se les puede ver en 2,2 metros en el interior del acantilado; además, la playa está únicamente formada por arena fina.

Entre Cangas y la ensenada de Con, al E. de la playa de Carnaval, hay un depósito de granos groseros que parece más sospechoso; su granulometría es diferente

(6) Don Antonio Fernández del Riego, oceanógrafo de Vigo.

de la de las arenas marinas típicas o de la de los depósitos resultantes de la descomposición de rocas; la morfoscopia revela pocas arenas de aristas no suavizadas (menos de 1/4), pero también pocas arenas redondeadas (15 a 20 por 100); lo esencial de las arenas corresponde a la categoría subredondeada («subémoussé»), denotadora de un débil transporte. Reservamos, pues, nuestra opinión sobre este yacimiento. El estudio granulométrico y morfoscópico de algunas muestras recogidas de los depósitos de las riberas de la ría de Pontevedra, nos permite conclusiones más seguras.

2. Los depósitos de las líneas de costa antiguas de la ría de Pontevedra

En la orilla Sur de la ría han sido localizados en dos sitios acumulaciones de arena de playa antigua. La más interesante se observa en la *playa de Lago*, en la orilla E. de la ría de Aldán, que forma un gran entrante en el contorno Sur de la ría de Pontevedra. En Lago, el depósito, situado a 50 metros de distancia horizontal de la actual playa, ha debido de constituir un yacimiento importante, pues sin duda ha sido explotado por el hombre. La arena se encuentra a seis metros y más por encima de la pleamar actual. Su curva granulométrica es muy próxima a la de las arenas actuales; al examen morfoscópico, el 92 por 100 de los granos presentan las aristas suavizadas, y de ellos, 1/4 al menos son ovoideos o redondos.

El segundo yacimiento de esta orilla Sur de la ría está situado en la *Punta Moa*, al W. de la playa de Mogor. La arena descansa sobre cantos y bloques que ta-

pizan el techo de un pasadizo estrecho y de más de tres metros de profundidad. La arena, cuya base se encuentra a dos metros por encima del nivel de las altas mareas, aparece a 1,5 metros de altura. También aquí la granulometría y morfoscopia justifican una interpretación marina de este depósito (compárense las curvas granulométricas C8 y C2—fig. 2—: la curva C8 representa la arena de la playa antigua; la curva C2, la arena de la playa actual en el mismo lugar; y los resultados del examen morfoscópico de estas dos muestras).

En fin, la *orilla N. de la ría de Pontevedra* presenta un magnífico conjunto de arena y de cantos referibles muy probablemente a un nivel marino en la playa Carbujera y en la playa de Manín, es decir, entre los kilómetros 15 y 17 de la carretera Pontevedra-La Toja, un poco antes de Sangenjo. En la primera de estas playas, a lo largo de varios metros, pueden verse cantos por debajo de seis a siete metros de depósitos de vertiente limosos, y hacia los dos metros por encima del nivel de las mareas altas; el espesor del yacimiento es alrededor de un metro. Al E., la punta rocosa que cierra esta playa está atravesada de parte a parte por una gruta de 12 metros de largo, enteramente tapizada de cantos. A una y otra parte de este pasadizo, los cantos descansan sobre una plataforma rocosa situada también a dos metros por encima del nivel de las altas mareas; los cantos aparecen unidos entre sí por arena fina y arena procedente de otros cantos desagregados. En la playa de Manín, la acumulación antigua es mucho más importante. En 80 metros de longitud y más de 12 metros de profundidad se puede observar un nivel de cantos, de gravas y de arena que llega a tener de cuatro

a cinco metros de potencia. Los cantos forman la parte baja del acantilado en el nivel de las actuales mareas altas. Hacia el W. se sustituyen en bisel por gravas o por arena gruesa en capas, con ciertos horizontes oxidados en la parte baja del acantilado, llevando encima arena que alcanza alturas de cuatro a cinco metros al W. de la playa. Su estudio granulométrico y morfoscópico subraya aún el origen marino. La parte alta de la playa actual está constituída a veces por cantos manifiestamente procedentes del antiguo cordón, ya que la playa en su conjunto está formada por arena muy fina, como en la Punta de Con y en Patos (foto 2).

Solamente han sido citados aquí aquellos sitios en donde los depósitos permiten conclusiones bastante seguras; en otros varios lugares hay acumulaciones que podrían interpretarse en el mismo sentido, pero su grado de alteración o su exigüidad entrañan graves dudas. No obstante, los pocos restos de niveles marinos antiguos señalados muestran que las oscilaciones del mar, tan claramente registradas en Portugal, han dejado igualmente su huella en el sector de las rías bajas, al menos por lo que se refiere a la fase monastiriense más baja.

Restos de niveles a altitudes más elevadas han sido asimismo observados en este sector, ciertamente de manera mucho más esporádica, y siempre en la proximidad de la desembocadura de los ríos, lo que hace más difícil establecer, por el momento, el origen de los depósitos (7).

(7) Nos proponemos intentar determinar el origen de estos cantos por los métodos de CAILLEUX («Bull Soc. Geol. de Fr.», XV, 1945, página 385) y TRICART (en TRICART y SCHAEFFER: *L'indice d'émoussé des galets*, «Rev. de Géomorph. Dyn.», 1950).

3. Los niveles de acumulación de altitud superior a 10 metros

En el borde de la ría de Vigo, C. Teixeira ha señalado la existencia de un depósito en la región de Canido-Corujo-Samil (8), cuya cota de altitud máxima es de 25 metros. Buscándolo, hemos podido observar, a unos 12-15 metros, una terraza situada a 300 metros de la bifurcación del tranvía suburbano hacia Samil, de la línea Vigo-Corujo; esta terraza está formada por pequeños guijarros frecuentemente bien rodados, aunque no siempre. El yacimiento domina la marisma constituída por el río de Foz, cuya desembocadura está bastante fuertemente obstruída por la acumulación arenosa de la playa de Samil. Se halla separado por la roca *in situ*, un granito bastante alterado.

En *Pontevedra* mismo, dominando la parte formada por el estuario del bajo Lérez, se observa bajo la iglesia de San Francisco, a 20 metros de altitud, otro nivel de acumulación del mismo género, igualmente señalado por C. Teixeira, el cual se prolonga a lo largo de la carretera de Orense con una gran continuidad (9). Trátase de cantos redondeados de pequeño tamaño (cinco centímetros). ¿Es ésta también una terraza marina? ¿O es fluvial?

Señalemos asimismo que en el borde norte de la ría

(8) C. Teixeira: artículo citado, pág. 43.

(9) C. Teixeira: artículo citado, pág. 43. Lo hemos observado, no sólo bajo el muro de sostenimiento de la iglesia, sino también en una plaza situada detrás de la misma, y en un taller debajo de la estación de servicio de la carretera Pontevedra-Orense, a la salida de la ciudad.

de Pontevedra, junto al kilómetro 5 de la carrete Pontevedra-La Toja, o sea, un kilómetro antes del pu blo de Combarro, la trinchera de la carretera permi

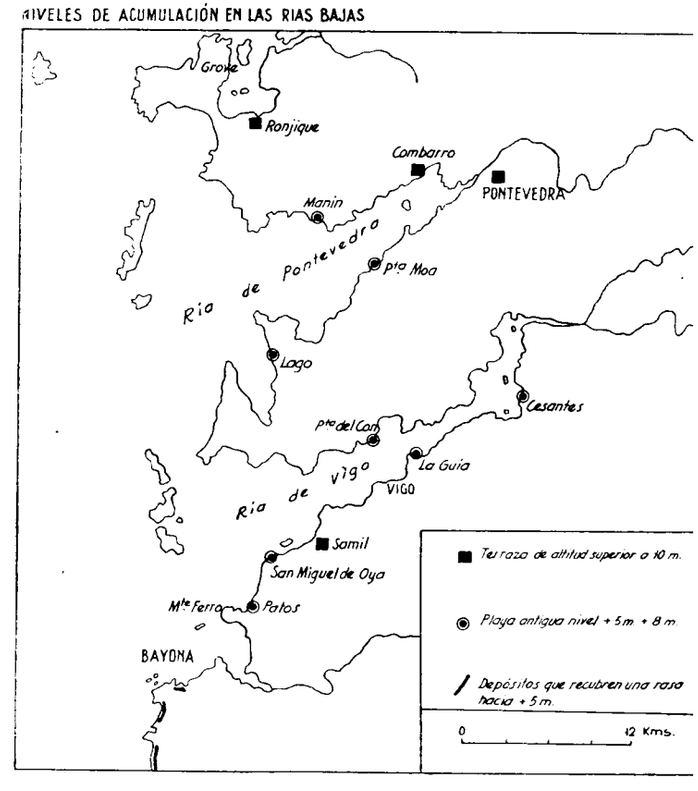


Fig. 1.

observar, a unos 15 metros de altitud, gruesos cant bastante redondeados.

A la misma altura, a 900 metros de allí, llegando Combarro, reaparece sin duda el mismo nivel, aproxin damente con la misma potencia (2 a 3 metros): si

el primer yacimiento el depósito se halla en el flanco de un pequeño vallecito, no sucede lo mismo junto a Combarro. De todos modos, las relaciones de este depósito con un río no son más aparentes aquí.

En fin, en la orilla sur de la ría de Arosa, se encuentran igualmente depósitos de terraza bastante elevados. En Ronjique, cerca del pedúnculo del tómbolo del Grove, a unos 15 a 20 metros de altura, granos de cuarzo redondeados y pequeños cantos rodados constituyen una terraza que se sigue en dirección del mar, bajando hasta unos ocho metros para apoyarse entonces en arcilla explotada para cerámica. Así mismo, al sur de Puente Cesures, en el fondo de la ría de Arosa, una terraza de cantos descansa sobre arcilla explotada por una fábrica de ladrillos (10).

Los elementos de estos depósitos superiores al nivel de 5-8 metros, están muy esparcidos y demasiado aislados para que nos pronunciemos sobre su origen: investigaciones ulteriores permitirán tal vez encontrar otros, estudiarlos mejor y precisar más. Pero son quizá jalones en dirección de la costa norte de Galicia y de los depósitos señalados en Asturias (11) o en la provincia de Lugo (12). Nuestra toma de contacto con el litoral de Galicia, nos ha permitido señalar, con motivo de reconocimientos efectuados en las rías centrales y altas, tres niveles de acumulación antigua hacia

(10) C. Teixeira: artículo citado, pág. 43.

(11) Llopis Lladó: *Los depósitos de la Costa Cantábrica entre los Cabos Busto y Vidio (Asturias)*, 1956, en «Speleon», año VI, núm. 4, páginas 333-347.

(12) Primitivo Hernández Sampelayo: *Estudio geológico de la costa de la provincia de Lugo*, en «Bol. Inst. Geol. España», 1914, t. 34, páginas 81-171.

los 5-8 metros, que no citamos más que a título informativo.

Una terraza muy extensa cubre, en el sector de *Villanueva de Arosa*, el borde de la playa Aduana (Cuat

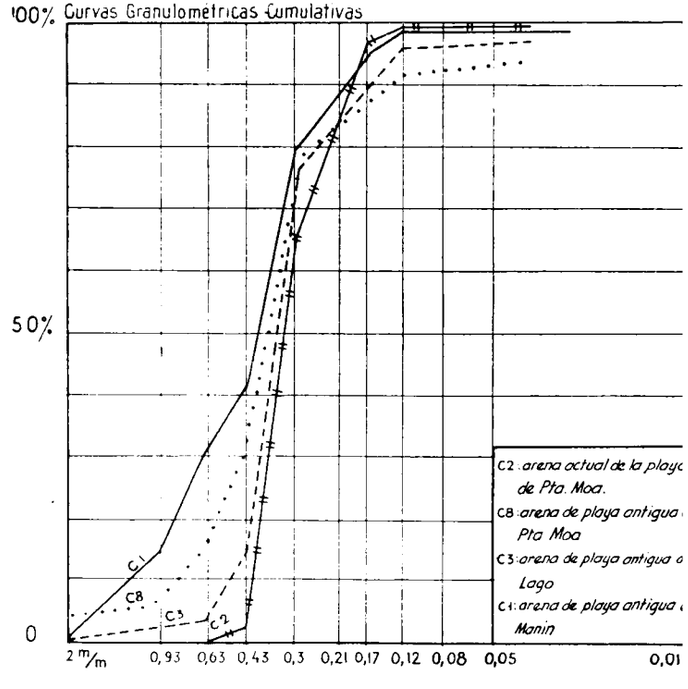


Fig. 2 *a*.—Análisis granulométricos. La curva granulométrica de la arena playa antigua de Razo (G 1) coincide casi exactamente con la de C 8 ha 80 %, y con la de C 2 de 80 a 100 %; a causa de ello no ha podido representada.

Cuerdas) con cantos y granos de cuarzo muy bien r dados, visibles en más de 500 metros de ancho y kilómetro de longitud; la altitud de la parte superi de esta terraza hacia el interior se aproxima a los 10 metros, en tanto que al borde del mar el acantila

muestra un corte de 1,5 metros de espesor, cuya base está apenas a un metro por encima del nivel de las mareas altas. O bien la terraza descansa sobre roca viva, o bien el acantilado aparece protegido por un alto cordón de gravas y de arena, colonizado por la vegetación y apenas entallado por un microacantilado.

Sobre la orilla sur de la ría de Noya, en *La Arnela*, junto al kilómetro 61 de la carretera Baroña-Corrube-

Resultado en % del examen morfoscópico

Muestras	sin desgaste SD	subredondeados SRd	redondeados Rd	redondos u ovoideos R	o sea SD+SRd	Rd+R	observaciones
C2	18 a 26	4 6	22 a 36	2 a 4	64 a 72	28 a 36	2/3 = SRd + Rd 1/4 SD
C8	0 a 2	30 a 32	60 a 64	4 a 8	32	68	90% = SRd + Rd gran desgaste
C1	0	28 a 32	46 a 60	8 a 26	28 a 32	68 a 72	> 3/4 = SRd + Rd gran desgaste
C3	0	6 a 8	58 a 68	26 a 34	6 a 8	92 a 94	> 2/3 = SRd + Rd desgaste muy grande
G1	0	12 a 18	54 a 64	24 a 28	12 a 18	82 a 88	3/4 = SRd + Rd desgaste muy grande

Fig. 2*b*.—Morfoscopia.

do, aparece el nivel de 5-8 metros constituído por cantos, gravas y arenas.

Por último, en *Razo*, entre Lage y La Coruña, más precisamente, entre Malpica y Cayón, hemos podido ver la playa antigua más extensa y más curiosa de todas las observadas en Galicia. Dicha playa nos fué señalada por el profesor Parga-Pondal (13). Está constituída por cantos y arena, formando un acantilado que alcanza 8 a 10 metros de altura. La arena forma, a

(13) Don Isidoro Parga-Pondal: Explicaciones verbales y redacción de las «*Explicaciones*» de la Hoja núm. 44 (*Carballo*) del *Mapa Geológico de España* 1:50.000, págs. 15 y 57-58.

veces, por sí sola, la totalidad del acantilado, localmente socavado por pequeños replanos de erosión o protegido por dunas apenas fijadas; a veces se observan intercalaciones de capas más pardas o más rojas, sobre todo en la base o sobre la playa, donde están recubiertas por la arena actual. Por otra parte, la casi totalidad del corte está constituída por cantos bien rodados. La extensión de esta playa antigua es considerable: varios centenares de metros; la arena tiene una granulometría y una morfoscopia absolutamente característica de las arenas marinas (fig. 2 a y b; fotos 3 y 4).

Conclusiones

Así, pues, parece que el nivel inferior de depósitos monastirienses se sigue bastante bien por el litoral de Galicia; voluntariamente hemos dejado de lado la descripción de los replanos rocosos a lo largo de las costas que podrían a menudo interpretarse como marinos. Tales replanos son frecuentes, sobre todo, en los sectores de las rías centrales y de las rías altas, pero es necesario estudiarlos de modo que se les siga. Algunos corresponden quizá a niveles más elevados.

La existencia de depósitos marinos antiguos en las rías probaría, si hubiese necesidad, que las rías existían ya aproximadamente en sus contornos actuales en el Monastiriense. Las terrazas más elevadas, situadas más al interior de las tierras o en el fondo de las rías, no ofrecen ya las mismas posibilidades de interpretación; las conclusiones basadas en ellas serían prematuras.

La base de los depósitos antiguos está a menudo muy próxima al nivel actual del mar. Pero de ello no es posible deducir que ha habido desnivelación de estos niveles respecto a los de la costa norte de Portugal. Se les encuentra aquí, en efecto, sobre un litoral recortado, de topografía movida: es normal que los depósitos que colman anfractuosidades no presenten sus bases a una altitud uniforme. Además, su localización en golfos les da una amplitud más débil, pues las diferencias entre baja mar y pleamar son atenuadas, sobre todo durante los temporales. Por el contrario, esto ha permitido su conservación, incluso cuando su extensión era reducida.

Es curioso constatar que buen número de estos depósitos están constituídos por cantos, en tanto que los actuales replanos de playa son esencialmente arenosos, y de una arena a menudo más fina que la de las playas antiguas. Los cantos encontrados sobre las playas actuales provienen, frecuentemente, de la reelaboración de las playas antiguas, lo que ayuda a localizarlas. Los elementos actuales de gran tamaño, son más bien bloques bastante grandes redondeados, y, a veces, gravas, muy rara vez cantos rodados. ¿Por qué? ¿Ha habido alguna diferencia en el modo de desgaste del mar monastiriense respecto al mar actual (duración del estacionamiento, por ejemplo)? ¿O bien una diferencia de clima, actuando sobre el modo de desagregación de los elementos graníticos que justificaría una granulometría particular de los derrubios suministrados al mar?

Las playas antiguas arenosas también saltan a la vista rápidamente, sea por su color ocre en general, sea por la presencia de capas subrayadas por colores variados, que van del negro hasta el ocre amarillento.

¿Hay aquí también un índice climático? En fin, al examen morfoscópico, las arenas cuarzosas de las playas antiguas revelan, ya sea individuos de neoformación, ya sea un picado superficial bastante curioso, testimonio de una acción pedogenética o climática, o en todo caso, de una evolución que ganaría si fuese definida de modo más preciso.

Subrayemos aún el hecho, ya constatado por A. Guilcher (14): las arenas actuales parecen haber sufrido menos desgaste que las arenas monastirienses (cf. figura 2 b), lo que permite suponer un estacionamiento del nivel marino más largo entonces que el que señalan nuestras actuales costas. Este hecho se manifiesta aquí con más fuerza que en los resultados obtenidos por Guilcher, quizá porque Galicia no ha debido de conocer con la misma eficacia la huella de los climas periglaciares, y porque los materiales arenosos de Galicia Occidental no derivan de rocas tan afectadas por los hielos como en Bretaña.

Así, pues, la extensión y la naturaleza de las playas antiguas cuaternarias, pueden y deben ser el objeto de estudios ulteriores, ya que pueden constituir elementos útiles para la reconstrucción de la historia morfológica de Galicia, en la cual parece hayan participado mucho los fenómenos cuaternarios (eustatismo, deformaciones tectónicas posiblemente, etc.).

Recibido el 9 de abril de 1958.

(14) Notablemente en *Quelques aspects et problèmes morphologique. et sédimentologiques de l'Ile d'Ouessant*, en «Norois», núm. 15, de julio septiembre 1957, págs. 300-301.

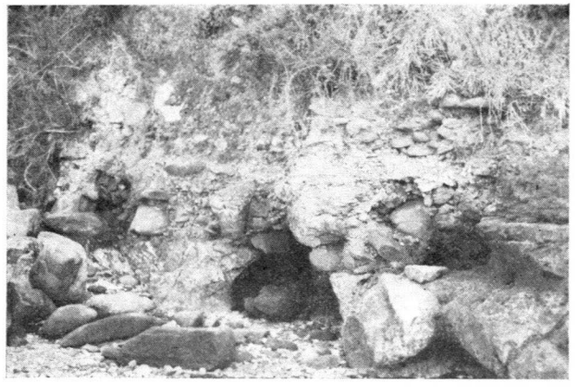


Foto 1.—La Guía (Vigo). Depósito de cantos apoyados sobre una plataforma rocosa excavada en marmitas. La parte alta de la playa actual está constituída por gravas.

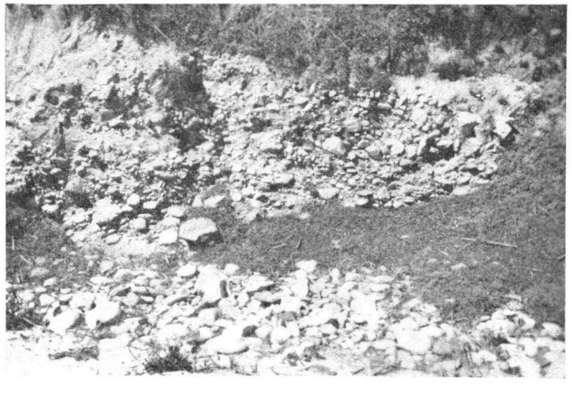


Foto 2.—Playa de Manín. Playa antigua de cantos rodados; la parte alta de la playa actual es arenosa.

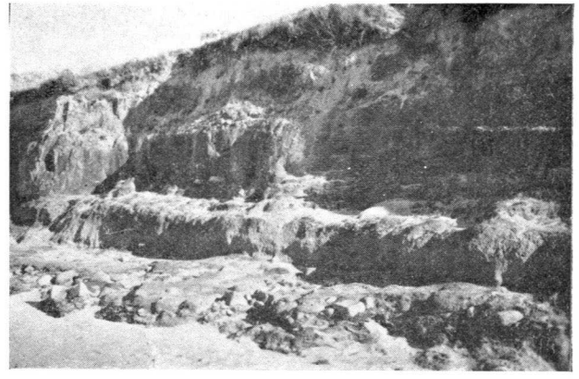


Foto 3.—Playa de Razo. Playa antigua de arena con algunos bancos delgados de cantos rodados.

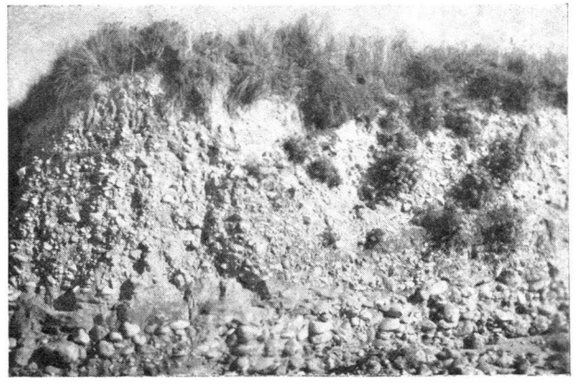


Foto 4.—Playa de Razo. La arena ya no aparece aquí sino en delgadas intercalaciones. Los cantos antiguos forman la masa del acantilado actual.

L ónica del Puerto de las Camellas (Cáceres) y la edad de las pizarras basales

POR

VICENTE SOS BAYNAT

VICENTE SOS BAYNAT

LA TECTONICA DEL PUERTO DE LAS CAMELLAS (CACERES) Y LA EDAD DE LAS PIZARRAS BASALES

INDICACIÓN PRELIMINAR

Mirando el Mapa Geológico de España escala 1:50.000, Hoja número 704, se observa que la ciudad de Cáceres se halla emplazada en el borde de una mancha cuadrangular, irregular, formada por terrenos silúricos y devónicos, que destacan en medio de una gran superficie de pizarras de terrenos más antiguos, que la circundan por Norte, Este y Sur, y que, por Poniente, está en contacto con un batolito granítico de gran extensión.

Este cuadrángulo, en sí mismo, está bordeado casi totalmente por una moldura de montañas cuyas cumbres rebasan, repetidas veces, los 600 metros (Panchito, 644; El Risco, 664, etc.), dejando un recinto interior de una altura media que puede estimarse en los 500 metros (480).

Todos los anchos campos que rodean, pizarras y granitos, están a una altura media de 400 metros; por estas circunstancias, las carreteras que conducen a la capital, antes de entrar en el mentado recinto, tienen que

que da paso al puerto son todas de materiales silúricos principalmente cuarcitas y pizarras. El recinto circuns crito de Cáceres está formado por terrenos silúricos y devónicos.

Las pizarras antiguas

Las pizarras antiguas pueden verse y estudiarse e toda la amplia llanura del río Salor, a derecha e izquier da de la carretera; en el propio lecho de este río, qu descarna el subsuelo; en los arroyos y regatos que aflu yen al Salor: en muchos asomos, imprevistos, que asc man en medio de las tierras de laborables y, finalmente al pie de las faldas del mediodía de las Camellas.

De primera intención es difícil poder reconocer de talles diferenciales. Todas las pizarras parecen idénti cas. La estratificación pasa desapercibida en la mayorí de los casos. La pizarrosidad, de origen mecánico, e dominante y, como experimenta ciertas fluctuaciones complica el reconocimiento geológico de estos mate riales.

Roso de Luna y Hernández-Pacheco han tratado d manera general, de estas pizarras, que consideran cám bricas, en su estudio sobre la Hoja de Cáceres (20). Po nuestra parte, al insistir sobre las mismas, vamos a o denar nuestra exposición refiriéndonos concretamente los principales lugares donde hemos observado estas p zarras.

a) *Pizarras de la penillanura del río Salor.*—Ma chando por la carretera hacia Cáceres, a partir de l dehesa de las Herguijuelas, dos kilómeros antes de ll gar al río Salor, en las trincheras laterales, existen p

zarras tejulares de grandes láminas, grises, amarillentas, con rumbo a NE. y con buzamiento NW. 70°. No tienen fósiles y sus caracteres petrográficos no muestran nada especial que pudiera hacer pensar en su edad: el mayor interés está en el rumbo y en el buzamiento.

Ya en el río, en el propio lecho, a ambos lados del puente las pizarras asoman verticales y cruzan con igual rumbo NE. que las pizarras de la carretera. Aquí la acción superficial de las aguas ha alterado mucho a estos materiales y no se puede reconocer la naturaleza petrográfica.

Pasado el río, avanzando hacia las Camellas, nuevas trincheras dejan al descubierto unas pizarras, y en el ancho cordel de ganado que viene de Cáceres, en el suelo erosionado, pueden verse más pizarras. En todos estos sitios se observa una exagerada pizarrosidad de origen mecánico, cuyos planos no siempre son coincidentes con los confusos planos de estratificación.

En el primer afluente que recibe el río Salor, por su derecha, cuando se va desde el puente aguas arriba, se pueden observar varios detalles de interés (fig. 2). Se han recorrido, desde la desembocadura, en sentido remontante, unos 700 metros. Se ha visto que las pizarras asoman en las laderas del cauce, le cruzan de parte a parte y se presentan colocadas verticales, rígidas o en buzamientos suaves.

En todos los casos, la pizarrosidad y el rumbo de paquetes de pizarras van, en general, al NE. Sin embargo, tal como se expresa en la figura 2, hay oscilaciones y ligeros cambios con rumbo a E.-NE. y a E.

El buzamiento muy vertical y uniforme es de 70° NW. A los trescientos metros de la desembocadura, la

ladera derecha del regato presenta un talud de unos 5 metros de altura, donde las pizarras quedan al descubierto, seguramente debido a una falla a NE., movida y formando ángulo, que da lugar a un meandro a. b.,

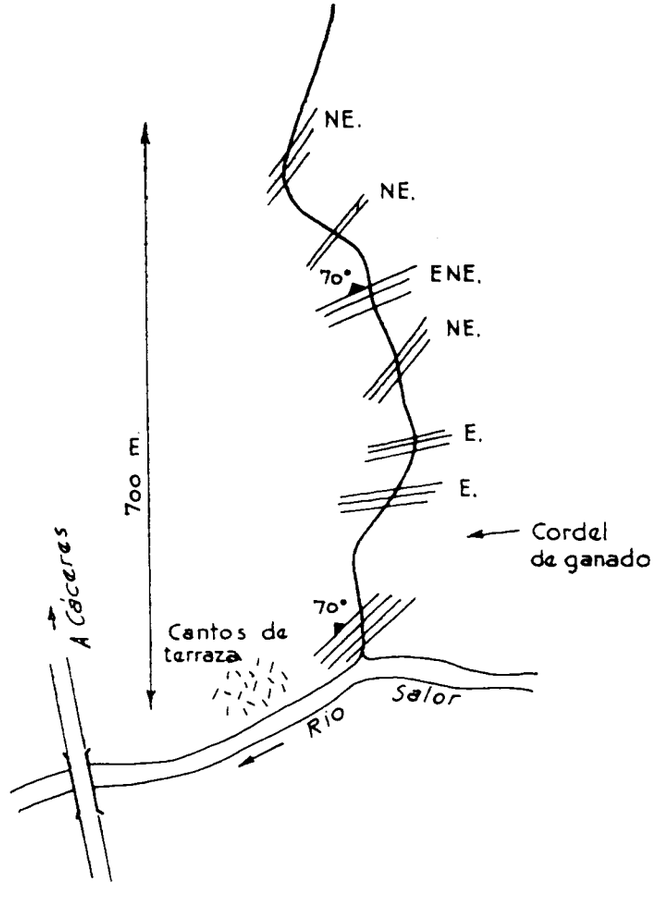


Fig. 2.—El río Salor (al atravesar la carretera de Mérida a Cáceres) el afluente de la ladera derecha. Disposición y rumbo de las pizarr antiguas.

en donde se puede reconocer a estos materiales, au que la intemperie y meteorizaciones han alterado m cho su naturaleza.

En el principio del talud las pizaras son azules, liceas, con intercalaciones estratiformes más consiste tes, que semejan de un nivel bastante inferior y q son iguales a otras pizarras vistas en la mina «La Unió (de la que se ha de hablar después), y a pizarras v tas en las proximidades de Logrosán, distantes más un centenar de kilómetros.

A estas pizarras siguen otras grises, gredosas, ve dosas, rugosas al tacto por estar constituídas por u masa de granos muy finos, pero consistentes. Despu las pizarras adquieren una característica común m uniforme, en las que es muy difícil distinguir leves m tices y se repiten así indefinidamente. Hay que adve tir que en algunos momentos existen pizarras tejul res, hojosas, que recuerdan el tipo ampelítico.

En períodos, que se repiten varias veces, entre e tas pizarras del talud se intercalan unos episodios de n dulos de cuarzo, formando a manera de unos agl merados, brechiformes, iguales a los que se atravies en muchos puntos de las galerías de «La Unión», que indica que estos cuarzos y estas formaciones t vieron su origen en los tiempos de las sedimentacion de los estratos.

Las pizarras, tomadas en proyección planimétric en plano horizontal, parece que están en paquetes i dependientes separados por planos de fallas vertical y de rumbo NE.

En las pizarras que hay en el ángulo SW., form do por el cruce del regato con el cordel de gana

(figs. 3 y 4), se observan repliegues en forma de plisado muy regular, que responden a empujes venidos del NE., esto es, fuerzas de los tiempos hercinianos que

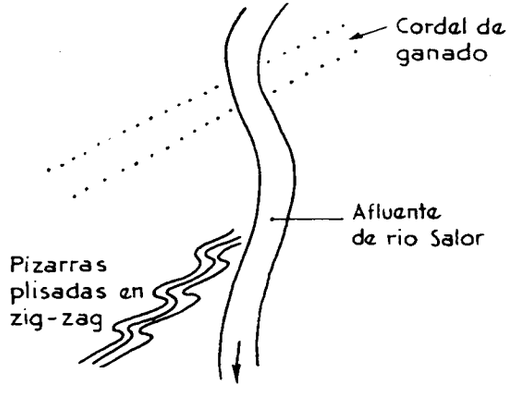


Fig. 3.—Pizarras plisadas en zig-zag, observables en el angulo SW. que forman el paso del cordel de ganado con el cauce del arroyo afluente del río Salor.

han obligado a ponerse en zig-zag los cuerpos hojosos de las pizarras colocadas verticalmente o casi verticalmente.

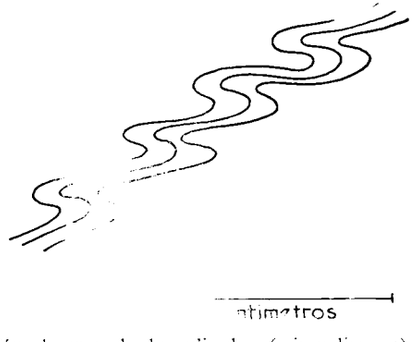


Fig. 4.—Porción de uno de los plisados (micropliegues) de las pizarras en el afluente del río Salor.

A lo largo de la carretera de Cáceres a Mérida han observado asomos de pizarras, que han suministrado los siguientes datos (fig. 5):

Al borde de la carretera entre los kilómetros 221-22 por la parte alta de un pozo de la mina «La Unión existe un regato que deja al descubierto unas pizarras que están sumamente replegadas, pero en las que se puede descubrir que, en general, tienen un rumbo NE. Las fuertes presiones de tectónica han determinado una pizarrosidad de rumbo herciniano.

Al Norte de la caseta de peones camineros, en una cavidad artificial, los materiales puestos al descubierto ofrecen una gran pizarrosidad, con muchos repliegues y plisados, pero se puede distinguir el rumbo general estratiforme que es a NE.

Pasada la caseta de peones camineros, al W. de la carretera, los terrenos que asoman presentan una pizarrosidad perfecta de rumbo herciniano (a NW.) y el buzamiento a NE. Pero poniendo gran atención en estos materiales, y aunque es difícil reconocer, puede apreciarse que existen unos lechos muy delgados de sedimentación y de estratificaciones cruzadas primitivas que corresponden a unas capas (estratos) de rumbo NE.

En un gran crestón que se levanta sobre la rasante del suelo, siguiendo de W. a E., se tiene:

1. Pizarra gredosa, rugosa, de grano fino, amarillo-verdosa.
2. Pizarra arcillosa, laminar gris azulada.
3. Pizarra gredosa de grano muy fino esquistosa verdosa.

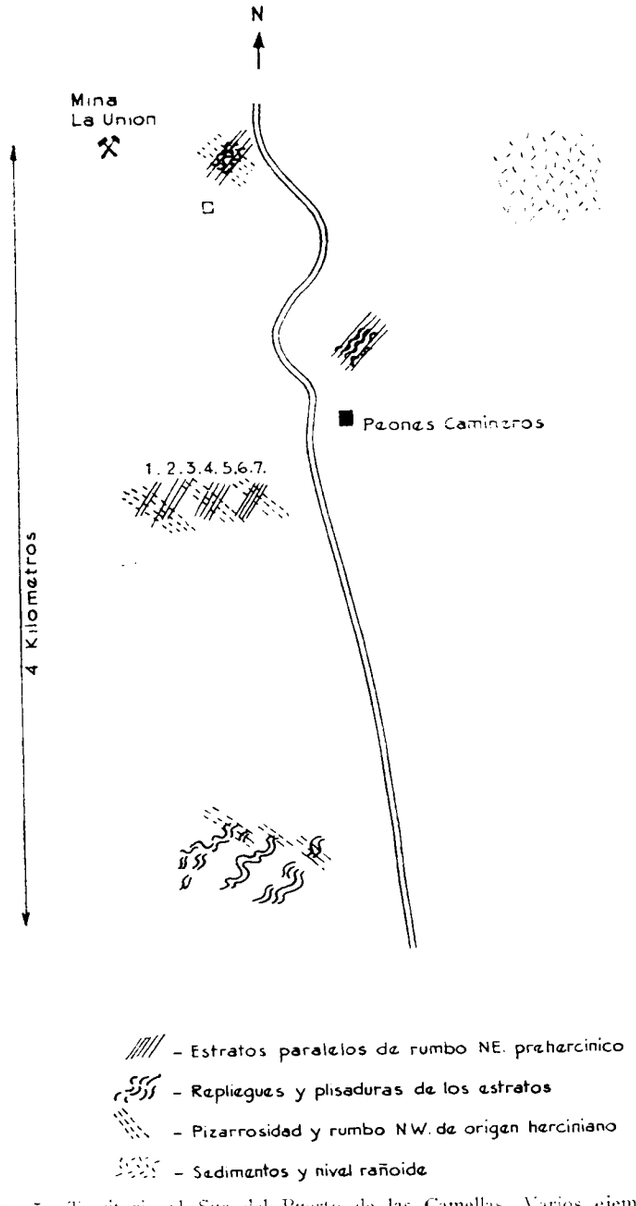


Fig. 5.—Territorio al Sur del Puerto de las Camellas. Varios ejemplos de la disposición de las pizarras antiguas a ambos lados de la carretera de Mérida a Cáceres.

4. Pizarra gredosa, grano fino, de hojosidad irre gular, verde.

5. Pizarra basta, silícea, cuarcífera, oscura.

6. Pizarra gredosa, basta, en masa irregular, poc pizarrosa, amarillo algo verdosa.

Esta sucesión de pizarras que cambian en su na turaleza al reconocerlas desde NW. a SE., responde a cambios sucesivos en la estratificación, son concor dantes entre sí, y sus capas, en conjunto, tienen rum bo NE. aunque se hallen afectadas por una pizarros dad perfecta de rumbo NW.

En este mismo lado de la carretera, pero bastant más al Sur, donde el suelo queda completamente ras porque por allí pasa el cordel de ganado, antigua ví romana, quedan al descubierto unos terrenos en los qu se puede apreciar la estratificación general de rum bo NE. y una gran profusión de repliegues parciale producidos dentro de unas ondulaciones generales lo largo de rumbo NE. Estos terrenos están poco afec tados por la pizarrosidad de tipo herciniano.

Por todos los detalles apuntados referentes a las p zarras, resultan las siguientes consideraciones:

Se puede admitir que existe un gran espesor de e tratos que se extienden desde el afluente del Salor del propio Salor, hasta la mina «La Unión», dotadc de rumbo NE. y de buzamiento NW.

Igualmente que todos estos estratos están profun damente afectados por una pizarrosidad con planos d rumbo NW., esto es, totalmente normales al rumbo d los estratos, pizarrosidad que es de origen mecánico procede del NE., y cuya intensidad parece que dismin ye bastante hacia el SW. Por último, en relación co

las fuerzas que han dado lugar a la pizarrosidad, en muchos casos, simultaneando con ésta o independientemente, los estratos y los lechos de sedimentación se han plisado.

b) *Pizarras de la mina «La Unión».*—Se llama «La Unión» a una gran denuncia minera de casiterita que ocupa varios parajes inmediatamente al Sur y Sudeste del Puerto de las Camellas. La parte reconocida geológicamente por nosotros está al Oeste de la carretera de Cáceres a Mérida en los kilómetros 220-221-222. Las calicatas, pozos y galerías han permitido obtener un caudal considerable de datos estructurales de estas pizarras, cuya exposición no es del caso. Por esta razón, y atendiendo a los fines que perseguimos, nos vamos a limitar a los datos indispensables.

Empezando en la parte más septentrional de los trabajos, existen dos calicatas, dos zanjas, siguiendo a dos filones de cuarzo, portadores de estaño, las cuales cortan transversalmente unas pizarras (fig. 6). Las zanjas, que son ondulantes porque se acomodan a la disposición ondulante de los filones, tienen un eje general que va N. 10° E., en tanto que las pizarras verticales tienen rumbo a N. 50° E. Estas pizarras son arcillosas, grises, micromicacíticas de grano muy fino (fig. 6-A), a las cuales siguen otras de las mismas características, pero más compactas (fig. 6-B). Algo más al E. se halla la entrada a un pozo minero.

