

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE
ESPAÑA

NÚMERO 16



MADRID
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 106
1946

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

MANCHA CARBONIFERA DE EL BIERZO

**DATOS GEOLOGICOS Y MINEROS
DE SU ZONA OCCIDENTAL**

POR

A. DE ALVARADO Y M. SOBRINO

INGENIEROS DE MINAS

A. DE ALVARADO Y M. SOBRINO

MANCHA CARBONIFERA DE EL BIERZO

DATOS GEOLOGICOS Y MINEROS DE SU ZONA OCCIDENTAL

Sin pretender, por el momento, un estudio completo de la misma, y sólo como avance a dicho trabajo, consignamos a continuación una serie de datos recogidos durante nuestras primeras excursiones, en los sectores más occidentales y parte del central.

Desde el primer recorrido, salta a la vista que la formación carbonífera de esta zona no corresponde realmente en el terreno a la mancha señalada en antiguos mapas geológicos, que son distintos sus contornos y hállase, además, interrumpida tanto por levantamientos del siluriano infrayacente como por mantos diluviales que, parcialmente, la enmascaran; se está realizando por brillantes colegas la necesaria rectificación. Estimamos igualmente alejadas de la realidad las "digitaciones" indicadas por el notable geólogo R. de Urrutia, en sus interesantes croquis de esta región.

Nuestra primera labor se orienta en el sentido de relacionar entre sí las diversas cuencas parciales o, mejor dicho, *sectores de cuenca*, que se explotan aisladamente y sin haberse aun fijado por los explotadores la situación estratigráfica relativa de las capas o paquetes de capas—a veces iguales—trabajados en las distintas concesiones.

La investigación inicial que hemos emprendido partiendo de la cuenca del Cua, tiene como plan seguir en dirección E. una característica capa para identificar su posición en el paquete "Las Internacionales", objeto de intensa explotación en las labores del Alto Sil. A ella seguirán reconocimientos, por pequeños sondeos, en las zonas cubiertas por acarreos.

Para llegar a las deseadas identificaciones de capas, topográficamente separadas, proyectamos emplear no sólo determinaciones paleontológicas, sino análisis químicos y examen micrográfico de las antracitas y rocas de sus hastiales. Con todo ello tenemos fundada esperanza de probar la presencia de paquetes productivos en zonas aun no explotadas y determinar notable aumento de las reservas de carbón conocidas en esta zona, de tan urgente utilidad para el desarrollo de nuestra economía.

SECTOR DEL OESTE - VALLE DEL SIL

Al salir de Ponferrada, hacia el N., siguiendo la carretera de Villablino se observa que la formación diluvial, donde, tocando el granito, se hallan enclavadas la ciudad y varias aldeas, se extiende en dirección septentrional y occidental bastante más de lo señalado en antiguos mapas. Vemos que la ancha banda siluriana figurada entre Cubillos y Fresnedo se reduce a estrecho espolón, que puede considerarse prolongación de las cuarcitas del anticlinal Folgoso-Valle, y se ocultan bajo manto de gruesos cantos diluviales en las inmediaciones de la carretera.

Esta ruta cruza el borde meridional del carbonífero a un kilómetro al S. de Toreno, y muy cerca, hacia el E., se hallan las labores de la concesión "Tres Amigos", donde se han montado tres pisos de explotación sobre dos capas

arrumbadas aproximadamente de E. a O. geográfico. Su buzamiento dominante al N., con inclinación media de 20 grados, se altera frecuentemente, por pliegues de corto radio, en la zona superficial próxima a la boca de los socavones en dirección; una de las capas muestra aquí 0,30 metros de espesor de carbón limpio, con "carbonero" blando al muro, y la otra capa, de carbón más sucio, alcanza un espesor de 0,45 metros.

Al SE. de la estación férrea de Toreno (ver lám. 1) radica la mina "Damiana", que forma grupo con las concesiones "Próspera" y "Terrible". En la primera citada visitamos la capa "Los Cinchos", arrumbada igualmente de E. a Oeste cual es normal en esta zona, y cuya inclinación, al N. varía de 10-15 grados.

La extracción de tres niveles se hace por plano inclinado, con motor eléctrico, hallándose las explotaciones montadas sobre una misma capa a ambos lados del plano. Esta única capa aquí reconocida presenta en este paraje 0,40 metros de carbón limpio, con pizarras y delgados "carboneros" al muro, siendo su techo de pizarras delgadas. Por su posición y caracteres, no parece ser esta capa una de las explotadas en "Tres Amigos", aunque le hayan dado en esta última mina el nombre de "Próspera", por creer se trataba de la misma.

Más al N., a unos dos kilómetros, se explota el paquete de "Alinos", en la mina "Leandra", mediante un pozo plano de 50 metros sobre la capa "Ancha", que tiene 0,50 metros de potencia en carbón y dirección aproximada E.-O. con buzamiento de 40 grados al N. También se trabajó algo una capa estrecha con 0,30 metros de carbón, situada al muro de la anterior y que hoy está parada.

En la concesión "Amalia", de la Sociedad Minero-Siderúrgica, la capa principal, con 0,45 metros de espesor medio, sigue corrida E. a O. y se inclina hacia el N., cual es regla en esta zona.

Grupo minero "Amalia", "Petra" y otras.—Forman estas concesiones de la Minero-Siderúrgica de Ponferrada, S. A., un coto de unas 4.200 pertenencias, situado a la izquierda del río Sil y que enlaza la zona Fabero-Sil con la de Noceda-Igüña. A pesar de su gran extensión, es pobre en número de capas reconocidas, pues incluyendo los carboneros, es de seis solamente, de las que explotables hay tres, cuyas potencias oscilan de 35 a 45 centímetros, aunque de buen carbón, en una sola vena y duro, con hastiales de pizarra. La dirección es E.-O., y el buzamiento, de 20 grados al N.

La capa "Amalia" o del muro se explota por encima del nivel del valle con una galería de 900 metros de longitud, que después de pasar en falla casi la mitad, encontró la capa que se beneficia hasta el antiguo piso de Valdeflor. Al techo de ésta se trabaja la "Tercera", por debajo del valle, mediante un pozo plano de 180 metros de longitud, según la pendiente de la capa, que es de 15 grados; hay allí cuatro plantas, la primera de las cuales está parada, y continúan la profundización para formar la quinta; la longitud media de las galerías es de unos 300 metros en cada planta.

La "Petra", que es la superior, posee otro pozo plano de 140 metros de longitud, con cuatro plantas de 35 metros cada una, aunque sólo se explotan las dos últimas en una zona comprendida entre dos fallas que distan 1.200 metros, tratando ahora de cortarla unos 2.000 metros al O., en unas labores que realizan en el arroyo del Libran, a un nivel inferior al actual y en las inmediaciones del ferrocarril de Ponferrada a Villablino.

Minas Sorpresas.—Explota la continuación al E. de la capa "Amalia", mediante un pozo plano de 160 metros de longitud, según la pendiente, con cuatro plantas, de las cuales las dos primeras están explotadas y abandonadas. Al E. de

la concesión, la capa se hace inexplorable, por ensanchar hasta más de 0,70 metros la cuña de pizarra que lleva entre las dos venas, cuando en la "Amalia" va en una sola vena con regadura al muro. En esta mina se explotó antiguamente por encima del valle el carbonero del techo con el nombre de "Corza"; pero reconocido en profundidad, resultó ser muy estrecho.

La capa "Petra", más alta estratigráficamente, y por tanto, aflorando al N. de aquélla, está afectada en su zona E. de un salto o falla directa que la desplaza más de 40 metros hacia el S., no lejos de una brusca inflexión, con cambio de rumbo y pendiente, de los bancos silurianos que, alineados en general de E. a O., pero con varios entrantes y salientes locales curvilíneos, forman en estos parajes el borde septentrional de la cuenca carbonífera; el paquete de "Alinos", más alto en la serie estratigráfica, se estrella contra esta inflexión y no corre más hacia el E. A consecuencia del antes indicado salto, resulta confusa la prolongación oriental de la capa reseñada, designándose la con el nombre de "Obispo" en el sector al S. del salto próximo a El Villar.

Al SE. y E. de esta aldea, coincidiendo con otra inflexión de las cuarcitas—que dejan de aflorar en la línea de cerros al N. y NE. de la misma—, no sólo terminan los afloramientos y labores sobre carbón en las capas "Petra" y "Amalia", sino que las pizarritas arcillosas hulleras desaparecen gradualmente hacia el E.; se presentan localmente pequeños afloramientos de filadios arcillosos en las torrenteras de los cerros próximos a El Villar, hacia el SE. y E.; pero siguiendo este rumbo la formación carbonífera—cuya prolongación parece probable—, queda totalmente oculta por espeso manto de acarreo, con gruesos cantos cuarzosos, arenas y arcillas que, en dirección a Noceda, cubre e integra cerros y vaguadas.