El reconocimiento exterior de este pozo (fig. 7) muestra lo siguiente: la boca de entrada se ha abierto sobre un paquete de pizarras que están muy onduladas y, aunque con leves diferencias de un lado a otro, en con-

junto, tienen un rumbo N. 20° E. Esta disposición se confirma en el interior y en la galería subterránea de explotación de rumbo igual.

Al Sur de este pozo se abre otro cuyas pizarras tie-

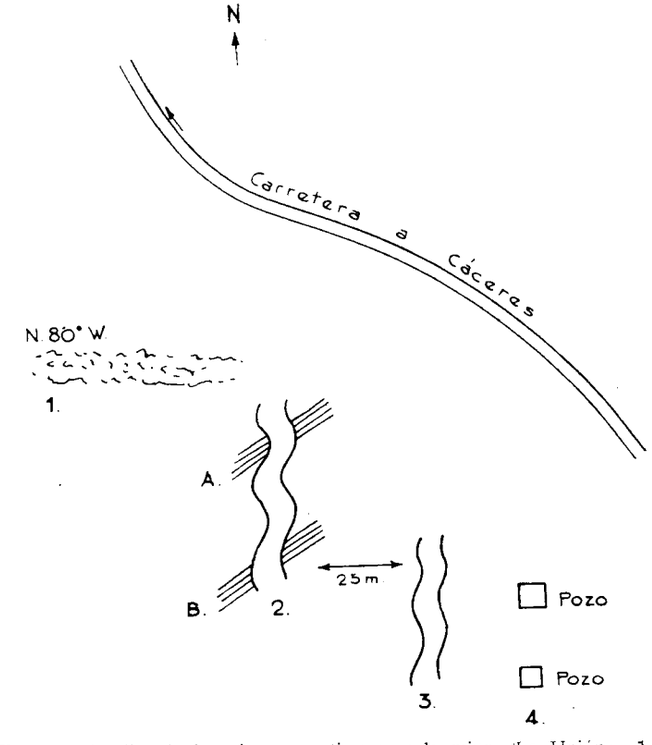


Fig. 6.—Detalles de las pizarras antiguas en la mina «La Unión»: 1. Filón de cuarzo de salbandas paralelas irregulares, de grosor desigual, de rumbo N. 80° W., fractura rellenada y relacionada con la orogenia herciniana. 2. Zanja siguiendo la ondulación de un filón de cuarzo portador de casiterita, de rumbo general N. 10° E.: A, capas de pizarra de rumbo general a NE. (N. 50° E.), arcillosas, grises, micromicacíticas, de grano muy fino, de 20 metros de potencia; B, capas de características iguales a las anteriores, pero de naturaleza más compacta. 3. Zanja siguiendo las ondulaciones de un filón metalizado de las mismas características del anterior. 4. Pozos mineros.

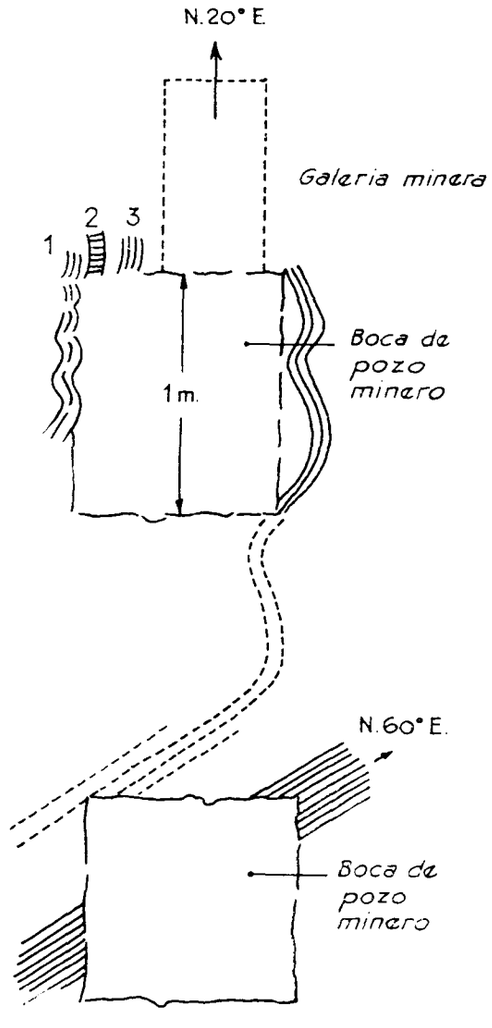


Fig. 7.—Pizarras de rumbo general NE., con algunas inflexiones: 1. P zarras grises y amarillas, ondulantes, de rumbo general NE. y buz miento vertical. 2. Estrato de cuarzo blanco. 3. Pizarra con pajitas c mica.

nen rumbo N. 60° E., pero que se enlazan con una leve inflexión con el rumbo anterior, según enseña la misma figura 7.

Las pizarras de estos asomos son grises, arcillosas, micromicacíticas y de grano muy fino.

Continuando al Sur, desde estos pozos, existen varias zanjas corridas, paralelas, que han servido para explotar los filones que asomaban en superficie. Tomando una de ellas, como referencia, se pueden comprobar los siguientes datos (fig. 8):

1. Asomo de pizarras grises, 80 metros.
2. Pizarras arcillosas amarillas, 10 m.
3. Pizarras arcillosas grises, 60 m.
4. Pizarras gredosas amarillas, 10 m.
5. Pizarras arcillosas grises, 60 m.
6. Pizarras arcillosas amarillas, 7 m.
7. Pizarras ferruginosas grises oscuras, 80 m.

Todas estas capas de pizarras parece que están en perfecta concordancia y dando lugar a una alternancia de pizarras grises de grano muy fino, arcillosas, en lechos finos, micrograníticos, y de pizarras amarillas, arcillosas, terrosas, de lechos también muy finos.

Todas estas pizarras en el corte de la calicata cruzan en rumbo NE. (esto es, N. unos 45° E.), en tanto el eje de dicha zanja es ondulante, debido a la repercusión que han tenido sobre él las presiones orogénicas que han ondulado y replegado a los paquetes de estratos pizarrosos que contienen dichos filones.

La estructura íntima de las pizarras en este sector de la mina «La Unión» es de un interés excepcional. Los trabajos subterráneos que se llevan efectuados hasta

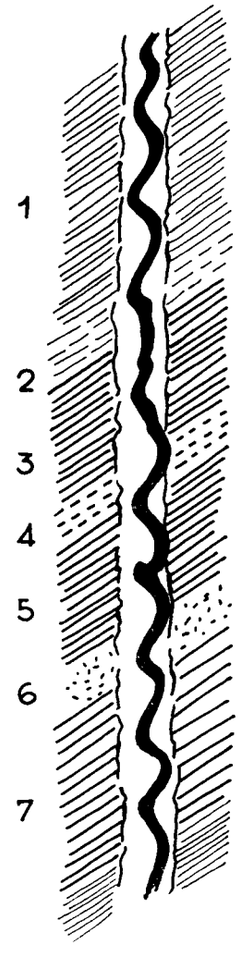


Fig. 8.—Zanja corrida a lo largo de un filón de cuarzo con casiteri ondulado por efecto de presiones: 1. Pizarras grises, 80 metros. 2. zarras arcillosas amarillas, 10 metros. 3. Pizarras arcillosas grises, metros. 4. Pizarras gredosas amarillas, 10 metros. 5. Pizarras arcillo grises, 60 metros. 6. Pizarras arcillosas amarillas, 7 metros. 7. Pizar ferruginosas grises oscuras, 40 metros.

ahora han permitido averiguar gran cantidad de detalles tectónicos importantes: pliegues y repliegues en estratos y en lechos parciales; escamas de superposiciones; sistemas de diaclasas muy antiguos; fallas directas e inversas; zonas milonitizadas, etc.; cuestiones

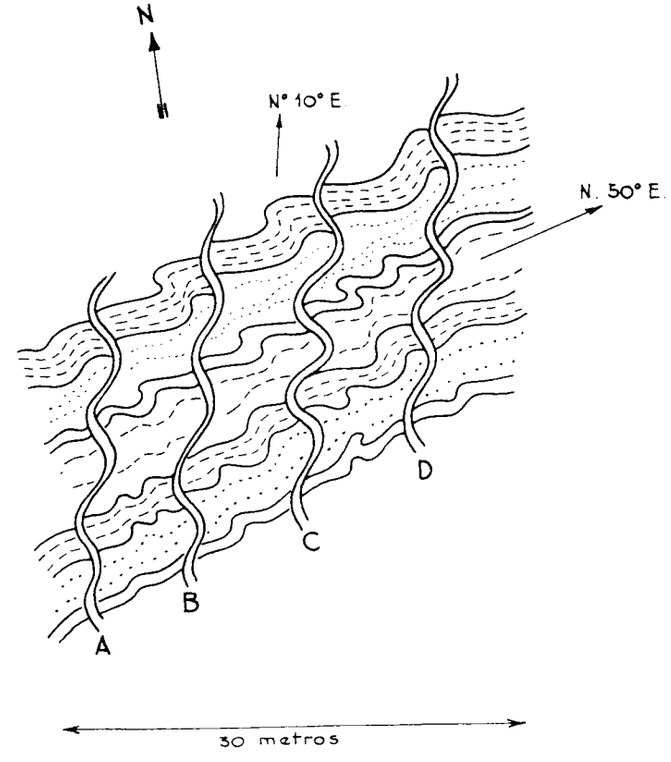


Fig. 9.—Interpretación teórico esquemática de la constitución geológica de un sector de galería de la mina «La Unión». De 1 a 7, estratos de pizarras arcillosas y micaciticas de naturaleza cambiante, de rumbo conjunto N. 50° E., y ondulados por efecto de presiones orogénicas procedentes de NE. De A a B, filones de cuarzo, guardando paralelismo, de rumbo conjunto N. 10° E., todos ondulados por el doble juego de las presiones que ondularon los estratos y de la acción directa de éstos sobre los filones.

que no son para tratados en este lugar. Sin embargo, todos estos reconocimientos interesa indicar cuál es síntesis la constitución geológica de este sector de parte basal del Puerto de la Camellas.

Según nuestra interpretación, se trata de un gr sistema de estratos concordante (fig. 9) de buzami to a NW. y de rumbo NE., que han sido fuerteme afectados por la orogenia herciniana, empujes venic de NE., dándoles la disposición ondulada que present actualmente.

Esta ondulación de los estratos pizarrosos, a su v es la que ha producido la ondulación del conjunto de lones metalizados que atraviesan los estratos y que rresponden a una etapa eruptiva anterior a dichas fu zas orogénicas.

Contacto de las pizarras antiguas con el batolito Torreorgaz

Remontando el Salor desde el afluente que hem estudiado, podemos llegar hasta el momento en que cauce va por el gran batolito que limita al Norte c Torreorgaz y Torrequemada. Antes de esto, cuando está por frente a las llamadas Casas Torrecilla, en misma ladera derecha del cauce del río Salor, podem observar varios detalles de interés (fig. 10).

Las pizaras antiguas, más o menos metamórficas, t nen rumbo NE. y buzamiento a NW. Seguidos en s trayectos, algunos paquetes de pizarras sufren cambi y llegan a orientarse E. a W. En muchos puntos, l pizarras experimentan pliegues parciales oscilantes c ramas cortas atravesadas a la disposición general.

En varios puntos, las pizarras, sin cambiar de rumbo NE., están invadidas por el granito marginal que se les intercala en lechos laminares.

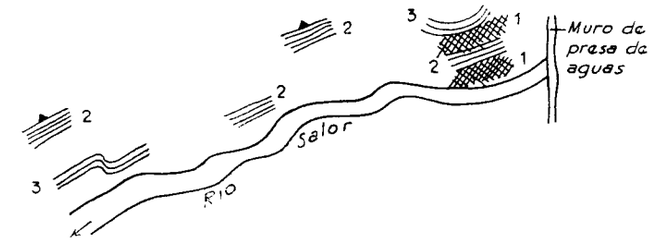


Fig. 10.—Pizarras y granitos en las proximidades de Casas Torrecilla, batolito de Torreorgaz: 1. Asomos de granito aprisionando pizarras, intercalándose entre los estratos. 2. Pizarras de rumbo NE. y buzamientos a NW. 3. Pizarras con dobleces secundarias y ondulaciones.

Las pizarras están acopladas, concordantes con el borde granítico que en este sector de su línea límite, va a NE. (véase Mapa Geológico, fig. 1).

1 Contacto de las pizarras antiguas con el batolito de Malpartida

Partiendo del kilómetro 7 de la carretera de Cáceres a Badajoz (fig. 11), siguiendo por el camino que conduce a los cortijos llamados la «Carretona de abajo» y la «Carretona de arriba», se pasa por unos granitos bastos, alterados, de ortosas gigantescas, que, a veces, pasan de un decímetro, de pasta ruinosa y caolinizada y de conjunto porfiroide. El límite se halla en una línea que va, aproximadamente, Sur-Norte y pasa por dicho cortijos sin que pueda verse bien el contacto con la pizarras.

Por la «Carretona de arriba» este contacto queda ocu to debajo de unas formaciones rañoides con plataform

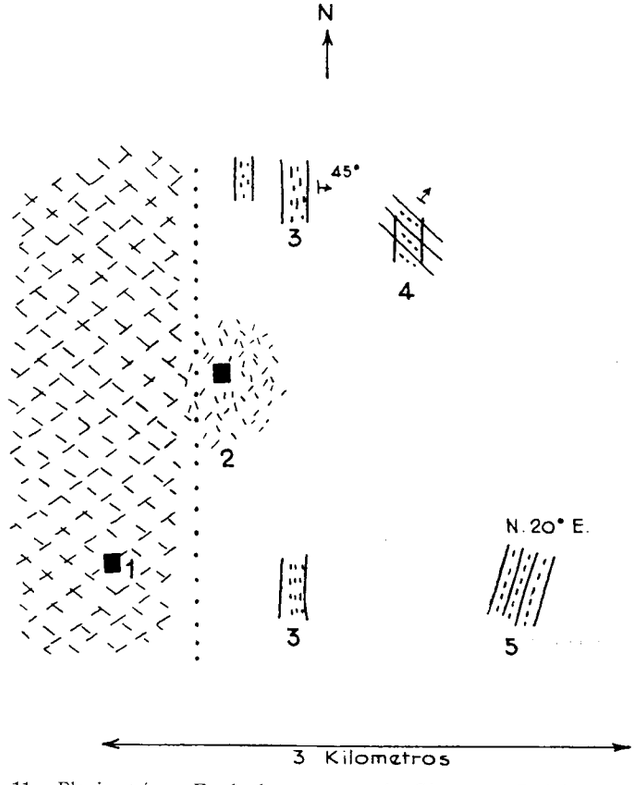


Fig. 11.—Planimetría a E. de la carretera de Cáceres a Badajoz, en kilómetro 7: 1. Masa granítica correspondiente al batolito de Malpa tida de Cáceres. 2. Superficie rañoide en el cortijo en ruinas Carretor de Arriba. 3. Pizarras amarillas, metamórficas, mosqueadas, micacítica 4. Pizarras oscuras, metamórficas, mosquedas con gránulos ovoides i tercalados, afectadas de diaclasas de rumbo NW. 5. Pizarras amarilla metamórficas, mosqueadas, replegadas.

de 450 metros. Más al Norte están los primeros asomo de pizarras amarillas muy metamórficas, mosqueadas con máculas y nódulos, micacíticas con planos de piza

rrosidad orientadas al N. y buzando 45° al E. Estas pi zarras están concordantes con el borde del granito.

Hacia el E. otras pizarras mosqueadas duras, con má culas ovoides que se orientan a NW., cruzadas por pla nos de diaclasas y resbalamiento, de rumbo NW. y bu zamiento NE. Estas pizarras parece que están parale las a las anteriores y es muy posible que estén influen ciadas por la orogenia herciniana, tanto en pizarrosida como en rumbo.

Más el E., nuevos asomos de pizarras amarillas, mos queadas y plegadas, cuya masa total es de rumbo Nor te 20° E.

Poco después se entra en una zona de gran interés Las pizarras casi verticales tienen rumbo general a NE. pero con gran frecuencia este rumbo se dobla en rum bos bruscos, hasta de 90°, grandes, lo que parcialmen te determinan direcciones NW., o simples ondulacione de arcos abiertos o apretados. En ocasiones las quilla salientes de las pizarras describen líneas sinuosas recu vadas que, de trecho en trecho, recobran su rumbo do minante al NE. El buzamiento es al SE., pero cam biante al S. y aun al SW. cuando los flancos de la pizarras son afectados por las ondulaciones que queda señaladas (fig. 12, A).

Estos fenómenos observados en grande a una esc la en la que cada brazo grande del zig-zag es de 10 15 metros, y cada brazo pequeño de zig-zag es de 1 ó metros, es observable también en pequeña escala en l categoría de micro-pliegues y de micro-ondulaciones (f gura 12, B).

Es de señalar que la disposición general de los estr tos es a NE., o sea, normal en 90° al rumbo herciniano

que es al NW. y, además, que en estos repliegues repetidos los trechos mayores son de rumbo NE. (fig 12), en tanto que los menores son N.-S. o SE.-NW.

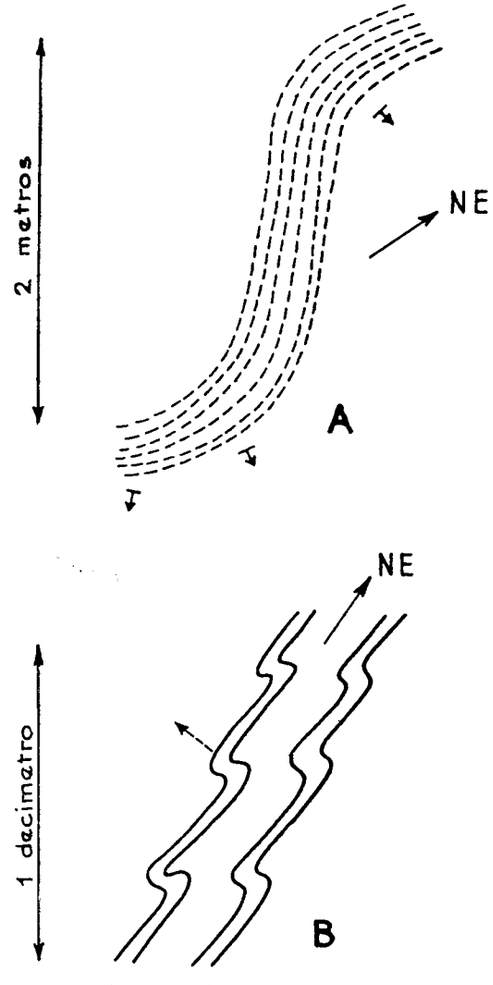


Fig. 12. Dos ejemplos de pliegues secundarios y de ondulaciones: A, pliegue a escala mayor; B, pliegue y ondulaciones a escala menor micropliegues.

Supuesta la fuerza de empuje procedente del NE., lo pliegues se producen en la parte distal de los brazo largos.

En este sector las pizarras no son mosqueadas n parecen afectados por metamorfismos de contacto de batolito próximo.

El territorio se continúa desde la vía del ferrocarri hasta la mina «La Unión», pero aquí nuestras notas so incompletas. En muchos puntos, las pizarras parecen si lúricas por su naturaleza y por su rumbo a NW. Es po sible que se trate de una escama de silúrico colocada sc bre las pizarras antiguas que, a la vez, soporta escama del Silúrico inferior cuarcítico.

El enlace de esto con la porción inferior del Puert de las Camellas no se ha podido hacer.

La apófisis granítica del Trasquilón

La superficie de pizarras de la penillanura del río Sa lor en el campo que se extiende desde la base de la Sierr de las Camellas, en un punto casi equidistante, entre lo bordes de los batolitos de Malpartida y de Torreorga se halla alterada por la presencia de una mancha gran tica, un «stock» granítico (fig. 1), en donde se asient el palacio del Trasquilón y existe una explotación m nera de estaño.

Este asomo de granito forma una masa que está d vidida en dos crestones relativamente suaves, cuyos r lieves paralelos tienen rumbo NE. El regato que los d vide va NE.-SW. Parece que contribuyen a reforz esta orientación general a NE. la presencia de vari

filones de cuarzo de igual rumbo y unos filones gruesos de cuarzo y de ambligonitas que siguen lo mismo.

No hemos tenido ocasión de ver los contactos de estos granitos con las pizarras circundantes. Las pizarras próximas a la mina «La Unión», con sus buzamientos al NW., parece que han de ser discordantes con la apófisis; las pizarras lejanas de Carretona de arriba, con buzamientos a SE., si persistieran hasta él también serían discordantes. En consecuencia, entretanto no se estudie mejor el granito del Trasquilón, cabe admitir que se trata de una apófisis eruptiva que surge en la charnela de un sinclinal antiguo.

Resumen sobre las pizarras antiguas

Por lo que queda expuesto, se deduce que en la parte basal del Puerto de las Camellas, al Sur del mismo existen unos terrenos constituídos por estratos pizarrosos, cuyas características principales son:

— Pizarras metamórficas, micacíticas, mosqueadas arcillosas, etc.

— Pizarras de rumbo general a NE., las de occidente con buzamiento a SE.; las de levante y centro con buzamiento a NW. (¿Sinclinal?).

— Pizarras concordantes con los batolitos de ambas márgenes, y las de SW., Torreorgaz, digeridas o penetradas por el granito.

— Pizarras atravesadas por un «stock» granítico, de Trasquilón, probablemente contemporáneo o algo posterior al origen del sinclinal.

— Pizarras profundamente afectadas por presiones

dinámicas, determinando, en muchos casos, una esquistoridad o pizarrosidad, y, en otras, muchos pliegues de origen secundario.

Los terrenos paleozoicos

Otros componentes geológicos del Puerto de las Camellas son los terrenos paleozoicos, representados por el Silúrico y el Devónico. Roso de Luna y Hernández Pacheco los han estudiado en la explicación de la Hoja número 703 (20), lo que nos releva de tener que insistir refiriendo los caracteres de cada uno de ellos.

Con respecto a las Camellas, lo que más interesa es el Silúrico, que está representado casi exclusivamente por las cuarcitas del Ordoviciense inferior. En este punto el relieve está constituído por una sierra de doble fila de montañas que se alinean paralelas y van de SE. a NW. La primera fila está formada por bancos de cuarcita de rumbo NW. y buzamiento a NE. (fig. 13, A) determinando unas laderas que miran a SW. y a Mediodía, cuarcitas de rocas peladas que descienden agrestes y terminan en escombreras y depósito de cantos sedimentarios. La parte alta de la sierra lo constituye el saliente de las cuarcitas que resiste a la erosión.

Por el dorso de estas cuarcitas, esto es, al NE., no existe representación de pizarras: inmediatamente sobre ellas descansa la segunda fila de montañas (figura 13, B), constituída por una repetición de cuarcitas de igual rumbo y de igual buzamiento que las anteriores. Esta segunda alineación, en general, es más alta y el buzamiento algo más exagerado. Las cuarcitas también coronan la cumbre en forma de gran crestón lor

gitudinal, y los bancos cuarcíticos cortados en talud miran a SW.

Por la parte dorsal de estas segundas montañas, algo separadas de ellas, corre paralelo un relieve de pizarras silúricas (fig. 13, C), oscuras, arcillosas, hojosas, azuladas en ciertos tramos, que son concordantes a las cuarcitas y que corresponde a la continuación estratigrafica de la serie silúrica. Más distantes están las ca-

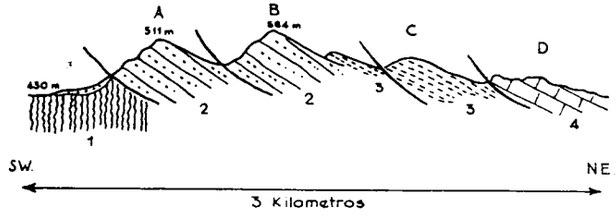


Fig. 13.—Corte muy esquemático del Puerto de las Camellas: 1. Pizarras antiguas casi verticales y de rumbo NE. 2. Cuarcitas del Silúrico inferior de rumbo NW. y buzamiento a NE., que en A se apoyan sobre las pizarras antiguas en discordancia angular, y en B las cuarcitas se montan sobre las anteriores, según un gran manto de superposición. 3. Pizarras del Silúrico medio y superior cabalgando sobre el Silúrico inferior. 4. Calizas devónicas cabalgando y transportadas sobre el Silúrico.

lizas devónicas (fig. 13, D), con igual rumbo e igual buzamiento que las cuarcitas y las pizarras.

Existe una continuación normal, concordante, de cuarcitas, pizarras y calizas.

La observación directa advierte que las cuarcitas del Silúrico inferior y las capas más inferiores que forman la cara de la Sierra de las Camellas, están cabalgadas por las cuarcitas de la segunda línea montañosa. Se observa que cuarcitas idénticas petrográficamente, de la misma edad, han montado unas sobre otras, dando lugar a un relieve que se ha exagerado más, tanto por la

índole del accidente, como por la vigorosa dureza d la roca.

Las calizas devónicas presentan caracteres similare a los de estas pizarras. La distancia estratigráfica rea que existe entre pizarras silúricas y calizas devónicas e muy corta, y esto hace suponer que la serie silúrica n está completa y que los tramos superiores que falta es porque están por debajo de las calizas y porque es tas han montado en forma de escama (fig. 13, D).

La tectónica del Puerto de las Camellas

Por lo que se lleva dicho resulta que los terrenos p zarrosos antiguos parece que en su disposición puede referirse a un gran sinclinal, en el que los flancos s apoyan al SE. en el batolito de Torreorgaz, y al NW en el borde del batolito de Malpartida de Cáceres, sin clinal que tiene un eje y un plano axial de rumbo SW NE., al que, como es evidente, quedan paralelos en s rumbo todos los estratos de los que denominamos t rrenos antiguos. Parece que por la charnela de este si clinal es por donde ha asomado el granito del Tra quilón en forma de «stock».

El Silúrico y el Devónico concordantes, como h mos visto, tienen una disposición de rumbo al NW, un buzamiento isoclinal al NE. y sus componentes e tratigráficos descansan sobre las pizarras antiguas c discordancia angular y, como se ha dicho, este Paleoz co se halla dispuesto en escamas, montando sobre mismo en cabalgaduras que se encaran hacia el SW. (gura 14).

El cuerpo de montañas que forman la Sierra de las Camellas se halla cortado, de ladera a ladera, transversalmente, por fallas potentes que han permitido desenganches tectónicos acusados y han facilitado la formación del Puerto y trazado de algunos arroyos.

Al pie de la Sierra de las Camellas, en la mina «La Unión» y en plena llanura del río Salor, pueden comprobarse planos de fallas longitudinales, que han permi-

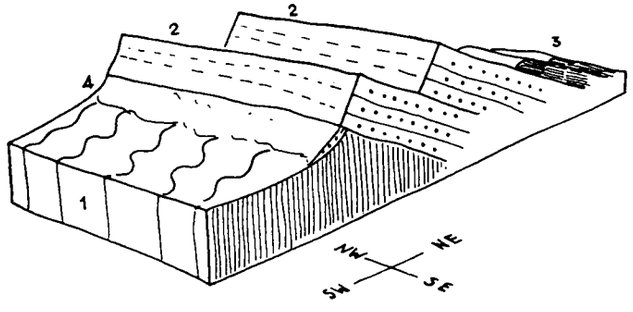


Fig. 14.—Bloque esquemático de la estructura de la Sierra de las Camellas: 1. Pizarras antiguas de rumbo NE., onduladas por presiones hercinianas. 2. Cuarcitas del Silúrico inferior, dispuestas en doble fila por efecto de un cabalgamiento dinámico, y con rumbo NW. herciniano. 3. Pizarras silúricas y calizas devónicas, superpuestas con resbalamientos sobre las cuarcitas, formando un conjunto de igual rumbo e igual buzamiento. 4. Derrubios de ladera de montaña, principalmente cuaternarios.

tido descompensaciones por movimientos de descenso en vertical, de donde han resultado ciertas superficies de escalonamiento en la penillanura total y la persistencia de ciertas rasantes de erosión.

En síntesis tenemos: estratos antiguos plegados y de rumbo NE. que soportan, en discordancia angular, renegante, estratos del Paleozoico, de rumbo NW., hecho de capital importancia (fig. 14).

Las pizarras antiguas en sinclinal, o por lo menos

dotadas de una gran verticalidad y con rumbo NE., implican que han sido plegadas y movidas en una orogenia antigua diferente, en el tiempo y en los rumbos generales, a la orogenia que plegó al Paleozoico.

El Paleozoico, sobre todo el Silúrico inferior de cuarcitas, colocado por encima de las pizarras antiguas en escamas superpuestas, ha sido afectado por las orogenias caledoniana y herciniana.

Los empujes han procedido de NE. a SW., presionando contra el sector de las pizarras antiguas que actuaron de antepaís. El vigor de estos empujes ha quedado grabado en los repliegues y ondulaciones que presentan las capas de pizarras antiguas y en las ondulaciones que presentan los filones metalizados de la mina «La Unión».

El sector de las pizarras antiguas de la planicie del Salor debió ser un fondo marino anterior al Paleozoico que, plegado después de su período de sedimentación, emergió considerablemente, por lo que, al formarse el Silúrico, debió ser un sector continental, en cuyo borde se depositaron las cuarcitas, las pizarras silúricas, etc. Al producirse las orogenias caledoniana y herciniana, este paleozoico marginal resbaló sobre el borde del antepaís, pizarroso antiguo, levantándose en escamas y formando en conjunto un sinclinal en el sector del recinto de Cáceres.

Resumiendo los hechos, tenemos:

1. Formación de depósitos de arcillas, arenas, etc., que más tarde dieron lugar a los estratos que constituyen las pizarras y las micacitas, etc., que denominamos «pizarras antiguas», y cuya edad, por ahora, nos es desconocida.

2. Orogenia que dió lugar al plegamiento de est terrenos antiguos, caracterizada porque el rumbo de l ejes de los pliegues a NE., y las fuerzas presionant procedentes del NW. o del SE., o simultáneamente los dos sentidos.

3. Probable aparición de la apófisis granítica d Trasquilón, caracterizada por estar orientada a NE con dos líneas de relieve paralelas y en este sentid Y con igual rumbo que la emisión de filones de cua zo estanífero y filones de cuarzo ambliogonítico. Los fil nes estaníferos atraviesan también las coberteras de p zarras antiguas.

4. Como consecuencia de lo anterior, probable eme gencia de un territorio continental o de un subsuelo sul marino de poca profundidad.

5. Desconocimiento de los comienzos de los tien pos paleozoicos y del período Cámbrico.

6. Transgresión del Silúrico inferior, en parte s bre las pizarras antiguas, seguida de un largo períod de duración, para dar lugar a la formación de tod los sedimentos de esta edad y de su continuación en Devónico.

7. Distintas fases de los movimientos caledonian y hercinianos, acaecidas durante dicho largo períod llevando a las consecuencias tectónicas que han qued do expuestas.

8. Actividad de las fallas y de otros movimient parciales posteriores a la orogenia herciniana.

El problema de la edad de las pizarras antiguas

La edad de las «pizarras antiguas», que ocupan una gran parte de la penillanura del río Salor y de las estribaciones meridionales del Puerto de las Camellas, es de difícil determinación, puesto que por estratigrafía no se posee ningún carácter de tipo decisivo, y por paleontología sucede lo mismo, puesto que hasta ahora no se han encontrado restos fosilíferos. De aquí que el criterio más decisivo, para poder deducir su antigüedad, es el criterio tectónico, basado en los puntos que en repetidas veces han sido aludidos:

Las «pizarras antiguas» debajo del Silúrico.

La discordancia de contacto y la discordancia tectónica.

Los pliegues a NE. indicando una orogenia propia y de absoluta independencia herciniana.

Por consiguiente, para determinar la edad de dichas formaciones por medio de la tectónica, el punto capital estriba en poder dilucidar la última cuestión expuesta.

Al estar en presencia de un Silúrico bien representado, lo primero que cabe pensar es que estos llamados terrenos antiguos fueran en realidad formaciones atribuíbles a un Paleozoico inferior, al Cámbrico, por ejemplo, que, por ahora, no ha sido datado con toda precisión por estos contornos geográficos. Pero la idea se desecha en seguida cuando se piensa que casi todos los geólogos admiten que, en nuestra Península, el Cámbrico y el Silúrico están concordantes y que en nuestro país las orogenias caledoniana y herciniana, cuando actuaron, plegaron simultáneamente a dichos dos

grandes periodos (Cámbrico-Silúrico). Por tanto, no es posible admitir, para nuestro caso, que dos orogenias independientes plegaran primero al Cámbrico («pizarras antiguas») y después al Silúrico (cuarcita de las Camellas). Al no existir aquella concordancia general en aquellas «pizarras», deben ser anteriores al Paleozoico.

Si en el sector del «recinto de Cáceres» no asoman formaciones cámbricas concordantes con las silúricas las causas geológicas pueden estar o en que el Cámbrico se halle totalmente oculto por el Silúrico, o también en que, por las causas que sean, al producirse, en su tiempo, las transgresiones del Cámbrico, éstas no llegaron a cubrir las «pizarras antiguas», que ya eran masa continental, nivel que solo logró más tarde la transgresión del Silúrico, favorecida por movimientos epirogenéticos de la fase Sárdica. Cualquiera de las dos suposiciones que hacemos alejan la posibilidad de que la «pizarras antiguas» puedan identificarse con el Cámbrico.

Cabe apelar a otra clase de consideraciones.

La apófisis granítica del Trasquilón atraviesa pizarras antiguas, y no parece que se halle en contacto con el Silúrico. Este hecho no es suficiente para poder deducir que se trata de un granito anterior al Silúrico puesto que la emisión pudo haberse producido al plegarse estos terrenos, con la circunstancia de haber atravesado, nada más, formaciones antiguas aunque el Silúrico ya existiera.

No hay ningún dato (no lo tenemos nosotros) que nos indique el momento preciso de la erupción. Ahora bien, indirectamente podemos colegir lo que sigue:

El granito del Trasquilón fué un «stock» que dió lugar a fuertes emisiones de filones portadores de estaño y otros metales. Raíces principales de estos filones se han explotado sobre la misma masa granítica. Los filones no quedaron solo sobre este cuerpo granítico: desde el propio batolito, oculto por las pizarras antiguas de cobertera, surgieron filones de cuarzo atravesando a estas pizarras. En la mina «La Unión» (punto conocido por nosotros), los filones fueron muchos, paralelos, a veces muy potentes y, a juzgar por la manera de presentarse, cabe suponer que cuando se produjeron aprovecharon fisuras y diaclasas paralelas de planos bien conformados geométricamente, atravesando paquetes de estratos normales y poco trastornados, de tal manera, que entre batolito, filones y cobertera de pizarras, hubo una estructura geológica normal

Al observar actualmente a las pizarras antiguas que están formando aquella cobertera y a los filones que la atraviesan, se comprueba que una y otros han sido sometidos a fuertes trastornos dinámicos que ya conocemos (fig. 9), presentando siempre, los filones en particular, contexturas cataclásticas.

En un orden normal no es posible que los filones surjan atravesando una masa pizarrosa de una manera tan irregular; por tanto, si los trastornos que presentan las capas de pizarras y los planos de los filones son consecuencias de empujes caledoniano-hercínicos resulta que cuando éstos se produjeron, los filones ya habían aparecido, por consiguiente, la actividad pegmatítico-filoniana de los granitos del Trasquilón debe haber tenido lugar mucho antes y relacionada íntimamente con una orogenia propia que plegó independien

te a las pizarras antiguas rumbo NE. y fué anteric también a la orogenia que, al afectar al Silúrico, prodi jo los mentados trastornos.

Estos razonamientos nos llevan a la conclusión d que las pizarras de la base del Puerto de las Camella y parte de la llanura del Salor, son de tiempos prepa leozoicos, anteriores al Silúrico-Devónico, anteriores las orogenias caledoniano-herciniana. No siendo posibl afinar más con los datos que poseemos hasta ahora, ser de interés recordar lo que sucede a este respecto en otro parajes de la Península.

Sobre los terrenos y las orogenias prepaleozoico

Los criterios de los geólogos nacionales y extranjero que se han ocupado de los terrenos anteriores al Paleo zoico y de los movimientos orogénicos de la Peninsula anteriores a los hercinianos, se pueden disponer en do grupos opuestos: uno, el de los que admiten poco des arrollo para los períodos prepaleozoicos y considera que sólo ha existido una orogenia antigua decisiva, l herciniana; y otro, el de los que admiten la existencia d los terrenos prepaleozoicos (no precisamente arcaico-cris talofílicos) y fases orogénicas caledónico-hercinianas.

Para no entrar en consideraciones más o menos re trospectivas (y debatidas), podemos tomar como referen cia de partida la revisión que han hecho de estos pro blemas los autores alemanes en un conocido conjunt de trabajos, que ya van quedando algo rezagados. No referimos a la colección de artículos publicados en 195 por el Instituto «Lucas Mallada», donde Sitter, Lotze

Carlé y Schmidt-Thomé (véase bibliografía adjunta) sientan afirmaciones rotundas para aquellos momentos.

Dichos autores, siguiendo la escuela de Stille, sostienen que el basamento antiguo de la meseta Ibérica, es totalmente varíscico. Señalan que muchos terrenos considerados como arcaicos son formaciones mucho más recientes, si bien están muy metamorfoseados. Con grandes reservas admiten la posible existencia de niveles Algonquienses o Precámbricos; e igualmente dudan de la existencia de pruebas sobre movimientos caledónicos, y si alguno se ha reconocido, hace referencia a manifestaciones muy débiles.

De antiguo y con posterioridad a estos trabajos alemanes, los geólogos portugueses han efectuado varias investigaciones en su territorio. Bastará recordar las conocidas aportaciones de Nery-Delgado, Carrigton da Costa, Teixeira, Thadeu, Cotelo Neiva y algunos más (véase bibliografía adjunta).

Han estudiado diversas formaciones antiguas, a veces consideradas arcaicas, y niveles que atribuyen, con mas o menos dudas, al Algonquiense o a formaciones precambianas imprecisas. Casi todos ellos se han ocupado de ciertos «complejos esquistoso-granváquicos» de difícil determinación, pero rigurosamente ante-silúricos. Complejo que está en franca discordancia angular sobre terrenos cristalinos antiguos y sobre el cual descansa a su vez, en discordancia, el Ordoviciense. De estos hechos se deduce además la existencia de una orogenia anterior a la hercínica y un período erosivo anterior al Silúrico.

Por lo que hace referencia a los trabajos de nuestros investigadores, son sabidas las ideas que sustenta-

ron MACPHERSON, CALDERÓN, FICHER (no español), HE NÁNDEZ-PACHECO (E.), SAMPELAYO, CUETO, etc. (véase b bliografía), sobre los problemas del Arcaico, del Cámbi co y de los movimientos orogénicos caledonianos. Lo geólogos posteriores, PARGA-PONDAL, MELÉNDEZ, SCHNE DER (no español), SOLÉ SABARÍS, LLOPIS LLADÓ y HE NÁNDEZ-PACHECO (F.), han rectificado conceptos y ha dado nuevos puntos de vista. En las recientes public ciones de las Hojas del Mapa Geológico de España, d Instituto Geológico y Minero, se pueden encontrar, pri cipalmente, nuevos datos sobre estas cuestiones.

SOLÉ, HERNÁNDEZ-PACHECO (F.), etc., aluden, en su escritos, a la posibilidad de que existan en la Península terrenos prepaleozoicos y algónquicos; en especial segundo autor alude a terrenos de cierta naturaleza e Extremadura. Dichos geólogos y PARGA-PONDAL hace referencias a movimientos anteriores al Herciniano. Pe a pesar de todo esto, es lo cierto que, hasta ahora, n se han hecho todavía nuevas afirmaciones categóric sobre la presencia en nuestro país de terrenos algó quicos; ni de sus caracteres petrográficos-tectónicos, ni de localidades geográficas donde afloran de una mane potente.

CONCLUSIÓN

Las rápidas alusiones a la existencia de formacione geológicas que se pudieran parangonar con las «pizarr antiguas» del Puerto de las Camellas, no nos permite hacer deducciones de una manera segura. Ciertas coi cidencias litológicas, estratigráficas y tectónicas de l que se han apuntado, no son suficientes para poderl tomar como conclusiones. Las mismas dudas de los au

tores al tratar de dichos materiales, obligan a guardar una reserva prudente.

Sin embargo, no se puede negar que existen varios hechos cuyo alcance no se puede todavía adivinar, pero que deberán tenerse en cuenta en futuras investigaciones.

Hechas las salvedades que preceden al plantear nuestra conclusión final, provisional, hacemos resaltar como puntos básicos los siguientes:

1. Que existen pizarras antiguas, metamórficas de rumbo NE. y buzamientos NW. y SE. que es de suponer respondan a una tectónica pre-caledónico-hercínica.

2. Que existen pizarras antiguas (seguramente no cámbricas), que en discordancia angular sirven de sustentación al Silúrico inferior de rumbo NW. y afectado por la orogenia caledónico-herciniana.

3. Que existen pizarras antiguas que han soportado los empujes de la orogenia que afectó al Silúrico, produciendo sobre ellas repliegues secundarios por haber actuado como «antepaís».

En conclusión: Por toda la exposición hecha en este trabajo y por estas consideraciones últimas, creemos provisionalmente, que las «pizarras antiguas» del Puerto de las Camellas son una representación de los terrenos algónquicos españoles, esto es, unas formaciones geológicas sedimentarias situadas entre los terrenos paleozoico, *techo* y un nivel más inferior, desconocido teórico (¿arcaico?), *yacente*.

Laboratorio de Geología y Minería
Mérida (Badajoz)

Recibido en 9-IV-1958.

BIBLIOGRAFÍA

(1) CALDERÓN (S.): *Ensayo orogénico sobre la Meseta Central de E paña*. An. Soc. Esp. Hist. Nat., Madrid, 1885.

(2) CARLÉ (W.): *Resultado de investigaciones geológicas en las fo maciones antiguas de Galicia* (Trad. J. M. Ríos), Inst. «L cas Mallada», Consejo Sup. Inv. Cient. Madrid, 1950.

(3) CARRINGTON DA COSTA (J.): *O paleozoico português (Sintese e C tica)*. Tesis doctoral. Porto, 1931.

(4) — — *A tectónica de Portugal no quadro da orogenia hispani* «Las Ciencias», año X. Madrid, 1945.

(5) — — *Breves considerações sobre os terrenos agnostozicos*. «A Cien. Nat.», V, 1, Braga, 1946.

(6) — — *Quelques remarques sur la tectonique du Portugal*. «B Soc. Geol. de Portugal», vol. III. fasc. III. Porto, 1951.

(7) — — *Os movimientos caledónicos e preliminares hercínicos Península Ibérica*. «Bol. Soc. Geol. de Portugal», vol. X. Pe to. 1952. (Idem, idem, trad. B. MELÉNDEZ. Madrid, 1953.)

(8) COTELO NEIVA (J. M.): *A idade dos granitos portugueses*. «B Soc. Geol. de Portugal», vol. III. Porto, 1943.

(9) CUETO Y RUI-DÍAZ (E.): *Algunas consideraciones sobre la tec nica de la Península Ibérica*. Reseñ. Científ. Soc. Esp. Hi Nat., t. VI.

(10) DANTÍN CEREDA (J.): *Resumen fisiográfico de la Península Ib rica*. Trab. Mus. Nac. Cien. Natur. Madrid.

(11) EGOSCUÉ (J.) y MALLADA (L.): *Memoria geológico-minera de la p vincia de Cáceres*. Com. Map. Geol. de España. Madrid, 1876.

(12) FICHER (TH.): *Versuch einer wissenschaftlichen Orographie der Ib rischen Halbinsel Dr. A. Pettermanns Mitt.* Band 40, 1894.

(13) FLEURY (E.): *Les plissements hercyniens en Portugal*. Com. Se Geol. de Portugal, t. XIII. Lisboa, 1919-1922.

(14) GÓMEZ DE LLARENA (J.): *Bosquejo geográfico-geológico de los mo tes de Toledo*. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol., núm. 1 Madrid, 1916.

(15) HERNÁNDEZ PACHECO (E.): *Síntesis fisiográfica y geológica de E paña*. Trab. Mus. Nac. C. Nat., Serv. eGológ., núm. 38. M drid, 1934.

(16) — — *Poleografía del solar hispano durante el Paleozoico*. «Bol. S Esp. Hist. Nat., t. XLIX, 1951.

(17) HERNÁNDEZ PACHECO (F.): *Hoja núm. 729. Alcuescar (Cáceres-Ba dajoz)*. Expl. Mapa Geológ. de España. Inst. Geol. y Min. Ma drid, 1951.

(18) — — *La Sierra de San Pedro y su terminación geotectónica en l Serrata de Alcuéscar (Cáceres)*. «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.» t. XLIX. Madrid, 1951.

(19) — — *Edad de las formaciones con facies estrato-cristalinas en l provincia de Badajoz*. «Not. y Com. Inst. Geológ. y Miner de España». Madrid, 1953.

(20) — — *Hoja núm. 704. Cáceres*. Expl. Mapa Geol. de España, Ins tituto Geol. y Min. Madrid, 1949.

(21) HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.): *El Cambriano en España*. «Mem. Ins tituto Geol. y Min. de España». Madrid, 1935.

(22) — — *El sistema Siluriano*. «Mem. Inst. Geol. y Min. de España» Madrid, 1942.

(23) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): Véase números 33 y 34.

(24) LOTZE (F.): *Algunos problemas de la meseta ibérica*. (Traducció: J. M. Ríos.) Instituto «Lucas Mallada». Cons. Sup. Inv. Cien tíficas. Madrid, 1950.

(25) — — *Observaciones respecto a la división de las variscides de l Meseta Ibérica* (Trad. J. M. Ríos). Instituto «Lucas Mellada» Cons. Sup. Invest. Cient. Madrid, 1950.

(26) MACPHERSON (J.): *Noticia acerca de la especial estructura de la Pen ínsula Ibérica*. «Anal. Soc. Esp. Hit. Nat. Madrid, 1789-1880.

(27) — — *Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica*. «Anal Soc. Esp. Hist. Nat.», Madrid, 1901.

(28) — — *La sucesión estratigráfica de los terrenos arcaicos de España* «Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XII. Madrid, 1883.

(29) MALLADA (L.): Véase Egoscué y Mallada; véase número 11.

(30) MELÉNDEZ (B.): *Los terrenos cámbricos de la Península Hispánica* Trab. Inst. Cienc. Nat. «José Acosta», Serv. Geología, t. I Madrid, 1943.

(31) MARTÍN CARDOSO: Véase número 33.

(32) PARGA PONDAL (I.): *Noticia explicativa del Mapa Geológico d la parte N.-O. de la provincia de La Coruña*. (Leidse Geolog Mededelingen. Leiden, 1956.

(33) PARGA PONDAL (I.), LÓPEZ AZCONA (J. M.), MARTÍN CARDOSO (G.) *Hoja núm. 43 Lage (La Coruña)*. Mapa Geol. de España. Ins Geol. y Minero. Madrid, 1953.

(34) PARGA PONDAL (I.), LÓPEZ DE AZCONA (J. M.), TORRE ENCISO (E.) *Hoja núm. 67. Mugia (La Coruña)*. Mapa Geol. de España. Ins tituto Geol. y Minero. Madrid, 1955.

(35) RAMÍREZ RAMÍREZ (E.): *El macizo orográfico de las Villuerca.* «Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. I. Madrid, 1952.

(36) — — *El límite cambriano-siluriano en el borde noroccidental d los montes de Toledo* Not. y Com. Inst. Geol. y Minero d España», núm. 40. Madrid. 1955.

(37) ROSO DE LUNA (I.) y HERNÁNDEZ PACHECO (F.): Véase Hernández Pacheco (F.), números 17, 18 y 20.

(38) SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.): *Las fases orogénicas de Still en las formaciones geológicas de España.* «Las Ciencias», número 3, 1942.

(39) SCHNEIDER (A.): *Prospecção mineira e zonas geotectónicas na metalogínese ibérica.* Técnica. «Rev. de Ing. dos Alum. de I. S. T. núms. 171, 176. Lisboa, 1947.

(40) SITTER (L. U.): *El desarrollo del Paleozoico en el noroeste e España* (Trad. A. ALMELA). Instituto «Lucas Mallada». Consejo Superior Inv. Cient. Madrid, 1950.

(41) SOLÉ SABARÍS (L.) y LLOPIS LLADÓ (N.): *España. Geografía física. t. I de la Geografía de España y Portugal.* por Manuel Terán. Barcelona, 1952.

(42) SOS BAYNAT (V.): *Geología y Morfología de las Sierras de la Villuercas.* «Estud. Geográf.», año XVII. núm. 64. Madrid, 1955.

(43) STAUB (R.): *Gedanken zur Tektonik Spanien*, pág. 312, 1926.

(44) STILLE (H.): *Über Westmediterrane Gebirgszusammenhäge.* páginas 18-19. Berlin, 1927.

(45) TEIXEIRA (C.): *O Paleozoico Ibérico e os movimentos Caledónicos e Hercínicos.* «Bol. Soc. Geol.» de Portugal. v. III. Porto, 1943.

(46) — — *Notas sobre a Geología de Portugal. O Sistema Cámbrico.* Lisboa, 1943.

(47) — — *Les conglomerats du Complexe de schistes et granvaque ante-ordovucien. portugais.* «Bol. Ac. das. Cien. de Lisboa» Lisboa, 1954.

(48) — — *Os conglomerados do complexo xistogranváquico antesilúrico. Sua importáncia geológica e paleogeográfica.* Común. de Ser. Geol. de Portugal. t. XXXV. Lisba. 1954.

(49) — — *Le Cambrien portugais et ses problémes.* «Bol. Mus. La Min. e Geol. da Facult. de Cien. da Universidad de Lisboa núm. 24. Lisboa. 1956.

(50) THADEU (D.): *Geología e Hidrología Geral do País.* «Tenica Re Eng. dos Alumnos. do I. S. T.», Lisboa. 1956.

(51) — — *Geología a Jazigos de chumbo e zinco da Beira Baixa.* «Bol. Soc. Geol. de Portugal, v. IX. Porto, 1951.

(52) — — *A Cordilhera central entre as serras da Guardunha e de Sáo-Pedro-do-Açor.* «Bol. Soc. Gral. de Portugal», vol. VIII. Porto 1949.

(53) — — *Geología de Couto Minero da Panasqueira.* «Común. Servicio Geol. de Portugal». Lisboa, 1951.

(54) TORRE ENCISO (E.): Véase número 34.

(55) WEIBEL (M.): *Zur lagerstättenkunde Westspaniem Uberblick über die Petrographie und mineralogische Beschreibung der Lagerstätten Zentral-Estremaduras.* Heid. Beiträge zur Min. Petrog. Bd. 4 S. 379, Zurich, 1955.

Fig. 1.—Talud de la ladera izquierda del afluente del río Salor (Cáceres), formado por pizarras antiguas de rumbo NE. y buzamiento NW. (*Fot. V. Sos.*).

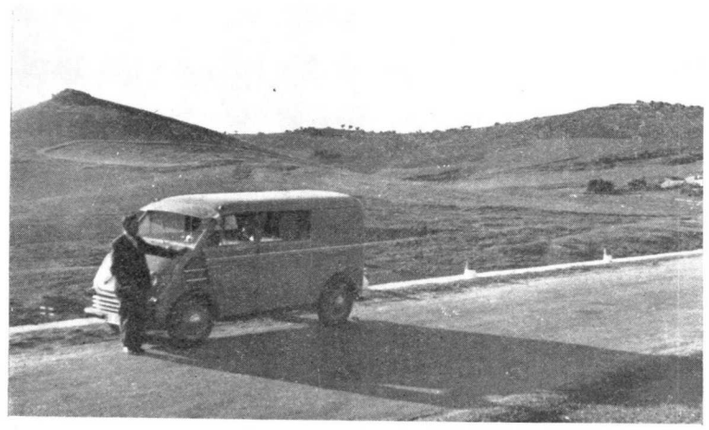


Fig. 2.—Puerto y Sierra de las Camellas, con cuercitas silúricas de rumbo NW. y buzamiento NE. Las cuarcitas del horizonte del segundo término cabalgan sobre las cuarcitas de la cumbre aguda del primer término a la izquierda de la fotografía. (*Fot. V. Sos.*).

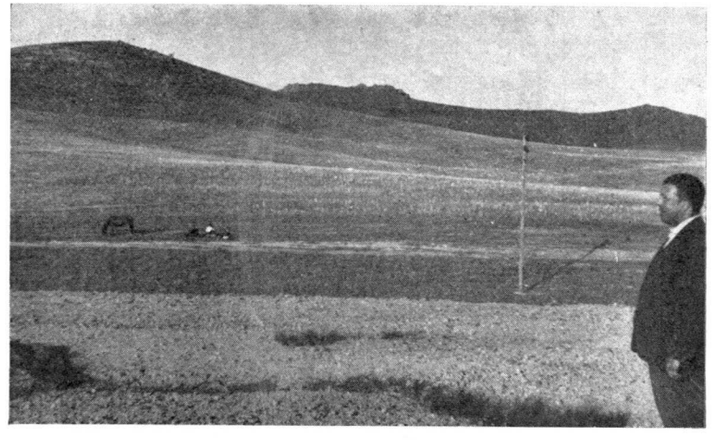


Fig. 1.—Sierra de las Camellas con cuarcitas silúricas de rumbo NW. y buzamiento NE. con doble perfil de sierras, el posterior cabalgando sobre el anterior. *(Fot. V. Sos).*

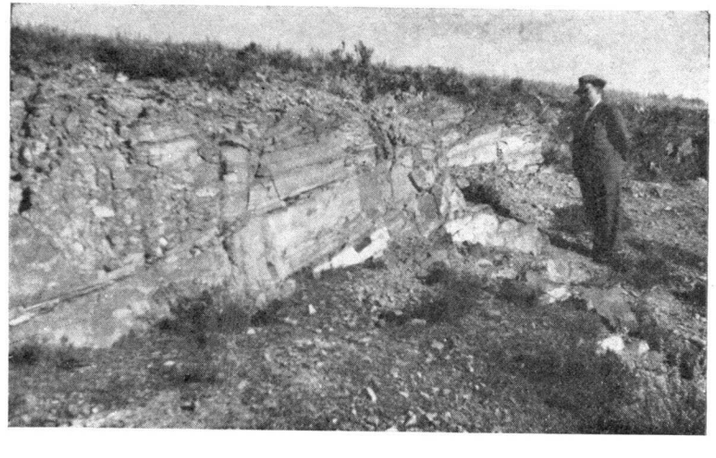


Fig. 2.—Sierra de las Camellas. Banco escama de cuarcita silúrica de rumbo NW. y buzamiento NE. profundamente milonitizadas, laminares, astillosas por efectos de empujes orogénicos con cabalgamientos. *(Fot. V. Sos.).*

Fig. 1.—Puerto de las Camellas. Bancos de cuarcitas silúricas milonitizadas, astillosas, presentando una zona de resbalamiento muy triturada por presiones y fricción (Véase figura siguiente). *(Fot. V. Sos.)*.

Fig. 2.—Interpretación de la figura anterior. En *c* y *c'* mantos de cuarcitas silúricas, astillosas, resquebrajadas y dispuestas en bisel por efectos mecánicos. En *a* y *b*, zona de resbalamiento de escamas de mantos de cuarcitas, muy milonitizada, cataclástica, testigo de los efectos de las presiones mecánicas.

Estratificación y crucero

POR

S. GARCIA-FUENTE
Ingeniero de Minas

S. GARCIA-FUENTE

ESTRATIFICACION Y CRUCERO

En la prospección de piritas que la Empresa Nacic nal ADARO realiza en la zona reservada al Estad en la provincia de Huelva, figura como fase primordi: el levantamiento de la geología en la región. Este tr: bajo, realizado bajo la dirección del autor de estas l neas, con la colaboración de los ingenieros señores Ol veros y Herrera y del ayudante señor Domínguez, s ha llevado a cabo con bastante detalle, trabajando s bre el mapa a escala 1:25.000, y en determinadas z nas, con escala 1:10.000. También ha sido utilizada fotografía aérea.

La extensión de la zona estudiada es grande, aba cando una superficie equivalente a unas cinco hojas d mapa nacional a escala 1:50.000, es decir, unos 2.7 kilómetros cuadrados. Se han hecho infinidad de o servaciones, se han tomado rumbos, buzamientos, mue tras, tanto de rocas eruptivas como sedimentarias (cl sificadas por nuestro compañero señor Febrel, especi lista en la materia): se han determinado los contact de las diversas clases de rocas, se han recogido fósil etcétera, etc., y, sin embargo, la geología de la regi no está completa, pues no podemos establecer una tratigrafía que dé satisfacción. La razón es la siguient

Al intentar confeccionar los cortes geológicos, se encuentran unos espesores de pizarras tan enormes, que nos resistimos a tomarlos en consideración. Existen zonas en donde los estratos se presentan con una pendiente de 60° aproximadamente, en recorridos de 15 kilómetros, sin variaciones aparentes. Ello da lugar a entrar en sospecha, si no estaremos tomando, nosotros y nuestros predecesores, por buzamiento lo que en realidad no es más que la pizarrosidad producida por los planos de crucero (1).

La escasez de fósiles en amplias zonas es otro hecho que llama la atención, y la atribuímos también a la misma causa. Estamos habituados a buscar los fósiles en las caras planas de los trozos de roca que observamos,

(1) Al llegar a este punto hemos de dar alguna explicación sobre los términos empleados, que aunque prácticamente los hemos admitido en nuestros trabajos, no por ello los consideramos como definitivos.

Las voces empleadas están aceptadas en el Diccionario de Geología de Novo, pero también figuran otras sinónimas, y se pueden emplear indistintamente. Para nosotros la palabra crucero, es la que encontramos más adecuada y ya nos resulta hasta familiar.

Damos unos cuantos términos sinónimos en nuestro idioma y las traducciones más típicas en francés, inglés y alemán.

Estratificación.		Bedding.	
Crucero.	Clivage.	Cleavage.	Schieferung.
Crucero fluidal (verdadero crucero).	Clivage de flux.	Flow cleavage slatiness.	Ausweichungs cleavage.
Crucero de fractura (false crucero).	Faux clivage. Clivage de fracture.	Fracture cleavage. Strain slip cleavage. Shear planes. Rift.	Sekundäre schieferung.
Pizarra.	Schiste.	Slate.	Schief.
Esquisto.			
Exfoliación.			
Esquistosidad.	Schistosité.	Schistosty.	
Pizarrosidad.			
Hojosidad.			
Tegulismo.			

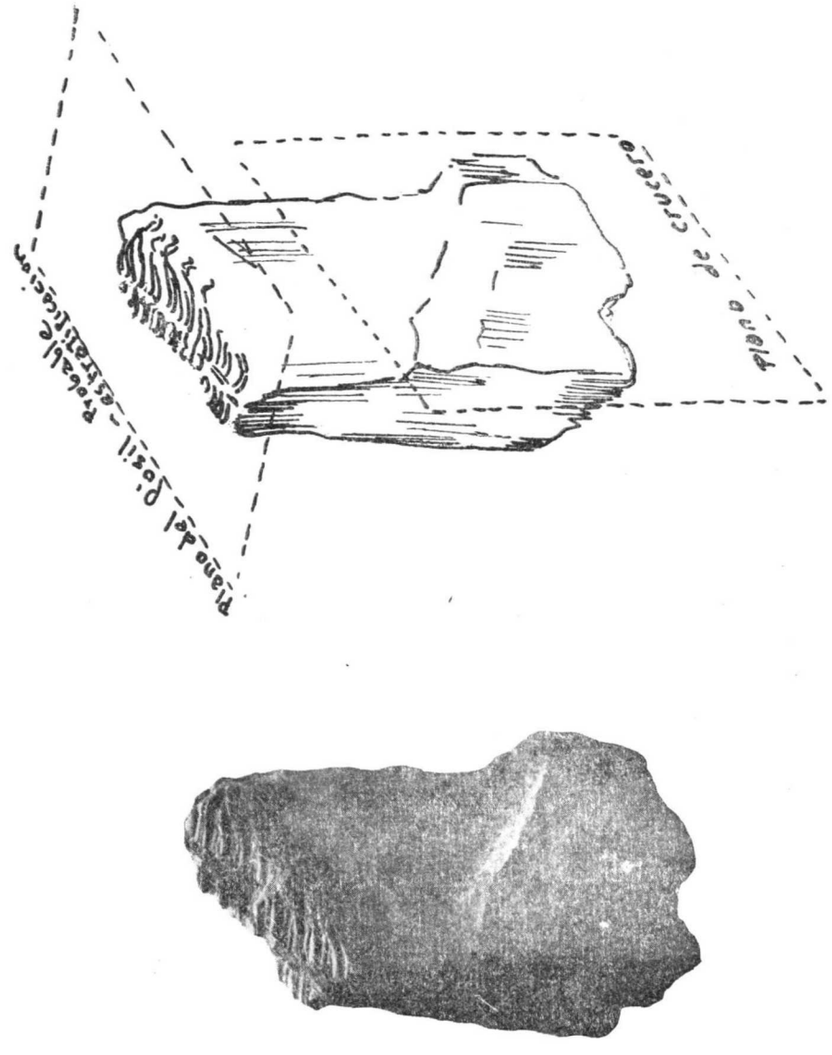


Fig. 1.—Posición respecto a los planos de crucero de un *Paradoxides Spinosus* del Cámbrico de Tharsis (Huelva)

que coinciden generalmente con los de la estratificación, y los planos que generalmente nos ofrecen las pizarras no son éstos, sino los de crucero, los de pizarrosidad. El plano primitivamente horizontal, según el cual suele depositarse el fósil, forma un cierto ángulo con el plano observado, y solamente podrá verse en éste la sección del fósil. Se comprende que, en el caso de los Graphtolites, por ejemplo, es poco menos que imposible el hallazgo.

Damos un ejemplo en las figuras 1 y 2, con dos ejemplares de *Paradoxides spinosus*, encontrados por el ingeniero de minas señor Vázquez en la corta de Tharsis. Dada la forma plana de este trilobites, lo más probable es que se haya depositado paralelo a los planos de estratificación. Véase cómo su posición forma, en un caso, un pequeño ángulo con la cara de esquistosidad, y en otro es casi normal.

Aparece, por consiguiente, la pizarrosidad como elemento muy a tener en cuenta en la interpretación geológica en la región.

La consideración de este concepto de crucero se encuentra en estudios de detalle hechos en las minas de Río Tinto, Tharsis, etc., trabajos de los cuales damos cuenta en la bibliografía que acompañamos (18, 19), pero no se deducen consecuencias, ni figuran en los cortes, y sólo sirven para aducir argumentos tectónicos, con vistas a la explicación de la génesis de los criaderos.

Sin embargo, es un fenómeno conocidísimo y para nosotros ha sido una sorpresa el no encontrar antecedentes en nuestra literatura geológica, siendo tan abundante la que puede citarse ajena, como vemos en la

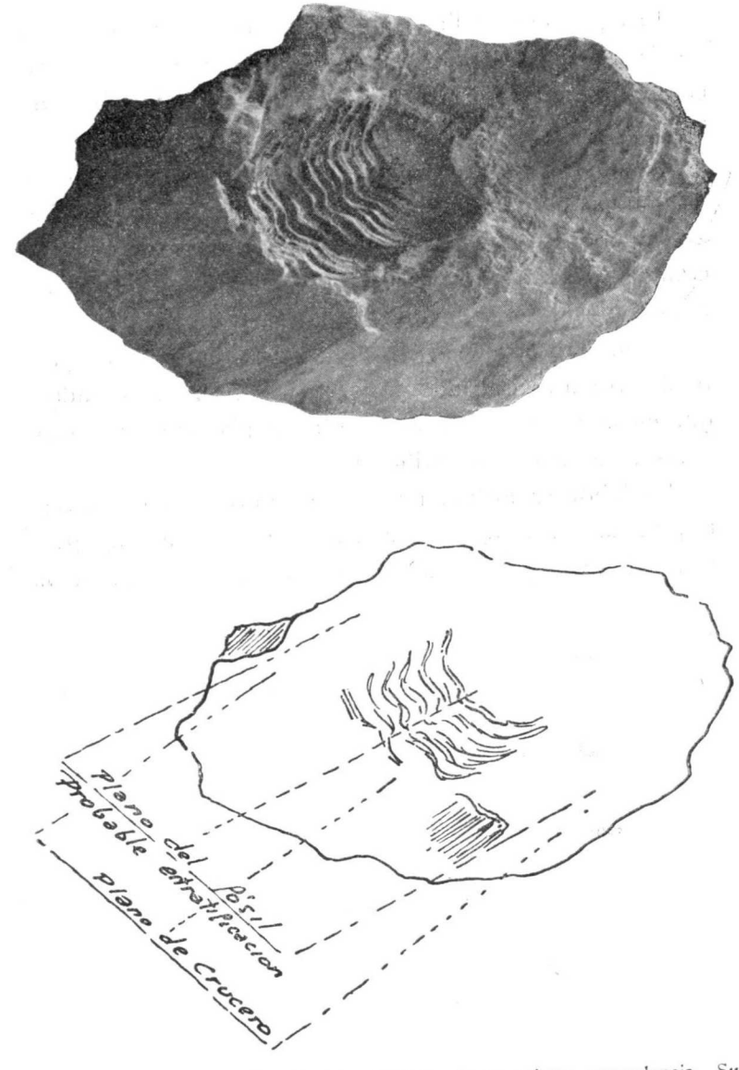


Fig. 2.—Otro ejemplar de *Paradoxides* de la misma procedencia. Su plano de deposición tampoco coincide con el del crucero.

bibliografía. El geólogo M. P. Fourmarier lleva (cuenta años tratando este tema.

Las primeras salidas al campo con el nuevo pu de vista, fueron de verdadero interés, al comprobar có con la nueva visión aparecían formas estructurales (habían pasado desapercibidas anteriormente.

Hemos obtenido multitud de fotografías, de las c les damos alguna muestra, y su comparación con que aparecen en casos similares en otras regiones completa y nos afirma en haber encontrado el cami recto en la interpretación de la estratigrafía.

Como consecuencia, ha habido que revisar gran p te del trabajo realizado y corregir los datos tomad que en la mayor parte se referían a planos de cruce y no a verdadera estratificación.

La labor es ardua, pues no siempre es fácil el d tinguir la estratificación, si las circunstancias topog ficas no ayudan. En la figura 3 damos la idea de

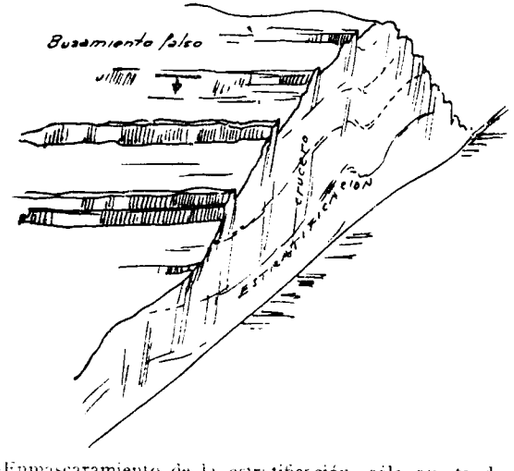


Fig. 3.—Enmascaramiento de la estratificación, sólo puesta de manifie en trincheras, barrancos, escarpados, etc.

dificultad de obtener los datos de la estratificación y la ayuda que supone la existencia de una trinchera, des monte, erosión, etc. Los distintos tipos de crucero, fa llas, alteraciones de las rocas, etc., complican la labor De Sitter dice que la esquistosidad oscurece casi total mente la estratificación, y sólo el ojo entrenado pued percibirla.

El objeto de estas notas es poner de relieve la im portancia que los planos de crucero tienen en la inves tigación geológica de zonas pizarreñas homogéneas pues la estratificación está en ellas de tal manera en mascarada por dichos cruceros, que la confusión es fá cil, y los datos obtenidos son falsos, no pudiendo ob tenerse ni sucesiones estratigráficas ni cortes, dejand sin base toda la tectónica.

Con objeto de hacer útil este trabajo, lo iniciaremo recopilando los conceptos generales sobre crucero o p zarrosidad.

Daremos luego la interpretación de alguna de las mu chas observaciones realizadas en nuestro caso partic lar de Huelva, y, por último, reproducimos uno de lo cortes geológicos obtenidos en una zona de relativ extensión, como muestra de la nueva forma que adqui ren estas representaciones.

Exposición de conceptos

Si tenemos un trozo de una roca sedimentaria para claridad en el fenómeno, una pizarra, observam que, al alterarse naturalmente o al golpearla, se fra menta en trozos limitados por caras planas (ver gura 4).

Estos planos son de varias clases. Unos, debidos la diferente composición de los depósitos o hiladas la roca, y entonces dichos planos representan el límit entre dos bancos: son los planos de estratificaci (bedding).

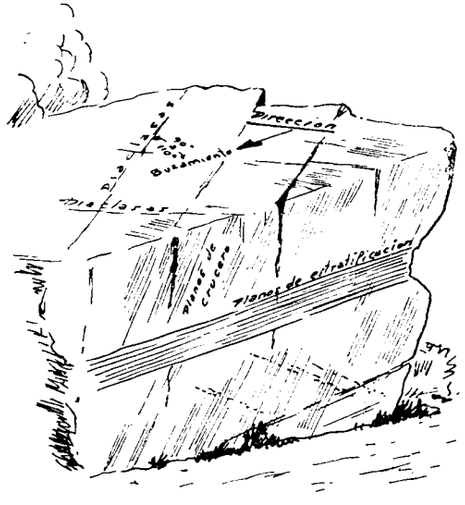


Fig. 4.—Exposición gráfica de los diversos elementos que fisuran estrato.

Otros planos separan y limitan los trozos de ro y de dirección diferente, normal sensiblemente a la e tratificación. Son las diaclasas. Son fisuras sin despl zamiento de las partes que separan. Suelen ser sens blemente normales a la estratificación y sus planos fo man ángulos entre sí de 90° a 110°. A veces se observa más de dos direcciones, y entonces la roca se rompe e trozos de figura menos regular.

Son más aparentes en las rocas coherentes, caliza margas, etc., que en las pizarras.

Las diaclasas en profundidad no se manifiestan, perc están en estado latente, poniéndose de relieve ante la rotura de la roca, un barreno, etc.

Parece que las diaclasas están tanto más apretada cuanto menor es el espesor del banco.

La formación de diaclasas es independiente de l evolución de los sedimentos, es decir, existen ya an tes de que los bancos hayan sido plegados.

Los estratos afectados por las diaclasas toman ca racterísticas muy particulares a veces. Merecen citars lo que los franceses llaman «boudinage» (almohadi llado).

Estos planos de junta hacen que la roca se trocee en paralelípedos.

Otro tipo de junta se produce también con frecuen cia, y ésta permite la rotura de la roca en verdadera hojas. Dichas juntas constituyen los planos de cruce ro y comunican en la roca esta propiedad de escindir se en lajas o laminillas, es decir, la pizarrosidad o es quistosidad.

Todavía en esta clase de juntas que producen esquis tosidad, se pueden distinguir dos clases, llamadas cru ceros de fractura y crucero fluidal, según que la orien tación de los minerales que componen la roca, haya sid mantenida o modificada.

Estos fenómenos se manifiestan con mayor clari dad en las rocas pizarrosas, pero no deja de existir e calizas margosas, areniscas, cuarcitas y aun pudingas aunque menos perceptibles.

Se ha llegado a establecer la profundidad a la cua la esquistosidad aparece. En las Ardenas (Fourmarier se ha calculado que han hecho falta 5.000 metros d

sedimentos superpuestos para que se produjera el f
nómeno. En otros lugares se ha llegado a cifras c
mismo orden.

De aquí se deduce el concepto de frente de esqu
tosidad, superficie a partir de la cual el crucero se pr
duce. Ya se ve que dicho frente no coincide con
nivel estratigráfico determinado.

La posición del frente de esquistosidad no es sé
función de la profundidad. También influye la inten
dad del plegamiento. Si estos pliegues son muy agud
el frente de esquistosidad está más alto.

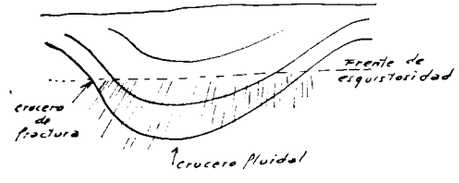


Fig. 5.—Frente de esquistosidad (según Fourmarier).

En la figura 5 representamos la posición del frei
de esquistosidad con relación a un pliegue y las d
clases de cruceros.

El espesor de los bancos juega también su pap
en el desarrollo de la pizarrosidad. Los bancos de
zarra poco potentes comprendidos entre los bancos
caliza no toman un crucero oblicuo, sino paralelo a
estratificación (fig. 6).

La esquistosidad se manifiesta con mayor nitidez
la parte alterada en los afloramientos de las rocas, pe
en las partes sanas existe en forma latente.

Fourmarier hace resaltar los hechos siguientes,

aquellas series que han sufrido un cierto grado de evo
lución, lapidificación o metamorfismo.

La dirección de la esquistosidad es generalmente
paralela a la dirección general de los pliegues, dedu
ciéndose que la esquistosidad tiene la misma causa pro
ductora de los pliegues. Cuanto mayor es el esfuerzo
tectónico, menor es el ángulo entre pizarrosidad y es
tratificación.

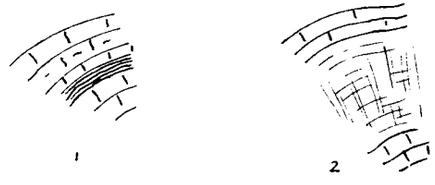


Fig. 6.—Esquistosidad en función de la potencia de los bancos. 1. Banc
delgado de pizarra entre calizas. Esquistosidad paralela a la estratifica
ción. 2. Banco potente. Esquistosidad independiente de la estratificación

Otra influencia es la composición de los bancos; lo
carbonosos son los primeros en presentar esquistosi
dad, y los calcíferos, con más retardo.

La esquistosidad desaparece al contacto de masa
intrusivas. Desaparece tanto más pronto cuanto más es
quistosa es la roca. En Cornuailles desapareció al con
tacto de rocas básicas, pero no del granito. En otro
casos, con el granito ha desaparecido.

Estimamos que no debemos dar más extensión a esta
breves notas, pero el tema resulta de gran interés, pue
se llega a conocer la posición de la charnela de un plie
gue por la posición relativa de estratificación y crucero

De momento no pretendemos más que hacer resal
tar la enorme importancia que puede tener la conside
ración del crucero en la interpretación de depósitos pi

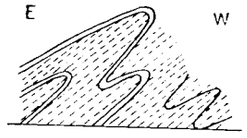


Fig. 7.—Corte parcial en los esquistos de Prättigau, aguas abajo de Seewis en la esclusa de Landquart (P. Fourmarier).

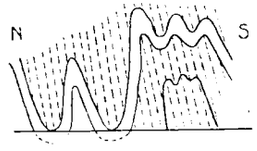


Fig. 8.—Corte de los esquisto Prättigau al sur de Coire, a lo de la carretera de Arosa (P. marier).

Fig. 9.—Engadine. Entrada al valle de Sinestra, cerca del valle de Inn. Pliegues volcados con esquistosidad buzando 45° Sur (P. Fourmarier).

Fig. 10.—Corte entre Bristol y M tain City VA. mostrando la marcl los pliegues y de la esquistosidad Ordovicense (P. Fourmarier)

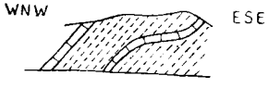


Fig. 11.—Pizarrosidad en el Lias de Ugine: un banco ondulado de cuarcita no cambia su marcha (P. Fourmarier).

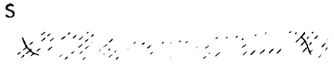


Fig. 12.—Pliegues y ondulaciones Gedinniense (Devoniano inferior) largo de la via férrea Gedinne-Pa (Ardenas belgas) (P. Fourmari

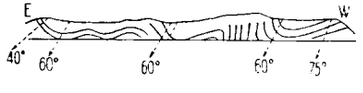


Fig. 13.—Corte en el Siluriano entre Charlestown y Martinsburgo (Appalaches). El crucero está indicado en trazos interrumpidos con su inclinación en diversos puntos del corte (P. Fourmarier).

Fig. 14.—Corte esquematizado del nasiense cerca de Novo Sibirsk ria) D, filones de diabasa (F. marier).

zarreños, como es el caso de Huelva, y estimular la investigación por este derrotero.

La experiencia que poseemos no es aún mucha, y puede que no todas las interpretaciones sean fiel reflejo de la realidad.

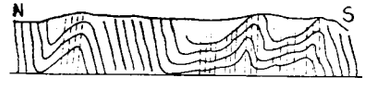


Fig. 15. — Pliegues subverticales con crucero vertical Westward Ho (North Devon) (P. Fourmarier).

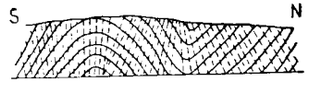


Fig. 16.—Pliegues en el Gothlandien del valle del Orneau (Brabant) mostra do el dispositivo en abanico de las ju tas de esquistosidad (P. Fourmarie

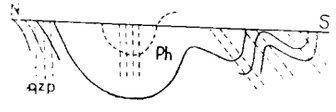


Fig. 17.—Corte de Siegeniense entre Longlier y Laux (Ardenas belgas). *Ph*, filadios; *qzp*, cuarzo filadios (P. Fourmarier).

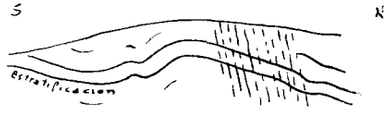


Fig. 18.—Observación número 7.013. Carretera de San Juan a Valverde del Camino (Huelva). Pizarras crucero $\frac{N\ 75\ O}{70\ N}$. Estratificación $\frac{N\ 55\ O}{34\ N}$

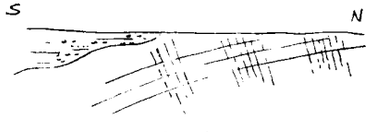


Fig. 19.—Observación número 7.016. Carretera de San Juan a Valverde, kilometro 23.500. Estratificación 20° a 43° al Sur. Crucero 60 N.