La capa de "Los Cinchos" es la que ha sido reconocida más al E., en la zona de Toreno-El Villar, y se supone sea una de las explotadas en las concesiones sitas al NO. de Arlanza, en las minas "Solita y Bravo", "Abalino y Eladio", "Rosita", "San Carlos" y "Esperanza 2.^a", entre las cuales tienen reconocidas y en explotación un paquete de cinco capas que, de techo a muro, son "Manolita", "Segunda", "Sucia", "Estrecha" y "Ancha", cuyas potencias oscilan de 0,50 a 0,25 metros.

Son de buen carbón, aunque algo blando, y de un 10 por 100 de materias volátiles, con dirección E.-O. y buzamiento de 15 a 20 grados al S., por presentarse en un anticlinal secundario que existe entre estas explotaciones y el valle de Noceda. La que más se parece a la de los "Cinchos" es la del techo o "Manolita", que también lleva los cuatro carboneros al muro en un tramo de pizarra de 1,5 metros, que perjudican bastante en la explotación por los frecuentes rebajes que hay que hacer en las galerías, a causa de que hincha el suelo, a no ser que se lleve la galería sobre el banco de arenisca o pizarra fuerte que les sigue en plano inferior.

Serie de paquetes de capas.—Para que nos sirvan de referencia en la agrupación de datos recogidos, consignamos la sucesión de paquetes de capas antracitíferas admitidas generalmente ahora por los explotadores, a reserva de confirmar o modificar tal serie en lo futuro.

1.—Paquete de "Damiana", "Amalia", "Petra", etc., que debe hallarse integrado por siete capas, a saber: "Los Cinchos", "Amalia" y su carbonero, "Tercera" y el suyo, "Petra" y "Olvidada".

2.—Paquete de "Alinos" o "Murias", con las capas "Fomeneita", "Estrecha", "Del Muro", "Ancha" y dos estrechas al techo.

3.—Paquete de "Perdiz", "Bienhallada" y "Primera".

4.—Paquete de "La Cazadora", con las capas "A" y "B" y algún carbonero.

5.—Paquete de "Las Internacionales", "Portuguesa", "Italiana", "Inglesa" y "Alemana".

6.—Paquete de "Las Jarrinas"; "Cuarta", "Ancha" o "Cunã", "Quinta", "Sexta" o "Segunda", "Carbonero" o "Séptima" e "Injerto oscuro" u "Octava" y alguna más al muro.

7.—Paquete superior, con "Sucia" o "Tercera", "Segunda", "Primera bis" o "Carbonero" y "Fabero" o "Primera" por antonomasia.

Mina "Alfonso", de Alinos.—Esta concesión, enclavada en término municipal de Toreno (ver lám. 1), es bastante estrecha, aunque ampliada hacia el E. Sus actuales explotaciones arrancan junto a la margen izquierda del río, hallándose limitada hacia el S. por la concesión "Niña", y por la "Felicidad", hacia el N.

Se han reconocido aquí tres capas; de ellas, una inferior, llamada "Ancha", con 0,45 metros de espesor de carbón antracitoso, blando, sucio, y otras dos capas, llamadas "Estrechas", de 0,35 metros, limpias y duras, que dan, por tanto, mayor proporción de granos. Esta mina "Alfonso" trabaja actualmente al fondo plano y arranques casi horizontales de las ramas de un pequeño sinclinal secundario; la prolongación N. y S. de estas ramas, ya algo levantadas, es explotada combinadamente con la concesión central por sus dos colindantes.

Hacia el N., frente al nuevo caserío de Alinos, se levantan sensiblemente los bancos y forman anticlinal secundario, comprendido dentro de la gran *cubeta* o *semicubeta*, cuyos bancos buzan al N. bajo el Ordoviense de Santa Cruz y se inclinan al O. bajo el puente de Matarrosa; la rama septentrional del *fondo de barco*, cuyos bancos deberían buzar al S., queda oculta bajo el siluriano o desapareció por fracturas y erosión

antes del cabalgamiento debido a movimientos pirenaicos, dejando a la formación apariencia monoclinial.

Antracitas Gaiztarro.—Frente al nuevo poblado de Alinos, construido por esta Sociedad, las capas de arenisca y pizarra carbonífera dibujan, como continuación del pliegue sinclinal de "Alfonso", el anticlinal secundario citado en renglones anteriores y que resulta netamente visible en cerrete situado al O. de la carretera; más al E. de la orilla izquierda del Sil, las capas estefanienses marcan acentuado giro, paralelo al observado en otros parajes del río, y se arrumban de N. a Sur geográfico, aproximadamente.

Las extensas y ricas concesiones de esta Empresa (ver lámina 1) encierran cuatro paquetes de capas, "Alinos", "Perdiz", "Cazadora" e "Internacionales", con corridas superiores a cuatro kilómetros, y favorecidos por la topografía se han montado numerosos pisos en "montaña" o a media ladera con socavones y galerías en dirección, sobre capas de antracita, que llegan a sobrepasar los 1.100 metros de frente de arranque en una misma capa, cual sumaban los tajos montados en "La Perdiz" el pasado verano.

El arrastre es facilitado por planos automotores, y el mayor obstáculo de la actual explotación es el de los muy largos recorridos, a veces mayores de tres kilómetros, desde el exterior a los tajos de arranque; por ello, empleando tractores eléctricos o con motor de explosión y martillos perforadores—preferentemente neumáticos para facilitar ventilación y rápido avance de las galerías y chimeneas—se pueden lograr en estas minas, de capas regulares y firmes hastiales, un muy considerable aumento de la producción.

Visitamos la galería inferior, de unos 300 metros de desarrollo, sobre "Bienhallada", que presenta allí una potencia de 0,55 metros, aproximadamente, de carbón semiduro, y por pequeños transversales se pasa a la capa inferior del mismo

paquete, que, en julio de 1945, presentaba un frente con 0,45 metros de antracita dura y limpia en dos vetas, separadas por intercalación de pizarras piritosas, mas lecho de carbón sucio con vena limpia de 0,15 metros al muro, siendo el techo de pizarras grises hojosas.

Para valorar fundadamente las posibilidades de este coto minero interesa visitar detenidamente el grupo "El Caleyo", seguir la corrida de las capas hacia el O. en alrededores de Berlanga y determinar tanto el giro como el buzamiento de los estratos en la orilla E. del Sil.

Las 3.476 pertenencias de esta Sociedad forman un coto continuo, dividido para la explotación en tres grupos: el de "Murias", situado al S., que explota el paquete de "Alinos"; el del "Caleyo", al N.; el de las "Cazadoras" e "Internacionales", y el del centro que, formado por el de "La Perdiz", está dividido en altura en tres subgrupos: "Escandal", "Melendrera" y "Gostillal"; todas las capas con dirección Este-Oeste y buzamiento variable al N.

En el de "Murias" actualmente sólo explotan la capa "Ancha", en la rama S. del sinclinal secundario de "Alinos", llamándola "Bi", de 0,40 metros de potencia, con una vena y hastiales de pizarra sobre la que tienen un frente de arranque de 120 metros del segundo piso a la superficie, sin contar los 110 metros del primero al segundo piso, que está parado, pero en condiciones de explotar y con la chimenea subida. La pendiente de 20 grados, de la capa, va aumentando a medida que avanzan y montan pisos, y es de suponer que pronto llegará a los 40 grados que tiene en la mina "Leandra", que está a 1,5 kilómetros al S.-O. La rama N., o "Bat", de esta capa, tiene 50 grados de pendiente al S. Este grupo está iniciando su explotación, por lo que la longitud de las galerías inferiores es sólo de unos 450 metros.

En el grupo de "La Perdiz", la principal explotación es

sobre la capa del mismo nombre, de 0,60 metros de potencia, en una vena y hastiales de pizarra, y que tiene un frente de arranque de 1.100 metros, pero que aumentará todavía hasta 1.500 a medida que formen más pisos en el subgrupo superior o "Gostillal". Sobre la "Bienhallada" sólo hay 330 metros de frente, aunque podría tener tantos como sobre la anterior, tratándose de una capa de 0,70 metros de potencia, de carbón duro, en dos venas separadas por 0,30 metros de pizarra y hastiales de la misma. Sobre la capa del techo o "Primera", de 0,35 metros, de carbón duro, no tienen labor ninguna. La distancia que separa entre sí estas capas es de unos 60 metros, en transversal.

El subgrupo de "Escandal" pasó en "La Perdiz", una zona muy trastornada, presentándose ahora la capa en una sola vena con regadura al muro, cuando antes iba en dos con cuña, de pizarra en medio. Las galerías de este piso, que son las de mayor longitud (3.200 metros), están ya situadas debajo del pueblo de San Miguel de Langre o, mejor dicho, entre éste y Berlanga. Por la débil pendiente de la capa (20 grados), los dos pisos de este grupo, que salen fuera, llevan un total de siete niveles interiores que les dividen en talleres de 55 a 60 metros de altura, aproximadamente. En el piso inferior de este subgrupo tienen una explotación sobre la "Bienhallada", a unos 300 metros de la bocamina y a 2.900 metros detrás del taller de "La Perdiz", con cuatro niveles interiores y otro a los 700 metros de la entrada, en el otro piso, con un nivel interior.