Reproducimos esquemáticamente (figs. 7 al 17) diferentes casos de esquistosidad dados por Fourmarier (3) y otros tomados por nosotros en la zona de Huelva, para que se vea la similitud.

Damos asimismo una colección de fotografías de la misma zona, con la interpretación que nos sugiere, y un corte geológico, como ejemplo, repetimos, en donde se observa la nueva forma que adquiere la disposición de las series estratigráficas.

Mayo 1958.

BIBLIOGRAFÍA

(1) ALEC BAER: *La schistosité et sa repartition. Resumé des recherches de M. P. Fourmarier.* «Geologische Rundschau».

(2) BROUGTON (J. G.): *An Example of the development of cleavages.* «Journal of Geology», vol. LIV (1946).

(3) FOURMARIER (P): *Le clivage schisteux dans les terrains paleozoïques de la Belgique.* «Pub. Cong. Geol. Intern.», Bruxelles, 1922.

— — *Essai sur la distribution, l'allure et la genese du clivage schisteux dansV les Appalaches.* «Ann. Soc. Geol. Bel.», t. LX (1936-37). Men., pág. 69.

— — *La schistosite dans le massif de la Vesdre.* «Ass. franç. Av. des Sciences», Liège (1939), pág. 485.

— — *Schistosité regional et schistosité local.* «Archives des Sciences», vol. I, pág. 188. Geneve (1948).

— — *Sur quelques particularités de la schistosité.* «Ann. Societé Geol. Belg.», t. 71, Bull., pág. 59-69. Liege (1948).

— — *L'influence des desplacements relatifs dans la production de la schistosité.* «Ann. Soc. Geol. Belg.», Bull., t. LXXIV (1951).

— — *Aperçu sur les deformations intimes des roches en Terrains plisses.* «Ann. Soc. Geol. Belg.», t. LXXV (1952).

— — *Microplisement et plis minuscules.* «Ann. Soc. Geol. Belg.», Bull., t. LXXVI (1952).

— — *Schistosité et grand tectonique.* «Ann. Soc. .Geol. Belg.», Bull., t. LXXVI (1953).

— — *Une observation complementaire sur la schistosité le microplissement et les pliess minuscules.* «Ann. Soc. Geol. Belg.», Bull. 45 y 46 (1954).

— — *Schistosité et forme des plis.* «Ann. Soc. Geol. Belg.», t. LXXIX, mayo (1956).

— — *Principes de Geologie.* Pág. 649-673.

(4) GREENLY (EDW.): *Foliatión and its relation to folding in the Mona complex at Rhos Colyn (Anglesy)* «Quart. Jour. Geol. of London», v. LXXXVI (1930).

(5) HAUGHTON (S.): *On Slaty celavages and the distorsion of fossils. The London Edimburgh and Dublin philosophical.* «Mag. a Journal of Sciencie», (4 th series), v. XII (1956).

(6) JANNETTAZ (ED.): *Memoire sur le clivage des roches (schistosité, longrain) et leur reproduction.* «Bull. Soc. Geol. France», 3.ª serie, t. XII (1884).

(7) LEITH (C. K.) y ROCK CLEAVAGE (U. S.): «Geological Survey», Bull., 239, pág. 12 (1905).

(8) LURY (DE): *Correlation of Schistosity and tectonic theory.* «Am. Journal of Science», v. 223 (1941).

(9) MEAD (W. J.): *Folding rocks flowage and foliate structures.* «Journal of Geology», vol. XLVIII, pág. 1007 (1940).

(10) MORRIS (T. O.) y FEARNSIDERS (W. G.): *The Cambrian Slate belt of Nanttle.* «Quart. Journal Geol. Soc. of London».

(11) NEVIN (C. M.): *Principles of structural Geology.* «John Wiley & Sons» (1936).

(12) STOCES (B.) y SHITE (C. H.): «Structural Geology Mac Millan and Do. Ltd. Londres» (1936).

(13) SITTER (L. U. 31): *Structural Geology Mc. Grae Hill Book.* «Company Inc. London» (1956).

(14) SCHAWARTZ (G. M.): *Structure in The Thompson formation.* «Minnesota Economic Geology», vol. XXXVII, pág. 39-63 (1942).

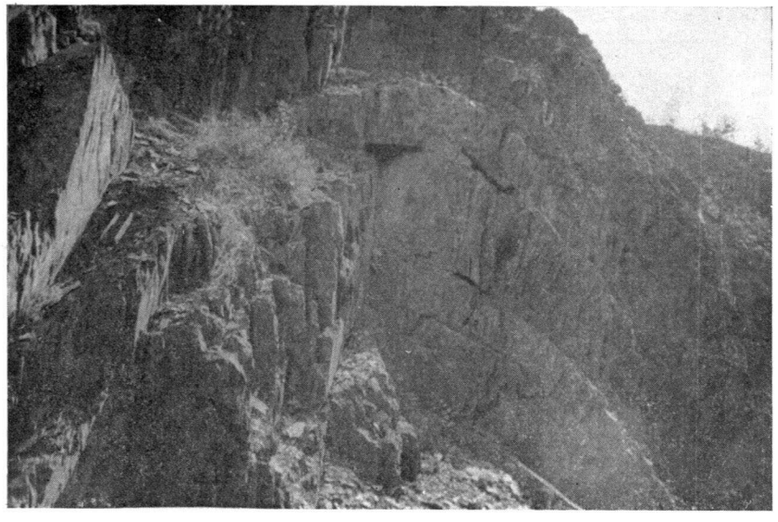
(15) SHERBON HILLS (E.): *Examples of the interpretation of folding.* «Journ. of Geology», vol. LIII, pág. 47-57 (1945).

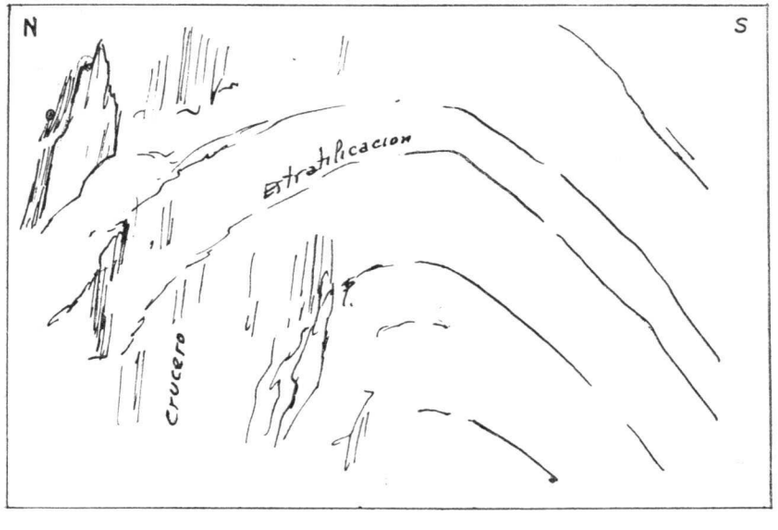
(16) WILL)7 (B. y R.): *Geologic Structures.* «Mac. Graw Hill Book Co. In. New York (1934).

(17) WILSON (G.): *The relations hip of slaty cleavage and Kindred structures tectonics.* «Proc. Geological Assoc.», vol. LVII, part. 4, pág. 263-302 (1946).

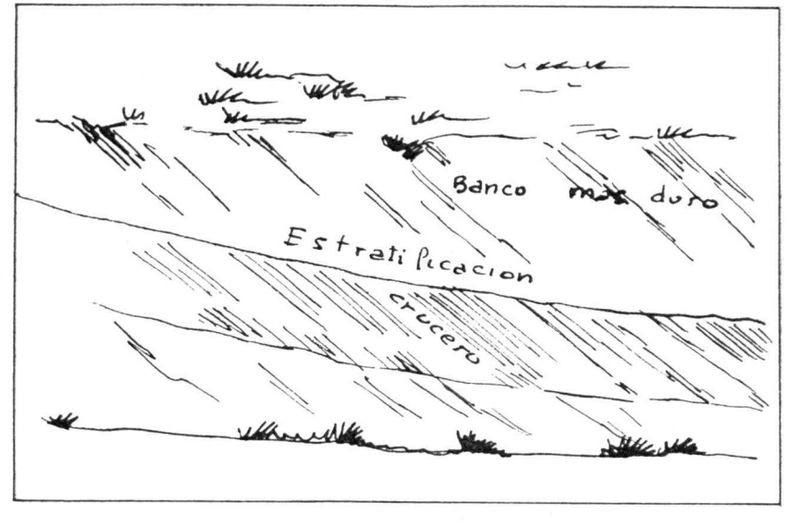
(18) WILLIANS (D.): *Geología de las minas de Río Tinto (España). Traducción de D. Juan Gavala.* «Transactions of Institution of Mining and Metallurgy», abril (1934).

(19) WILLIANS (G.): *The genesis of the Derrunal. La Zarza Pyritic ore Body. Spain.* «Transactions of Mining and Metallurgy» (1933).

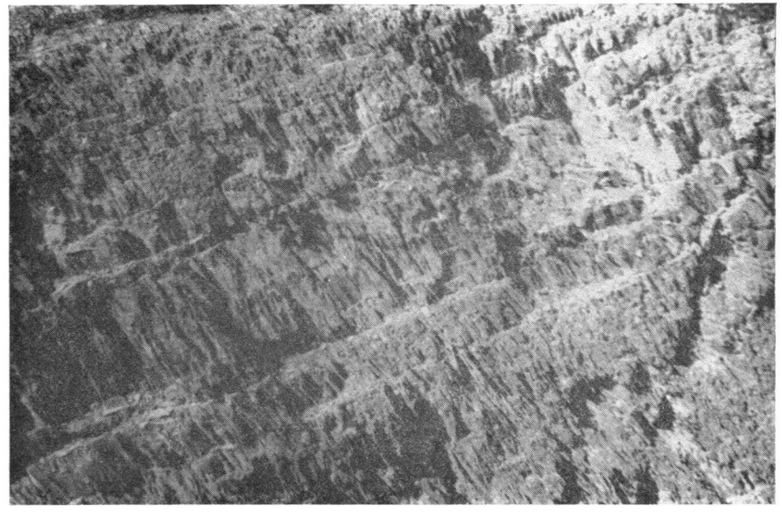


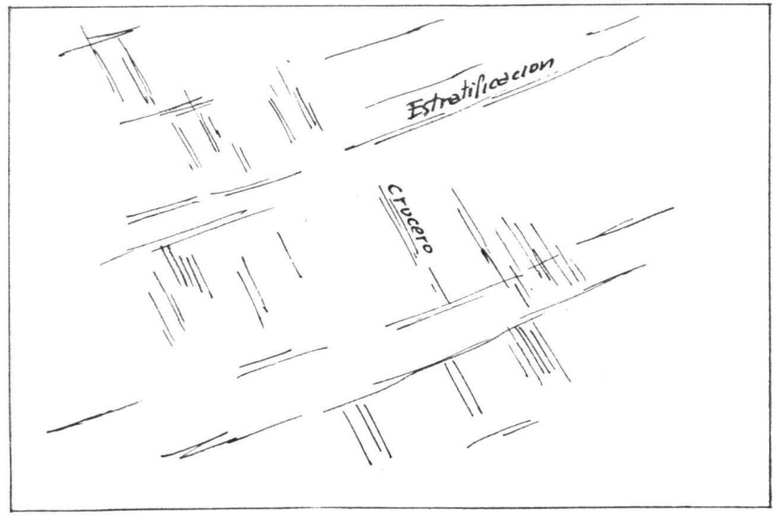


5.879. – Foto III. Corte C. G. Km. 23,5 (Ferrocarril Minero de Tharsis)

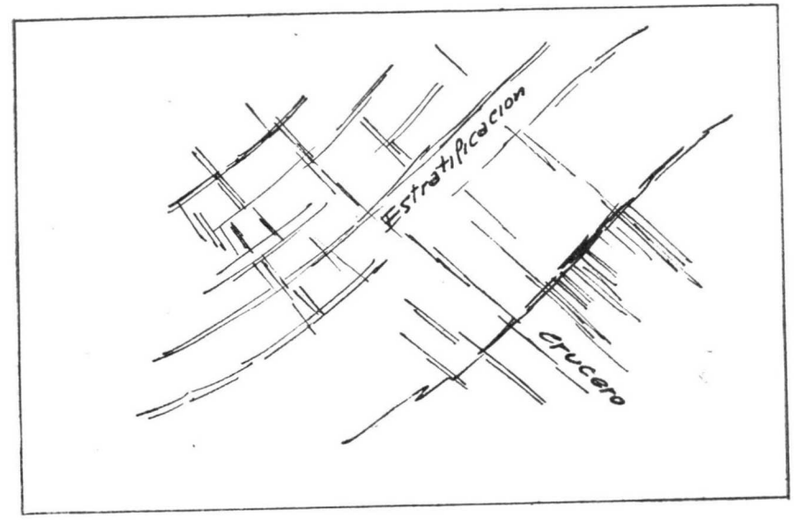


2.751 - A.—El Cerro de Andévalo

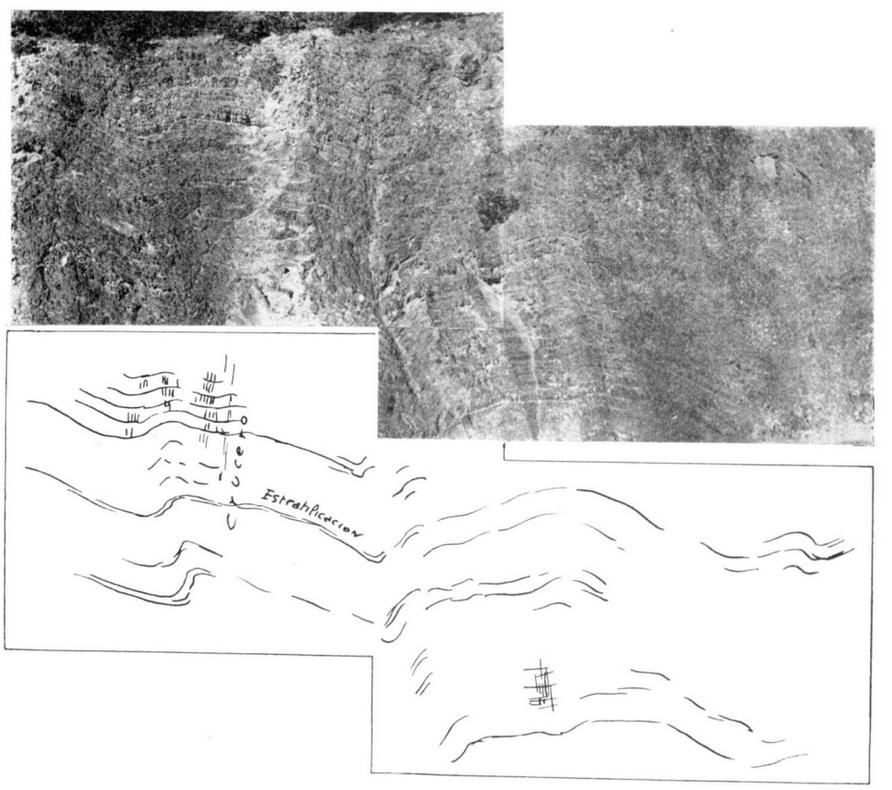




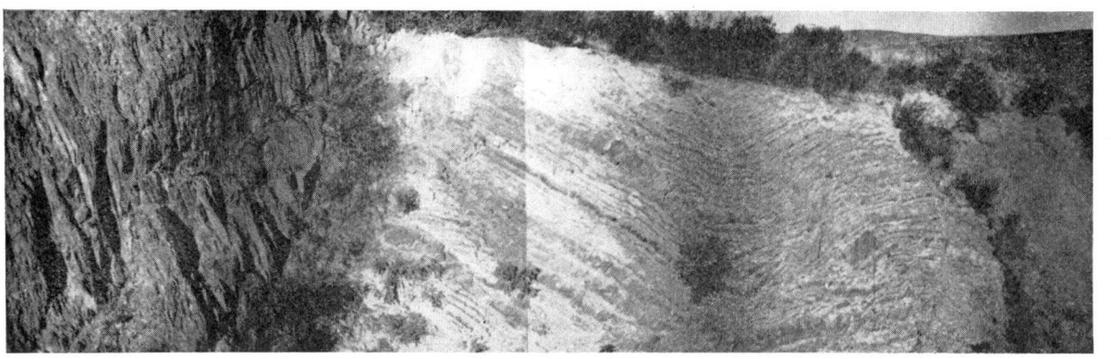
5.886.—Foto 124. D N-So-o. Corte C. C. Km. 25 (Ferrocarril minero de Tharsis)

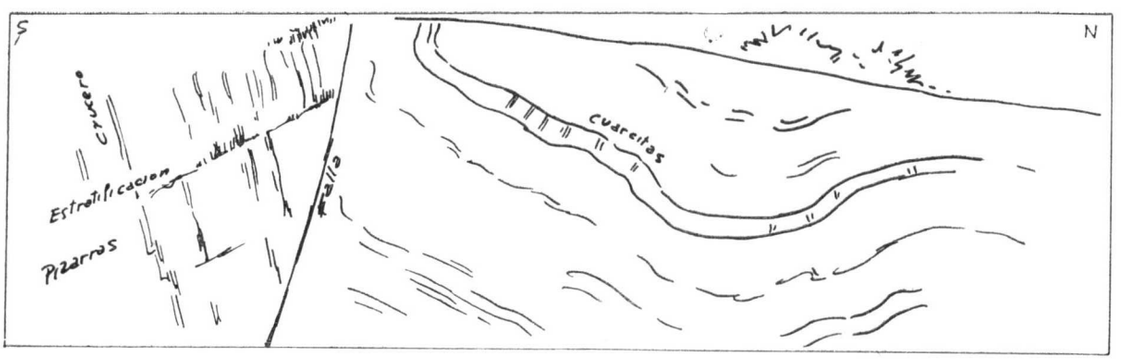


2.571-B.—El cerro de Andévalo

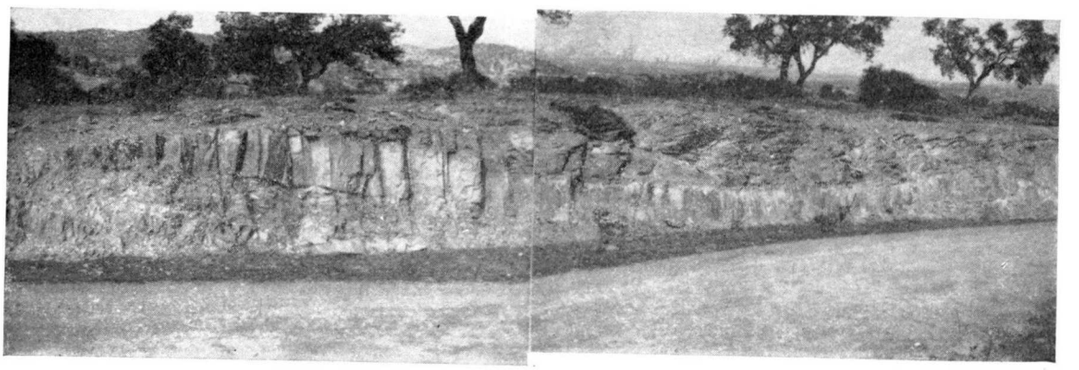


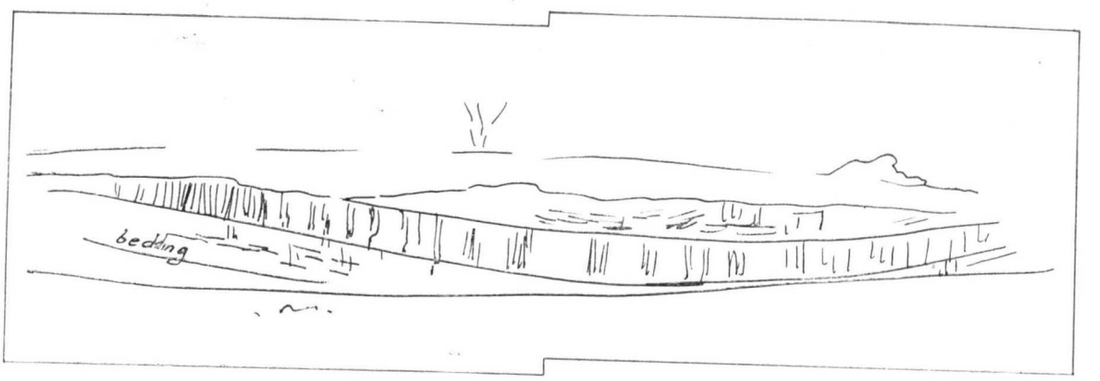
5.515.—Fotos 10 y 11. D-E W. Corte B-B. Km. 36 (Carretera general de Extremadura)



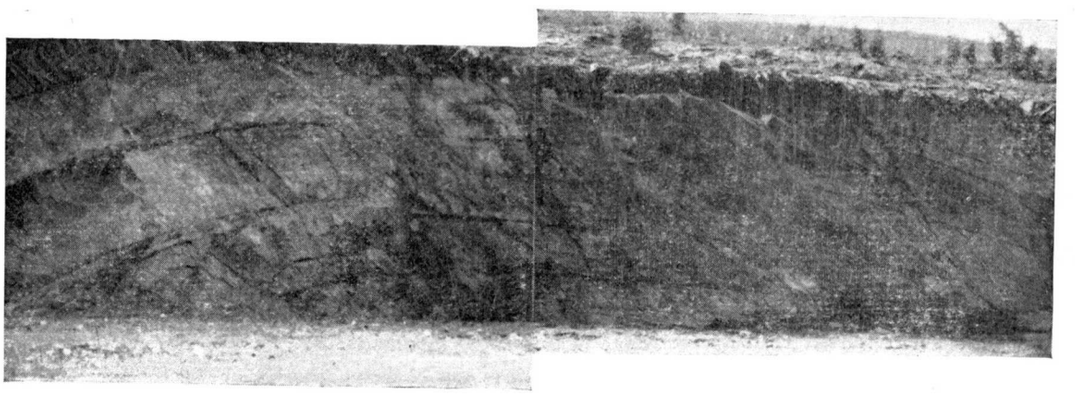


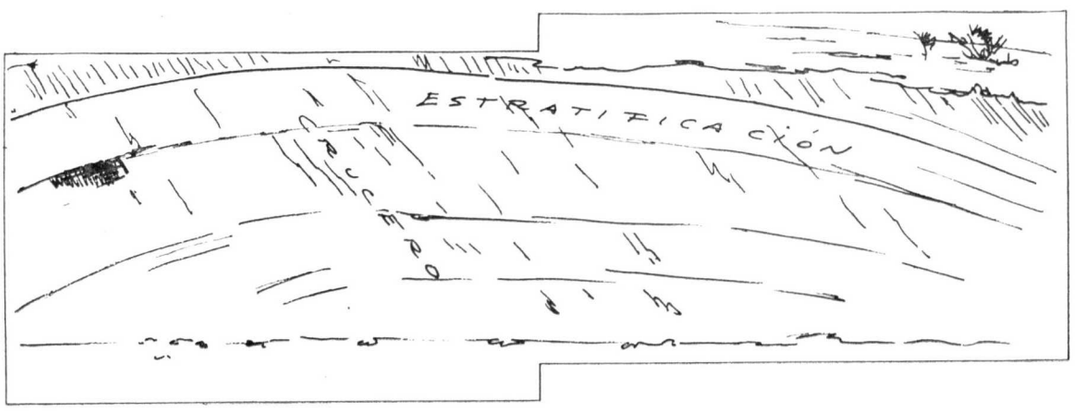
5.511.—Fotos 1 y 2. Dirección foto N-70 W. Corte B-B. Km. 7 (Ferrocarril minero de C. Buitrán, hoy Ferrocarril Valverde-Zalamea).



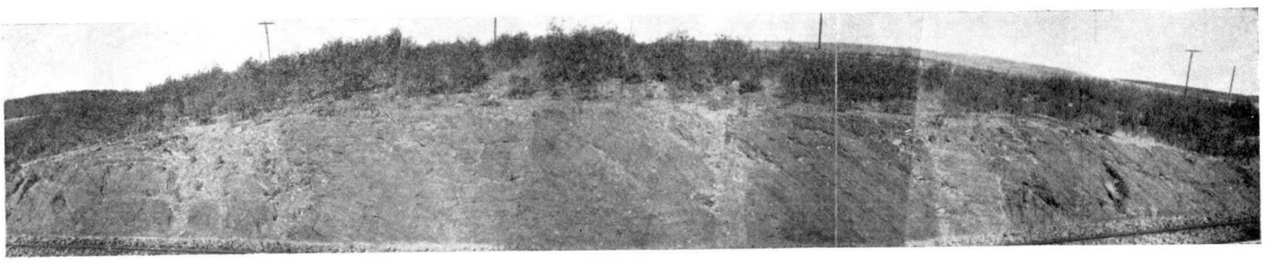


2 569-B. — Calañas





2.751-A.—El cerro de Andévalo



5.532.—Fotos 118 a 112. D-N-50 W. Corte B-B. Km. 17,2 (Ferrocarril Valverde-San Juan del Puerto)

Nº de la observación
Buzamientos
Crucero
Pizarras Carbonífero
Porfidos
Diabasas
ESCALAS
HORIZONTAL 1:25.000
VERTICAL 1:25.000
N.NE
VALVERDE DEL CAMINO
C.ª Nacional de Badajoz á Huelva
FC. de S.Juan del Puerto á Zalamea la Real
Aº de la Lapa
Aya. de la Lapa
Los Garozos
LIMITE DE LA HOJA

Los mamíferos del Luteciense superior de Capella (Huesca)

(Nota preliminar)

POR

M. CRUSAFONT PAIRÓ

M. CRUSAFONT PAIRÓ

LOS MAMIFEROS DEL LUTECIENSE SUPERIOR DE CAPELLA (HUESCA)

(Nota preliminar)

INTRODUCCIÓN

Como continuación de la labor explorativa realizada por el autor de la presente nota y por sus colaboradores de la Sección de Paleontología del Museo de Sabadell, se llevaron a cabo recientemente diversas excursiones por el Eoceno subpirenaico, con el objeto de establecer, de manera paleontológica, la continuidad de las capas continentales hacia el O. de la Sierra de Montllobar, entre los dos Nogueras, y que ha proporcionado una fauna interesante de mamíferos del Luteciense superior (CRUSAFONT y VILLALTA, 1954; CRUSAFONT, VILLALTA y TRUYOLS, 1954 *a*; CRUSAFONT, VILLALTA y TRUYOLS, 1954 *b*; CRUSAFONT y VILLALTA, 1955; CRUSAFONT, 1955, y CRUSAFONT, 1957).

Una de estas exploraciones fué dedicada al recorrido Benabarre-Pont de Montanyana, con un resultado asaz precario, ya que en esta ocasión sólo pudieron hallarse algunas placas de Testudínidos en las cercanías de aquel último pueblo, en los aledaños del Noguera Ribagorzana. En las proximidades de Benabarre se ex-

ploró, con resultado negativo, una formación de co rojo que corresponde a tramos más altos de la s estratigráfica, probablemente atribuíbles al Oligoce sin que pudieran encontrarse materiales fósiles de n guna clase.

Por aquellas mismas fechas, tuvimos conocimie del hallazgo por parte del doctor O. GUTZWILLER un fragmento de mandíbula de *Lophiodon rhinocero* en las cercanías de Graus, hallazgo reportado sin c cripción en una memoria del Museo de Historia Na ral de Basilea (HANDSCHIN, 1956). Casi al mismo ti po recibíamos, de parte de nuestro querido colega p fesor Bermudo MELÉNDEZ, de Madrid, unos materia de mamíferos fósiles que le habían sido enviados de Barbastro por el maestro nacional don Antonino I CUAL, como procedentes de una mina de lignito ub da en las proximidades del pueblo de Capella, ce de Graus.

El interés que teníamos concentrado en el estu del Eoceno continental del prepirineo, caracterizado leontológicamente por vez primera en la serie de Mo llobar, aunado a este conjunto de factores anteri mente expuestos, nos estimularon a llevar a cabo n vas investigaciones sobre los mamíferos de la reg de Capella. El joven Joaquín VIÑAS, de Sabadell, afe a la Sección, realizó una primera visita a las cita minas, interesándose cerca de los obreros que tra jaron en las mismas. En una inspección por los al dedores de la exploración lignitífera, tuvo la suerte hallar en uno de los bloques de los escombros un fr mento de mandíbula de un Lemúrido.

Más tarde, se realizó otra exploración conjunta la Sección de Paleontología de Sabadell, con un estu

más detallado de la estratigrafía de la zona y una nueva visita a la mina. En las capas más bajas de la formación continental, cerca de Laguarres, sólo pudieron hallarse algunas placas de tortuga y algunos *Planorbis*. En los escombros de la mina fueron descubiertos otros interesantes restos de mamíferos, singularmente un fragmento de mandíbula de un pequeño Paleodonto y restos dentarios de Crocodílidos.

Al tener conocimiento de la probable posesión de otros materiales por parte del propietario de la mina don Antonio BARÓN, de Barbastro, solicitamos que nos fueran facilitados para su estudio, con el resultado de la generosa cesión de los mismos en favor del Museo de Sabadell.

Todos los ejemplares aquí descritos proceden de la citada mina de Capella, conocida con el nombre de «Rafaela» y situada a unos dos kilómetros al S. de citado pueblo oscense. Esta mina se encuentra hoy abandonada en su explotación y, además, totalmente inundada. Sin embargo, la excelente conservación de los ejemplares, el interés del yacimiento, y los datos proporcionados por los obreros que en ella trabajaron quienes nos afirmaron la existencia en la citada mina de una brecha osífera de considerable potencia y extensión, nos han movido a solicitar del Instituto Geológico y Minero de España la ayuda necesaria para su drenaje, en vistas a una próxima excavación a fondo de estas capas fosilíferas de tanto interés paleontológico. Por ello, consideramos que la presente nota tiene un carácter preliminar, en atención a la posible obtención de nuevos y abundantes materiales. Creemos no obstante, que la fauna hallada hasta ahora justifica

el hecho de ser dada a conocer, en espera de nue exploraciones.

No me queda sino agradecer en lo que vale el mag fico concurso que para el presente estudio ha repres tado la colaboración de don Antonio BARÓN, propi rio de la mina «Rafaela», y de don Antonino PASCU Maestro nacional, ambos de Barbastro; del profe Bermudo MELÉNDEZ, de Madrid, por el envío de los r teriales de comparación; de los ilustres ingenieros ñores ALMELA y RÍOS, y del Instituto Geológico y nero de España, por el interés demostrado por nuest investigaciones en la zona de referencia, y de mis q ridos compañeros de la Sección de Palentología de badell, por su valioso concurso. De manera especial mi querido colega el profesor José María FONTBO de la Universidad de Granada, que ha querido revi conmigo los datos estratigráficos locales, y a don me TRUYOLS, por su ayuda en la parte gráfica.

NOTAS ESTRATIGRÁFICAS

El curso inferior del río Isábena, así como el cu medio del Esera, se hallan excavando la zona cent sinclinal prepirenaica, conocida también con el noml del «sinclinal de Tremp». Es la continuación occid tal de la zona anteriormente estudiada por nosotros la Sierra de Montllobar. Por efecto de un suave hu dimiento del sinclinal en la región de Capella, así co más occidentalmente, en las de Graus, Puebla de F tova, etc., afloran niveles más modernos que los de cuenca de Tremp, niveles que aquí debemos atrib

al Luteciense, Bartoniense, y probablemente al Ludiense.

A los efectos de la presente nota preliminar, el autor realizó un corte local siguiendo el trazado de la carretera de Benabarre a Capella y Graus, desde su descenso a partir del collado abierto en la Sierra del Castillo y a la altura de Laguarres, realizando luego su confrontación con los datos extraídos de los diferentes autores que han estudiado esta zona.

De arriba a abajo se pueden establecer en la serie continental —única que aquí nos interesa— los siguientes niveles:

a) Coronando la serie existe, a la altura indicada una formación de conglomerados de una potencia de 20 a 25 metros, que aumenta hacia el O., constituídos por elementos calizos predominantes, abundantes cantos rodados de conglomerados cuarzosos de la base de Trías y de cuarzo blanco.

b) Por debajo de esta formación detrítica, y con una ligera discordancia angular, aparece otra de capas arcillosas abigarradas con colores dominantes rojos amarillos, violáceos y canela, con pequeños lechos de conglomerados pequeños y vetas de yeso. Su espesor aproximado es, a nuestra altura, de unos 60 a 100 metros, y su buzamiento, coincidente con el resto de la serie inferior, de unos 10 a 15 grados S.-SO.

c) Siguen en orden descendente unos tramos calizos que destacan de las series arcillosas superiores e inferiores por erosión diferencial, mostrando una potenci total de unos tres a cuatro metros.

d) Hasta el curso del Isábena, unos 200 metros d areniscas y margas grises sólo localmente abigarrada (color rojo dominante en estas últimas), pero con pr

dominio absoluto de los colores agrisados con pequeño bancos de conglomerados constituídos por cantos do minantes de cuarzo blanco. Estos niveles pasan lateral mente, en dirección a Capella, a colores más uniforme y de tono amarronado.

Las capas de lignito de Capella se hallan localizada precisamente en el nivel *c)*, o sea, interestratificadas co las calizas, llenas éstas de conchas de *Planorbis*, de im posible clasificación específica. En ellas habían sido ci tados *Planorbis castrensis* NOUL. e *Ischurostoma for mosum* BOUB. por VIDAL y CAREZ, fósiles considerado más tarde como dudosos. Ya veremos más adelant cómo se invalida esta atribución por causa de una eda inferior a la considerada.

Para nuestros fines estratigráfico-paleontológicos he mos denominado a la serie inferior gris-amarronada que a pocos kilómetros al N. de Capella se halla e contacto concordante con las series marinas eocenas *c* y que no interesan a los fines esenciales de esta nota «formación de Montllobar», puesto que se correspon de perfectamente con la de los tramos de areniscas y arcillas abigarradas y grises de aquella sierra al O. d Tremp.

* * *

Nos interesa ahora situar los niveles aquí estudiado dentro de la serie paleógena prepirenaica y buscar s correlación con las que fueron individualizadas por lo distintos autores conocedores de la zona, así com descubrir su edad a la luz de los hallazgos paleomas tológicos de que damos cuenta en la presente nota.

Para ello seguiremos ahora, con miras prácticas, u

orden ascendente en la serie aquí considerada. Las capas más altas de la formación marina del flysch eocénico *c)* han sido netamente datadas por su fauna, de foraminíferos principalmente, correspondiéndose con los niveles altos de Arén (ALMELA, 1949), como del Luteciense medio y superior por ALASTRUÉ, ALMELA y RÍOS (1957). FONTBOTÉ sugiere que pudieran pertenecer precisamente al nivel medio del Luteciense.

Por este motivo, la serie *d)*, en cuyo techo de calizas y lignitos se hallan los mamíferos aquí descritos, formando una asociación típica del Luteciense superior (nivel de Egerckingen), ha de englobarse dentro del Luteciense quizá aún medio en la base. Esto se ve corroborado por su facies, que hemos identificado con la «formación de Montllobar», de edad luteciense medio-superior.

Los niveles *c)* de margas abigarradas fueron atribuídos por DALLONI (1910) al Bartoniense, y por ALMELA y RÍOS, en 1952, al Luteciense-Bartoniense, y en 1957, al Ludiense. FONTBOTÉ las supone homólogas del «tramo rojo intermedio» de ALMELA y RÍOS, de Cataluña oriental, y sugiere su integración al Luteciense superior o al Bartoniense como máximo. Aunque en la actualidad no poseemos ningún dato positivo, es indudable que podríamos inclinarnos mejor por este último punto de vista, dado que la asociación de los lignitos de Capella nos indica un nivel muy alto del Luteciense. Puede, pues, abarcar todavía el Luteciense superior, el Bartoniense, y quizá el Ludiense en su parte más alta.

El nivel *a)* representa, a nuestro modo de ver, los conglomerados transgresivos postpirenaicos discordantes con las formaciones margosas inferiores. Su edad basal puede ser discutida. DALLONI (1910), que los con-

sidera sin solución de continuidad con las formaciones infrayacentes, les atribuye una edad bartoniense. ALMELA y RÍOS las fechan como del Oligoceno en ambas publicaciones de 1952 y 1957. FONTBOTÉ piensa que podrían ser todavía ludienses en su base. Vale decir aquí que nos faltan en la actualidad los elementos de juicio necesarios para una precisa atribución. En este último caso serían equivalentes a la edad basal de los materiales detríticos postpirenaicos de la cuenca de Tremp (lignitos de Sosís).

Finalmente nos quedan solamente por considerar las opiniones de SELZER (1934) y de MISCH (1934), todavía entonces poco precisos en sus deducciones de detalle. En sus trabajos, precisamente por tratarse de una zona marginal a sus investigaciones esenciales y en el área de interferencia de las zonas cartografiadas, no existe ninguna descripción del corte del Isábena. Por otra parte, sabida es la sumaria visión estratigráfica de estos estudios, que se extienden por regiones muy amplias, con la única preocupación de la tectónica.

SELZER observa sólo un flysch eocénico y no menciona para nada ninguna facies continental, considerando al conjunto recubierto por los conglomerados de Oligoceno discordantes. El flysch es comprehensivo de Luteciense superior, Bartoniense y quizá Ludiense. Dice que puede también existir el Ludiense en la base de la formación transgresiva.

MISCH menciona el flysch continental o lacustre recubierto por bancos de calizas blancas con gasterópodos de agua dulce. La edad, según el autor, debe ser del Eoceno superior, a juzgar por las citas de fósiles bartonienses —de los cuales hemos hablado ya— dada

por VIDAL y CAREZ. El conjunto estaría recubierto —dice— por pudingas oligocénicas discordantes.

He aquí, pues, cómo los trabajos de ALMELA y RÍOS han venido a precisar y a matizar los detalles estratigráficos de la zona, con una visión particularmente clara de los mismos, aun teniendo en cuenta que no contaban todavía con los datos de las asociaciones paleomastológicas de Montllobar y de Capella. Las observaciones de FONTBOTÉ, inéditas y facilitadas a nosotros con motivo de la presente nota, vienen a redondear las de los dos queridos colegas mencionados.

NOTAS PALEONTOLÓGICAS

A continuación se van a describir los materiales procedentes de la mina «Rafaela», de la localidad de Capella, ya sean los que nos han sido facilitados para su estudio, ya sean los que descubrimos en nuestras exploraciones por la zona que nos ocupa.

ORDEN PRIMATES.
SUBORDEN PROSIMII.
INFRAORDEN LEMURIFORMES.
SUPERFAMILIA LEMUROIDEA.
FAMILIA ADAPIDAE.
SUBFAMILIA ADAPIDAE.

Adapis priscus STEHLIN

(Texto: figs. 1 y 2. (Lám. I, figs. 1 y 1*a*)

Se trata del primer Lemúrido fósil descubierto en España, y está representado por una mandíbula izquier-

da con I 2, C, P 1, P 2, P 3, P 4, M 1, M 2 y fragmento del M 3. Se halla engastada sobre un fragmento de lignito y se observa por su cara labial.

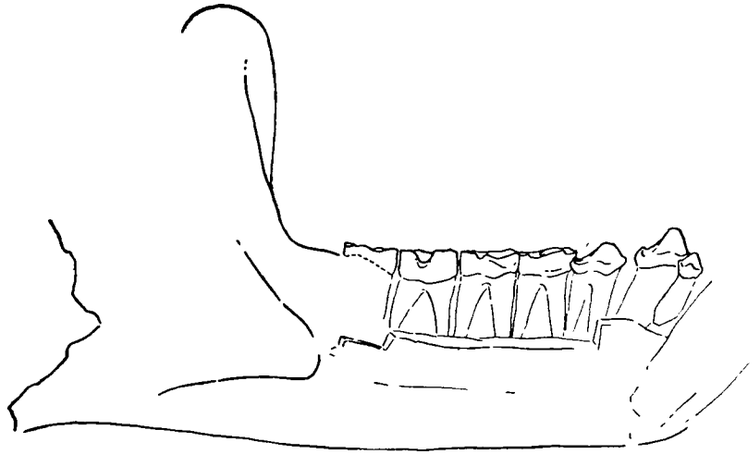


Fig. 1.—*Adapis priscus* STEHLIN.—Mandíbula izquierda con I 2, P 1, P 2, P 3, P 4 M 2 y M 3 fragmentado. Cara interna. Tam. 2/1. Luteciense superior. Capella (Hu Col. Mus. de Sabadell. Dibujo de J. Truyols.

Hemos realizado nuestras comparaciones con una mandíbula de *Adapis parisiensis* BLAINV., de las Fosforitas de Quercy de la colección del Museo de Sabadell En nuestro ejemplar, las piezas no forman serie continua como en la especie indicada. El segundo incisivo es poco proclivo; el canino, de estructura caniniforme posee un marcado reborde en su cara interna. El primer premolar es pequeño, hallándose separado del canino y tocando a la pieza siguiente. El P 2 es de talla grande, casi igual a la del canino, presentando un reborde interno y un talónido bien desarrollado. El P 3 se halla separado del anterior por un pequeño diastema y, por el contrario, se encuentra adosado al P 4, pre

sentando una estructura análoga a la de la pieza que le precede en la serie. El P 4 es molariforme. Se observa el desgaste de la cresta protocónido-metacónido, que constituye un islote con un rudimento de cresta anterior; se observa claramente, con un cierto grado de desgaste, la cresta hipocónido-entocónido. El M 1 presenta una estructura análoga a la del P 4, aunque es mayor. El M 2 es mayor, con más marcada separación mesial de las dos crestas. El hipocónido no es visible, por estar borrado por el desgaste. El M 3, de acuerdo con sus características, sería largo, pero no se observa más que la porción proximal.

Fig. .—*Adapis priscus* STEHLIN.—Arriba: serie inferior desde I 2 hasta M 3 (fragm.) vista por la cara oclusal. La misma de la fig. 1. Tam. 2/1. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell. Abajo: Serie inf. de P 4 a M 3, cara oclusal, ejemplar Basel Eh. 586 de Egerckingen. Tam. 2/1. Dibujo de J. Truyols.

Por su talla y demás características observadas, el Lemúrido de Capella se puede comparar perfectamente con el *Adapis priscus* del Luteciense superior de Egerckingen descrito por STEHLIN (1912). Como únicas diferencias podemos señalar la mayor longitud relativa del M 1 en la especie utilizada en comparación, así como una menor robustez del M 2. Sin embargo, estas diferencias son de orden menor, y por ello no vacilamos en encuadrar el ejemplar de Capella dentro de la especie de STEHLIN.

En la figura 2 damos en comparación los dibujos correspondientes a la mandíbula de Capella y al del ejemplar de Egerckingen figurado por STEHLIN en la obra citada, fig. CCCLXVI, que es una mandíbula izquierda con P 4 a M 3 y los alvéolos de P 2 y P 3.

He aquí un cuadro de medidas del ejemplar que nos ocupa:

Longitud I 2 - M 2	60.5	mm.
Longitud aprox. I 2 - M 3	35.5	mm.
Longitud P 1 - P 4	14.8	mm.
Longitud aprox. M 1 - M 3	18.1	mm.
I 2. Anteroposterior	2.5	mm.
C Anteroposterior	4.4	mm.
P 1. Longitud	2.7	mm.
P 2. Longitud	3.7	mm.
P 3. Longitud	4.5	mm.
P 4. Longitud	4.8	mm.
M 1. Longitud	4.95	mm.
M 2. Longitud	4.9	mm.
M 3. Longitud	5.0	mm. c. a.

La longitud, en el ejemplar de STEHLIN rotulado Basel Eh. 586, de la serie P 4-M 3 es de 18 mm., algo inferior a la de la mandíbula descrita. Un M 1 descrito por aquel mismo autor y rotulado Basel Eh. 758, mide 45 mm, o sea, que presenta también una talla algo menor que la de nuestro ejemplar.

La especie aquí considerada es, con *A. rutimeyeri* y *A. sciureus* la más antigua del género *Adapis*. Según PIVETEAU (1957), nuestra especie parece aproximarse al filum del *Adapis magnus* FILH. de Euzet, Lamandine, etcétera (Francia) y de Hordwell (Inglaterra). Este filum, pues, aparecería en el Luteciense superior (Egerckingen, Capella) y se extinguiría en el Ludiense.

ORDEN PERISSODACTYLA.
SUBORDEN CERATOMORPHA.
SUPERFAMILIA TAPIROIDEA.
FAMILIA LOPHIODONTIDAE.

Lophiodon rhinocerodes RUTIMEYER.

(Láms. II y III)

El conjunto más abundante del material fósil de Capella corresponde a un Lofiodóntido de gran talla, del cual se poseen hasta 30 piezas más o menos completas, correspondientes a varios individuos probablemente todos machos, a juzgar por los caninos de gran talla que poseemos. Damos a continuación las medidas de las piezas en comparación con las de la especie típica, según datos extraídos de STEHLIN (1903).

Piezas superiores:

		Egerckingen
P 2. Longitud	32.6 mm.	33.0 mm.
Anchura	30.0 mm.	27.0 mm.
P 3. Longitud	34.0 mm. c. a.	36,0 — 41,0 mm.
Anchura	38,5 mm.	35,0 — 46,0 mm.
P 4. Longitud	35,3 mm.	39,0 — 42,0 mm.
Anchura	47,0 mm.	46,0 — 53,0 mm.
M 1. Longitud	45,2 mm. c. a.	——
Anchura	48,5 mm.	——
M 2. Longitud	57,0 mm.	54,0 — 55,0 mm.
Anchura	53,0 mm.	49,5 — 51,0 mm.
M 3. Longitud	52,1 mm.	50,0 mm.
Anchura	60,0 mm.	55,0 mm.

Indice premolar/ premolar más molar 39,3/ c. a.

Piezas inferiores:

Longitud de la serie premolar ... ... 103,0 mm.
Longitud de la serie molar ... ... 172,3 mm. c. a.
Indice premolar/premolar más molar 37,4
Altura de la mandíbula bajo el M 1 ... ... 67,7 mm.

		Egerckingen
P 2. Longitud	32,0 mm.	28,0 — 32,00 mm.
Anchura	18,0. c. a. aplastado	20,0 — 21,0 mm.
P 3. Longitud	37,0 mm.	30,0 — 33,0 mm.
Anchura	20,0 mm.	23,0 — 25,0 mm.
P 4. Longitud	37,5 mm.	35,0 — 38,0 mm.
Anchura	30,8 mm.	27,0 — 28,0 mm.
M 1. Longitud	42,0 mm.	49 mm.
Anchura	30,5 mm.	28,0 mm.
M 2. Longitud	51,0 mm.	51,0 m.
Anchura	33,5 mm.	32,0 mm.
M 3. Longitud	69,5 mm.	68,0 mm.
Anchura	36,5 mm.	32,0 mm.

Dentición delantera superior:

Canino. Anteroposterior en la base de la corona.	33,6 a 38,2 mm
Transversal en la base de la corona.	24,7 a 27,6 mm.
I 1. Anteroposterior máxima	20,3 mm.
Transversal máxima	18,5 mm.
I 2. Anteroposterior máxima	17,6 mm.
Transversal máxima	18,3 mm.
I 3. Anteroposterior máxima	13,5 mm.
Transversal máxima	14,0 mm.

El género *Lophiodon* se conocía de España del yacimiento de Corrales (Zamora) representado por la especie *L. isselense* Cuv. descrita hace años (Román, 1923).

Los restos aquí señalados y figurados pertenecen a una especie mucho mayor. Sin lugar a dudas, pueden atribuirse al *Lophiodon rhinocerodes* Rut., nuevo para la fauna fósil española.

Deperet (1906) ha demostrado la tendencia relativamente frustrada de los *Lophiodon* a la homeodontia por aparición, en las formas terminales de los varios filums de este género, de un hipocono bien marcado en los premolares superiores, más marcado en el P 4. La especie aquí descrita pertenece a la rama llamada «rinocerotoide» por el ilustre paleontólogo francés, cuyas formas terminales son las gigantes de todo el grupo genérico, el *L. lautricense* Noul. del Bartoniense, y el *L. rhinocerodes* Rut. del Luteciense superior.

Hemos comparado los materiales aquí enumerados con unos materiales de Robiac que fueron regalados al Museo de Sabadell por nuestro ilustre colega profesor Viret, de Lyon, y que pertenecen a la especie de Noulet. En nuestra última visita al Laboratorio de Paleontología de la Universidad de Lyon pudimos darnos cuenta de la gran variabilidad de la talla de la especie bartoniense, de modo que si bien llega a ser mayor que la del *L. rhinocerodes*, los menores individuos llegan a englobarse dentro de la variabilidad de la especie de Rutimeyer. De todos modos, en nuestros ejemplares no existe hipocono en los premolares superiores. No hay, pues, todavía desdoblamiento de la punta interna, lo que nos permite claramente atribuir los materiales de Capella al *L. rhinocerodes*.

Según se ha dicho, existen varios filums de este género, todos con tendencia a la homeodontia, más marcada en los estadios terminales de su evolución, tal como es propio de los Mesaxonios en general.

De los datos numéricos incluídos puede deducirse que la serie premolar en nuestra especie es menos reducida que en el *L. leptorhynchus* Dep. (Deperet, 1907), en un grado semejante al del *L. isselense* Cuv.

El género *Lophiodon* es típico de Europa y se extiende desde el Ipresiense hasta el Bartoniense.

ORDEN ARTIODACTYLA.
SUBORDEN SUIFORMES.
INFRAORDEN PALAEODONTA.
SUPERFAMILIA DICHOBUNOIDEA.
FAMILIA CEBOCHOERIDAE.

Cebochoerus rutimeyeri STEHLIN

(Lám. I, figs. 2, 2 *a* y 2 *b*)

Este pequeño paleodonto está representado en la fauna de Capella por un fragmento de mandíbula con los tres molares, además de un P 4 inferior suelto que forma parte de la serie anterior. También poseemos otro M 3 inferior de otro individuo.

He aquí las medidas de los ejemplares que describimos:

Longitud de la serie molar M 1 - M 3	18,4 mm.
Longitud P 4 - M 3	11,9 mm.
P 4. Longitud	6,0 mm.
Anchura	3,8 mm.
M 1. Longitud	6,0 mm.
Anchura	4,5 mm.
M 2. Longitud	5,9 mm.
Anchura	4,7 mm.
M 3. Longitud	7,4 - 8,5 mm.
Anchura	4,7 - 4,9 mm.

Aunque la talla del ejemplar de la mandíbula descrita es algo pequeña para la especie a que es atribuída, el M 3 suelto, cae dentro de las medidas dadas por STEHLIN para la misma. Por otra parte, las piezas molares aparecen con una topografía oclusal algo complicada y no tan simple como en los ejemplares del *C. suillus* de talla más pequeña. La altura de la mandíbula bajo el tercer molar es de 16,8 milímetros.

La presente especie, típica del Luteciense superior de Egerckingen, se cita por vez primera de la fauna fósil española.

INFRAORDEN ANCODONTA.
SUPERFAMILIA ANTHRACOTHERIOIDEA.
FAMILIA ANOPLOTHERIDAE.

? *Dacritherium sp.*

(Lám. I, fig. 3)

Los lignitos de Capella nos han proporcionado un calcáneo de un Artiodáctilo, cuyas medidas son las siguientes:

Altura máxima	42,8 mm.
Diámetro transversal en el sustentáculo	13,5 mm.
Diámetro anteroposterior en el sustentáculo	17,5 mm.

Por sus características, este calcáneo parece poder atribuirse al género *Dacritherium*, y en este caso correspondería a un animal de la talla del *D. priscum* STEHL. de Egerckingen (STEHLIN, 1906), el cual es más pequeño que el *D. ovinum* OWEN del Ludiense de Euzet (DEPERET, 1917). El *Dacritherium* cfr. *elegans* FILHL, también de Egerckingen, es algo menor.

Otros materiales fósiles procedentes de la mina «Rafaela» son demasiado incompletos para permitir una determinación segura. Entre ellos señalaremos la existen-

cia de un coprolito que mide 35 milímetros de largo por 25.5 de anchura máxima, que pudiera quizás atribuirse a un Creodonto. (Lám. I, fig. 4). En nuestras colecciones se hallan diversos dientes de tamaño variable pertenecientes a Crocodilidos. Algunas placas dérmicas quizás serían atribuidas a un Aligatórino. Dientes y placas dérmicas muy semejantes a las halladas por nosotros en la formación de Montllobar.

* * *

Aunque la asociación de mamíferos fósiles de la mina de Capella tal como la hemos señalado aquí sea en realidad pobre todavía en especies, lo cierto es que se muestra tan característica que nos da una edad precisa para la formación lignitífera. Se trata indiscutiblemente de un Luteciense superior, dándose la casualidad de que todas las especies señaladas sean comunes con las del yacimiento de Egerckingen típico de este nivel. Por lo demás, el estadio evolutivo del *Lophiodon* nos señala una época todavía anterior al Bartoniense, puesto que nuestra especie *L. rhinocerodes*, una de las gigantes del género, no ha alcanzado aún el grado de homeodontia típico de las formas terminales. El *Adapis priscus* es una forma arcaica de este género de Lemúridos e inaugura, junto con las demás señaladas del yacimiento de Egerckingen, el filum del *A. magnum*. El *Cebochoerus rutimeyeri* es una especie típica también del Luteciense superior. Por todo ello, el horizonte de Capella puede paralelizarse por su edad con la formación de Montllobar, más al Este, entre los dos Nogueras.

* * *

Después de la nota presente, el Luteciense superior del Prepirineo queda caracterizado por la siguiente lista de especies:

FAMILIA ADAPIDAE.

Adapis priscus STHELIN.

FAMILIA ISCHYROMIIDAE.

Paramys sp.

FAMILIA PHENACODONTIDE.

Almogaver condali CRUS. et VILL.
Phenacodus villaltae CRUS.
Phenacodus cfr. *teilhardi* SIMPSON.

FAMILIA PALAEOTHERIIDAE.

Anchilophus depereti STEHLIN.

FAMILIA LOPHIODONTIADAE.

Chasmotherium minimum (FISCHER).
Lophiaspis occitanicus (CUVIER).
Lophiodon rhinocerodes RUTIM.

FAMILIA CEBOCHOERIDAE.

Cebochoerus rutimeyeri STEHLIN.

FAMILIA ANOPLOTHERIIDAE.

Dacrytherium sp.

FAMILIA ANTHRACOTHERIIDAE.

Haplobunodon solodurense STEHLIN.

En total un conjunto de doce especies que, co: única excepción del *Chasmotherium minimum*, citado Román, de Corrales (Zamora), son todas nuevas 1 España, ofreciendo además la particularidad notabi ma de la persistencia de diversos Fenacodóntidos h niveles muy superiores a los que fueron encontrados tes de ahora. A está lista hay que agregar diversos tos de Reptiles, principalmente de Crocodílidos del gr de los Aligatórinos y de diversos Quelonios, singu mente placas de Testudínidos y de Trionícidos muy al dantes en estas formaciones. Los abundantes Gast podos de agua dulce que se hallan en las calizas son atribución dudosa.

Sección de Paleontología del Museo de Saba

Recibido el 11-IV-1958.

BIBLIOGRAFÍA

Almela, A.: *La fauna del Eoceno inferior de Arén (Huesca)*. «2 y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de España», núm. 19, drid, 1949.

— — y Ríos, J. M.: *Estudio geológico de la zona subpirenaica a nesa y de sus sierras marginales*. «Actas del I Cong. Int. de Est. l San Sebastián, núm. 1950, Zaragoza, 1952.

Alastrué, S., Almela, A., y Ríos, J. M.: *Explicación al Mapa Geol de la provincia de Huesca. Escala 1:200.000*. «Inst. Geol. y Mi España», Madrid, 1957.

Crusafont Pairó, M.: *Otro nuevo Condilartro del Lutediense piren* «Boll. della Soc. Geol. Ital.», vol. LXXV, Roma, 1956.

— — *Adición a los Mamíferos fósiles del Lutediense de Montl (Tremp)*. «Curs. y Conf. del Inst. Lucas Mallada», fasc. 4.º, drid, 1957.

Crusafont, M. y Villalta, J. de: *Almogaver*, un nuevo Primat Eoceno pirenaico. «Estudios Geológicos», núm. 22, Madrid, 195

— — Sobre la verdadera situación sistemática del género *Almog* «Estudios Geológicos», núm. 26, Madrid, 1955.

— — y Truyols, J.: *Caractérisation de l'Eocéne continental au bass de Tremp (Lérida), Espagne*. «C. R. S. de la Soc. Géol. de France número 13, Paris, 1954 a.

— — *Caracterización del Eoceno continental en la cuenca de Tren (Lérida)*. «II Cong. Int. de Pireneistas», Luchon, 1954 b.

Dalloni, M.ª: *Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. «Ann. Fa Soc. Marseille», tomo XIX, Paris, 1910.

Depéret, Ch.: *Sur une nouvelle espèce de Lophiodon (L. thomasi) Bartonien de Sergy (Aine)*. «Bull. Soc. Géil. de France», 4 se tomo VI, Paris, 1906.

— — *Etudes paléontologiques sur les Lophiodon du Minervois*. «Arc du Mus. d'Hist. Nat. de Lyon», tomo 9, Lyon, 1907.

— — *Monographie de la faune de Mamifères fossiles du Ludien féricur d'Euzet-les-Bains*. «Ann. de l'Univ. de Lyon», nouv. Se fasc. 40, Lyon-Paris, 1917.

Handschin, E.: *Bericht über das Basler Naturhistorische Museum f das Jahr 1955*. «Verh. der Naturf. Gessells. in Basel.», Band. 67, I sel, 1956.

Misch, P.: *Geologie der mittleren Sudpyrenäen*. «Abh. Gesellsch. wi Göttingen Math. Phys. Kll», tomo III, H. 12, Berlin (Trad. e en «Publ. extr. sobre Geología de España», vol. IV, Madrid, 194 1934.

Piveteau, J.: «Traité de Paléontologie», tomo VII, Primates. *Pale tologie humaine*, Masson et Cie. Paris, 1957.

Román, F.: *Algunos dientes de Lofiodóntidos descubiertos en Espa* «Com. de Inv. Paleont. y Prehist.», Mem. 33, Ser. pal., núm. Madrid, 1923.

Selzer, G.: *Geologie der südpyrenäischen Sierren in Oberaragoni* «Neus Jahrb für Min., Pal. und Geol.», tomo LXXI, Berlin (Tr esp. en «Publ. extr. Geol. Esp.», tomo IV, Madrd, 1948), 1934.

Stehlin, H. G.: *Die Säugetiere des schweizerisches Eocaens*. «Al der Schweiz. paläont. Gesells.», vol. XXX, Zürich, 1903.

— — *Die Säugetiere des Schweizerisches Eocaens*. «Abh. der Schwe paläont. Gesells.», vol. XXXIII, Zürich, 1906.

— — *Die Säugetiere des Schweizerisches Eocaens*. «Abh. der Schwe paläont. Gesells.», vol. XXXVIII, Zürich, 1912.

EXPLICACION DE LA LAMINA I

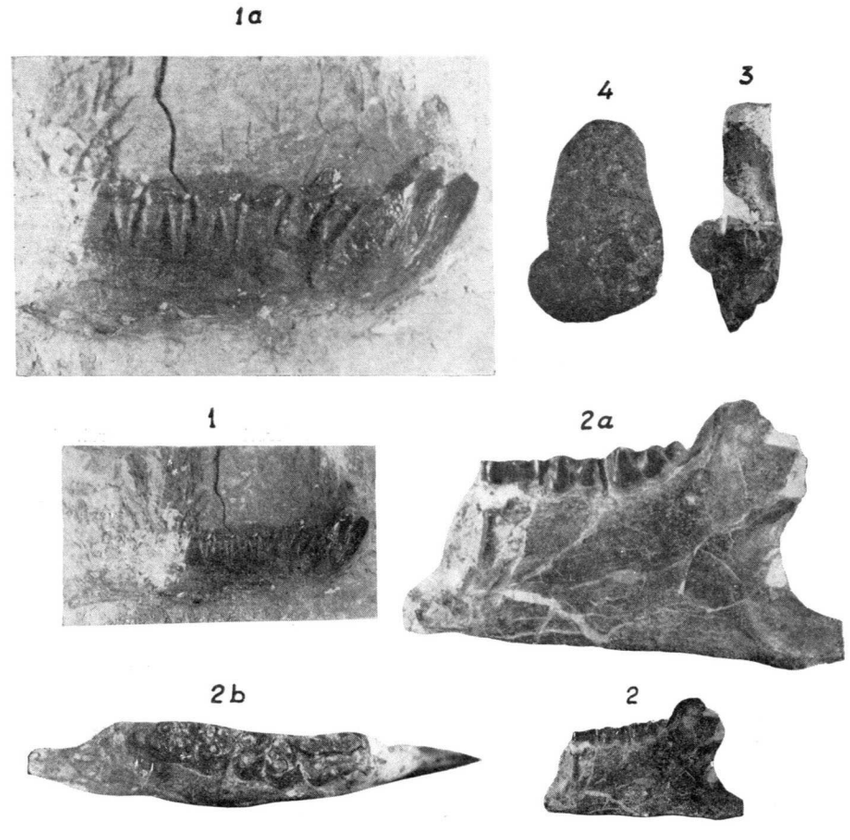
Fig. 1. *Adapis priscus* STEHLIN. — Mandíbula izquierda con I 2, C, P 1, P 2, P 3, M 1, M 2 y M 3 (fragmentado). Tam. nat. Cara int. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de de Sabadell. Fig. 1 *a*. La misma a 2/1.

Fig. 2. *Cebochoerus rutimeyeri* STHELIN. — Fragmento de mandíbula derecha con M 1, M 2 y M 3. Tam. nat. Cara int. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col Mus. de Sabadell. Fig. 2 *a*. La misma a 2/1. Fig. 2 *b*. La misma a 2/1 por la cara oclusal.

Fig. 3. *¿Dacrytherium sp.*—Calcáneo a tam. nat. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 4 *¿Creodonto.*—Coprolito a tam. nat. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

(*Fotos J. Andrés.*)



EXPLICACION DE LA LAMINA II

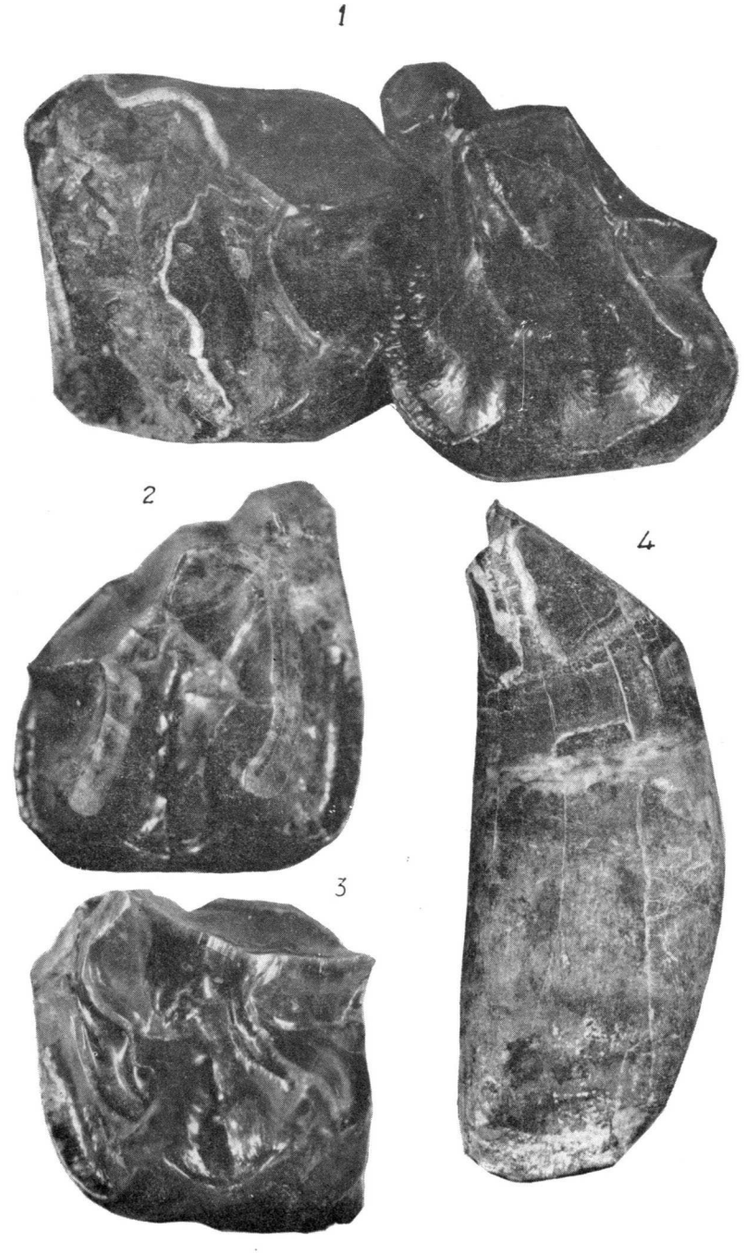
Fig. 1.—*Lophiodon rhinocerodes* RUT.—M 2 y M 3 sup. izquierdos a tamaño nat. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 2. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—M 3 sup. derecho, a tam. natural. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 3. *Lohpiodon rhinocerodes* RUT.—M. 2 sup. izquierdo a tam. natural. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 4. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—Canino sup. izquierdo a tam. natural. Luteciense sup Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

(*Fotos J. Andrés.*)



EXPLICACION DE LA LAMINA III

Fig. 1. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—P 4, M 1 y M 2 inf. izquierdos (mismo individuo) a tam. nat. Cara oclusal. Luteciense superior. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 2. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—M 3 inf. derecho con el talónido fragm. Tam. nat. Cara oclusal. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 3. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—P 2 inf. izquierdo. Tam. nat. Cara int. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 4. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—P 2 sup. derecho. Tam. nat. Cara oclusal. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

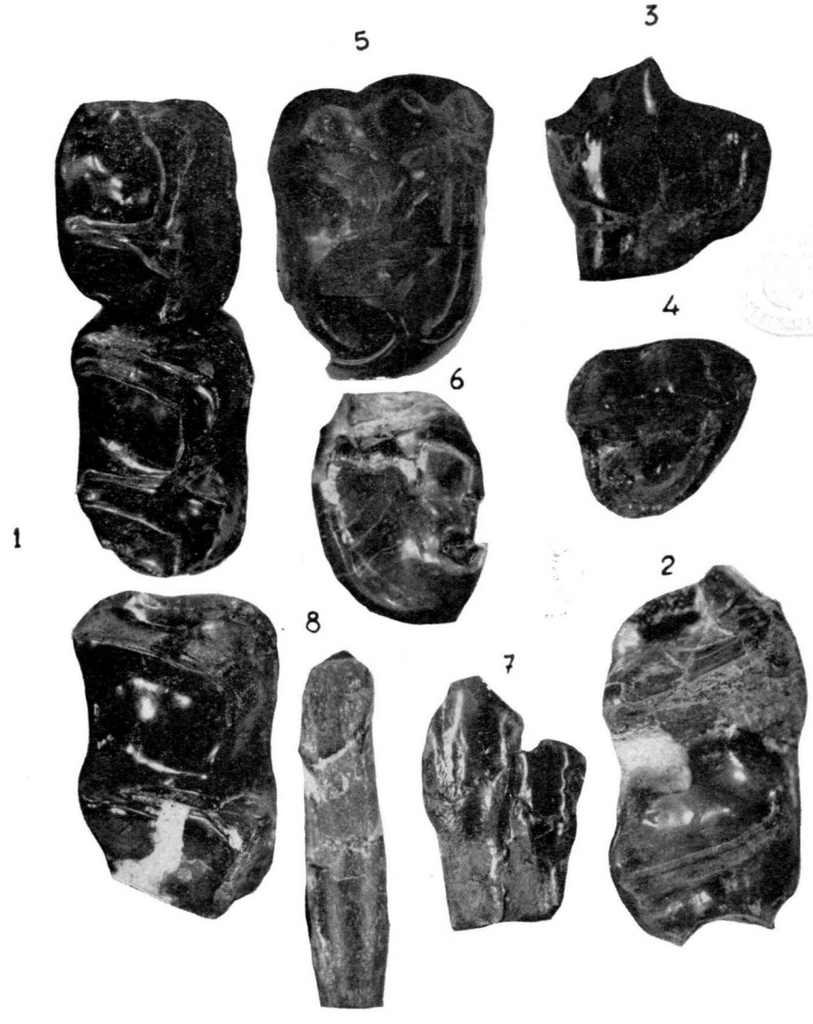
Fig. 5. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—P 4 sup. derecho. Tam. nat. Cara oclusal. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 6. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—P 3 sup. derecho fragm. Tamaño natural. Cara oclusal. Luteciense sup. Capella (Huesca). Colección Mus. de Sabadell.

Fig. 7. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—I 2-I 3 sup. izquierdos. Tam. natural. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

Fig. 8. *Lophiodon rhinocerodes* RUT.—I 2 sup. izquierdo desgast. Tamaño nat. Luteciense sup. Capella (Huesca). Col. Mus. de Sabadell.

(*Fotos J. Andrés.*)



El Cretáceo superior del Sur de Caravaca (provincia de Murcia)

POR

PABLO FALLOT, MIGUEL DURAND DELGA, ROBERTO BUSNARDO y JACOBO SIGAL

PABLO FALLOT, MIGUEL DURAND DELGA, ROBERTO BUSNARDO y JACOBO SIGAL

EL CRETACEO SUPERIOR DEL SUR DE CARAVACA (PROVINCIA DE MURCIA) (*)

Las formaciones secundarias y terciarias de la zona subbética se prolongan en una larga banda desde la región de Cádiz hasta la de Alicante. El Cretáceo superior está bien desarrollado al Oeste del meridiano de Murcia y especialmente al Sur-Oeste del pequeño pueblo de Caravaca (fig. 1). En este sector, los sedimentos de facies relativamente profundas y a menudo pelágicas del dominio subbético, son transportadas a gran distancia (1) sobre las formaciones neríticas, frecuentemente detríticas, del dominio prebético, cobertura meridional de las antiguas formaciones de la Meseta Ibérica.

Un primer bosquejo del Cretáceo superior de la zona subbética ha sido dado anteriormente (2) para este sector, basándose casi únicamente en las consideraciones litológicas. En el curso de un recorrido efectuado durante el verano de 1956 fueron recogidos nuevos documentos (R. B., M. D., P. F.); en una primera nota (3)

(*) Traducción del original en francés, por María Concepción López de Azcona Fraile, Licenciada en Ciencias Geológicas, del C. S. de I. C.

se dieron los resultados de este estudio. Con el fin d completarla y precisar el problema del paso del C nomanense al Senonense, uno de nosotros en 195

Fig. 1.—Situación de la región estudiada en el cuadro de las Cordille béticas.

(M. D. D.) volvió a continuar sobre el terreno est estudios.

El presente trabajo sintetiza el conjunto de observ ciones efectuadas en este sector. El estudio de las m crofaunas (J. S.) y de las microfacies (M. D. D.) p miten establecer varias subdivisiones en esta serie b

tante homogénea del Cretáceo superior del Sur-Oeste de Caravaca.

1. Descripción de los cortes observados sobre el terreno

Describimos *un primer corte* (fig. 2), *dirigido de Sur-Este a Nord-Oeste, entre la fábrica eléctrica del río Quipar y la torre de Horquera* (cota 796), normalmente

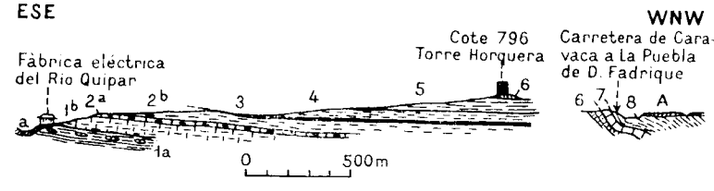


Fig. 2.—Cortes del Cretáceo superior al Sur de Caravaca. La explicación de los niveles 1 al 8 está dada en el texto. *a*. Aluviones y arenas del río Quipar; A. eluviones. El corte de la izquierda va desde la fábrica eléctrica del río Quipar hasta la Torre de Horquera; el de la derecha ha sido tomado a 3 Km. más al N.-NW., a un lado y otro del camino que va de Caravaca a la Puebla de Don Fadrique.

al flanco meridional del sinclinal Oeste-Sur-Oeste, Este-Nord-Este dirigido hacia el río Quipar. Se han podido distinguir un cierto número de niveles afectados de un ligero buzamiento hacia el Nord-Oeste. Su espesor está dado con aproximación y su delimitación, vista la monotonía tan general de las facies, es un poco artificial. Las encontramos así de abajo hacia arriba:

1 a Margas gris-azuladas con nódulos calizos irregulares.

1 b Margas calizas blanco-azuladas, alternando con

bancos de calizas blancas duras (alrededor de 60 me tros).

2 a Calizas bastante compactas (del orden de 10 me tros, con tenues manchas de sílex negros.

2 b Margas blancas muy calizas (alrededor de 5 metros), admitiendo, aun en su mitad inferior, raro sílex negros.

3 Margas en las que el tono varía de amarillent a rojizos (algunos metros), constituyendo un excelen nivel de referencia cartográfico

4 Margas blanquecinas (50 metros): con numerosa huellas vermiculares (del tipo de las Chondritas), exi tentes en los 20 metros superiores de estas marga como ocurre también en el conjunto del término s guiente.

5 Margas blancas con tonos verdosos (alrededo de 60 metros) con pequeños restos de calizas más o m nos arcillosas que se desmoronan en plaquetas.

6 Alternancia de calizas en bancos de poco esp sor, con pátina amarillenta, cargados de elementos d tríticos y de margas blancas dominantes. Estas form ciones, cuya facies recuerda algo a un Flysch, form la cima de un montículo coronado por la torre de He quera; se conservan en 20-30 metros.

Este corte difiere ligeramente para los términos 1 2 del que hemos dado anteriormente (3). El término anteriormente indicado, agrupa, en efecto, inexactame te, las margas-calizas (actual nivel 1 b) superpuestas las calizas con silex (actual nivel 2 a). A ciento cincue ta metros al Este de la fábrica eléctrica del río Quip no están en su sitio los sílex negros asociados a margas calizas con *Thalmanninella*, etc. del Cenon

nense superior (3), el actual término 1b, se ha resbalado por la pendiente y proviene, por tanto, de un horizonte más elevado (actual nivel 2a).

El nuevo corte ha sido observado en un pequeño barranco situado a una centena de metros más al Este.

Las margas del nivel 1 han suministrado en la parte superior una microfauna de claro Cenomanense, conteniendo en particular: *Globotruncana* gr. *stephani* GANDOLFI, *Rotalipora appenninica* RENZ *sp.*, *R. evoluta* SIGAL, *Thalmanninella brotzeni* SIGAL, *Th. greenhornensis* MORROW, *Gavelinella aumalensis* SIGAL *sp.* y grandes Globigerinas.

La base del nivel 1b ha sido arbitrariamente fijada por un banco calizo finamente detrítico, de espesor variable, del orden de un metro. En la base de este nivel 1b, ya hemos citado (3): *Globigerina* gr. *paradubia* SIGAL, *Globotruncana stephani* GAND, *Rotalipora globotruncanoides* SIGAL, *R. cushmani* MORROW sp., *Thalmanninella brotzeni* SIGAL, *T. greenhornensis* MORROW. Unos metros más arriba, el corte del barranco ha dejado al descubierto una asociación análoga con algunas pequeñas Gumbelinas, grupo que se sabe aparece bastante alto en el Cenomanense. Una microfauna muy parecida fué recogida aún más arriba, a menos de 10 metros por debajo del nivel 2a.

Por tanto, los niveles 1a y 2b, en más de 60 metros de espesor, no presentan variaciones sensibles en sus foraminíferos, donde la asociación indica un Cenomanense medio y superior.

El nivel 2a determina en la morfología una pequeña cortada, bien clara, en el barranco donde ha sido observado el perfil descrito. Entre los bancos de margas-

calizas duras, aparecen lechos irregulares de sílex qu presentan bajo el microscopio cuajados de Radiol esféricos *(Sphaeroidea)* con algunas Globigerinas. I diatamente debajo del primer horizonte de sílex, las gas esquirlosas nos proporcionaron la microfaun guiente, pobre y deteriorada: *Globotruncana* gr. *l* D'ORB. *sp.*, *Gl.* gr. *lapparenti* BROTZEN (varieda grandes cámaras). Debe tratarse del Senonense infe En todo caso, a menos de 10 metros más arriba, es c hacia la cúspide de las calizas con sílex, fué recogida microfauna bien determinada: *Gl. angusticarinata* DOLFI, *Gl. coronata* BOLLI, *Gl. linnei* D'ORB. *sp.*, *G gali* REICHEL, etc.

Más arriba aún, por enriquecimiento gradual e chos margosos, se pasa insensiblemente a margas bla del nivel 2b que han suministrado una microfauna det rada de caracteres definidos: *Gl. angusticarinata* DOLFI, *Gl. coronata* BOLLI, *Gl.* gr. *renzi* THALMA GANDOLFI, etc. Los silex negros se observan has parte media de las margas blancas, presentando asociación bien conocida, idéntica a la recogida l la cúspide del término 2a; aparecen en abundancia ticulas de yeso en los residuos de lavado de esta timas margas blanquecinas.

El nivel 3 pertenece claramente al Santoniense racterizado por *Gl. concavata sp.*, *Gl. lapparenti* B ZEEN, *Gl. linnei* D'ORB. *sp.*, *Sigalia deflaensis* (S *sp.*) REISS, *Stensioina* sp.