El subgrupo "Melendreras", con un solo piso que comunica a la calle, lleva dos niveles interiores sobre "La Perdiz", y en la "Bienhallada", un taller a la superficie con un nivel interior.

En el "Gostillal sólo se explota "La Perdiz", y posee hoy cuatro pisos con seis niveles interiores, presentándose

la capa en ellas con potencias de hasta 0,90 metros de buen carbón.

En el grupo "Caleyo" tiene dos pisos, entrando en ambos con transversales, habiendo cortado en el primero, a los 500 metros, la capa "Italiana", con 0,50 metros de carbón en una sola vena y hastiales de pizarra, y mediante un contraataque al techo, la "Inglesa", pero faltándole en el transversal unos metros para alcanzarla. En el segundo piso, a los 80 metros, cortaron la "Italiana", y a los 200 metros, la "Inglesa", presentando, por lo tanto, unos frentes de arranque de 320 y 400 metros, respectivamente, hasta la superficie, que irá aumentando a medida que se internen en la montaña. La "Alemana", dado el avance que efectúan, tardarán todavía dos años en cortarla, pues les faltan 250 metros para llegar a ella.

Este paquete lo cortaron en zona algo trastornada y, por lo tanto, con carbón blando. El taller del E. de la "Italiana", que lleva un nivel interior, encontró una falla con salto de 50 metros al muro, que también la pasó el transversal, por lo que tal vez la "Inglesa" la hayan dejado atrás en falla. El taller del O. de la "Italiana" lleva dos niveles interiores y se presenta con carbón más blando todavía que para el E.

A la entrada del transversal del primer piso del "Caleyo" cortan la capa A del paquete de la "Cazadora", habiendo guiado por ella 60 metros para reconocerla, teniendo 0,40 metros de carbón en tres venas, separadas por 0,05 y 0,40 metros de pizarra, con hastiales de la misma roca.

Minas "Santiago" y "2.ª Novena", "Amparo" y "Remedios".—Explotan también el paquete de "La Perdiz": las dos primeras minas, situadas al S. del pueblo de Matarrosa y derecha del río Sil, explotan hoy solamente la capa "Bienhallada" por encima del nivel del valle, pero están preparando para profundizar un pozo-plano, y en las otras dos conce-

siones, situadas a la izquierda del citado río, trabajan la "Amparo" las dos capas mencionadas y la última la "Bienhallada" solamente, pero teniendo en preparación "La Perdiz". Esta última mina tiene muy próximo el siluriano, hasta el extremo de haber atravesado cuarcitas en el transversal de entrada del primer piso.

Zona Matarrosa (Santa Cruz).—El borde N. de la mancha carbonífera está definido por bancos de cuarcita, de facies ordoviciense, arrumbados de E. a O. y con inclinación de unos 70 grados al N.; resultan así cobijadas las capas carboníferas que allí afloran, y hacia el S. encierran la zona antracitifera productiva.

Siguiendo aguas abajo, en dirección meridional, se observa que en la orilla izquierda del río, frente al nuevo gran lavadero de Antracitas de Fabero, la inclinación de las cuarcitas silurianas disminuye a 60 grados, cabalgando netamente, con ligera discordancia, sobre las pizarras carboníferas silíceas y arcillosas que se inclinan unos 50 grados, también al Norte, y con igual rumbo E. a O. dominante.

Más al S., en el transversal general de la mina de V. González, se observa que la estratificación gira tomando rumbo meridiano e inclinación de unos 20 grados al O.

Estas minas explotan, en cuatro pisos, el paquete llamado de las "Internacionales"; en el transversal general del piso llamado "cero" vimos unos frentes de la capa "Italiana", con 0,60 metros de espesor e inclinación de 20 grados al Oeste, cual es dominante en este paraje. Agua abajo, en estribos del puente sobre el río Sil, junto a Matarrosa, las capas de arenisca y pizarra silícea siguen igual rumbo y buzamiento.

Minas Peñarrosas.—Estas concesiones de Victoriano González, S. A., forman un coto de unas 1.011 pertenencias, de las que algunas son arrendadas, y están a ambos lados del río Sil, pasando por ellas las capas "Internacionales", únicas

que hoy realmente explotan, aunque también tienen unas pequeñas labores sobre otra capa superior a ellas.

En estas concesiones está el fondo del sinclinal que forman las "Internacionales", las cuales dan vuelta en la margen derecha del río Sil, no pasando, por lo tanto, a la orilla izquierda.

De los cuatro pisos que tiene la mina, el "Cero" está empezando la explotación de la capa "Italiana" y han cortado recientemente la "Inglesa", continuando el transversal a la "Alemana"; el piso primero agotó la capa "Inglesa" en la rama S., y la "Italiana" está parada en una falla 500 metros antes del límite de la concesión; la capa "Alemana" está en explotación en la citada rama S. En la rama N. no se han explotado ninguna de ellas, y lo mismo ocurre en el segundo piso, estando parado el piso tercero, donde tratan de reconocer la citada falla.

La dirección de las capas en la rama S. es SO.-NE., y el buzamiento, de 20 grados al NO., y en la rama N., dirección NO.-SE. y buzamiento de 20 grados al SO., estando, por lo tanto, el eje del sinclinal con dirección E.-O. y buzamiento al O. Los espesores de las capas oscilan de 0,40 a 0,50 metros, siendo la mejor la "Inglesa", tanto en potencia como en calidad de carbón; los hastiales son de pizarra.

Las longitudes mayores de galerías son hoy de 1.300 metros, y cuando llegan al límite de concesión serán de 1.800 metros.

CUENCA DE FABERO O DEL CÚA

Observando con detenimiento la estratigrafía de esta cuenca, al subir de Vega de Espinareda a Lillo destaca netamente la formación en cubeta alargada, o fondo de barco, que se dibuja al seguir el recorrido de calicatas sobre afloramientos de las capas antracitosas, y es confirmada por los trazados de labores subterráneas.

El eje mayor de esta cubeta o sinclinal (ver lámina 1), comprimido por los levantamientos del ordoviciense infrayacente, sigue rumbo próximo al E.-O. y atraviesa las concesiones de Antracitas de Fabero, no lejos de la línea de separación entre ellas y "Minas del Bierzo", cuyas explotaciones se extienden hacia el S. Si a partir del borde septentrional hacemos un corte, siguiendo, aproximadamente, aguas abajo el curso del río Cúa, destaca, en primer lugar, que la base de la formación carbonífera está integrada en este sector por grueso horizonte de "pudinga", discordante con el siluriano (ver foto número 1), en que se apoya.

Junto a la margen izquierda del río afloran múltiples capas de carbón, sobre varias de las cuales hay montadas pequeñas galerías de reconocimiento y cuyo número alcanza a 21, según el ayudante M. Vázquez, experto jefe de la explotación; desde luego, no todas merecen trabajarse.

Las labores de arranque están actualmente concentradas sobre la capa llamada primera, o de "Fabero" (número 1 en su corte estratigráfico, numerado de techo a muro), en el sector central de las dos Sociedades colindantes. Hacia el E. se trabajan intensamente las capas (ver láminas 2 y 3)

llamadas "Las Jarrinas" (números 4, 5 y 6 del citado corte estratigráfico), por medio de "pozos planos"; pese a su nombre, estas labores son realmente planos inclinados, de poca pendiente, aunque siguen la máxima de las capas. En este paraje hallamos muy numerosos ejemplares de flora fósil, cuya clasificación insertamos al final de estas Notas.

Para estudios industriales de esta cuenca minera conviene tener muy en cuenta la falla, bien definida y de gran



Foto 1. — Contacto de la pudinga estefaniense sobre cuarcitas al N.-NE. de Bárcena, orilla izquierda del Cúa.

longitud, que, con salto de unos 30 metros, según la vertical, afecta a los dos principales cotos mineros en la parte central de la zona. Según el corte que presenta en las márgenes del Cúa (ver lámina 3), resulta justificado atribuir al paquete carbonífero explotable un espesor de 400 a 500 metros (ver lámina 2).

Un sondeo emplazado hacia el centro del fondo de barco o cubeta, cortaría la primera capa, o sea la llamada de "Fa-

bero", a unos 100 metros de la superficie, y en unos 600 metros de profundidad *cortaría sucesivamente todas las capas de antracita que integran aquí la serie productiva*, debiendo tal vez prolongarse hasta los 700 metros para alcanzar la pudinga base.