El nivel 4 presenta, en su parte media, una as ción campaniense compuesta de: *Globotruncana c formis* DE LAPPARENT *sp.*, *Gl. aff. contusa* CUSH *Gl. elevata* BROTZEN, *Gl. linnei* D'ORB. *sp.*, *Gl. m*

nata REUS *sp.*, *Gl. stuartiformis* DALBIEZ, *Planoglobi lina sp.*

El nivel 5 soporta, no lejos de su base, un lecho c caliza oscura, en cuyas inmediaciones se han recogid fragmentos de tallo de un crinoide determinado po M. J. ROMÁN, el *Austinocrinus erckerti* DAMES sp. Má adelante se estudia detenidamente este género, muy int resante, que parece característico del Campano-Mae trichtiense. En efecto, en el corte aquí descrito se pu den observar, algo menos de 20 metros por encima de base del nivel 5, una microfauna de finales del Car paniense o del Maestrichtiense: *Globotruncana ar* CUSHMAN, *sp.*, *Gl.* forma «*praecontusa*» y *Gl. contu* CUSHMAN, *Gl. linnei* D'ORB. *sp.*, *Gl. marginata* REU *sp.*, *Gl. stuarti* DE LAPPARENT *sp.*, *Gl. stuartiform* DALBIEZ, *Gl. tricarinata* QUEREAU *sp.*, Globigerinas Gumbelinas. El nivel 5 tiene, por tanto, todos los g neros pertenecientes al Maestrichtiense. La parte sup rior contiene en todo caso una asociación típica de es piso. Se encuentran especialmente *Bolivina incrassa* REISS, *Globigerinella messinae subcarinata* BRON MANN, *Globotruncana mayarocnsis* BOLLI; esta últi especie es característica del Maestrichtiense superior. tinte rojizo que presentan algunos horizontes del n vel 5 se debe a la acumulación local, en superficie, productos de alteración, y no a lechos bien definid (2, nivel 6 de la fig. 17).

A pesar del claro cambio de facies, el nivel 6 acabar nuestro corte es todavía Maestrichtiense y Luteciense, como se ha dicho (2, p. 55, fig. 18). A l lados de la torre de Horquera, se han encontrado l foraminíferos siguientes: *Globotruncana arca* C

MAN *sp.*, *Gl. caliciformis* DE LAPPARENT *sp.*, *Gl. con* CUSHMAN, *Gl. linnei* D'ORB. *sp.*, *Gl. stuartiformis* I BIEZ, *Rugoglobigerina sp.*, *Gumbelina excolata* C MAN, *Aragonia velascoensis* CUSHMAN *sp.*, *Reus. szajnochae szajnochae* GRYZYBOWSKI *sp.* Los bancos lizos intercalados entre las margas blancas de este vel muestran una riqueza bastante grande en fragr tos detríticos de cuarzo con formas angulosas y e mas de muscovita; los microorganismos (especialr te Globigerinas y Fissurinas de forma ovoidal), co tuyen el elemento esencial de estas rocas.

El corte de más abajo muestra el flanco Sur del clinal del río Quipar. Paralelamente a este pliegr más al Norte, está el anticlinal de la Loma de la lana, en cuya parte septentrional se encuentran los veles Cretáceos más elevados. *De un lado y otro camino que une Caravaca a la Puebla de Don Fadr* (fig. 2), a unos doscientos metros al N. del ángulo trional del cementerio de Caravaca, se nota la succ siguiente (buzamiento medio de 40°), que complet corte anterior:

6 Alternancia de margas blancas y de bancos de lizas más o menos detríticos llenos de *Chondritas* lo menos 30 metros).

7 Calizas detríticas blanquecinas con *Chondr* con algunas vetas margosas (alrededor de 20 metros)

8 Margas verdosas más o menos arenosas, con gunos lechos delgados de calizas detríticas (alrededo 50 metros de espesor visibles).

El nivel 6 («Flysch») parece equivaler a aquel en termina el corte de la Torre de Horquera. Se enc tra la misma abundancia de Globigerinas y Fisuri

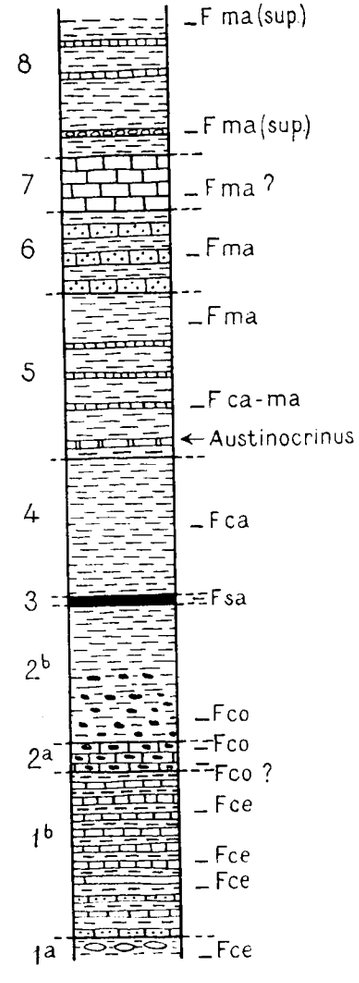


Fig. 3. – Columna estratigráfica del Cretáceo superior al Sur de Caravaca. el texto para la explicación de los niveles 1 al 8; la letra *b* indica las mi faunas estudiadas, mencionando el piso; las abreviaturas empleadas *ce.* Cenomanense; *co.* Coniaciense; *sa.* Santoniense; *ca.* Campaniense; Maestrichtiense. Escala aproximativa 1/2.500.

especialmente del tipo de las que J. DE LAPPAREN relaciona con *Fissurina gracillina* SEG. *sp.*; com hacer notar que esta última especie, de edad neó y cuaternaria (5), no es completamente idéntica del Cretáceo superior.

La base del nivel 7 no ha proporcionado más una microfauna poco abundante, mal conservada pequeño tamaño, probablemente de edad Maest tiense.

Las margas del nivel 8 tienen en su parte inf uno o dos lechos, de algunos centímetros de esp de aspecto conglomerático. Se ven de lado a (lám., fig. 1) innumerables fragmentos de prismas de ceramus y sobre todo de pequeños restos poco re deados de calizas arcillosas con Rosalinas, Gumbeli Globigerinas y Fisurinas de distintas clases (lám., fig *Fiss* gr. *ovalis* KAUF. *sp.*, *F.* cf. *gracillina* SEG. sp. cétera. Este horizonte contiene la fauna siguiente caracteriza al Maestrichtiense superior: *Globotru na contusa* CUSHMAN, *Gl. falsostuarti* SIGAL, *Gl. yarocusis* BOLLI, *Gl. stuarti* DE LAPP. *sp.*, *Gl. stu formis* DALBIEZ, *Bolivina incrassata* REUS, *Boliv des draco draco* MARSSON, *B. draco miliaris* HIL MANN y KOCH, *Pseudotextularia varians* RZEHAK, *nitella scotti* BRONNIMANN, *Gublerina sp.* *Gumbellina* 40 metros más alto, se encuentra una microfauna i tica.

Esta serie margosa maestrichtiense pasa con g continuidad a las margas que contienen en su base crofauna danesa, y más arriba, paleógena. Al nivel corte descrito, no se puede tener esta certeza: los viones procedentes de las formaciones vecinas se

tienden sobre una antigua superficie de erosión que re tiene los sedimentos cretáceos anteriormente erosiona dos. Pero un poco al Sur-Oeste de allí, un profund barranco revela claramente la ausencia total de discon tinuidad entre el Cretáceo y el Eoceno.

II. RESUMEN DE LA SUCESIÓN LITOLÓGICA

Las observaciones resumidas más arriba permite determinar las características del Cretáceo en la zon subbética de Caravaca.

A) Formación predominantemente caliza, pero co numerosas capas margosas de las que no se ha estudiad más que la parte superior (alrededor de 50 metros) Pertenece esta formación, en todo su espesor observ da, al Cenomanense medio-superior. Ningún indicio d la existencia del Turonense apareció en este sector.

B) Una capa de calizas con sílex negro (10 metro descansa sobre el Cenomanense, pareciendo pertenec en su totalidad al Coniaciense. Suele constituir un i teresante nivel de referencia cartográfico para la ba del Senonense. Estas calizas pasan en continuid hacia arriba a un complejo esencialmente margoso, c un espesor de más de 150 metros, donde la riqueza arcillas aumenta cuando ascendemos en la serie (niv les de 2 a 5).

Determinada la base del Coniaciense, este comple muestra 50 metros por encima, un horizonte colore do perteneciente al Santoniense. El Campaniense se o serva más arriba. La cima ya pertenece al Maestrichti se superior.

C) De repente, sobre unos 50 metros de esp (niveles 6 y 7), se establece un régimen recordand poco al del Flysch (en el sentido más amplio), por alternancias de margas blancas y de calizas algo triticas. Esta formación pertenece también al Maest tiense superior, recuerda al «Flysch» calizo del Seno se terminal de la región de Hendaya (4). [El tér Flysch, empleado aquí por los autores que han crito esta serie del País Vasco, ha sido un poco virtuado de su sentido usual.]

D) Margas verdosas (nivel 8), todavía maestr tienses sobre un espesor notable, pasando hacia arr al Danés y después al Eoceno inferior. Se estudi otro trabajo la composición de este Eoceno, que h ahora ha sido tomado por Senonense (2).

El Cretáceo superior de la región de Caravaca diría así en total (sin contar el espesor del Cenomane una potencia del orden de 300 a 350 metros. Conv fijarse en la ausencia, al menos aparente, del Turon y en la excepcional potencia relativa (alrededor de metros) del Maestrichtiense.

III. Observaciones sobre el «Austinocrinus» de la Torre de Horquera

Sobre la pendiente situada al Este-Sur-Este d torre de Horquera, hacia la base del nivel 5, hemos cogido fragmentos de tallo de un Crinoide que clasificó con duda M. J. Román (3) como *Austinocr erckerti* Dames sp. Este descubrimiento presenta ci interés, porque los representantes del género *Aust crinus* son bastantes raros. Se han encontrado entr

Asia central y los alrededores del Mar Negro, en Ale mania, en Túnez, en Cuba y en Méjico. En España Nicklés ha descubierto (6) fragmentos en las marga «danesas» (se trata en realidad del Maestrichtiense co Rosalinas), en las Hoyas Blancas de Alfaz, al NE. d Alicante; Vidal (7) las ha recogido también en el Maes trichtiense de Sensuy (Lérida). Los restos de Carava ca se sitúan en un horizonte análogo, lo que permit subrayar, una vez más, el interés estratigráfico de tale formas del Campano-Maestrichtiense.

La pertenencia de estas muestras al género *Aus tinocrinus*, de Loriol, 1888 (8), de las cuales H. Si verts-Doreck (9) acaba de hacer una revisión, parece i dudable. Damos la descripción de estos restos (lám. foto 2): dos fragmentos, uno de 12 y otro de 7 a ticulaciones; los artejos cilíndricos, de alrededor de unc 9 milímetros de diámetro, tienen de altura 3-3,5 mil metros (una placa nodal no tiene mayor tamaño) la superficie articular muestra una roseta de cinco p talos bien dibujados (la única roseta visible mide a rededor de 4 milímetros de diámetro), bordeada al e terior por una superficie cubierta de finas estrías radi les, difíciles de distinguir en la fotografía.

El mal estado de conservación impide precisar si trata de un *Austinicrinus* s. s. Sieverts-Doreck, 195 subgénero definido por los fuertes almenajes que rode los pétalos de la roseta, o de un *Penroscocrinus* Si verts-Doreck, 1953, en donde tales almenajes no se o servan.

Conviene insistir en el espesor relativamente gran de las articulaciones $\frac{\text{Diámetro D}}{\text{espesor del artejo E}} = 3$ (aproximad

mente), mientras en las formas alemanas del tipo *A. rothpletzi* STOLLEY, 1892, esta proporción varía entre 5 y 8. La especies del género *Austinocrinus* están generalmente fundadas en un pequeño número de articulaciones, con arreglo a ciertos caracteres (tales como el tamaño de la roseta), que son poco variables en el mismo individuo. Así el valor de las atribuciones específicas actuales es muy relativo. El interés del género *Austinocrinus* es sobre todo, de orden estratigráfico.

IV. INTERPRETACIÓN DEL CRETÁCEO SUPERIOR DE CARAVACA

Es la primera vez que en la zona subbética puede precisarse un perfil continuo del Cenomanense a finales del Maestrichtiense.

Se ve que en esta región reinaron las condiciones pelágicas durante todo el Cretáceo superior. La ausencia de depósitos característicos del Turonense puede ser atribuída a una omisión (10) con más seguridad que a una emersión, puesto que ninguna sedimentación nos lo evoca.

La presencia de *Austinocrinus* en el nivel 5 no nos suministra datos sobre las condiciones en profundidad. Aún está poco clara la significación batimétrica de los Crinoides; se sabe, según AILSA CLAK (11), que formas actuales bastante numerosas pueden vivir hasta unos 1.000 metros de profundidad.

A partir del nivel 6 (Maestrichtiense), aparecen finos aportes cuarzosos, mezclados con las microfaunas pelágicas corrientes. No pensemos que esto es indicio

de que se halle una costa próxima. Todo el mundo sabe cuánto lejos de las costas se encuentran aportes cuarzosos.

Algunos lechos del Maestrichtiense superior presentan caracteres más detríticos; éstos podrían ser efecto de corrientes de erosiones submarinas, removiendo sedimentos *in situ*. No podemos apoyarnos en la presencia de *Chondrites* para precisar la profundidad del mar, porque la naturaleza de estos vestigios aún queda por esclarecer.

En todo caso, la serie terminal 8, margosa, siempre con microfauna pelágica, pasa sin modificación de facies al Danés y después al Paleoceno.

Conviene señalar que en estos parajes de la Sierra de la Solana, los lechos de margas y de margas-calizas descritos arriba no recuerdan en ningún modo la facies de los «lechos rojos», contrariamente a las primeras observaciones (2, pág. 55, fig. 17).

Esta facies puede pertenecer al Senonense, al Danés y al Paleoceno; se ve, más al Este, en la trasversal de la Sierra de la Garapacha, y sobre todo al Sur-Oeste, donde adquiere una gran extensión en la región de María, y más al Oeste. Ignoramos cómo se efectúa el paso lateral entre las dos facies, y cuál es su significación paleogeográfica. Los datos precisos que aquí se proporcionan pueden suministrar un buen punto de partida para el estudio comparativo de las dos formaciones.

Recibido el 7 de abril de 1958.

BIBLIOGRAFÍA

(1) FALLOT (P.): *Estudios geológicos en la zona subbética, entre Alicante y el río Guadiana Menor*. Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Lucas Mallada. Madrid, en 8.º, 719 p., 284 fig., 11 pl., 1945.

(2) — — *El sistema cretáceo en las cordilleras béticas*. Cons. Sup. Inv. Cient., Inst. Lucas Mallada. Madrid, en 8.º, 110 p., 24 figs., 2 láminas, 1943.

(3) BUSNARDO (R.), DURAND DELGA (M.), FALLOT (P.) y SIGAL (J.): *Nouveaux documents sur le crétacé superieur des environs de Caravaca (provincia de Murcia, España)*. «C. R. Ac. Sc.», Paris, t. 245, pp. 462-465, 1957.

(4) LAPPARENT (J. DE): *Etude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye*. «Mem. Serv. Carte Géol. France», 1918.

(5) AGIP MINERARIA: *Foraminiferi Padani (Terziario e Quaternario)*. Pezzini impr. Milán, voir pl. XVII, fig. 8, 1957.

(6) NICLES (R.): *Sur quelques gisements maestrichtiens et daniens du Sud-Est de l'Espagne*. «Bull Soc. Géol. France», 3e s., t. XVII, pp. 824-840, voir p. 836, 1888.

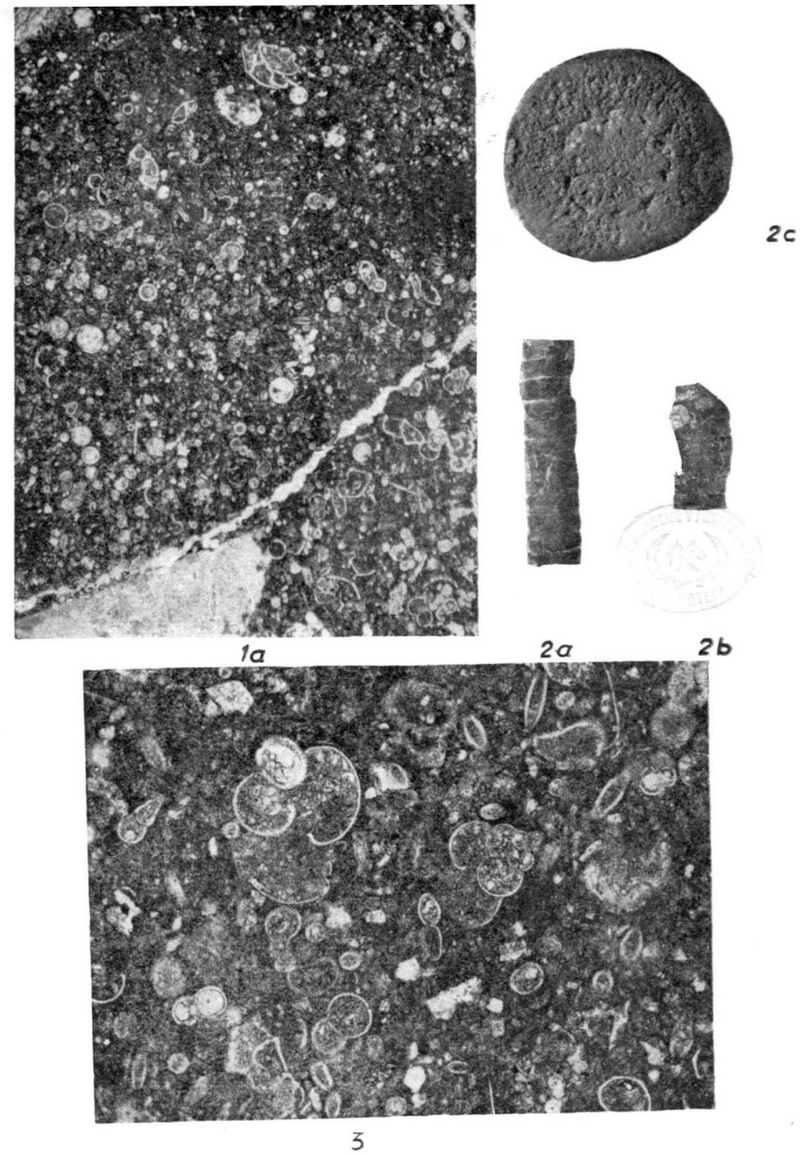
(7) VIDAL (L.-M.): *Contribución a la paleontología del cretácico de Cataluña*. «Mem. Real Ac. Cienc. Artes Barcelona», 3e ép., vol. XVII, núm. 2, 1921.

(8) LORIOL (P. DE): *Note sur deux Echinodermes nouveaux*. «Bull. Soc. Géol. France», 3e s., t. XVII, pp. 150-155.

(9) SIEVERTS-DORECK (H.): *Ueber Austinocrinus im norddeutschen Senon, mit einem Beitrag zur Gliederung, Stammesgeschichte und Verbreitung der Gattung*. «Mitt. Geol. Staats Institut Hamburg», Heft 22, pp. 102-118.

(10) HEIM (ARNOLD): *Problemas de erosión submarina y sedimentación pelágica del presente y del pasado*. «Rev. Museo de la Plata», Soc. Geológica, t. IV, pp. 125-172.

(11) HEDGPETH (J. W.), etc.: *Treatise on marine ecology and paleoecology*. «Mem. Geol. Soc. América», núm 67, 1957.



1.—Componente de los microconglomerados del nivel 8, a 200 m. al Norte del cementerio de Caravaca. Fijarse en la abundancia de microorganismos (Rosalinas, Globigerinas, Fisurinas, etc.), En la parte baja, hacia la izquierda grandes fragmentos de Inoceramus. (× 20).

2.—*Austinocrinus sp.*, encontrado en la parte inferior del nivel 5, al Este-Sur-Este de la Torre de Horquera (Sur de Caravaca) 2 *a* (× 1), fragmento con 12 artejos; 2 *b* (× 1), fragmento con 7 artejos, uno de ellos nodal; 2 *c* (× 4), superficie articular del artejo inferior del fragmento precedente mostrando los 5 pétalos de la roseta.

3.—Componentes de los microconglomerados del nivel 8, a 200 m. al Norte del cementerio de Caravaca. Fijarse hacia la parte central en una Gumbelina grande y en las Fisurinas (entre las cuales hay formas alargadas del tipo de la *F. gracillina* SEG. *sp.*) (× 65).

Los mamíferos fósiles de la colección Palet y Barba

(Museo de Sabadell)

POR

J. TRUYOLS SANTONJA

J. TRUYOLS SANTONJA

LOS MAMIFEROS FOSILES DE LA COLECCION PALET Y BARBA

(Museo de Sabadell)

En 1953, la pequeña colección de mamíferos fósiles que había pertenecido a don DOMINGO PALET Y BARBA pasó a formar parte, con motivo de la defunción de su propietario y por expresa voluntad del mismo, del rico patrimonio de la Sección de Paleontología del Museo de Sabadell. Con este delicado gesto póstumo del geólogo tarrasense (1) se incorporaba al considerable conjunto guardado en el Museo mencionado un conjunto de piezas que poseía un evidente interés, por formar parte de los lotes a partir de los cuales se realizaron algunos de los

(1) PALET Y BARBA fué un distinguido cultivador aficionado de la Geología. Si su obra, ciertamente limitada, se resiente de la propia condición no universitaria del autor, es innegable que representó en su momento una interesante contribución al conocimiento de la geología de la Cataluña mediterránea. Con Juan CADEVALL, el distinguido botánico, Jacinto ELÍAS, infatigable publicista de temas geológicos, el P. Juan SOLÀ, Sch. P. y otros, consiguió crear en su ciudad natal un ambiente favorable al desarrollo y cultivo de las Ciencias Naturales. Parte de sus hallazgos paleomastológicos constituyeron la base de su monografía sobre el discutible Plioceno de Tarrasa, publicada en 1898. En otro aspecto, PALET estuvo más acertado. Efectivamente, en 1908 reconoció —en cierto modo superando la fase estratigráfica de la escuela geológica barcelonesa de principios de siglo—la cobijadura tectónica de la Cordillera Prelitoral Catalana, es decir, la denominada por ILLOPIS, «plesiocapa de Les Pedritxes», cuyo carácter y naturaleza ha sido objeto reciente de fundamentales revisiones en los estudios de FONTBOTÉ.

primeros estudios paleomastológicos de la escuela bar celonesa, y se trazaron las líneas esenciales de la estra tigrafía de las formaciones terciarias continentales de l región catalana.

El conjunto de ejemplares de la colección Palet es constituído por 47 piezas clasificables, junto a alguna de imposible atribución, de las cuales 40 aparecen figu radas y descritas por BATALLER en sus monografías d 1918 y 1924, en particular la segunda de ellas, efectuad a partir de los materiales de las colecciones Palet, Solá Noguera, Guérin y Colominas (esta última también in corporada de hace años al Museo de Sabadell), entr otras. El hecho de pertenecer a especies que posterio mente han sido halladas con cierta prolijidad -por l menos algunas de ellas- en los mismos yacimientos o e otros sincrónicos, disminuye el valor de varios de esto ejemplares, pero no hay que olvidar que algunas de la piezas aquí inventariadas sirvieron para caracterizar po primera vez determinadas especies en los yacimiento terciarios españoles. Por este motivo, y por el hecho d los cambios de apreciación habidos en los últimos año por lo que se refiere a la cronología relativa de los ya cimientos y a la atribución sistemática de las especie creemos de interés una revisión de las piezas de la co lección Palet y la situación de las especies determinada en el marco de las asociaciones de las que forman part integrante.

* * *

Las especies representadas en la colección Palet, la luz de la presente revisión, son las siguientes:

Ictitherium sp.

Protragoceras chantrei DEPERET.

Euprox sp.

Micromeryx flourensianus LARTET.

Suído indeterminado.

Hipparion catalaunicum PIRLOT.

Hipparion sp.

Aceratherium incisivum KAUP.

Rinocerótido indeterminado.

Turicius turicensis (SCHINZ).

Todas las especies pertenecen al Mioceno, pero el conjunto forma parte de dos cuencas sedimentarias distintas: la del Vallés-Penedés, dilatada depresión de las Cordilleras Costeras Catalanas, y la cubeta del Urgellet o de La Seo de Urgel, instalada sobre la dislocación longitudinal del Segre en el Pirineo axil de la provincia de Lérida. Los reducidos materiales procedentes de la última de ellas proceden del conocido yacimiento pontiense de la colina de El Firal, inmediata a La Seo, donde en 1912 fué hallada por segunda vez en Europa una rama mandibular del Primate *Dryopithecus fontani* LARTET. La mayor parte del material de la colección Palet procede, sin embargo, de la cubeta del Vallés-Penedés: de los yacimientos pontienses de las proximidades de Tarrasa (zona suburbana, Sant Miquel del Taudell, Viladecaballs, etc.) o del yacimiento vindoboniense de Sant Quirze de Galliners, cerca de Sabadell.

Indicamos a continuación la distribución de las piezas en cuestión, atendiendo a su posición estratigráfica y sistemática. (La numeración de las piezas que se citan pertenece a la catalogación particular de esta colección, pendiente de ejecución definitiva el inventario general de las piezas contenidas en la Sección de Paleontología del Museo de la ciudad de Sabadell.)

Cuenca del Urgellet

Ictitherium sp.: 28P.
Hipparion sp.: 5P, 8P, 12P, 42P.
Aceratherium incisivum Kaup: 24P, 27P.
Rinocerótido indeterminado: Fragmentos no in tariados.

Yacimiento de El Firal (La Seo de Ur
Pontiense *s. latu*.

Cuenca del Vallés-Penedés

Protragoceras chantrei Deperet: 37P, 39P, 43P
Euprox sp.: 41P.
Suido indeterminado: 44P.

Yacimiento de St. Quirze (trinchera ferr
Vindoboniense.

Protragoceras chantrei Deperet: 36P.
Micromeryx flourensianus Lartet: 34P.
Hipparion catalaunicum Pirlot: 1P, 2P, 3P, 4P, 9P, 10P, 13P, 14P, 15P, 16P, 17P, 18P, 20P, 22P.

Yacimientos de los alrededores de Tar
(Can Aurell, Plana Guitarda, etc.).
Pontiense inferior o Vallesiense.

Protragoceras chantrei Deperet: 35P.
Euprox sp.: 38P, 40P.
Hipparion catalaunicum Pirlot: 6P, 11P, 19P, 23P, 45P, 46P.

Rinocerótido indeterminado: 47P.
Turicius turicensis (Schinz): 29P, 30P, 31P, 32P, 33P

Yacimiento de Sant Miquel del Taudell (Vi ladecaballs).
Pontiense inferior o Vallesiense.

Aceratherium incisivum Kaup: 25P, 26P.

Yacimiento de Can Gonteres (Viladecaballs)
Pontiense inferior o Vallesiense.

* * *

La abundante bibliografía geológico-paleontológica re ferida al Vallés-Penedés, aparecida en estos últimos años hace que sea ésta una de las cuencas terciarias mejo conocidas de la Península. Su relleno sedimentario tuv lugar a todo lo largo del Mioceno, comprendiendo facie marinas, ricas en representación malacológica, que s muestran indentadas con facies continentales extraord nariamente ricas en mamíferos fósiles. Almera, Bofil y Bataller, primero, y Crusafont y Villalta, en esto últimos años, han establecido los hitos paleomastológ cos que han permitido fijar la estratigrafía de la cuenca Así se pudo establecer primero, gracias a hallazgos dis persos reunidos por Almera y Bofill (1887, etc.), la pre sencia del Pontiense, a cuyo piso se atribuyeron la to talidad de los depósitos continentales de la cuenca. Pos teriormente, Bataller (1928) introdujo una sensible mo dificación al esquema de Almera, al reconocer como vin dobonienses los niveles continentales de Sant Quirze Desde 1941, Crusafont y Villalta iniciaron una fina la bor de matización estratigráfica con el descubrimiento d

una elevadísima cantidad de especies fósiles en estos veles. En 1947 (CRUSAFONT y VILLALTA, CRUSAFON TRUYOLS) caracterizaron al Pontiense inferior (Meó o Vallesiense), y en 1952 (CRUSAFONT, VILLALTA y T YOLS), el Burdigaliense continental. En la cuenca Vallés-Penedés están, pues, representados, en el est actual de nuestros conocimientos, los pisos Burdigal se, Vindoboniense, Vallesiense o Pontiense inferio Pontiense *s. str.* o Pikermiense, por lo que se refie las facies continentales, todas ellas con amplia re sentación paleontológica (2).

Los yacimientos de los cuales proceden los m riales de la colección Palet son, como se ha indicado, siguientes: Sant Quirze de Galliners (trinchera del rrocarril), Tarrasa (Can Aurell, Plana Guitarda), V decaballs (Sant Miquel del Taudell y Can Gonteres). primero de los yacimientos indicados pertenece al V doboniense terminal, según se desprende de su posi estratigráfica (CRUSAFONT y TRUYOLS, 1947) y de su na, representada por la asociación de *Galerix exilis*, *siodimylus chantrei*, *Grivasmilus jourdani*, *Monosa minutus*, *Listriodon splendens*, *Euprox furcatus*, *D rorhinus sansaniensis*, *Macrotherium grande*, etc., ta 37 especies, constituyendo una biota de clara seme za con la de La Grive Saint-Alban, en el valle del dano. Los yacimientos restantes pertenecen al Pont se inferior, denominado por CRUSAFONT, Vallesi (CRUSAFONT, 1952): se trata de un piso caracterizado nísticamente por la existencia de numerosas reliq

(2) Para una información más completa, consúltese: M. CRUS y J. TRUYOLS: *Sinopsis estratigráfico-paleontológica del Vallés-Pe* «Arrahona», Sabadell, 1954.

vindobonienses, con las que concurren formas pontie ses y una apreciable cantidad de especies autóctona (CRUSAFONT, 1954). De los yacimientos arriba indicad como pertenecientes a este piso, el de la Plana Guitard o de Can Guitart y el de Can Aurell representan nivel inferiores a los de Sant Miquel del Taudell y Can Go teres, aunque no existe apenas diferenciación faunís ca entre ellos, como no sea la progresiva desaparició de las reliquias vindobonienses a través del tiempo. L asociación que caracteriza estos niveles contiene: *Hipp rion catalaunicum*, *Acceratherium incisivum*, *Dicerorhin sansaniensis*, *Chalicotherium goldfussi*, *Euprox dicran cerus*, *Micromeryx flourensianus*, *Listriodon splenden Monosaulax minutus*, *Plesiodimylus chantrei*, etc. El y cimiento de Sant Miquel del Taudell, el único de cier consideración entre los vallesienses representados en l colección Palet, contiene un conjunto de 10 especies.

La cuenca del Urgellet ocupa en la confluencia d Segre y el Valira una extensión bastante más reduci que la anterior. Conocida la edad terciaria de sus sed mentos desde 1869 por LEYMERIE, su estudio se debe pri cipalmente a CHEVALIER y a VIDAL. BATALLER establec la edad de la formación como Pontiense (1926), grac a la fauna exhumada en el yacimiento de las tejerías E' Firal. La lista de especies de este yacimiento con prende (Catálogo, 1956): *Ictitherium sp.*, *Castor vidal Hyotherium sömmeringi*, ?*Sus major*, *Euprox dicran cerus*, *Dicroceras sp.*, *Hipparion sp.*, *Tapirus priscu Dicerorhinus schleiermacheri*, *Acceratherium incisivum Chalicotherium goldfussi*, *Tetralophodon longirostri Zygolophodon pyrenaicus*, *Dryopithecus fontani*. Sin er bargo, parece que en la misma cuenca, aunque indepe

diente del paquete sedimentario pontiense, está taml representado el Plioceno, según hallazgos efectuados Alás y Ballestar (Llenguadera). En cambio, no hay pr bas de la existencia del Vindoboniense, que aparece f nísticamente representado en los niveles más bajos la vecina cuenca hispanofrancesa de La Cerdaña (tevar).

La edad de la fauna de El Firal está señalada co pontiense *s. latu*. El problema de la eventual corresp dencia de este horizonte con el Vallesiense o el Pont se superior del Vallés-Penedés no está resuelto tc vía, a causa de las diferentes biofacies de ambas cr cas (3).

Descripción de los ejemplares

Ictitherium sp.

A este género puede atribuirse un canino superior recho subcónico y de sección redondeada, con la pu rota (28P), figurado en la lámina XI,7 de la monogr. de Bataller (1924). Los diámetros de la pieza al n de la corona son 12,5 y 10,5 mm.

(3) Efectivamente, la fauna de La Seo parece dar a entend presencia de un Pontiense tipo Eppelsheim, es decir, forestado y troeuropeo, lo que no sería de extrañar, dada la situación geográfic la cuenca. No obstante, según ha mostrado Crusafont (1956), el pr ma adquiere una cierta complejidad ante la existencia en el Vallé nedés de secuencias pontienses forestadas (Vallesiense), seguida otras esteparias (Pikermiense), que, en general, no aparecen en el c de Europa y en zonas montañosas. Por ello no resulta suficien carácter forestado y «húmedo» de la fauna de Seo de Urgel para narle una eventual edad vallesiense, por lo que la situamos en el tiense *s. latu*.

De las especies pontienses, *Ictitherium robustum I. orbignyi* son especies de talla francamente inferior la de la forma de referencia. En cambio *I. hipparionum* de Pikermi, hallado también en el Vallés-Penedés (Ho talets, niveles altos, y Piera), posee una talla análog (diámetro anteroposterior del canino superior, 11 mm en el ejemplar figurado por Gaudry). De porte y r bustez parecida es también *I. montadai* del Vindobonie se del Vallés-Penedés (yacimiento de Can Mata, Ho talets de Pierola), con diámetros 9,5 y 8,2 mm., y aú más la mutación ascendente de la misma especie, proc dente del Vallesiense de Sant Quirze (Poble Nou), segú se observa en el magnífico ejemplar inédito amableme te facilitado por Crusafont, que lo descubrió últim mente (diámetros, 12,4 y 8,5 mm. (c. a.)). Asimismo longitud probable de nuestra pieza entera coincidiría s guramente con la de las especies mencionadas, según desprende de la superposición de los perfiles que hem realizado.

Sin embargo, aun opinando que probablemente la p za pertenezca a una de las dos especies indicadas, cre mos prudente mantenerla sólo, como hizo Bataller, s atribución específica determinada.

Localidad: Yacimiento de El Firal (Seo de Urge Pontiense *s. latu*.

Protragoceras chantrei Deperet

Atribuímos a esta especie las siguientes piezas de colección Palet:

Un fragmento de mandíbula con M2 y M3 algo rot por el lado de la muralla (35P), de procedencia des nocida, pero que, por el aspecto de la ganga, pueda

ferirse quizá al yacimiento de Sant Miquel del Tau o a algún otro de la zona de Viladecaballs. Ejemp figurado por BATALLER (lam. VII, 19), quien lo refir *Tragocerus amaltheus*.

Un M1 o M2 inferior (36P), procedente de Vil caballs (Sant Miquel del Taudell). Atribuido por B. LLER a *Cervus sp.* (lám. VII, 14).

Un M1 o M2 inferior (37P), sin localidad en la queta, que quizá proceda de Sant Quirze. BATALLER atribuye a *Tragocerus amaltheus* (lám. VII, 21).

Una extremidad proximal de radio (39P) de S Quirze, también atribuido a *Tragocerus amaltheus* BATALLER (lám. XII, 10).

Un fragmento de pelvis con la cavidad acetabul (43P), de Sant Quirze, inédita, que colocamos en especie con algunas reservas.

La atribución de estas piezas a *Protragoceras ch trei* es sólo aproximada. Sin una revisión a fondo los abundantes materiales pertenecientes a Ramian existentes en el Museo de Sabadell, como proceder de los distintos niveles de la cubeta, resulta difícil la terminación de piezas aisladas, que en parte debe ha se, por lo que se refiere a material óseo, con el s elemento de juicio de la talla. Debe descartarse la a bución a *Tragocerus amaltheus*, elemento de la fauna Pikermi, presente con seguridad en España solam de la cuenca de Calatayud-Teruel (Concud, etc.). Al recer, la mayor parte de los materiales pertenecient Bóvidos de pequeño tamaño del Vindoboniense o V siense de esta cuenca deben referirse a *Protragoc chantrei* o quizá a *Miotragoceras*, según se desprend recientes documentos exhumados por CRUSAFONT en niveles vindobonienses del Vallés.

Esta especie ha sido hallada en los siguientes yaci mientos del Vallés-Penedés: Vindoboniense: Barbar (Castell de Barbará), Sant Quirze (trinchera del ferro carril), Sant Llorens d'Hortons (Mas Barnich), Masque fa (Can Valls, Can Bonastre), Hostalets (diversos yaci mientos), La Almunia (Can Almirall); Vallesiense: San Quirze (Poble Nou), Viladecaballs (Sant Miquel del Tau dell), Hostalets (diversos yacimientos).

Localidades: Yacimiento de Sant Quirze (trincher del ferrocarril). Vindoboniense. Yacimiento de Sant M quel del Taudell (Viladecaballs). Vallesiense.

Euprox sp.

Un fragmento de molar superior de un verdadero Cé vido (38P), procedente de Sant Miquel del Taudell considerado por BATALLER (lám. VII, 23) como de dif cil determinación (¿*Dremotherium*?), creemos pueda r ferirse a este género cuya presencia abundante en Vindoboniense y el Vallesiense de la cubeta está fuera duda. Su presencia constituye precisamente (CRUSAFON 1952), un rasgo característico de tales pisos en el Vallé Penedés frente a los correspondientes del Mioceno ca tellano, donde *Euprox* (*E. furcatus*, *E. dicranoceru* se halla sustituído por *Dicroceras* (*D. elegans*), aunq este último género, con *Anchitherium* y otros, aparez en cambio en la cuenca catalana durante el Burdigaliens

Al mismo género pueden atribuirse dos astrágalos d rechos (40P y 41P), figurados por BATALLER (lám. VI 9 y 14, respectivamente), como pertenecientes a *Tragoc ras amaltheus*. Aunque están señalados en etiqueta con procedentes de Sant Quirze, es muy probable, habi cuenta del aspecto de la fosilización, que el primero

ellos proceda de Sant Miquel del Taudell. En este caso correspondería probablemente a *E. dicranocerus*, forma exclusiva del Pontiense, aunque no puede descartarse el que pertenezca a alguna otra forma no determinable por ahora de *Tragocerus*. En cambio, el ejemplar de Sant Quirze, cuyas dimensiones (26×39) coinciden exactamente con las de un ejemplar de *E. furcatus* de Masquefa del Museo de Sabadell (H. 301), creemos debe colocarse sin reparo en esta especie vindoboniense.

Localidades: Yacimiento de Sant Quirze (trinchera del ferrocarril). Vindoboniense. Yacimiento de Sant Miquel del Taudell (Viladecaballs). Vallesiense.

Micromeryx flourensianus LARTET.

En la colección Palet figura una mandíbula derecha con P3 (fragmentado en la parte anterior), P4, M1, M2, M3 (34P) de un pequeño Cérvido procedente de los alrededores de Tarrasa (Can Aurell). El propio DEPERET atribuyó el ejemplar para el que fué consultado, a la especie de LARTET, no sin destacar la particularidad de que siendo una especie típicamente vindoboniense, hubiese sido hallada en Cataluña asociada con *Hipparion* (4). El ejemplar de PALET determinó la primera cita en España de la presencia de este pequeño Cérvido, posteriormente descubierto con cierta prolijidad en los tramos vindobonienses y vallesienses del Vallés-Penedés. ALMERA (1898) menciona la existencia de esta misma pieza

(4) Hoy día, habiendo quedado perfectamente caracterizado el piso vallesiense, con imbricaciones faunísticas muy notables, esta anomalía se nos aparece como perfectamente normal.

y BATALLER la incluye en su trabajo de 1924 (lám. VII, 15, 16 y 17).

La longitud total de la serie P3-M3 es de 28,5 mm. (c. a.), y de la serie molar, 22,8, coincidentes o casi con las de los ejemplares del Vindoboniense de la misma cuenca. El ejemplar H 315 del Museo de la Ciudad es una mandíbula procedente del Vindoboniense de Hostalets de Pierola; la longitud de la serie P3-M3 es 29,1, y la de la serie molar, 23.

Según datos recientes (Catálogo, 1954), *Micromeryx flourensianus* ha sido citado en la cuenca del Vallés-Penedés de las siguientes localidades: Del Vindoboniense: Sant Quirze (trinchera del ferrocarril), Barbará (Castell de Barbará), y Hostalets (diversos yacimientos). Del Vallesiense: Sant Quirze (Can Ponsich), Tarrasa (Can Aurell), Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell) y Hostalets (diversos yacimientos).

Localidad: Yacimiento de Can Aurell (Tarrasa). Vallesiense.

Suído indeterminado.

En la colección Palet figura una pieza inédita (44P), que debe reportarse sin duda a un premolar inferior derecho, posiblemente P1, de Suído. Se trata de una pieza monocúspide comprimida, de perfil subtriangular con vertientes disimétricas y cuya longitud máxima es de 12,5 mm. Por ser una pieza poco característica, resulta difícil su atribución correcta; posiblemente debe pertenecer a alguna forma paleoqueroide, como *Hyotherium* u otro género análogo.

Localidad: Sant Quirze (trinchera del ferrocarril). Vindoboniense.

Hipparion catalaunicum PIRLOT.

La mayor parte de los materiales dentarios u óseos de esta colección pertenecen a *Hipparion*. Las piezas existentes son las siguientes:

Un I1 inferior izquierdo (2P), procedente de Tarrasa (Can Aurell), figurado por BATALLER en la lám. I, 21

Un I3 inferior izquierdo (3P), también de Tarrasa (Can Aurell), figurado asimismo por BATALLER en la lámina I, 22.

Un I3 inferior derecho (1P), de la misma procedencia y figurado en la lám. I, 23.

Un P2 inferior izquierdo (10P), procedente de Tarrasa (Plana Guitarda), figurado en I, 9.

Un P2 inferior derecho (4P) de Tarrasa (Can Aurell), figurado en BATALLER, lám. I, 10.

Un P4 o M2 inferior izquierdo (9P), de Tarrasa (Plana Guitarda), figurado en lám. I, 15.

Un P4 o M2 inferior derecho (15P), de la misma procedencia, figurado en I, 16.

Dos D3 (13P y 14P) inferiores derechos, de Tarrasa (Can Aurell), figurados en lám. I, 13 y 11, respectivamente.

Un P2 superior izquierdo (20P) de Tarrasa (Can Aurell), inédito

Un P3 o P4 superior derecho (7P) de la misma localidad y figurado en la lám. I, 3.

Un M1 superior izquierdo (6P), de Viladecaballs (Sant Miquel de Taudell), figurado en I, 1.

Un M2 superior izquierdo (11P), de la misma procedencia, en I, 2.

Una última vértebra lumbar con el cuerpo centr

(16P), de Tarrasa (Can Aurell), figurada por BATALLER en lám. I, 18.

Una extremidad proximal de tibia (22P), de los alrededores de Tarrasa, inédita.

Un calcáneo derecho (21P), procedente de Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell), figurado por BATALLER, en lám. IV, 3, aunque equivocamente como de *Acerotherium incisivum*.

Un calcáneo izquierdo fragmentado (23P) de la misma procedencia, inédito .

Un astrágalo derecho (17P) de Tarrasa (Can Aurell), figurado en I, 19.

Un astrágalo derecho fragmentado (18P), de Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell), figurado en I, 20.

Un fragmento de un primer metatarsiano (19P) de Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell), figurado en II, 3.

Una extremidad distal de metápodo (45P), de la misma procedencia, pero inédito, y

Una primera falange III (46P), de igual procedencia, figurada por BATALLER, en lám. II, 2.

Todas las piezas pertenecen al único Equido existente en la fauna del Pontiense inferior del Vallés-Penedés: el *Hipparion catalaunicum*. Los elementos de juicio que proporcionan los ejemplares de la colección Palet, serían insuficientes para caracterizar la especie, pero afortunadamente el hallazgo de piezas de convicción de *H. catalaunicum* han sido bastante abundantes en el Valles-Penedés, como para que no exista ninguna duda sobre la identificación de la especie. Las dimensiones de las piezas dentarias se corresponden con las de esta especie, según comparación efectuada con los materiales per-

tenecientes a un maxilar y a una mandíbula del ejemplar de Viladecaballs (Can Purull), figurado precisamente por PIRLOT en el estudio de esta especie (PIRLOT, 1956).

Hipparion catalaunicum se caracteriza, según este autor, por una dentición con piezas de mayor tamaño que las de *H. mediterraneum*, con esmalte más complicado y muy rugoso, y con miembros de tipo más primitivo. El tercer metatarsiano posee una faceta única, por lo cual, uno de los huesos tarsales, el cuneiforme, no se apoya sobre él, sino sobre un cuarto metatarsiano. Estos detalles osteológicos no pueden observarse en los ejemplares de la colección Palet, por no existir las piezas características, pero ello no es obstáculo para que los coloquemos sin vacilación en la especie de PIRLOT. BATALLER, en un momento en que no se había abordado todavía la revisión crítica de los *Hipparion* europeos, colocó todos los ejemplares hallados en la especie *gracile*, característica de los yacimientos pontienses de Europa central (Eppelsheim), pero hoy día, a la luz de los últimos estudios, esta atribución no podría ya sostenerse.

La especie ha sido prolijamente hallada en todos los yacimientos del Vallesiense, de la cuenca Vallés-Penedés, a los que caracteriza. Constituye la más antigua representación de este género en España, por aparecer inmediatamente por encima de la fauna vindoboniense de Sant Quirze (yacimiento de Can Ponsich). La forma parece extinguirse al entrar en el Pontiense superior, siendo sustituída, por lo menos en la cuenca del Vallés-Penedés, por la forma de talla menor *H. mediterraneum*.

Localidades: Yacimientos de Tarrasa (Can Aurell) y Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell). Vallesiense.

Hipparion sp.

Los ejemplares catalogados como 8P, 12P y 5P, corresponden a piezas dentarias de *Hipparion* procedentes de la colina de El Firal (La Seo). Se trata de un P4 o M1 inferior derecho, de un M2 y de un M3 inferiores izquierdos, figurados por BATALLER en la lám. I, figs. 6, 5 y 12, respectivamente.

Estando pendiente de una completa revisión la fauna española de *Hipparion*, y no hallándose todavía caracterizado el nivel preciso a que corresponde la fauna de La Seo dentro del Pontiense (véase anteriormente), resulta aventurado por el momento pronunciarse sobre la atribución de estos ejemplares. Sin embargo, parece que forman parte del grupo *gracile*, habida cuenta de su talla y relativa complicación del esmalte.

Al mismo género pertenece una extremidad distal de tibia (42P) inédita, del propio yacimento pirenaico.

Localidad: Yacimiento de El Firal (La Seo). Pontiense *s. latu*.

Aceratherium incisivum KAUP.

La colección Palet contiene tres magníficos ejemplares de piezas dentarias de Rinocerótidos: un M1 y un M3 superiores izquierdos (26P y 25P), procedentes de Viladecaballs (Can Gonteres) y un incisivo inferior derecho (24P), procedente de La Seo de Urgel.

El M1 fué figurado por BATALLER en 1918 (lám. VII, 6), como *Rhinoceros sp.* y atribuído a un P4. En su trabajo de 1924, al que estamos haciendo continua referencia, figuró la otra pieza dentaria, indicando la posibi

lidad de que ambos ejemplares perteneciesen al mismo individuo (lám. IV, 2), como así debe ser, sin duda, visto el aspecto y el estado de desgaste de los molares. En este segundo trabajo, el autor concretó, con ciertas reservas, la atribución de estos ejemplares a la especie de KAUP, destacando la existencia de un fuerte reborde basilar, que no existe en otras formas de talla análoga.

Realmente esta clasificación parece ser la correcta. *Dicerorhinus schleiermacheri* resulta de talla superior y debe descartarse asimismo *Aceratherium tetradactylum*, que es forma vindoboniense. El M3 se corresponde perfectamente con la pieza homóloga figurada por HOFFMANN, en su monografía sobre la fauna de Göriach, como perteneciente a esta especie. Por otra parte, hemos comparado las piezas en cuestión con las correspondientes de una magnífica serie superior de Can Ponsich (Sant Quirze) y la analogía dimensional y morfológica es completa. Las tallas de los ejemplares comparados son las siguientes:

	Can Gonteres (Viladecaballs) mm.	Can Ponsich (Sant Quirze) mm.
M 1: Longitud máxima	39,5	41
Anchura máxima	44,5	43,5
M 3: Longitud máxima	41	40
Anchura máxima	45	43

En cuanto al incisivo derecho procedente del El Firal (La Seo), y figurado por BATALLER como *A. tetradactylum* (III, 2), debe reportarse, sin duda, a la misma especie. Se trata de una magnífica defensa de sección ovalada provista de una cresta en el borde externo que arranca de la corona y que se resuelve, gracias a la usura, en una de las tres aristas que se manifiestan cerca de la punta. Los diámetros en la base de la corona son 41 y 30 milímetros. Esta pieza es análoga al incisivo procedente de Can Barba (Tarrasa), que se guarda en el Museo de Sabadell, y que fué descubierto por VIDAL. BOULE, consultado por BATALLER, lo atribuyó a *A. incisivum* (primera cita de esta especie en España). Aunque las dimensiones de la sección de la corona sean distintas (46 × 27,5), debe mantenerse la atribución a la misma especie pontiense de KAUP.

También reportamos a *A. incisivum* un calcáreo derecho fragmentado (27P), figurado por BATALLER, asimismo como *A. tetradactylum* (lám. III, 3) y procedente de La Seo.

Esta especie existe en el Vallesiense de Sant Quirze (Can Ponsich), Tarrasa (Can Barba), Viladecaballs (La Tarumba y ahora Can Gonteres), Hostalets (diversas localidades de los niveles altos). Fuera de la cuenca del Vallés-Penedés, se conoce con certeza solamente de La Seo, puesto que las demás citas son bastante dudosas.

Localidades: Yacimiento de Viladecaballs (Can Gonteres). Vallesiense. Yacimiento de La Seo de Urgel (El Firal). Pontiense, *s. latu*.

Rinocerótido indeterminado.

Existen además diversos fragmentos de piezas dentarias de Rinocerótidos, absolutamente inclasificables, entre los materiales de la colección Palet. El fragmento de molar superior, procedente de Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell) (47P), fué figurado por BATALLER

como *Rhinoceros sp.* y considerado pieza de leche (lámina III, 10).

Turicius turicensis (SCHINZ).

Finalmente existe en el lote de ejemplares donado por PALET una pequeña representación de piezas dentarias de un Proboscídeo. Se trata de un incisivo superior derecho (33P) y de otras tres piezas superiores también de leche: un D2 derecho (31P), un fragmento seguramente de D3 (32P) y un D4 también derecho (29+30P). Estas piezas han quedado incorporadas en la Memoria que sobre los mastodontes del Neógeno de España están preparando BERGOUNIOUX y CROUZEL, del Institut Catholique de Toulouse, en donde serán oportunamente estudiadas y descritas. En una nota preliminar (1957), sitúan estos ejemplares en la especie *Turicius turicensis* (SCHINZ), característica por su marcada lofodontia.

Las piezas 29P, 30P, 31P y 32P fueron consideradas por BATALLER como de *Sus major;* la 33P como de *Aceratherium incisivum*. El conjunto está figurado en su monografía de 1924 (lám. VI, 14, 12, 13 y 15, y lám. XI, 8, respectivamente). Pero *Sus*, pese a que dimensionalmente *S. major* o *S. erymanthius* se acercan mucho a las piezas aquí reseñadas, posee una dentición polibunodonta y un contorno bastante diferente.

Turicius se conoce, además de Viladecaballs (Sant Miquel del Taudell), de donde proceden estos ejemplares, de Sabadell (subsuelo), en cuanto a la depresión Vallés-Penedés (Vallesiense), y de Nombrevilla, Concud y Teruel, por lo que hace referencia a la cuenca Calatayud-Teruel (Pontiense *s. latu*), según datos de los mencionados BERGOUNIOUX y CROUZEL.

Localidad: Sant Miquel del Taudell (Viladecaballs). Vallesiense.

* * *

Me resta hacer constar mi sincero agradecimiento al doctor M. CRUSAFONT PAIRÓ, bajo cuya dirección he trabajado, y cuyas orientaciones, consejos y sugestiones me han sido tan provechosos para el desarrollo de mi trabajo.

Sección de Paleontología del Museo de la Ciudad de Sabadell (C. S. I. C.)

Recibido 11 de abril de 1958.

BIBLIOGRAFÍA

ALMERA, J.: *Sobre la serie de mamíferos fósiles descubiertos en Cataluña.* «Mem. R. Acad. Cienc. y Artes de Barc.», tercera época, tomo II. Barcelona, 1898.

ALMERA, J., y BOFILL, A.: *Descubrimiento de grandes mamíferos fósiles en Cataluña.* «Crón. cient.», t. V, núm. 220. Barcelona, 1887.

BATALLER, J. R.: *Mamifers fòssils de Catalunya.* «Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.», vol. IV. Barcelona, 1918.

BATALLER, J. R.: *Contribució a l'estudi de nous mamífers fòssils de Catalunya.* «Arx. Inst. Ciències», any XII, núm. 1. Barcelona, 1924.

BATALLER, J. R.: *Edat dels jaciments de mamífers neogènics pirenencs.* «Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.», vol. VI, núm. 4. Barcelona, 1926.

BATALLER, J. R.: *Los yacimientos de vertebrados fósiles miocenos de Cataluña.* XIV Cong. Geol. Inter., fasc. II. Barcelona, 1928.

BERGOUNIOUX, F. M. y CROUZEL, F.: *Les Mastodontes fossiles de l'Espagne.* «Boletín Informativo, A. E. P. V.», núms. 8-9. Sabadell, 1957.

CRUSAFONT, M.: *Algunas consideraciones paleobiológicas sobre el Mioceno español.* I Cursillo Intern. de Paleont. Sabadell, 1952.

CRUSAFONT, M.: *Análisis bioestadístico de las faunas de mamíferos fósiles del Vallés-Penedés.* Cursillos y Conferencias del Inst. «Lucas Mallada», fasc. III. Madrid, 1956.

CRUSAFONT, M. y TRUYOLS, J.: *Sobre el descubrimiento de un nuevo ya*

cimiento del Meótico en el Vallés. «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», t. LX. Madrid, 1947.

CRUSAFONT, M., y VILLALTA, J. F.: *Sobre la caracterización de niveles meóticos en el Vallés*. «Publ. del Mus. de Sabadell». Sabadell, 1947

CRUSAFONT, M., VILLALTA, J. F. y TRUYOLS, J.: *Reconnaissance du Burdigalien continental du Vallés-Penedés*. «C. R. Somm. Soc. Géol. France», núm. 2. Paris, 1952.

PIRLOT, P.: *Les formes européennes du genre*. «Hipparion». Mem. y Com. Inst. Geol. Diput. Prov. Barcelona, t. XIX. Barcelona, 1956

— — —: *Catálogo paleomastológico del Mioceno del Vallés-Penedés y de Calatayud-Teruel*. Segundo Curs. Intern. Paleont. Sabadell, 1954.

— — —: *Catálogos paleomastológicos*. Tercer Cursillo Intern. Paleontología. Sabadell, 1956.

Notas sobre el Aptense del valle alto del río Trueba (Burgos)

POR

RUPERTO SANZ

RUPERTO SANZ

NOTAS SOBRE EL APTENSE DEL VALLE ALTO DEL RIO TRUEBA (BURGOS)

Esta zona se halla en el límite de las provincias de Burgos y Santander, donde nace el río Trueba, en la misma divisoria del Puerto de las Estacas de Trueba, a unos metros de las fuentes del Yeca, afluente del río Pas, y del que se aleja rápido en sentido opuesto saltando de estrato en estrato, mientras aquél desciende a la vega del Pas salvando paquetes enteros de éstos en grandes cascadas. El río Trueba discurre por un valle de rumbo Oeste a Este en sus nueve kilómetros primeros. Es amplio relativamente en su nacimiento, constituyendo, aproximadamente, un circo, para estrechar enseguida y convertirse en un desfiladero hasta desembocar en el que en línea recta de N. a S. se dirige a Espinosa de los Monteros. Sus laderas son empinadas y están festoneadas por duras rocas que forman grandes escarpes y cerros a modo de casquetes. La vegetación es la propia de la alta montaña, buena parte del año cubierta de nieve; prados en el fondo y laderas suaves, y monte bajo y alto en el resto, excepto, naturalmente, en las masas rocosas.

A esta zona y sus limítrofes se dedican estas notas, anticipo de la Hoja en confección de Espinosa de los

zas intercaladas. A cambio, en el vallejo del arr
Lunada, afluente del Trueba en Las Machorras,
rumbo Norte-Sur, faltan estas calizas, pero apare
otras formaciones con cambios rápidos, tales como
lizas de *Pseudo-toucasias santanderensis*, flysch, cal
arrecifales en mogotes aislados, potentes pudinguil
todas cuyas formaciones están intercaladas en las
niscas, que también cambian, siendo unas veces di
y ferruginosas, análogas a cuarcitas, y otras blan
y claras. Aparecen en el mismo lugar, debajo de
calizas arrecifales, otras tableadas oscuras (tramo 4
corte 1), con gran desarrollo al principio y con inte
lación de areniscas entre ambas. Se extienden por
dos márgenes del río, y acuñándose y con aparente
cordancia desaparecen (totalmente en la margen d
cha, y quedando sólo una poco potente representa
en la izquierda) en el meridiano, aproximadamente,
la cota 1.411 (corte 1), pasando lateralmente a are
cas, con lechos de calizas arenosas intercaladas. Al N
te, en la margen derecha del arroyo Lunada, se
dividen en hiladas comprendidas entre areniscas. Si
el nivel de areniscas inferiores con intercalaciones
lizas y margosas, y, por último, viene el tramo r
goso, en el que, de un modo continuo (tramo 7 del
te 2), destacan dos hilaras de calizas con Pseudo-
casias santanderensis.

La fauna constante y más abundante está const
da por *Pseudotoucasias santanderensis* y *Policonites*
neuilli, que se hallan con profusión en la mayorí
las calizas, así como las *Orbitolinas lenticularis* y
noidea, en margas, calizas margosas y areniscas.

También son bastante constantes las *Terebrátula*
lla y *sp.* y *Rhynchonellas*, en la parte alta del tr

medio, prolongándose su hallazgo en la hilada estrecha que se indenta hacia el SE.

En este mismo tramo se hallan, en las calizas de Peñas Blancas y también en hiladas de las tableadas oscuras arriba citadas, secciones de grandes *Ostreas*. En las segundas forman a veces cavidades de gran tamaño en los frentes al descubierto de estas calizas. Se prolonga su hallazgo en las calizas de la hilada que desciende por la ladera izquierda del río Egaña, hasta antes de cruzar dicho río. No ha sido posible coger ejemplar alguno, porque o están incrustados en la caliza o sólo han dejado el molde.

Como, por nuestras noticias, estas *Ostreas* se han hallado en otros lugares de la provincia de Santander, quizá podrán servir de referencia para correlaciones de niveles estratigráficos, si bien insistimos en que tal tramo ofrece grandes variaciones litológicas.

También en todos los tramos se ha hallado la *Exogira latissima*, y en el inferior margoso, la *Exogira cassandra*, aparte de numerosas *Toucasias*, *Hydnophora aff. crassa*, *Trochus sp.* y otros.

R. Ciry (*Etude Geologique d'une partie des Provinces de Burgos, Palencia, León et Santander*) designa a este tramo inferior por «margas de Plicátulas», y a las calizas arrecifales del tramo medio, por «calizas de Castro».

Recibido el 15 IV 1958.

Las scheelitas españolas

POR

JOSEFINA PEREZ MATEOS

JOSEFINA PEREZ MATEOS

LAS SCHEELITAS ESPAÑOLAS

Como mena de volframio, la scheelita (WO_4Ca), e mineral que ofrece destacado interés, aunque sea supe rado en importancia comercial por el volfram, debid a la escasa potencia de sus yacimientos en comparació con los de volframita. Sin embargo, la scheelita alcan za como especie mineral un valor intrínseco superic al del volfram, debido a su mayor pureza.

Las otras menas de volframio, la hübnerita (WC Mn) y la ferberita (WO_4Fe, FeO_2), son más raras y por tanto, de muy escaso valor comercial, a excepció de los Estados Unidos, en donde la hübnerita es objet de explotación.

En este trabajo se han recopilado los resultados e un estudio hecho en una serie de muestras de scheelit de yacimientos españoles, destacando las condicione geológico-topográficas de los mismos y los resultad obtenidos de los análisis químicos y espectroquímic realizados, así como las características morfológicas e los cristales recogidos de esta especie mineral.

La mayoría de los ejemplares proceden del Institu Geológico y Minero de España y algunos de ellos d Museo Nacional de Ciencias Naturales, de Madri Agradecemos a la Dirección de ambos Centros las f

cilidades dadas, lo que nos permitió el llevar a efecto este estudio.

El análisis químico por métodos espectrales fué realizado en el Instituto «Gregorio de Rocasolano», del C. S. I. C., agradeciendo aquí, igualmente, al doctor López de Azcona, Jefe de la Sección de Espectroquímica, su valioso asesoramiento.

I. Los yacimientos de scheelita en España

Hasta el año 1910 estaba citada la scheelita en las siguientes localidades:

Ponferrada (León), mina «Carmelita».
Navasfrías (Salamanca).
Buitrago (Madrid), mina «Garganta».
Sierra de los Santos (Córdoba).
Mérida (Badajoz).
Montoro (Córdoba), cerros de las Cabezas y del Vidrio.
Marmolejo (Jaén).
Estepona y alrededores de Málaga.
Sierra de Mijas (Málaga).

Hoy hemos de añadir a esta lista nuevos afloramientos, que en el transcurso de estos años se han ido descubriendo, y que vienen a completar la relación que exponemos a continuación:

1 *Región estannífera del NO. peninsular. Galicia.*

Coruña.—Citamos en esta provincia los yacimientos de San Juan de Lausame, Noya y Santa Comba, en los que la scheelita se encuentra en los filones de casiterita y volframita.

Orense.—Aquí los yacimientos existentes son los de Beariz, Laza, Tellado, Irijo y Villar de Ciervos.

2. *Región central de la península.*

León. — Ponferrada, minas «Carmelita» y «Ponferradina», y Guareño.

Salamanca.—Navasfrías, Barrueco Pardo, Vecinos, Aldeagordo, Rozados, Villar de Puercos, Cabrerizos, Santo Tomé y Morille, encontrándose en estos yacimientos la scheelita en asociación con el volfram.

Madrid.—Buitrago y Otero.

3 *Extremadura.*

Cáceres.—Santibáñez el Bajo (en las minas de volfram de Santa Isabel y San Rafael).

Badajoz.—Mérida y Oliva, en donde también la scheelita se encuentra asociada al volfram.

4 *Andalucía.*

Córdoba.—Montoro, en los cerros de las Cabezas y del Vidrio, en Marmolejo y sierra de los Santos.

Málaga.—Estepona (scheelita muy pura), en las minas «Conchita» y «El Bosquecillo». También se cita en Marbella, alrededores de Málaga y en Sierra de Mijas.

* * *

Las localidades españolas, entre las citadas, de las cuales hemos contado con ejemplares sobre los que se ha hecho el estudio, son:

Málaga.....	Estepona (minas «Conchita» y «el Bosquecillo»). Marbella y Sierra Mijas.
Córdoba.....	Montoro (mina «Sorpresa»).
León.....	Ponferrada (minas «Carmelita» y «Ponferradina»).
Salamanca.....	Barrueco Pardo (mina «Una»). Morille (mina «Claudina»).
Extremadura....	Cáceres: Santibañez el Bajo (minas «San Rafael» y «Santa Isabel»). Badajoz: Oliva de Jerez.
Galicia.....	San Juan de Lausame y Noya (Coruña). Zona de Santa Comba (Coruña). Beariz y Laza (Orense).

En el adjunto esquema cartográfico se marcan los puntos en los que existen afloramientos de scheelita.

observándose que los puntos citados se acumulan principalmente en torno a las zonas estannífero-volfrámicas en el NO. peninsular. En Galicia: Orense y Coruña; en el centro: León y Salamanca (provincias); al SO.: Cáceres y Badajoz, y al Sur: Córdoba, Jaén y Málaga. Las localidades a las que corresponden las muestras son las siguientes:

1. Noya (Coruña).—2. Lousame (Coruña).—3. Beariz (Orense).—4. Laza (Orense).—5. Ponferrada (León).—6. Barrueco Pardo (Salamanca).—7. Aldealgordo (Salamanca).—8. Vecinos (Salamanca).—9. S. Pedro Rozados (Salamanca).—10. Buitrago (Madrid).—11. Santibañez el Bajo (Cáceres).—12. Mérida (Badajoz).—13. Oliva de Jerez (Badajoz).—14. Montoro (Córdoba).—15. Marmolejo (Jaén).—16. Marbella (Málaga).—17. Estepona (Málaga).—18. Sierra de los Santos (Córdoba).—19. S.ª de Mijas (Málaga).

Condiciones geológico-topográficas de los yacimientos de scheelita que se citan:

Galicia. — Los yacimientos de la zona estannífero-volfrámica, en la región de Noya-San Juan de Lausame, en Coruña, se hallan en el contacto del granito con el estrato-cristalino, armando en el granito.

Los de Beariz y San Juan de Laza, en Orense, se encuentran igualmente en dicha zona de contacto, pero armando en el estrato-cristalino, que en Laza aparece en superficie recubierto por aluviones.

León.—Los criaderos de scheelitas en esta provincia se encuentran en Ponferrada, armando en el granito, pero en la zona de contacto de éste con las pizarras silúricas.

Salamanca.—Los criaderos de scheelita de los alre-

dedores de Salamanca (Vecinos, Aldeagordos, San F dro de Rozados, Morille) se hallan en la zona de me morfismo, en el contacto del granito con las pizarr cámbricas, encontrándose los filones sobre el Cámb co. En iguales condiciones se halla el criadero de F rrueco Pardo, en el que la scheelita acompaña al v fram, armando en la misma zona de contacto del gr nito con las pizarras cámbricas.

Extremadura.—Los yacimientos de volframio de región extremeña, se encuentran sobre terreno graní co los de Santibáñez (Cáceres), mientras que los de O va (Badajoz) descansan en la misma zona de contac del granito con las pizarras, armando en el Cámbric

Andalucía.—En Málaga, los yacimientos de schee ta se encuentran en la zona de contacto entre roc eruptivas básicas y las pizarras del estrato-cristalin descansando sobre estas últimas, en las que el miner forma filoncillos sobre el cuarzo.

II. Análisis químico de las scheelitas estudiad

La composición teórica de la scheelita: Ca O = 19, por 100 y WO_3 = 80,55 por 100, puede verse alterada p sustitución parcial del calcio, bien por el cobre, dan la especie cuproscheelita (Ca, Cu), (WO_4), o por otr elementos, pues, como veremos por nuestros anális el espectroquímico nos delató la presencia de quin «elementos secundarios». Si la sustitución del Ca p el Cu es total, se origina la especie cupritungsti WO_4 Cu. Casi todas las scheelitas contienen tambi molibdeno, pudiendo llegar en su proporción hasta S por 100.

De las muestras de scheelitas españolas se efectu el análisis químico de las trece muestras, cuyos result dos exponemos en la tabla I.

Para la valoración del anhídrido volfrámico se s guió el método bromatométrico presentado por Cas res López y Villanúa Fungariño (*). Se efectuó la di gregación del mineral con sosa, ya que en algunas mue tras habíamos observado que la disgregación no era con pleta empleando el carbonato sódico. Una vez atacac el mineral, tratado con agua y hervido, filtramos sob un matraz aforado de 200 c. c. y tomamos 20 c. c. d líquido obtenido, valorando según el método propuest efectuando la reducción por Zn en medio clorhídric empleando clorhídrico concentrado (fijando las con ciones de trabajo para una concentración determinad a fin de obtener el mismo límite de reducción), añadie do 10 gramos de $PO_4H\,Na_2$, con objeto de evitar precipitación del WO_3, al añadir exceso de bromat Añadimos al líquido transparente, agitando continu

Tabla I

Núm.	PROCEDENCIA	WO_3	CaO
1	Estepona (Málaga)	78,4	19,05
2	Marbella (Málaga)	77,1	20,00
3	Sierra de Mijas	79,0	19,30
4	Ponferrada (León)	74,9	20,10
5	Montoro (Córdoba)	77,6	18,80
6	Santibañez el Bajo (Cáceres)	71,50	19,31
7	Noya (Coruña)	70,77	19,65
8	Barrueco Pardo (Salamanca)	70,56	20,05
9	Ponferrada (León)	80,0	19,34
10	Laza (Orense)	74,78	18,02
11	Beariz (Orense)	79,0	19,20
12	Oliva de Jerez (Badajoz)	78,2	19,50
13	Morille (Salamanca)	80,6	18,43

mente, 10 c. c. de BrO_3 0,1 N, agregando un grai de IK y valorando con solución decinormal de th sulfato.

El calcio se determinó al estado de oxalato.

III. Análisis espectroquímico

El análisis espectroquímico se efectuó con excitaci por arco continuo, con corriente continua, sobre el trodo de carbón, tomando los espectrogramas con espectrógrafo Hilger tipo Litrow de cuarzo de disp sión grande. La cantidad de muestra utilizada para ca análisis fué de 0,05 gramos.

Los resultados obtenidos en los análisis espectroq micos de las trece muestras de scheelitas estudiadas qu dan expuestos en la tabla II.

Consideraciones sobre los elementos encontrados como secundarios

Al. Aluminio.—Elementos de una gran sensibilidad; lo l mos encontrado en *todas* las muestras, lo que represe un 100 por 100 de las analizadas.

Cr. Cromo.—Iguales consideraciones que respecto al a terior.

Cu. Cobre.—También fueron identificadas sus rayas en dos los espectrogramas, pero en menores proporcio que los anteriores.

Co. Cobalto.—Este elemento ha sido hallado en *siete* mu tras, lo que representa un 53 por 100 de las analizad

Fe. Hierro.—Sus rayas aparecen también en *todos* los pectrogramas.

Mg. Magnesio.—Igual que el anterior.

Mn. Manganeso.—Elemento de menos sensibilidad esp troquímica que el magnesio; lo hemos hallado en *trece* muestras analizadas.

Mo. Molibdeno. — Hemos hallado el molibdeno en *o* muestras, lo que representa un 84 por 100 de las an

TABLA II

Núm.	PROCEDENCIA	Al	Cr	Cu	Co	Ca	Fe	Mg	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Sn	Si	Ti	V	W
1	Estepona (Málaga).....	+	+	10^{-5}	10^{-3}	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	—
2	Marbella (Málaga).....	+	+	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-2}	10^{-4}	10^{-5}	+
3	Sierra de Mijas (Málaga).	+	+	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-2}	10^{-4}	10^{-5}	+
4	Ponferrada (León).....	+	+	10^{-5}	10^{-3}	+	10^{-2}	+	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-4}	+	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	+
5	Montoro (Córdoba).. ..	+	+	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}	+	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	+
6	Santibañez el Bajo (Cáceres).....	+	+	10^{-6}	—	+	10^{-2}	+	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-4}	+	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	+
7	Noya (Coruña).....	+	+	10^{-6}	—	+	10^{-3}	+	10^{-4}	—	—	—	—	+	10^{-3}	—	—	+
8	Barrueco Pardo (Salamanca).....	+	+	10^{-6}	10^{-3}	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-6}	—	10^{-5}	—	+	10^{-1}	10^{-5}	—	+
9	Ponferrada (León).....	+	+	10^{-6}	—	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-6}	—	10^{-5}	—	+	10^{-1}	10^{-5}	—	+
10	Laza (Orense).....	+	+	10^{-6}	—	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-6}	—	10^{-5}	—	+	10^{-2}	—	—	+
11	Beariz (Orense).....	+	+	10^{-6}	—	+	10^{-3}	+	10^{-5}	—	—	10^{-5}	—	+	10^{-3}	—	—	+
12	Oliva de Jerez (Badajoz)	+	+	10^{-6}	—	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-4}	—	10^{-5}	—	+	10^{-3}	—	—	+
13	Morille (Salamanca)....	+	+	10^{-6}	10^{-3}	+	10^{-3}	+	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-4}	+	10^{-3}	10^{-5}	10^{-5}	+

Los resultados están expresados en valores absolutos, por lo tanto el 10^{-6} indica un contenido de 0,0001 % y analogamente los demás.

zadas y confirma la frecuente asociación de este elen to con el volframio.

Nb. Niobio.—Elemento reconocido en *siete* muestras, representa un 53 por 100 de los análisis efectuados

Ni. Níquel.—En *doce* muestras fueron identificadas sus yas, lo que representa un 92 por 100.

Pb. Plomo.—Está contenido en *siete* muestras de las lizadas, representando, junto con el Co y Nb, un por 100.

Sn. Estaño.—Se identificó su presencia en todas las m tras, como demostración de la asociación casi cons te de estaño con el volframio.

Si. Silicio.—Lo mismo que el anterior.

Ta. Tántalo.—Elemento reconocido en las mismas m tras que el niobio, o sea, en el 53 por 100.

Ti, Titanio.—Elemento de gran sensibilidad, aparece en *ve* de las muestras analizadas, lo que representa u por 100.

V, Vanadio.—Está identificado en *siete* muestras, que rresponden a un 53 por 100 de las analizadas.

* * *

El Fe, Mg, Al y Si siempre dan rayas, por encontr en mayor proporción de un 1 por 100 en la corteza rrestre.

IV. Características morfológicas

Los cristales de scheelita corresponden a dos t principales: uno piramidal, que da cristales de há octaédrico, con predominio de las caras (111) y (proto y deuto piramidales, y las pirámides agudas (y (221). Muy frecuentes las caras (311), cuya existe denota hemiedría. Otro tipo lo forman los cristales hábito tabular, muy poco frecuentes en las schee españolas, en los que el aplanamiento es paralelo a caras básicas (001), y que ofrecen un aspecto casi i tico a los de vulfenita (MoO_4Pb).

Las formas aisladas abundan menos que las co nadas, las cuales, en algunos casos, presentan riq

de caras. Son relativamente frecuentes las maclas de contacto y complemento, según (100) y (110); la estriación pennada, que en ocasiones se observa sobre las caras (101) en su intersección con las protopiramidales (111), denuncia la existencia de macla.

Las scheelitas españolas presentan formas dominantes, pertenecientes al tipo primero, citado, con poca riqueza en caras.

La fotografía 1.ª muestra un cristal de scheelita de Estepona (mina «Conchita»), a su tamaño natural, combinación de las formas (111) y (101). Color amarillo melado con brillo adamantino. Las caras muestran las figuras de corrosión características (corrosión normal), que aparecen en depresiones triangulares, agudas, desigualmente distribuídas en las caras y cuyo tamaño medio suele ser de un milímetro.

La fotografía 2.ª está tomada a su tamaño natural, de un bello ejemplar de scheelita (caso típico de gemelismo o asociación paralela de cristales bipiramidales), procedente de Ponferrada, León (mina «La Ponferradina»); el color es amarillo rojizo con lustre vítreo poco intenso.

Muy análogo es en su aspecto este ejemplar a los cristales de reinita (scheelita seudomorfizada por volframita), como se ha comprobado por comparación con varios ejemplares de reinita de las provincias de León, Salamanca y Coruña.

Los ejemplares tomados en las fotografías 3.ª y 4.ª corresponden a dos maclas de scheelita, procedentes de Marbella, Málaga; en la fotografía 3.ª se observa la estriación pennada a que hemos aludido anteriormente, sobre las caras (101). El color en ambos ejemplares es amarillo melado y brillo adamantino.

V. Conclusiones

Características de la scheelitas españolas

1. La scheelita, en España, se encuentra común te en asociación con el volfram y la casiterita, si la región estannífero-volfrámica española continu de la portuguesa, observándose esta continuidad acusada en Galicia, considerándose la región gal portuguesa como una de las más ricas del mund cuanto a la producción de estaño y volframio.

2. En la región del NO. peninsular, los yaci tos volfrámicos se encuentran en la zona de con del granito con el estrato-cristalino, armando sobre u otro.

Los de León (Ponferrada) arman sobre el gr encontrándose en la zona de contacto de éste co pizarras silúricas.

Los yacimientos de Salamanca se hallan en la de contacto del granito con las pizarras cámbrica

En Extremadura arman sobre el granito o sol estrato-cristalino, encontrándose en la zona de con

Los yacimientos de Málaga se hallan en la zo contacto entre las eruptivas básicas y las pizarra tamórficas.

Corresponden los yacimientos de scheelita espa a' tipo de los de contacto. En todos ellos es free que el mineral se halle empotrado en ganga cua

3. En cuanto a su composición química, los a cuantitativos efectuados delatan su pureza, en la ría de las estudiadas, obteniendo valores compre

entre 71,79 a 80,6 para WO_3, y de 18,02 a 20,05 pa el CaO.

El análisis espectroquímico delató la presencia d 16 «elementos secundarios», cuyas proporciones oscila entre los límites siguientes:

Cu	10^{-5} a 10^{-6}
Co	10^{-3} » 10^{-4}
Fe	10^{-2} » 10^{-3}
Mn	10^{-4} » 10^{-5}
Mo	10^{-4} » 10^{-6}
Nb	10^{-3} » 10^{-5}
Ni	10^{-4} » 10^{-5}
Pb	10^{-4} » 10^{-5}
Si	10^{-1} » 10^{-3}
Ta	10^{-3} » 10^{-5}
Ti	10^{-4} » 10^{-5}
V	10^{-5} » 10^{-6}
Al, Cr, Mg, Sn	10^{-2}

4. Morfológicamente, los cristales de scheelita e pañoles son de hábito piramidal, tipo octaédrico, co poca riqueza en caras.

Formas dominantes: (111), (101) y (311); tambié las agudas (331) y (221). Formas tabulares poco fr cuentes.

Cristales grandes: de cuatro a un centímetro los m comunes.

Colores melados más o menos rojizos; brillo vítre a diamantino.

Nota. -No damos por terminado el estudio de las scheelitas es ñolas, al que contribuimos con el presente trabajo, ya que actualme iniciamos el estudio de los espectros de fluorescencia de las scheeli de las diversas localidades que se citan; dato de sumo interés que p

mite la identificación de los elementos: samarium, europium diprosium, terbiun y erbiun y clasificar las scheelitas con relación a la presencia y distribución de dichas «tierras raras» evidenciadas por los espectros de fluorescencia respectivos.

Recibido el 16-IV-1958.

BIBLIOGRAFÍA

HERNÁNDEZ PACHECO, E.: *Distribución de la volframita en España y yacimiento de tungsteno del cerro de las Cabezas en Montoro (Córdoba)*. «Bol. Real Sdad. Esp. Hist. Natur. t. V, 1905.