Al NE. de Vega de Espinareda la concesión "Goya", de I. Biain, sólo explota una de las tres capas reconocidas en ella, y subiendo de allí a los altos cerros que cierran al Sudeste el valle de Fabero se divisa amplia extensión de terreno hasta la línea de montes que, siguiendo la dirección meridiana, separa las cuencas del Cúa y del Sil, aun no bien relacionadas por trabajos mineros.

Investigaciones para relacionar cuencas parciales.—Para conseguir la identificación de capas y homologación estratigráfica de paquetes en ambos sectores, hemos iniciado la investigación del modo siguiente: Ante todo, excavar serie de calicatas, en dirección, y pocillos algo más profundos sobre la capa que, en las concesiones "Goya" y "Julia 5.^a", se atribuye al paquete las "Internacionales", con rumbo general al E. y acercándonos a las labores de reconocimiento que Antracitas Gaiztarro, S. A., tiene hechas en la zona (ver fotos 2 y 3) San Miguel de Langre y Berlanga.

Se comenzaron los trabajos en el monte La Forcada, a partir de la bocamina de "Julia 5.^a", sobre la capa principal de esta explotación. Un primer tramo de pequeñas zanjas (en dirección sobre afloramientos carbonosos) y pocillos, ha establecido hacia el O. su relación con la capa del techo explotada en "Goya", siguiendo varias pequeñas inflexiones y cambios de rumbo. En unos 90 metros de corrida la capa presenta rumbo Este a O. magnético, con unos 30 grados de inclinación al N., y seguidamente giran los bancos tomando, en corto trecho, dirección norteadada, que coincide con estrechamientos y esterilidad de la capa; tras dicho trastorno se presenta nuevo giro de la

capa investigada, que toma su dirección habitual o dominante E. a O. con buzamiento S. en corta corrida, y otra inflexión para inclinarse al N., según es regla en zona más oriental.

Por medio de calicatas longitudinales y transversales, hasta cuatro metros de profundidad, algún pocillo y pequeñas rozas, para precisar los afloramientos superficialmente enmascarados, se ha reconocido esta capa hacia el O. en unos 400 metros de longitud. Se caracteriza aquí la capa de antracita



Foto 2.—Borde meridional de la cubeta carbonífera en alrededores de Berlanga.

por su espesor variable de 0,20 a 0,40 metros, relativamente limpia y dura, dividiéndose en dos venas cuando se presenta intercalada estrecha veta o "regadura" arcillosa, mientras a distancia constante, y hacia su techo, un delgado "carbonero" la acompaña en esta zona.

La investigación se continuará hacia el E. del arroyo Valdeguizas, una vez precisados los hastiales de capa y carbonero, bajo el muy espeso manto de acarreo que allí los cubre.

A la mayoría de las excavaciones se les asigna profundidad media de cuatro metros, igual que indicamos en sector O., con longitud de cuatro a cinco metros sobre corrida de la capa antracitosa, e intercalación de pocillos y pequeñas rozas; el intervalo medio es de 30 a 40 metros entre las calicatas principales.

Minas "Alicia" y otras.—Este coto, de 3.500 pertenencias, explotado por Antracitas de Fabero, S. A., comprende gran parte de las zonas central y N. de la cuenca, explotando las capas de los paquetes "Fabero" y "Jarrina", el primero en los grupos "Pozo", "Río" y "Bárcena", y el segundo en el de "Jarrina" y "Maurín". La importancia de los dos primeros dis-



Foto 3.—Borde meridional del carbonífero junto a Langre.

minuye a medida que se agota la capa primera, explotada en ellos, en tanto aumentan los otros tres, y, sobre todo, el de la "Jarrina", a pesar de que hasta ahora sólo explotan de este paquete las capas "Jarrina" y "Segunda", que en otros sitios

llaman "Quinta" y "Sexta", contando de techo a muro en la cuenca. La capa "Sexta" de aquel grupo, que cortaron con un transversal en el primer piso, la explotan con un plano inclinado sobre ella que va hasta el sexto piso, donde comunica con la superficie por otro transversal; todos estos pisos explotan a ambos lados. Sobre la capa quinta tienen nueve pisos para el E., explotando los cuatro primeros con un nivel interior, cada uno servido por un plano inclinado; habiendo suprimido la salida afuera del segundo piso y hacia el O., hoy sólo tienen los tres pisos superiores.

Además, en este grupo están profundizando dos pozos planos a corta-banco, en primero y séptimo piso, con los que esperan cortar el resto del paquete, o sea tres capas más, con 96 metros de longitud en el primero y con 115 metros en el séptimo. Las mayores longitudes de galerías son de 400 metros. La dirección de las capas es NE.-SO., y el buzamiento al SE., de 15 grados, con potencias de carbón de 0,60 y 0,65 metros.

El grupo "Maurín" tiene en la zona S. dos pisos sobre cada una de las capas "Cuarta", "Quinta" y "Sexta", y en el N., tres niveles sobre las dos últimas citadas; en este grupo, por no tener nada mecanizado, va más lenta su preparación; las mayores galerías no llegan a 400 metros. La dirección es casi N.-S., con buzamiento al E. de unos 25 grados y espesores de 0,40 a 0,65 metros.

En el grupo "Río", que explota a pozo, la séptima planta comunica con la misma del grupo "Pozo"; continúa la explotación de las cinco superiores, salvo la primera, parada ya. Se explota en él, por debajo del valle, mediante un pozo plano de 400 metros de longitud, siendo la de las galerías de unos 800 metros. La dirección de las capas es N.-S. y buzamiento de 10 grados al E., con potencia de carbón de 0,40 metros.

El grupo "Pozo" presenta en el plano número 3, zona Nor-

te, un anticlinal secundario, cerca ya de la superficie, teniendo en él cuatro pisos que cierran casi sobre sí mismos, y por el S. las explotaciones terminan en una falla que todavía no se ha reconocido, pero que está cerca del límite de concesión; este carbón sale a la superficie por medio de un plano inclinado y un pozo plano. En la parte E. explotan el fondo del sinclinal general, mediante trece galerías en todas direcciones, y sale a la superficie el carbón por un pozo plano de 250 metros de longitud y un pozo vertical de 100 metros. La dirección es NO.-SE., y el buzamiento, variable, por estar en el fondo de barco.

En el grupo "Bárceña" han empezado dos galerías sobre una capa que todavía no está relacionada, pero que debe de ser del paquete superior o "Fabero", con dirección NO.-SE., buzamiento de 15 grados al SO. y potencia de 0,45 metros en carbón.

Esta mina posee mucha preparación y está en condiciones de aumentar su producción, pues hoy tiene un frente de arranque de cerca de 3.000 metros; pero el trabajo es casi todo a pica y sólo disponen de 105 HP en aire comprimido. La longitud total de galerías es de 20 kilómetros.

Tienen para el transporte del carbón del grupo "Rio" hasta el del "Pozo" un bicable de 1.200 metros, y desde éste al lavadero de la Recuelga, sobre el ferrocarril de Ponferrada a Villablino, un monocable de siete kilómetros. El lavadero, del sistema "Rheolaveur", es un hermoso edificio de hormigón armado, con grandes tolvas para el bruto y los diferentes clasificados lavados. Está en período de pruebas, aunque todavía le falta la parte de escogido de cribado y cobles. Merece descripción detallada, que se hará en otro lugar.

Minas "Julias".—La superficie de este coto, propiedad de Minas del Bierzo, S. A., es de 1.370 pertenencias y está situado (ver lám. 1) en el centro y S. de la cuenca de Fabero, teniendo muy próximo el fondo de barco o cubeta. Aunque

en profundidad tiene bastantes capas, hoy sólo explotan la primera o "Fabero", que es la superior, en los grupos de Valdelasebes y Valdesalguedo, por encima del valle, y en el de La Reguera, por debajo. La capa parece que mejora a medida que profundiza, variando su espesor desde 0,30 metros de carbón en Valdesalguedo, a 0,45 metros en La Reguera, con regadura al muro de 0,10 metros y hastiales de pizarra. La dirección es variable, por presentarse en forma de arco; pero puede considerarse E.-O. y buzamiento de ocho grados al Norte.

En el grupo de "La Reguera" explotan un tramo de mil metros comprendido entre dos fallas, la del E., ya reconocida y sin importancia, y la del O., con salto al muro de unos 35 metros. Tienen hoy 16 plantas en el pozo, o mejor dicho, pozos, porque son tres escalonados, y ahora preparan el cuarto, con el que llegarán al límite de la concesión formando siete plantas más. La explotación hoy está concentrada de la planta doce para abajo, pues las superiores están abandonadas. La altura de cada taller es de 55 metros, aproximadamente.

El grupo "Valdesalguedo" continúa formando pisos superiores para comunicar con el primero de Valdelasebes, del que está separado sólo 150 metros después de suprimir la sección "Rituerto", que comunicó con el piso 14 de este grupo. Sólo se trabaja del piso 11 al 16, pues los inferiores están explotados.

En el grupo "Valdelasebes" se está formando el séptimo piso y se continuará subiendo hasta la superficie, pudiéndose formar cuatro o cinco pisos más. Se trabaja hoy en todos los existentes. Para explotar el carbón que queda entre la falla E. de La Reguera y el límite de concesión, preparan en el primer piso de Valdesalguedo un pozo plano. Tienen también en estudio un pozo vertical para explotar el carbón de

la capa citada, situado al otro lado de la falla O. del pozo, que al mismo tiempo servirá para las inferiores, convirtiéndose, por tanto, en pozo maestro de extracción.

Para el transporte del carbón de Valdesalguedo tienen un bicable de tres kilómetros a La Reguera, y en ésta, un lavadero con cajones alemanes y un bicable de 7.250 metros lleva el producto lavado a la estación de Matarrosa, sobre el ferrocarril de Ponferrada a Villablino.

Otras minas de la zona del Cúa: "Goya".—Explota por encima del nivel del valle dos capas con potencias de 0,40 y 0,35 metros de buen carbón, que están situadas al muro del paquete de "Las Jarrinas" y al techo de "Las Internacionales", de dirección E.-O. y buzamiento de 17 grados al N., con hastiales de pizarra fuerte. Tiene un solo piso, que llegó al límite de concesión, y preparan un pozo plano sobre la capa del muro que lleva una sola vena y regadura al techo de 0,10 metros, siendo la del techo más sucia por ir en dos venas.

"Aurora 4.ª"—Trabaja sólo la capa "Sexta", mediante un pozo plano por debajo del nivel de aguas. La capa se presenta en dos venas, una al techo de 0,25 metros, y otra al muro de 0,40 metros, separadas por una regadura de 0,05 metros, con hastiales de pizarra; la calidad del carbón mejora en profundidad; su dirección es N.-S., y el buzamiento, de 20 grados al E.

"Nicanor".—Explota la capa "Fabero", por debajo del valle, que se presenta con potencia de 0,30 metros de buen carbón y hastiales de pizarra; la dirección es E.-O., y el buzamiento, de 15 grados al S. Tienen hoy cuatro plantas, todas en explotación mediante tres pozos planos y un plano inclinado. Tratan de dar un pozo nuevo, a corta-bancos, para suprimir dos de los actuales.

"Aurora 5.ª"—Hace pocos meses que empezó sus traba-

jos en las inmediaciones del arroyo Seco, al NO. del pueblo de Lillo. Tiene calcateadas cinco capas y empezó a preparar la llamada "Dos", que tendrá 140 metros de galería, presentándose en dos venas de 0,30 metros cada una, separadas por una cuña de pizarra dura de 0,40 metros, llevando al techo una regadura de 0,10 metros y con hastiales de pizarra fuerte; el carbón es ligero y duro. La dirección es N.-S., y buzamiento de 30 grados al E. Está situada al muro del paquete de "Las Jarrinas" y es verosímil sea una de "Las Internacionales".

"Anita" y "Baldomera 4.ª"—Explota la "Ancha" o "Jarrina" en dos venas de 0,20 y 0,30 metros de carbón separadas por una cuña de pizarra de 0,10, y la "Segunda", al muro, de 0,50 metros de carbón en una sola vena y con 0,10 metros de regadura al techo, ambas con los hastiales de pizarra. La dirección es NE.-SO., y el buzamiento, de 60 grados al SE. Sobre la "Segunda" tiene dos talleres de 40 metros hasta la superficie, y sobre la "Ancha", uno de 60 metros. Han reconocido, además, otras dos capas, al muro, de 0,30-0,35 metros de carbón.

ALREDEDORES DE NOCEDA E IGÜEÑA

Subiendo de Bembibre en dirección a Arlanza, y a un kilómetro más al N. de este pueblo, destacan en los cerros próximos las capas de antracita más meridionales que, a ambos lados del camino a Noceda, afloran en las altas laderas con buzamiento general al S., en las explotaciones "Solita y Bravo", "San Carlos" y "Eladio Abalinos", cuyas capas creemos pueden relacionarse con las del paquete inferior del Sil, en la zona de Toreno.

La llanura, o mejor dicho, depresión ondulada que rodea a Noceda, está cubierta por grueso canturreal en que predominan los trozos de cuarcitas y otros elementos silíceos, no pudiendo, hacia el centro, observarse los estratos subyacentes. En estribaciones montañosas que limitan al N. la llanura afloran pizarrillas, análogas a las típicas hulleras, las cuales en general buzan al NE., y junto a la serrería y molino presentan inclinaciones muy variables, por estar allí formando pliegues de corto radio.

Más al E., en dirección a San Justo, se cruzan colinas integradas por canturreal y arcillas, que cubren y ocultan por completo la estratificación inferior hasta en los alrededores de esta aldea. En cambio, bajando al lecho del riachuelo, que desde San Justo, y con rumbo SO., va a confluír al río Noceda, se observa que, gracias a la erosión, en ambas márgenes de dicho arroyo torrencial, afloran bajo el cuaternario, capas pizarreñas de neta facies carbonífera, entre las cuales se intercala hasta algún delgado carbonero; su inclinación es débil, variando de 10 a 20 grados, y en ellas el buzamiento NE. resulta dominante.

Bajando hacia el pueblo de Arlanza, destacan en la formación carbonífera, cortada por la carretera, varios pliegues de mediana amplitud, hasta alcanzar cumbres de los cerros en que están montadas, sobre vertiente meridional, las antes citadas explotaciones, y donde ya las capas, levantadas casi hasta la vertical, se inclinan frecuentemente al S. Al E. y NE. de estos parajes, la zona productora de Igüeña se desarrolla muy quebrada, limitada al S. por la banda de cuarcita ordoviciense que, desde Folgoso, corre hacia Valle.

Las capas de este sector, en explotaciones de I. Rodríguez, "Antracitas de Igüeña, Reguerinas", Quiñones, etc., siguen generalmente rumbo E. a O., con buzamiento N. en la rama meridional, y se presentan casi verticales, buzando al S. en las cercanías del pueblo de Igüeña, a ambos lados del río de este nombre; sin embargo, entre ambas ramas del sinclinal, de las cuales la S. es mucho más importante, hay un sector de capas horizontales y se observan dos pequeños pliegues secundarios.

En conjunto, las capas de esta zona marcan en sus afloramientos y zona inferior reconocida un giro que parece originar semicubeta. No está bien definida la relación de este fragmento de cuenca con las rectilíneas e importantes capas de Tremor de Arriba y Espina de Tremor; mas no hay discontinuidad completa entre ambos sectores.

Al S. de Quintana, los bancos, muy inclinados, muestran afloramientos de las tres capas—"Ancha", "Estrecha" y "Sucia"—que, de arriba abajo, distan entre sí 25 y cinco metros, respectivamente, acompañadas por dos "carboneros" o capas de carbón estrechas y muy impuras; buzan al S.-SO. y presentan poco más al S. un pliegue anticlinal secundario, que en el límite O. de las concesiones "Quiques" está siendo reconocido por galerías. En las extensas concesiones del señor Modroño, arrendadas a nueva Sociedad, no se ha re-

conocido aún la prolongación de las capas de antracita, mostrando el recubrimiento espesor que en algún punto excede de 50 metros.

Minas en la zona de Igüena: "Neutralidad".—Explota la parte oriental de la cuenca, donde las capas dan la vuelta. Se trabaja únicamente la llamada capa "Ancha", que es la superior, de 0,40-0,45 metros de carbón bueno, aunque blando, con hastiales de pizarra, pero con un falso techo de 0,20 metros. En el grupo "Cristina" hay un pozo plano que explota la rama N., con dirección casi E.-O. y buzamiento de 10 grados al S. En el grupo "Socavón" hay otro pozo plano sobre la misma capa, que lleva dirección NE.-SO. y buzamiento de ocho grados al NO. Se trabaja hoy muy poco en esta mina y más bien se retiran macizos abandonados.

"Quiquis".—Tienen un pozo plano de 230 metros de longitud sobre la capa "Ancha" y situado en la rama S. La dirección es E.-O. y buzamiento de unos 15 grados al N. Trabajan en las plantas inferiores solamente, presentándose la capa con 0,45 metros de potencia y carbón duro.

"Rufina".—Explota más al O. de la anterior y sobre la misma capa y rama, aunque por encima del nivel del valle, con potencia análoga a las otras dos y buen carbón duro.

Ninguna de estas minas explota la capa "Estrecha", que está unos 35 metros al muro de la "Ancha", ni la "Sucia", que le sigue en profundidad, ambas con potencias de 0,25 a 0,30 metros de carbón.