GRANELL, CONRADO: *Estudio de los minerales de volframio de España*. «Bol. Real Sdad. Esp. Hit. Natur.», t. IX, 1909.

CALDERÓN, S.: *Los minerales de España*, 1910.

DOELTER, C. LEITMEIER, H.: *Hanbuch der Mineralchemie*, t. IV, 1929.

HINZZE, C.: *Hanbuch der Mineralogie*, t. II, 1930.

PARGA PONDAL, I. y VÁZQUEZ GARRIGA, J.: *Contribución al estudio de los minerales de volframio de Galicia*. t. XXVIII, núms. 271 y 269, 1930.

COTELO NEIVA, J. M.: *Jazigos portugueses de casiterite e de wolframite. Comunicaçoes dos Serviços Geologicos de Portugal*, t. XXV, 1944.

CASARES LÓPEZ, R. y VILLANÚA FUNGARIÑO, L.: *Determinación bromatométrica del volframio*. «Anales de Física y Química», t. XLII, núm. 404, 1946.

HABERLANDT, H.: *Algo nuevo sobre la scheelita*. Veröffentl. d. Miner. Inst. der Universität. Viena (selt, 1945), núm. 102 *a*, 1956.

Foto 1.

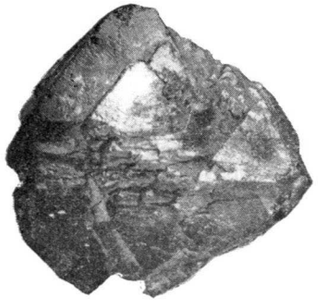


Foto 2.

Foto 3.

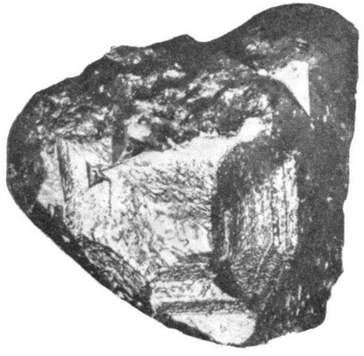


Foto 4.

Resúmenes

POSIBILIDADES PETROLIFERAS DEL SUBSUELO ESPAÑOL EN SU RELACION CON EL ORIGEN DE PETROLEO Y SUS CONDICIONES DE YACIMIENTO

por José María Ríos

RESUMEN

En este trabajo, de pura divulgación, se describe suc sivamente, en términos inteligibles para todos, la importa cia de la industria del petróleo por su trascendencia en organización material de nuestra vida, su índole química, s características naturales y las causas de su origen.

A partir de esta explicación se pone en claro cuáles se las condiciones óptimas para su génesis en grandes can dades.

Se analizan sucesivamente cuáles son las rocas petr líferas y sus condiciones de formación, el proceso de n gración mediante el cual el petróleo es expulsado de aqu llas y transvasado a las rocas petrolíferas, o sea el proce de almacenamiento en estructuras o depósitos naturales.

Se describe después cuáles son los procesos y fenón nos naturales que acompañan a cada una de estas etap y después, por comparación con la historia geológica la Península Ibérica, se ve cuáles son las etapas favorab o desfavorables a la posibilidad de formación y almace miento de petróleo.

Dado que la constitución geológica de la Península tan diversa, se estudia al mismo tiempo cuáles son las giones favorables al almacenamiento del petróleo, a la de los criterios expuestos, y se presenta un mapa de l paña con su distribución en diversas regiones posibleme petrolíferas, y estima de las posibilidades de cada una.

Se expone, finalmente, en líneas generales, la técn empleada para la exploración de petróleos, y se comp la aplicación que de ella se ha hecho en nuestro país con

prácticada en otros, para llegar a la conclusión de que diversas zonas españolas que pueden contener petróleo, p que su investigación está poco más que iniciada.

RÉSUMÉ

Dans ce travail, qui n'a qu'un but de diffusion, on crit successivement, dans des termes qui sont à la por de tous, l'importance de l'industrie du pétrole par son én me influence sur l'organisation matérielle de notre , son caractère chimique, ses propriétés naturelles et les car de son origine.

En partant de cette explication on met en relief que sont les conditions optima pour sa genèse en grandes qu tités.

On passe en revue les roches pétroligènes et leurs c ditions de formation, le processus de migration par leq le pétrole est expulsé des roches pétroligènes et transv dans les roches pétrolifères, c'est-à-dire, le processus d'e magasinement dans les structures ou dépôts naturels.

On décrit ensuite quels sont les processus et phénomè naturels qui accompagnent chacune de ces étapes et pı par comparaison avec l'histoire géologique de la Pénins Ibérique, on voit quelles sont les étapes favorables ou favorables à la possibilité de formation et d'emmagasi ment de pétrole.

Etant donné la grande diversité de la constitution g logique de la péninsule, on étudie en même temps que sont les regions favorables à l'emmagasinement du pétro à la lumière des critériums exposés, et on présente ı carte de l'Espagne avec la distribution des régions possil ment pétrolifères et une estimation des possibilités de c cune.

Finalement on esquisse la technique employée dans prospections pétrolifères et on compare l'application qu' en a fait dans notre pays avec celle qu'on a pratiqué d'autres endroits, pour tirer en définitive la conclusion q y a plusieurs zones espagnoles qui peuvent contenir du trole, mais dont la recherche n'a fait que commencer.

ABSTRACT

This paper, which has a merely diffusive character, d cribes in simple terms the importance of the oil indust

with its enormous influence on the material organizatio of our daily lives, its peculiar chemical nature, its natura characteristics and the causes of its origin.

From this explanation the paper proceeds to make clear, even for the layman, which are the best condition for oil to be generated in vast amounts.

There is a analytical study of petroleum-generating rock and their conditions of formation, the migration proces which expels oil out of these rocks and makes it pass t oil-bearing ones, that is, the process of storage in natura structures or deposits.

A description is made of the natural processes and phe nomena which go with each of these stages, and then, b comparison with the geological history of the Iberian Pe ninsula, a determination is made of the favourable or un favourable character of each of these stages as regards th possibilites of formation and accumulation of oil.

Since the geologic constitution of the Peninsula is s multiform, a study is also made of the regions favourin the accumulation of oil, in the light of the criteria expour ded, and a map of Spain is given showing the distributio of likely oil-bearing regions and an estimate of the poss bilities of each.

Finally a broad description is presented of the techn ques utilized in oil prospecting in Spain, and a compariso is made with those followed elsewhere. The final conclusio is that several Spanish areas may contain oil and that th search for it has hardly gone beyond the very first steps

RELACION DE LOS PRINCIPALES SONDEOS PAR. INVESTIGACION DE PETROLEOS LLEVADOS A CABO EN ESPAÑA DESDE 1939

por J. M. Ríos

RESUMEN

Son varias las relaciones que se han publicado acerc de los resultados, expresados en líneas generales, de lo sondeos de investigación de petróleo. En ésta se reúner con criterio más sistemático, según el orden cronológic de realización, datos aparecidos ya en otros lados. Tien la ventaja esta nueva ordenación que permite guardar re gistro abierto e indefinido, y, por consiguiente, atribuir un

designación adecuada e inmutable a cada sondeo, lo que, sin duda, ha de facilitar la consulta y referencia en lo futuro.

Se hace la relación de los 42 sondeos de investigación de petróleos más importantes llevados a cabo después de 1939, y se citan otros de menos alcance.

RÉSUMÉ

On a déjà publié des relations sur les résultats obtenus, en général, dans les travaux de prospection pétrolifère. Dans cette communication on arrange, plus systématiquement et par ordre chronologique de réalisation, des donnés déjà parues dans d'autres sources. Le nouveau classement permet de maintenir le registre ouvert à jamais, c'est-à-dire que l'on peut affecter une désignation convenable et fixe à chaque sondage, ce qui doit sans doute rendre plus facile à l'avenir les travaux de référence.

On donne la liste des 42 sondages plus importants réalisés depuis 1939 et on fait aussi mention de sondages moins importants.

ABSTRACT

Several reports on the general results of oil prospecting have already been published. The advantage of the present report lies in the fact that it lists and arranges in a more systematic and chronological way data which have already been given elsewhere. It is thus possible to keep an open record, with no time limit, and, consequently, it is possible to assign to each drilling an adequate fixed designation, which will no doubt make for easier reference work in future.

The 42 major drillings performed since 1939 are listed, and mention is made of some minor drillings.

EXCURSION GEOLOGICA POR EL BLOQUE DE PIELAGO (TOLEDO-AVILA)

por Luis Carlos G. de Figuerola

RESUMEN

Con el nombre de Bloque de Piélago designamos la unidad morfológica más meridional de Gredos. Está constituída por un macizo elevado y una llanura de arrasamiento que hacia Poniente se hunde bajo un Terciario reciente (Plioceno medio). Las líneas de fractura del bloque se ordenan de Suroeste a Noreste en su parte más meridional, mientras que por el otro extremo se curvan con radio amplio hacia el Sur. La presencia de rocas filonianas (pórfidos) presentan aproximadamente la orientación indicada en el primer lugar, y parecen indicar fracturas antiguas paralelas a las actuales en la mayor parte de su extensión.

Las rocas que lo integran son granitos, neis cuarzo-feldespáticos, neis micáceos, leptitas, migmatitas, micacitas y calizas cristalinas, que siguen, en general, una orientación hacia el NW., propia de los pliegues hercínicos.

ABSTRACT

With the name of «Bloque de Piélago» I define the morphologic unity more meridional of Gredos. It is formed by a high mountains and peneplain which is inmerse ground a recent Tertiary (middle Pliocene), towards Occident. The fractures of the «Bloque de Piélago» are extended in their oriental part, of SW. to NE., while by the other side they are widely curved towards the South. The presence of porphyric dikes with more or less the same orientation appears to indicate old fractures parallel to the present in the Oriental part.

The rocks that integrate it, are: granites, gneisses, leptites, migmatites mica schists and limestone that go along generally a orientation toward NW., characteristical of the hercynian folds.

GEOLOGIA ANTARTICA

por Antonio Due Rojo, S. I.

RESUMEN

Se han recogido en este artículo las últimas noticias publicadas hasta la fecha sobre los trabajos científicos de diferentes países, relativos a problemas geológicos generales, en el continente antártico, donde se cree habrá de hallarse la clave para su solución. Se discuten los métodos allí empleados: 1) por medio de observaciones directas en expe

diciones terrestres, oceanográficas y aéreas desde las ba que se han establecido durante el Año Geofísico Inter cional; 2) con la obtención indirecta de datos de prosp ción sísmica, de sondeos marinos y análisis de sedimen en el fondo del mar, y 3) con argumentos de analogía partir del registro de terremotos y del estudio de la to grafía submarina en las regiones oceánicas y continenta próximas a la Antártida. Se exponen las conclusiones a (se ha llegado hasta ahora y las perspectivas futuras de investigaciones en curso.

Abstract

The last news up to date available have been collected a just appreciation of the scientific labour of different tions on many general geologic problems in Antartic c tinent, wich seems to be a valuable clue for its solutio Methods there applied are discussed: 1) in direct obser tion by many terrestrial, oceanographic and aerial expe tions from established bases during the International G physical Year; 2) in indirect evidence obtained by seisı prospection, oceanic sediment analysis and sounding, a 3) by analogy deduced from seismic records and submar features in nearby regions of austral oceans and continer Conclusions arrived to until now are expounded, and futı prospects of current investigations examined.

BREVE ESTUDIO CRITICO SOBRE LA FLOI NEOGENA DE LA CERDAÑA ILERDENSE

por Josefa Menéndez Amor

Resumen

La región de la Cerdaña española tiene, desde antig interés extraordinario, no sólo desde el punto de vista g lógico y tectónico, sino también desde el paleontológi especialmente de su flora. Esta, abundante y muy varia después de un estudio detallado, ha permitido llegar a conclusión de que esta zona, durante el Mioceno-Pliocei fué un bosque umbrío y denso, con gran variedad de es ciones biológicas. Se observa, además, la sustitución de

pecies tropicales por otras más septentrionales, precursoras ya de una flora pliocena, y al mismo tiempo una evolución en ella, dado el escaso número de Gamopétalas que ha suministrado.

De otra parte, puede asegurarse que la depresión de la Cerdaña no es un lago formado a consecuencia de la regresión marina, sino un accidente tectónico debido a los plegamientos alpinos, que se ha ido colmatando con materiales antiguos con Diatomeas, y otros posteriores con flora.

Abstract

The region of the Spanish Cerdaña has from ancient times uncommon interest, not only in the geological and tectonical aspects, but also in the paleontological one, specially in its flora. This one, that is plenty and very varied, after a detailed study leads us to the conclusion that in this zone during the miocene-pliocene was a dark and thick forest with a great variety of biological seasons. It can also notice the substitution of the tropical species by other species more septentrional, preceding a pliocene flora, and the same time an evolution in itself, given by the small quantity of Gamopetals that it has supplied.

It can be assured that the depressión of the Cerdaña isn't a lake formed as a consequence of the marine regression, but it is a tectonical accident due to the alpine folds that has been covered with old materials with diatomeae and after with flora.

MISCELANEA DE LA HISTORIA FLUVIAL ESPAÑOLA

por Clemente Sáenz García

Resumen

Se hace notar, en la primera parte de esta monografía, el significado paleogeográfico de las vertientes disimétricas de ciertos puertos en escalón, que abundan en la orografía española, y que son producto de una lucha geológica desigual, entre cuencas fluviales contiguas, por la posesión de dominios.

En la segunda parte se trata de una similar guerra de

minas entre los mismos combatientes geomorfológicos, c
tiene lugar en las divisorias de naturaleza caliza. Los eje
plos se ciñen a la línea separatoria, dentro de nuestra
tria, de las áreas que vierten al Océano Atlántico y de
que lo hacen al Mediterráneo.

Résumé

Dans la première partie de cette monographie on fait
marquer la signification paléogéographique des versants asy
métriques de certains cols en échelons qui abondent d
l'orographie espagnole et qui sont le résultat d'une lu
géologique inégale entre des bassins fluviaux contigus
se disputent des domaines.

Dans la deuxième partie on étudie une guerre similai
de mines, entre les mêmes combattants géomorphologiqu
et qui a lieu dans les lignes de séparation des bassins qu
elles traversent des zones calcaires. Les exemples don
correspondent à des versants espagnols de l'Atlantique et
la Méditerranée.

Abstract

The first part of this monograph deals with the pal
geographic meaning of the asymmetric versants of cert
stepped mountain passes which are frequent in Spain; th
passes in echelon are the result of an unequal geologic l
tle between adjoining watersheds fighting for territories.

The second part of the monograph deals with a sim
mine battle between the same geomorphological combata
a battle which is fought on those divides which are calcare
in nature. The examples given correspond to Spanish d
nage areas ending in the Atlantic and in the Mediterrane

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS PLAY ANTIGUAS DE GALICIA (ESPAÑA)

por H. Honn

Resumen

En el presente trabajo se señala la existencia de antig
depósitos de playa a diferentes niveles en la costa de las r

bajas gallegas. Las playas elevadas del bajo monastiriens
(5-8 metros) son más frecuentes de lo que se suponía. Par
explicar el origen de los depósitos se han utilizado los mé
todos morfológicos y granulométricos, pudiendo deducirs
algunas conclusiones respecto a sus condiciones de for
mación.

Abstract

The occurrence of ancient beach deposits at different l
vels in the *rias bajas* coast of Galicia (Spain), is informed i
this paper. Late Monastirian raised beaches (5-8 meters) ar
more frequent than it was supposed. Morphoscopic and gr
nulometric methods are used in order to explain the origi
of deposits, and inferences about the conditions of depos
tion drawn.

LA TECTONICA DEL PUERTO DE LAS CAMELLA (CACERES) Y LA EDAD DE LAS PIZARRAS BASALE

por Vicente Sos Baynat

Resumen

El territorio situado al sur del Puerto de las Camella
cruzado por el río Salor, está formado por unas pizarra
antiguas caracterizadas por el rumbo NE.; el buzamie
to NW. y unas ondulaciones, a lo largo del rumbo, de or
gen dinámico. A Poniente y Levante están en contacto co
batolitos graníticos que las metamorfosean y las penetra

Estas pizarras antiguas sirven de soporte a terrenos
Edad Silúrica y Devónica, que se caracterizan por una tect
nica de escamas, superposiciones y rumbo NW., siendo l
materiales que forman el relieve del Puerto.

Las pizarras antiguas desempeñaron el papel de antepa
que resistió las presiones de la orogenia hercíniana.

La edad de las pizarras antiguas no se puede resolv
de una manera directa, porque no tienen fósiles; sin en
bargo, al ocupar una posición por debajo del silúrico, p
drían considerarse o como cámbricas o como pertenecient
a tiempos anteriores.

La gran discordia angular existente entre unas y otr
formaciones, con grandes diferencias en rumbos y en pli

gues, advierten que las pizarras antiguas podrían ser de tien pos prepaleozoicos y que fueron plegadas por una oregeni anterior a la caledoniano-herciniana (es decir, que las piz rras podrían ser algonquienses).

Antes de llegar a esta conclusión, se alude a las princ pales opiniones y trabajos de autores españoles y extranje ros relacionados con estas determinaciones cronológicas.

RÉSUMÉ

Le territoire au sud du Puerto de las Camellas, travers par la Salor, est formé par des schistes anciens qui se ca ractérisent par la direction NE., le pendage NW. et quel ques ondulations, dans la même direction des schistes, d'or gine dynamique. A l'ouest et à l'est, ces schistes se trouven en contact avec des batholithes granitiques qui les métamor phosent et les pénètrent.

Ces schistes anciens servent à supporter des terrains silu riens et devoniens caracterisés par une tectonique en écailles superpositions, et une direction NW., et ce sont là les maté riaux qui forment le relief du col.

Les schistes anciens jouèrent le rôle de avant-pays qui ré sista aux pressions de l'orogénie hercynienne.

L'âge des schistes anciens ne peut être résolu directement parce qu'ils n'ont pas des fossiles. Cependant, étant donn qu'ils se trouvent au dessous du silurien, on pourrait les con sidérer comme cambriens ou comme appartenant à des âge plus éloignées.

La grande discordance angulaire entre les différentes for mations, avec des écarts trés grands dans les directions et le plissements, indiquent que les schistes anciens pourraien être des âges prépaléozoïques et avoir été pliés par une oro génie antérieure aux plissements calédoniens-hercynien (c'est-à-dire que les schistes pourraient être Algonquins).

Avant d'arriver à cette conclusion on fait allusion au principaux travaux et opinions des auteurs espagnols e étrangers qui ont traité sur ces déterminations chronolo giques.

ABSTRACT

The territory to the South of Puerto de las Camellas crossed by the river Salor, is formed by old shales whicl are characterized by their general direction NE., vith a NW dip, and some undulations along their general direction

wihch are of dynamic origin. On the W. and E. sides, they contact granitic batholiths that transform and penetrate them.

These ancient shales serve as a support for Silurian and Devonian terrains characterized by a tectonic of scales, superpositions and a NW. direction and they are the materials forming the relief of the pass.

The ancient shales played the part of a fore-country resisting the pressures of the hercinian orogeny.

The age of these ancient shales cannot be directly ascertained, since they have no fossils. Now as they are placed under the Silurian, they could be considered as Cambrian or perhaps from earlier times.

The large angular spread between different formations, with large differences as to direction and folds, seem to indicate that these ancient shales could correspond to prepaleozoic times, and that they were folded through an orogenic movement earlier than the Caledonian-Hercinian (that is, the shales could be Algonquin).

Before reaching this conclusion, mention is made of the main opinions and works of the Spanish and foreign authors who have dealt with these chronological determinations.

ESTRATIFICACION Y CRUCERO

por S. García-Fuente

RESUMEN

En la prospección de piritas que la Empresa ADARO lleva a cabo en Huelva, a pesar de los detenidos reconocimientos geológicos, determinación de contactos, toma de muestras, recogida de fósiles, análisis microscópico de rocas, etcétera, etc., no se ha establecido unas series estratigráficas claras, y los espesores aparentes de las mismas del orde, a veces, de quince kilómetros hacen sospechar que se está tomando por estratificación, lo que es solamente crucero.

La búsqueda de fósiles en las pizarras se hace casi imposible por estar depositados éstos, generalmente, en planos de estratificación, que no coinciden con las caras que normalmente se observan (planos de crucero).

Se ha demostrado esto con algunos ejemplares fósiles ‹ contrados, de los que se reproducen unas fotografías.

Se repasan los conceptos de estratificación (beddin esquisitosidad o pizarrosidad, crucero, diaclasas, etc., y reproducen interpretaciones de cortes geológicos de Fourn rier, en que se tienen en cuenta estos conceptos.

Se reproducen ejemplos de distinción entre estratifi ción y crucero con abundantes fotografías y se muestra corte geológico en el que la consideración del crucero le unas características que anteriormente no se destacaban.

El objeto del trabajo es hacer resaltar estos puntos vista y su gran importancia en el estudio de las series hon géneas pizarreñas.

Mayo, 1958.

Résumé

Dans la prospection de pyrites que la Société ADAI est en train de réaliser à Huelva, et malgré les reconnaiss ces géologiques, détermination des contacts, prise d'éch tillons, rassemblement de fossiles, analyse microscopique roches, etc., il n'a pas été possible d'établir des sér stratigraphiques claires, et les épaisseurs apparents de cell ci, qui sont parfois de l'ordre de 15 km., font penser que pe être on prend par stratification ce qui est en réalité cliva

La recherche de fossiles dans les schistes devient presc impossible parce que ceux-là se trouvent généralement des plans de stratification qui ne coïncident pas avec les s faces que l'on observe couramment (plans de clivage).

On a démontré cela dans le cas de quelques spécim fossiles trouvés, dont on reproduit des photographies.

On passe en revue les concepts de stratification (beddin nature schisteuse, clivage, etc., et l'on reproduit des int prétations de coupes géologiques de Fourmarier où l'on ti compte de ces concepts.

On reproduit des exemples de distinction entre stratifi tion et clivage, avec de nombreuses photographies, et l montre une coupe géologique où la considération de cliv décèle des caractéristiques auparavant cachées.

L'objet du travail est de mettre en relief ces points vue et leur grande importance pour l'étude des séries mogènes schisteuses.

Abstract

In the prospecting work for pyrites that the firm AD. RO is carrying out in Huelva, and in spite of the detail work of geological survey, determination of contacts, sa pling, fossile collection, microscopic analysis of rocks, et it has not been possible to establish clear stratigraphic n works. The apparent thickennss of these, wich is often of a much as 15 km., make one feel that perhaps cleavage ph nomena are being identified, wrongly, as instances of str tification.

The search for fossils in the shales becomes almost i possible, since the fossils are usually found on stratific tion planes which do not coincide with the surfaces normal observed (cleavage planes).

This has been demonstrated with some of the foss specimens found, of which photographs are shown.

The conceptions of stratificacion (bedding), shale-lik nature, cleavage, etc., are reviewed, and reproductions a shown of interpretations of geological sections by Fourm rier in which these notions are taken into account.

Examples are reproduced of the distinction between str tification and cleavage, with a great number of photograph and a geological section is shown in which the fact of co sidering it as a cleavage gives the section some characteri tics which were first overlooked.

The purpose of this paper is to bring atention on the points of view and on their importance for the study of shal type homogeneous series.

LOS MAMIFEROS DEL LUTECIENSE SUPERIO DE CAPELLA (HUESCA)

(Nota preliminar)

por M. Crusafont Pairó

Resumen

En la presente nota se describe una pequeña asociació de Mamíferos fósiles procedente de una mina de lignito, s tuada en las cercanías del pueblo de Capella, en la provinci

de Huesca, con *Adapis priscus, Cebochoerus rutimeyeri Lophiodon rhinocerodes* y, con dudas, *Dacrytherium sp.*, y u Creodonto, además de placas dérmicas y algunos dientes d Crocodílido del grupo de los Aligatórinos. Las especies cita das son todas ellas comunes con las del yacimiento suiz de gerckingen, de modo que la edad luteciense superio de la asociación que nos ocupa es indudable. Mediante est asociación, se pueden datar perfectamente las capas interio res de la formación continental del corte de Capella e el Isábena, y con ello se precisan los detalles estratigráficos paleontológicos de esta interesante formación prepirenaic del llamado «sinclinal de Tremp». También se prolonga haci el W., la que hemos llamado «formación de Montllobar» formada de areniscas, margas endurecidas y conglomerado de tonos grises y amarronados. Con las especies aquí cita das el número de formas del Eoceno medio subpirenaico s eleva a doce.

RÉSUMÉ

On décrit dans la note présente une petite faune de Mam mifères fossiles provenant d'une explotation de lignite placé près du petit village de Capella (Huesca), avec *Adapis pri scus, Cebochoerus rutimeyeri, Lophiodon rhinocerodes* e avec quelques réserves, *Dacrytherium sp.* et un Créodonte ainsi que quelques plaques dermiques et des dents isolée d'un Crocodilien du groupe des Alligatorinés. Les espèce décrites sont communes avec celles du gisement suiss d'Egerckingen, de façon que l'âge lutétien supérieur d nouveau gisement ne peut pas être contestée. Grâce à l'asso ciation de Capella on peut dater parfaitement les niveau inférieurs de la formation continentale du profil on Capell dans l'Isábena et, avec ces données, on précise sur les ques tions de détail concernant les problèmes stratigraphiques e paléontologiques de cette formation prepyrénnéenne du «sin clinal de Tremp» et se continue vers l'Ouest le facies que nou avons nomé «formation de Montllobar», constitué par de grès, des marnes durcies et des conglomerats. Avec les es pèces ici décrites, cette formation lutétienne contient déj un nombre de douze formes de Mammifères.

EL CRETACEO SUPERIOR DEL SUR DE CARAVAC (PROVINCIA DE MURCIA)

por Pablo Fallot, Miguel Durand Delga, Roberto Busnard y Jaboco Sigal

RESUMEN

Los autores estudiaron el Cretáceo superior de la ve tiente Sur occidental de la S. de Peñarrubia de Caravac y de la Loma de la Solana, notando perfiles estratigrá ficos detallados a base de abundantes muestras de marga y margo-calizas. Desde el Cenomanense hasta las capas d transición entre el Cretáceo y el Eoceno, la serie const siempre de depósitos de facies pelágica. Mediante riquís mas microfaunas se ha podido determinar los varios tramo salvo el Turonense, que no aparece paleontológicament caracterizado. Sin embargo, siendo la sucesión continu se atribuye a un fenómeno de omisión (en el sentido d Arn. Heim) más bien que a una emersión, pues ningú rasgo litológico indica un cambio en el tipo de sediment ción. La potencia total es aproximadamente de 350 metro de los cuales 150 para el Maestrichtiense. La facies «cap rojas», muy frecuente en el Cretáceo superior subbétic no aparece aquí.

RÉSUMÉ

Les auteurs ont étudié la coupe du Crétacé supérie du revers de la Peñarrubia et de la Loma de la Solana a SSW de Caravaca, relevant des profils détaillés et prélevai de nombreux échantillons de marnes. Depuis le Cénom nien jusqu'aux couches de passage du Crétacé à l'Eocèn la série se montre continue et toujours de faciès pélagiqu

Tous les niveaux ont été définis par d'abondantes m crofaunes, sauf le Turonien, dont l'absence sous forme d dépôts datés pourrait être plutôt attribuée à une omissi (dans le sen de Arn. Heim) qu'à une émersion qu'auc trait sédimentaire ne parait évoquer. La puissance tota est de l'ordre de 350 mètres, dont 150 pour le seul mae trichtien.

Les marno-calcaires colorés signalés en beaucoup d'a tres points du Subbétique sous le faciès «couches rouge n'apparaissent pas ici.

LOS MAMIFEROS FOSILES DE LA COLECCION PALET Y BARBA (MUSEO DE SABADELL)

por J. Truyols Santonja

RESUMEN

Se revisan en la presente nota un conjunto de piezas pertenecientes a mamíferos fósiles de la colección del malogrado geólogo vallesano Palet y Barba, que pasaron a formar parte del Museo de Sabadell después de su muerte. La mayoría de estas piezas fueron descritas y figuradas en un trabajo de J. R. Bataller, Pbro., hace treinta y cuatro años. A la luz de los nuevos puntos de vista sobre la sistemática y sobre la cronología relativa de los yacimientos miocénicos, esta revisión ha exigido algunas modificaciones de interés. El conjunto comprende diez especies, que representan cinco yacimientos de dos cuencas distintas: la del Vallés-Penedés, en la Depresión Prelitoral de Cataluña, y la del Urgellet (La Seo de Urgel), en el Pirineo.

RÉSUMÉ

On fait dans la note présente une révision de l'ensemble d'échantillons de mammifères fossiles provenant de la collection Palet y Barba, le regretté géologique vallésien, cédés après sa mort au Musée de Sabadell. La plupart des pièces furent décrites et figurées dans un travail de M. l'Abbé J. R. Bataller, il y a 34 anées. D'après les nouvelles vues sur la systhématique et sur la chronologie relative des gisements miocènes, cette révision a exigée quelques retouches interessants d'atribution. Le tout comprend une dizaine d'espèces representant cinq gisements de deux bassins différents: celui du Vallés-Penedés, à la Depressior Prelittorale Catalane, et celui de l'Urgellet (La Seo de Urgel), aux Pyrénées.

NOTAS SOBRE EL APTENSE DEL VALLE ALT DEL RIO TRUEBA (BURGOS)

por Ruperto Sanz

RESUMEN

El Aptense cantábrico llega a esta zona, limitrofe c las provincias de Burgos y Santander, con cerca de 1.00 metros de espesor y comprendido entre dos formaciones s liceas, igualmente potentes, pasando lateralmente hacia SO. los tres tramos a una sola facies, análoga a la wea dense ibérica, excepto una hilada calizo-margosa, que co tinúa intercalada, aunque llega a reducirse a menos de 1 metros de espesor.

El tramo superior del Aptense está constituido por p tentes calizas en masa. El inferior, por margas y caliz margosas con dos hileras de calizas de *Pseudotoucasia sa tanderensis*. Entre ambos hay un tramo de areniscas, su dividido en dos por calizas arrecifales, bajo las cuales h otras negras que pasan hacia el NO. y O. a areniscas co interpolaciones calizas. El adelgazamiento y el paso later de estas formaciones se inicia en la margen derecha d río Trueba y se consuma en la lindante cuenca del río E gaña, excepto la hilada arriba citada.

Caracterizan el tramo calizo intermedio la presencia grandes *Ostreas*, tanto en las arrecifales como en las n gras, si bien no de modo continuo, asi como la constanc de la *Terebrátula sella*.

RÉSUMÉ

L'Aptien cantabre arrive dans cette zone, qui est limite entre les provinces de Burgos et Santander, avec pr de 1.000 mètres d'épaisseur, et interposé entre deux fo mations siliceuses de puissance égale; et ces portions, passant latéralement vers le Sudouest, deviennent une se faciès, analogue au Waldien ibérique, sauf une couche c caire marneuse qui continue interposée mais dont l'épa seur se réduit graduellement jusqu'à moins de 10 mètres.

La portion supérieure de l'Aptien est constituée par puissantes masses de calcaire. La portion inférieure e

formée par des marnes et marno-calcaires avec deux couches de calcaire à *Pseudotoucasia santanderensis*. Entre ces deux portions on trouve une zone de grès, divisée en deux parties par des calcaires de type récifal, sous lesquelles on trouve des calcaires noires qui, en passant vers le Nord-ouest et l'Ouest, deviennent des grès avec des intercalations calcaires. L'amincissement et le changement latérale de ces formations commence sur la rive droite de la Trueba et finit dans le bassin contigu de l'Egaña, à l'exception de la couche mentionée ci-dessus.

La portion calcaire intermédiaire est caractérisée par la présence de grandes *Ostrea*, tant dans les calcaires recifaux que dans les noires, mais sans une continuité totale, et aussi par l'existence de *Terebrátula sella*.

Abstract

When the Cantabrian Aptian reaches the border line between the provinces of Burgos and Santander its thickness is of about 1,000 meters, and it is interposed between two siliceous formations of equal importance. In going laterally towards SW. these three stretches become a single facies, similar to the Iberian Weald, with the exception of a calcareous-marly layer which goes on interposed, but the thickness of which decreases then to less than 10 meters.

The upper portion of the Aptian is made up of powerful calcareous masses. The lower portion is made up of marl and marly limestone, with two layers of *Pseudotoucasia santanderensis* limestone. Between both layers there is a stretch of sandstone, divided into two portions by some reef-like limestones, under wich there are black limestones that, as they pass towards the NW. and the W., become sandstones with interposed limestones. This tapering and lateral passing of the formations begin on the right bank of River Trueba and end in the neighbouring basin of River Egaña, with the exception of the aforementioned layer.

This intermediate calcareous stretch is characterized by the presence of large *Ostrea*, both at the reef-like and at the black limestones, but not in a continuous way, and also by the appearance of *Terebrátula sella*.

LAS SCHEELITAS ESPAÑOLAS

por Josefina Pérez Mateos

Resumen

Se hace un estudio de la especie mineral scheelita, en España, exponiendo los resultados obtenidos de los análisis químico y espectroquímico practicados en una serie de muestras procedentes de los distintos yacimientos españoles que se citan, destacando las condiciones geológico-topográficas de los mismos.

Se resumen las características morfológicas de los cristales y se hacen consideraciones sobre los elementos químicos secundarios, que en número de dieciséis han sido delatados por el análisis espectroquímico.

Los resultados del estudio se resumen en una serie de conclusiones deducidas y que caracterizan a esta especie mineral en España.

Résumé

On fait une étude de l'espèce minérale scheelita dans l'Espagne, en exprimant les resultats obtenus des analyses chimique et spectrochimique pratiqués dans une série des échantillons recueillis des différents gisements espagnols qu'on cite, detachant les conditions géologique-topographiques de ceux-ci.

On résume les caractéristiques morfologiques des cristaux et on fait des considérations sur les 16 éléments sécondaires qu'on a trouvé.

Les resultats de l'étude ont été résumés en une série de conclusions tirées de ce minéral, dans l'Espagne.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En este Instituto, fundado en el año 1849, existen laboratorios donde se estudian, analizan y ensayan, rocas, menas, minerales, aguas, combustibles, tierras coloidales y productos metalúrgicos e industriales. También se efectúan determinaciones espectroquímicas, químicas y de constantes físicas, estructuras cristalinas y mediciones de radiactividad, así como separación y concentración de menas por sus diversas técnicas, y ensayos industriales de las mismas.

Tanto para investigación como para fines docentes, se preparan colecciones de ejemplares y también se realizan clasificaciones de rocas, minerales y fósiles.

Los estudios y prospecciones geofísicas se efectúan por métodos eléctricos, sísmicos, magnéticos, gravimétricos y radiactivos.

Se ejecutan estudios e informes geológicos así como investigaciones de criaderos y asesoramientos para la explotación de los mismos.

Se redactan proyectos de alumbramientos de aguas subterráneas y se proporcionan toda clase de asesoramientos para la ejecución de los mismos.

Con destino a Entidades y particulares se ejecutan toda clase de trabajos relacionados con las especialidades del Instituto.

LISTA DE PRECIOS DE LAS PUBLICACIONES DEL INSTITUTO

Ptas

BOLETINES

Boletines, cada tomo ... 75
Agotados números 1, 10, 11, 12, 15, 21, 22, 23, 38, 39, 43, 44, 45, 48, 50 y 56

NOTAS Y COMUNICACIONES

Notas y Comunicaciones, cada número ... 40
Agotados números 1, 8, 9, 10, 13 y 19.

MEMORIAS

Geofísica.

La Interpretación Geológica de las Mediciones Geofísicas. Tomos 1°, 2° ,3° y 4°, cada uno ... 240
Idem, íd. Tomo 5.° ... 150

Criaderos de Hierro.

Hierros de Murcia ... 40
Idem de Asturias ... 40
Idem de Galicia. Tomos 1.° y 2.° agotados ... 40
Idem de Galicia. Tomo 3.° (dos fascículos cada uno) ... 40
Idem de Sevilla, Jaén y Córdoba ... 75

Varios.

Estudio petrográfico de la Serranía de Ronda ... 50
Monografía de las melanopsis ... 50
Conchas bivalvas de agua dulce ... 50
Memoria del Uranio (agotada) ... 50
El petróleo ... 50
Cuenca del Alto Tajo. Alcalá de Henares ... 50

Ptas.

La cordillera del Rif (dos volúmenes de texto, uno de láminas) ... 150
Reservas mundiales de piritas (dos volúmenes) ... 75
Reservas mundiales de fosfatos (dos volúmenes) ... 75
Libro Jubilar (tomos I y II, cada uno) ... 75
Las nuevas ediciones del Mapa Geológico de la Península a escala 1:1.000.000 (1952 y 1955) publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España ... 20
El Cretáceo en España ... 75

Guías geológicas.

Estrecho de Gibraltar ... 40
Los platinos de la serranía de Ronda ... 40
Minas de plomo y cobre Linares-Huelva (francés o inglés) ... 40
Sierra Morena-Sierra Nevada ... 40
Terciario continental de Burgos ... 40
Minas de Almadén (francés) ... 40
Isla de Mallorca ... 40
Sierra de Guadarrama ... 40
Aranjuez ... 40
Asturias (sólo en francés) ... 40
Sierra Morena-Llanura Bética ... 40
Despeñaperros ... 40
Guía geológica del ferrocarril Madrid-Sevilla ... 40
Idem íd. Madrid-Irún ... 40

Boletines de sondeos.

Tomo 1.° (fasc. 1.°, 2.° y 3.°). Cada fascículo ... 30
Tomo 2.° (fasc. 1.°, 2.° y 3.°). Idem ... 30
Tomo 3.° (fasc. 1.°) ... 30

MAPA GEOLOGICO

Cartografía.

Mapa Geológico de España, escala 1:1.500.000 (entelado) ... 75
Idem íd., a 1:1.000.000 (cuatro hojas) 1955 ... 250
Idem íd., hojas sueltas, cada hoja ... 100
Idem íd., escala 1:400.000 (cada hoja) ... 20
Idem íd., nueva edición (cada hoja) ... 30

	Ptas.
Mapa provincial de Barcelona, Cádiz, Huesca y Lérida, escala 1:200.000, cada uno	75
Hojas del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	20
Atlas estratigráfico de la cuenca hullera asturiana	75
Mapa de Guinea, escala 1:400.000	20
Mapa Manantiales Minero-Medicinales de España, a 1:1.500.000	40
Idem Vulcanológico	40

MEMORIAS.

Explicación Mapa Geológico, tomo 1.º, escala 1:1.000.00	75
Idem íd., explicación tomo 2.º	75
Explicación del Mapa Geológico de España, por don Lucas Mallada, escala 1:400.000 (agotados los volúmenes 4.º, 5.º y 6.º)	50
Memoria provincial de Lérida y Huesca	75
Memorias del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000	20
Datos para el estudio de las hojas del Mapa Geológico 1:50.000. Gijón-Oviedo	30
Catálogo	15

Estas publicaciones se mandan a provincias, enviando por anticipado su importe por Giro Postal, más gastos de correo.

PARA LAS LIBRERÍAS.—Los pedidos hechos por librerías tendrán un 25 % de descuento, que deberán descontar al hacer el envío de su importe por Giro Postal.

INDICE