ZONAS DE TREMOR DE ARRIBA Y ESPINA DE TREMOR

Las capas en estos parajes siguen rumbo medio E. a O., son rectilíneas en largas corridas y la formación productiva adquiere notable importancia, pues de Almagarinos al límite Norte (ver lám. 1) han sido reconocidos seis paquetes de capas, siendo los cuatro septentrionales los más regulares. De N. a S. se presentan los paquetes "El Cuervo", "La Congosta", "Llamazares" y "La Pasada", de "Modroño" y "Valdelabraña", que en junto encierran 31 capas de carbón con 13 metros de espesor total útil, más varios "carboneros" estrechos (según M. Arias), en sólo una distancia de 2.200 metros, siguiendo el río Tremor, que las corta casi perpendicularmente.

Los paquetes o grupos de capas más meridionales son sensiblemente menos regulares en la parte superficial, única reconocida hasta el presente.

En conjunto, la formación carbonífera cortada por el río que da nombre a esta cuenca parcial, presenta pliegue sinclinal, siendo más regular e importante la rama septentrional, o sea los grupos de capas que afloran al N. de la iglesia de Tremor de Arriba, mientras al S. de dicha aldea las capas, más distantes entre sí, están a veces rotas; hay una zona estéril entre el paquete sexto de Tremor y las numerosas irregulares capas de Almagarinos.

Una de las capas del paquete "La Congosta" llega a alcanzar un espesor total de 3,00 metros, aproximadamente, y separando intercalaciones pizarreñas queda 1,50 metros de carbón limpio, en contraste con las capas excesivamente es-

trechas de los sectores occidentales antes reseñados; otras varias capas antracitosas alcanzan en este valle un espesor de 0,40 a 1,00 metros y son de fácil laboreo.

No lejos del límite septentrional, corta el río un horizonte de "pudingas" que aquí alcanza gran espesor; pero no debe admitirse la creencia de ser muro de la cuenca productiva, pues entre este grueso conglomerado y los bancos silurianos, muy cerca de éstos, afloran una capa de carbón y dos carboneros, ya reconocidos en varios parajes.

Grupo "Añés" (Almagarinos).—Es propiedad de Antracitas de Brañuelas, S. A., y explota muy poco, a pesar de sus 1.433 pertenencias. El número de capas explotables es de unas seis, con potencias de 0,30 a 0,65 metros de buen carbón, pero blando. La dirección es variable, mas en la zona actual es N.-S., con buzamiento al O., y parece pertenecer a la rama S. del sinclinal de Tremor de Arriba.

Situado al S. de Igüeña aproximadamente, presenta al Este un banco de conglomerado que tal vez corresponda al de la parte S. de Torre.

Sólo preparan hoy la capa tercera, mediante un pozo plano de 100 metros emboquillado a los 700 metros de la bocamina, y disponen de un cable de 6,3 kilómetros, que transporta el carbón del lavadero a la estación de Brañuelas.

Minas de Tremor de Arriba.—Todas las existentes explotan por encima del nivel del valle.

"Antonia".—Tiene tres capas reconocidas, de las que sólo explota hoy la inferior, con potencia de 0,40 metros de carbón y hastiales de pizarra; la dirección es E.-O., y el buzamiento, de 30 grados al S. Actualmente tiene sólo un taller de 50 metros de altura.

"Angel 2.º".—Explota las dos capas situadas al techo de la anterior y algo más al occidente, con la misma dirección y buzamiento de 16 grados al S. La potencia es de 40 cen-

tímetros cada una, con hastiales de pizarra. Cada capa tiene un taller de 50 metros de altura.

"Francisca".—Explota una sola capa, mal identificada todavía, de 0,35 metros de carbón y 0,05 de regadura al muro, con hastiales de pizarra; la dirección es E.-O., y el buzamiento, de 10 grados al S. Sobre ella tienen cuatro talleres de 45 metros cada uno, como frente de arranque.

"Josefita".—Tiene reconocidas tres capas de dirección Este-Oeste y buzamiento de 35 grados al N., explotando sólo las dos del muro con espesores de 0,30 a 0,40 metros de carbón y hastiales de pizarra; dos talleres de arranque sobre cada una.

"Triunvirato".—Es ésta la más importante por su extensión (630 pertenencias) y número de capas, aunque las dificultades del transporte limitan su producción. De las ¿30? capas que tienen reconocidas sólo explotan hoy tres, con potencias de 0,30, 0,35 y 0,60 metros y hastiales de pizarra. La dirección general es E.-O., y el buzamiento, al S. Las dos primeras son las exploradas y explotadas en las minas "Antonia" y "Angel 2.º", y la última está mucho más al muro. Sobre esta última tienen tres talleres de unos 30 metros de altura cada uno; sobre la superior, sólo uno, y dos en la capa intermedia.

En el valle de Rodrigatos, situado al O. del de Tremor, hay también tres minas en explotación muy reducida por dificultades diversas, que son la "Arrotea", "Bienvenida" y "Santa Lucrecia". Al centro de la concesión "Triunvirato" se hallan enclavadas tres pequeñas concesiones, atravesadas por varias capas importantes; por ello parece precisa la reunión de todas estas propiedades en un solo coto y bajo una sola dirección, para que su explotación pueda hacerse en buenas condiciones técnicas y económicas.

ESPINA DE TREMOR

Un angosto y ondulado valle encierra la prolongación Este de la formación carbonífera productiva que, en sentido perpendicular a las estratos, presenta anchuras de sólo 300 a 500 metros.

Conviene, sin embargo, hacer notar que su borde meridional es algo sinuoso y discordante en varios lugares sobre las pizarras silíceas, casi verticales—arrumbadas según la clásica dirección herciniana, o sea de NO. a SE.—, mientras el borde N. no ha sido aún bien determinado por las labores de exploración minera; se ha supuesto que un espeso horizonte de "pudinga" es la base de esta formación hullera, apoyándose el tramo detrítico sobre siluriano.

Ahora bien: dicha roca detrítica es más bien un "conglomerado poligénico", a veces brechoide, en que alternan los cantos rodados de cuarcita con otros pizarreños de agudas aristas. Nosotros atribuimos a este horizonte de conglomerados, que alcanza aquí cerca de 300 metros de espesor, edad hullera, y creemos sería interesante investigar al N. de él, o sea estratigráficamente debajo, la posible presencia de las capas que en Tremor de Arriba integran el paquete "El Cuervo", base de la formación productiva, a ambos lados del río y apoyándose en el Ordoviciense.

Como interpretación tectónica de esta formación de La Espina, no parecen suficientemente fundadas las hipótesis de "límite S. por falla" o "sinclinal comprimido de apariencia monoclinial", que nos dicen emitidas por distinguidos compañeros. Para explicar la presentación casi monoclinial de las capas carboníferas, sensiblemente verticales junto al hori-

zonte detrítico del N. y con ligero buzamiento S. en su borde meridional, creemos más fundadas las siguientes ideas:

Primera. No debe haber existido sinclinal posteriormente comprimido ni anticlinal desmantelado, ya que en ningún paraje ha sido dado comprobar la repetición de estratos a ambos lados de su eje.

Segunda. Más bien puede admitirse que estas capas integran una sola rama de pliegue sinclinal roto y parcialmente cabalgado por tramo de areniscas claras de su borde S.; sólo un estudio detenido que relacione, según corte a lo largo del río, estas zonas con la de Torre y Granja de San Vicente, puede darnos solución satisfactoria.

Se han practicado numerosas calicatas sobre buenos afloramientos de capas, y con ellas, más un taller de arranque comunicado por socavón, se han reconocido parcialmente 12 a 20 capas, según los parajes, de bastante espesor—entre 0,30 y 1,10 metros—y con corrida que alcanza varios kilómetros en alguna de ellas. El carbón es en esta zona relativamente blando y da 50 a 60 por 100 de menudos con algo más de 4 por 100 de cenizas en el grueso; pero tal inconveniente se halla compensado por tratarse no de verdaderas antracitas, sino hullas antracitosas con 8-12 por 100 de materias volátiles, cuyo menudo resulta fácilmente utilizable con o sin aglomeración previa, que exige poca brea.

Como dejamos indicado, estas capas de Espina de Tremor son prolongación, o mejor dicho, se relacionan directamente con varias de las que se explotan al O. en Tremor de Arriba, y hacia el E. se prolongan algunas capas en las concesiones "Impensadas", donde el carbonífero se presenta aún más estrecho. No hay datos suficientes para hacer una bien fundada cubicación de la cuenca ni cabe aventurar qué profundidad alcanzan los bancos antracitosos; mas su notable regularidad y paralelismo en muy largas corridas son indicio fa-



vorable de que dichas capas, casi verticales, es muy verosímil lleguen a gran profundidad y pierdan luego inclinación.

Actualmente hay sólo tres minas en actividad: "Emilia", "Florentina" y "Dos Amigos", de las cuales las dos primeras, de 30 y 127 pertenencias, respectivamente, apenas trabajan por las dificultades de transporte, explotando las capas llamadas "Ancha", "La 50" y "La 40", de 0,90 a 0,40 metros de espesor y buen carbón; todas son de dirección E.-O., pero con buzamiento al S. la primera, y al N. las otras dos.

En cambio, el grupo "Dos Amigos" y otras, que forman un coto de unas 500 pertenencias y que están actualmente en investigación, se prepara para una producción importante, por lo que tienen en estudio un cable aéreo que lleve el carbón a Brañuelas.

En este coto hay parcialmente reconocidas 20 ? capas de buen carbón, con potencias que varían de 0,30 a 1,10 metros y dirección E.-O. e inclinación de 70 grados al S. Hoy tienen galerías y explotaciones sobre las capas "Francisca", o 10, y "Rafaela", o 16, tratando de formarlas sobre otras dos más.

También en las "Impensadas", al O. del coto anterior y propiedad de la Minero-Siderúrgica de Ponferrada, S. A., están iniciando unos reconocimientos con objeto de recortar todas las capas a techo y muro.

Los transportes exteriores hasta estación ferrocarril constituyen el principal problema para explotación de ambos grandes cotos mineros, pues los caminos actuales—pistas con escaso firme e insuficiente anchura—presentan muy fuertes pendientes y cerradas curvas en longitud de 19 y 21 kilómetros, respectivamente, son impracticables en invierno y cuesta de 90 a 80 pesetas tonelada el porte a estación de Brañuelas. Como solución radical, puede trazarse ferrocarril minero a lo largo del valle del Tremor para empalmar con la

vía ancha entre Albares y Torre o, mejor aún, la instalación de un cable aéreo, de gran capacidad, que desde punto intermedio entre los dos cotos mineros, y con sólo 9 a 11 kilómetros, podría alcanzar la estación de Brañuelas, venciendo así la divisoria montañosa que separa el Bierzo de los llanos de León y Castilla la Vieja.

ZONAS ESTE Y SUR DE TORRE DEL BIERZO

Al seguir la carretera general de Madrid a Coruña, subiendo desde el pueblo de Torre a la venta del kilómetro 354,5, sita inmediatamente al N. de La Silva, observamos que las capas de antracita afloran en ladera meridional del valle, ladera izquierda del arroyo de La Silva, con rumbo E.-NE. y ligera inclinación al N., quedando no lejos limitadas por los bancos silurianos que hacia el S. cierran la cuenca.

Más al E., entre los postes de los kilómetros 352 y 351 de la citada carretera, cruza el contacto entre el carbonífero productivo y el tramo que los más prácticos mineros locales llaman cuarcita siluriana y que está integrado por bancos de "areniscas bastas" y "pizarrillas" o "filadios síliceos".

Un recorrido a través de los cerros que se extienden al N. de la ruta, desde el arranque del camino a Brañuelas al río Tremor, a unos 800 metros aguas abajo de Cerezal, permite realizar las observaciones siguientes:

Primera. El contacto entre siluriano y carbonífero superior en alrededores del camino a Brañuelas es bastante confuso, pues no sólo en él, sino a ambos lados de la pista a Navarriegos, afloran pizarras síliceas de color gris oscuro en la fractura, semejantes a las graptolíticas del Gotlandiense, y aquí aparentemente azoicas; a veces forman gruesos crestones con líquenes, que de lejos simulan cuarcitas.

Segunda. En el arroyo llamado de La Silva, a unos cientos de metros aguas arriba de la aldea, se presenta contacto

discordante de ambos terrenos (ver foto 4), que allí siguen diferentes rumbos e inclinación.

Tercera. Las capas de antracita, que en la zona Torre-Granja van arrumbadas al E.-NE., con ligera inclinación septentrional, giran bruscamente al N. cerca de su contacto oriental con los bancos silurianos, y al par que toman direc-



Foto 4. — Espolón de cuarcitas ordovicienses cortando al carbonífero productivo, en cabecera arroyo La Silva.

ción aproximadamente meridiana, se levantan casi hasta la vertical; según transversal dado en la mina "Descuidada", las cabezas de las capas de carbón resultan rotas y parcialmente cabalgadas por el tramo de rocas síliceas que los prácticos mineros atribuyeron al siluriano.

Las capas de carbón de este sector, tomando dirección norteada, se prolongan, según todos los prácticos, hacia Almagarinos, sin que a lo largo del río de Tremor, aguas arriba, se presente ninguna discontinuidad debida a afloramiento

de cuarcitas, ni otras rocas infrapaleozoicas que rompan la continuidad de la cuenca de Torre hacia el Norte.

Hemos comprobado, en parte, esos datos y más adelante detallaremos la brusca terminación oriental del espolón de cuarcitas que, separando los llanos de Bembibre y Noceda, corre desde el SO. de Toreno al N. de Arlanza, Valle y Folgoso, hasta desaparecer en la orilla E. del Boeza.

La zona S. de Torre del Bierzo y La Silva (ver foto 4), muestra en las proximidades del arroyo de este nombre una estratificación bastante regular. Desde el socavón de la mina "Electra", cerca del kilómetro 359 de la carretera general y en margen N. del torrente, pasamos a la opuesta o izquierda y se observa que las capas del paquete productivo, incluyendo lechos de antracita estrechos y duros, están allí poco inclinadas y presentan sólo ligeras ondulaciones próximas a la horizontal.

Al subir los cerros que se extienden hacia el S., los bancos presentan aumento de pendiente según están más próximos al borde meridional de la cuenca. Junto a la mina "Pola de Laviana" destaca un brusco levantamiento y rotura, apareciendo discordantes dos bancos vecinos de arenisca carbonífera, cuya pendiente pasa de 15 a 40 grados, que es la de las capas de antracita en próxima bocamina de esta amplia concesión.

El rumbo de los bancos carboníferos gira gradualmente de la dirección meridiana, dominante en el sector Tremor de Abajo-Almagarinos, a una dirección NE., cerca de Montealegre y al E.-NE. entre esta aldea y las antes citadas bocaminas de "Electra" y "Pola de Laviana". En Peña del Infierno, junto al más meridional de estos socavones, obsérvese que las capas dibujan anticlinal afectando no sólo a las pizarras y areniscas stefanienses, sino al potente tramo de conglomerados, generalmente pudinga, que apoyándose en

montes integrados por bancos silurianos, forma la base meridional de la cuenca; el eje anticlinal coincide sensiblemente con profunda quebrada originada por diaclasa, en cuyo fondo corre arroyo torrencial.

Más al O.-SO., en las cercanías de Santibáñez del Monte, afloran capas suavemente curvadas y a ambos lados de la aldea marcan inflexión local, con anticlinal secundario, pasando del rumbo E.-NE. al E.-SE., y vuelven pronto a alinearse en dirección E. a O. En las vecinas explotaciones, de Antracitas de Brañuelas, las capas se presentan casi verticales, con ligero buzamiento septentrional, que es el dominante en este sector de cuenca, salvo pequeñas ondulaciones con cortos flancos inclinados al Sur.

Junto a las minas y aldea de Santa Cruz, los estratos de los paquetes productivos muestran igual fuerte pendiente y el mismo rumbo medio, con ligeras inflexiones que destacan claramente en las escarpadas laderas al O. del arroyo del Pontón, frente al caserío de Santa Cruz de Montes.

Al bajar este arroyo hacia su desembocadura, próxima al kilómetro 359 de la carretera a Coruña, se nota acentuado cambio de la estratificación, describiendo las capas pequeño y bien destacado anticlinal; más abajo, junto a la confluencia de los arroyos del Pontón y La Silva, a unos 900 metros del límite E. de Torre, se presenta un nuevo y acentuado cambio de rumbo y pendiente. Sobre dicha confluencia, en ambas orillas del torrente El Pontón, las capas buzan al Norte con suave inclinación, mientras en la orilla derecha del arroyo principal su tendido al E.-NE. destaca claramente.

Alrededores inmediatos de Torre.—Al S. de este pueblo existen varias minas que explotan, en general, los llamados paquetes de las "Estrechas" y de las "Anchas", que son los inferiores de los aquí conocidos, aunque después de éstos, o sea más al muro, hay unas capas que llaman "del siluriano" por

estar próximas a éstas, pero que no se explotan hoy en ninguna mina. De N. a S. y de E. a O. hay las siguientes minas en esta zona:

"Descuidada" y otras.—De 550 hectáreas de extensión, y cercana al apeadero de Albares, explota el paquete llamado de la "Mora", aunque hoy día sólo tiene en marcha la capa llamada "Cuarta", en una vena de 0,35 metros de carbón muy duro y hastiales de pizarra; cortarán pronto la "Mora" o "Manuela" en el piso segundo, porque en los superiores ya está explotada; la dirección es de E. a O. en el primer tramo y de N. a S. en el segundo, próximo al siluriano, con buzamientos respectivos al N. y O. Sobre esta capa tienen, del segundo al tercer piso, un taller de 95 metros de altura, con un nivel interior, mostrando la capa una inclinación de 40 grados, y del tercero al cuarto piso 120 metros, de los cuales los 40 primeros fueron explotados anteriormente, llevando dos niveles interiores. La longitud de galería en el segundo piso es de 1.000 metros, y en el tercero, de 2.000 metros.

Siguen a ésta la mina "Olvido" y otras, con 204 pertenencias, donde agotado el carbón en las labores por encima del valle, explotan hoy el paquete de las "Anchas" mediante un pozo inclinado de 90 metros de longitud y 50 grados de pendiente, con una sola planta, donde tienen cortadas las capas "Cuarta", "Tercera" y "Segunda" y proyectan continuar el transversal a la "Primera", o "X", y "Carmina", que es la inferior. Han cortado las capas en una inflexión o salto al techo de 30 metros, con buzamiento al N., la falla y dirección E.-O., mientras que la de las capas es NE.-SO. y buzamiento de 80 grados al NO. Como estas labores están empezando, la longitud de galerías no llega a los 100 metros. La potencia de las capas oscila de 0,40 a 0,70 metros de buen carbón, limpio y con hastiales de pizarra.

Al S. la *Pola de Laviana*, de 396 pertenencias, con cin-

co capas del paquete de la "Ancha", de 0,40 a 0,60 metros de carbón casi verticales, de dirección N.-S. y buzamiento al O., siendo la "Amalia" la del muro; por estar terminando la explotación por encima del nivel del valle, preparan la profundización de un pozo plano. Las potencias de las capas oscilan de 0,40 a 0,60 metros de carbón.

En las minas *Industrias y otras*, que forman un coto de 700 pertenencias propiedad de Antracitas de Brañuelas, Sociedad Anónima, situado al O. del interior, se explota también el mismo paquete ancho con cuatro capas: "Manuela", "Elena", "Carmen" y "Amalia", contadas de techo a muro, en un tramo de terreno de 150 metros, estando más al techo el paquete "Estrecho", de la capa cuatro a la nueve, en 300 metros de distancia a tramos-banco, separados del anterior por otros 300 metros de terreno estéril. La dirección es Este-Oeste en la zona O., y el buzamiento, al N.; las capas, sin embargo, hacen una vuelta en estas concesiones y se ponen casi N.-S. en la zona E., con buzamiento al O., cuya zona van a buscar con el transversal nuevo del SE. en el segundo piso. Las longitudes de galerías son del orden de los 600 metros. Los espesores de estas capas son de 60 a 75 centímetros y carbón muy duro, y los de la "Estrecha" oscilan de 25 a 60 centímetros. La explotación se hacía a pozo de cuarto a tercer piso; mas hoy, mediante un transversal en el segundo piso, han cortado las capas 17 metros por debajo y preparan para hacer la extracción y el desagüe natural.

Las concesiones "Ampliación a Pola de Laviana y otras" forman un coto de 650 pertenencias con los paquetes de la "Mora", de las "Estrechas", "Anchas" y el situado más al muro, o del "Siluriano". La dirección general es E.-O. y el buzamiento N. variable, hasta el punto de presentarse casi horizontales en algún tramo debido a inflexiones visibles en el exterior y donde está hoy la explotación de la capa seis.

El paquete de las "Anchas", en las labores del primer piso, se abandonó en zona de menudos, y hoy sólo se explotan las capas tres, cinco, seis, ocho, nueve y diez, que tienen potencias variables de 0,25 a 0,50 metros de buen carbón y mayor proporción de granos, con hastiales de pizarra. Los actuales trabajos están todos por encima del nivel de aguas.

A continuación de este grupo viene el de la "Número 18" y "Guadalupe", sitios ya en Navaleo, que, por ser del mismo propietario, forman un coto de 235 pertenencias; explotan la capa "Chuchú", con 0,70 metros de carbón, que es la "seis" del anterior, y dos "Estrechas", de 0,40 metros cada una, todas con hastiales de pizarra, de dirección E.-O. y buzamiento de unos 20 grados al N. Las labores de la "Chuchú" están por encima del valle, con tres explotaciones de 40 metros, y las "Estrechas", por debajo, mediante un pozo plano de una sola planta y un solo taller por capa, de la misma altura.

Al lado de éstas hállase la mina *Angustias*, de 90 pertenencias, que trabaja la capa "Chuchú" por debajo del nivel de aguas, mediante un pozo plano con cuatro plantas, de las que las tres superiores están explotadas, y preparan para formar la quinta. Las características de ella, así como la dirección y buzamiento, son iguales a la anterior.

Minas al N. y E. de Torre.—Existen en esta parte bastantes minas que explotan todas el llamado paquete de la "Mora", o alguna capa al techo o muro de él.

Entre las que trabajan aquel paquete están la "Electra", "San José", "Jesusa-Antonia", "Ampliación a primera", "San Rafael", "Los pobres", etc., de las cuales las tres primeras lo hacen por encima del nivel de aguas y las otras tres por debajo, mediante pozos planos de una sola planta, excepto la "Ampliación a primera", que tiene dos. En general, las capas de este paquete, hoy explotadas, son la "Mora", o del techo,

con 0,40 metros de carbón, pero sucia y, en general, blanda, y la "Estrecha", o del muro, con 0,30 ó 0,35 metros de carbón duro. La dirección es E.-O., y el buzamiento, de 20 a 25 grados al N., con hastiales de pizarra.

Trabajan capas al techo del citado paquete las minas "Sarita" y "Delia"; ambas, aunque bastante altas en relación al nivel del valle, hacen sus trabajos mediante pozos planos. La mejor de estas capas es la de la "Sarita", que tiene 0,35-0,40 metros de buen carbón con techo de pudinga y muro de pizarra, dirección E.-O. y buzamiento de 15 grados al Norte. El pozo tiene una sola planta, y tratan de suprimirlo mediante un transversal dado por La Ribera a nivel inferior. La mina "Delia" trabaja un carbonero al muro de la "Sarita" con sólo 0,20 metros de buen carbón, con dirección E.-O. y buzamiento de 20 grados al N. El pozo tiene dos plantas, pero trabaja sólo la última.

Explotan capas al muro del paquete de la "Mora" la "Marcelina segunda", "Crecentada" y "Pepita", y están empezando la preparación de la "Nelly". Las tres primeras trabajan la misma capa, de 0,30-0,35 metros de potencia de buen carbón y duro, en una sola vena, excepto en la segunda, que se presenta en dos venas con un poco de tierra en medio. La última, o "Nelly", prepara un pozo plano por una capa que está debajo de la anterior y tal vez con otra por medio.

RECORRIDO ALBARES, RIBERA, FOLGOSO, VALLE

A escasa distancia de la orilla izquierda del río Boeza se ven aflorar pizarras y areniscas carboníferas, entre las cuales se intercala una capa de antracita reconocida por calicatas de la mina "Sarita" y que buzan al N.-NO. con unos 30 grados de inclinación. Más al N., a un kilómetro escaso aguas arriba de Folgoso, el puente sobre el río citado estriba en rocas integradas por bancos gruesos de arenisca, con algunas pizarras carbonosas intercaladas, que se inclinan unos 70 grados al S. magnético; hacia el eje del puente cruza un lecho de arenisca, basta tránsito a pudinga, de pequeños cantos.

A unos 500 metros hacia el N. de la citada obra de fábrica, el río Boeza corta el contacto del carbonífero y siluriano, presentándose en esta formación filadíos con "graptolitos" y gruesos bancos de cuarcita. Estas capas describen el extremo oriental, en semicúpula, de un anticlinal arrumbado al O.-NO.; su flanco N., sobre el cual se apoya el carbonífero de Igüeña, está algo curvado, y múltiples acentuadas fracturas enmascaran el buzamiento real, que es de unos 50 grados al N.-NE. cerca del lecho del río y tiende a la horizontalidad en el techo, suavemente curvado, próximo al eje, que pasa algo al N. del segundo molino, a contar del puente y aguas arriba del mismo.

Se hallan aquí las cuarcitas muy fracturadas, y es fácil confundir la verdadera estratificación con los planos de fractura; pero se observa claramente que el eje del anticlinal, al formar la semicúpula, se curva y hunde hacia el E.

De esto se deduce que la cuenca carbonífera de Torre y Granja se prolonga hacia el N., por Tremor de Abajo, sin

presentar ninguna discontinuidad superficial. No muestra igual desarrollo la mancha hullera en sector más occidental, pues, cubierta parcialmente por el diluvial de Bembibre, en Albares Ribera y SO. de Folgoso queda separada por el antes citado espolón de cuarcitas ordovicienses del carbonífero de Igüeña. Este, inmediatamente al lado de los crestones silíceos, presenta una capa de antracita, la cual cruza junto al tercer molino de los instalados aguas arriba del puente.

Al salir de Bembibre, por camino carretero, en dirección N.-NE., se cruza llanura ondulada cubierta por grueso manto, de facies diluvial, que según muestran las trincheras está integrado por cantos de cuarcita grandes y medianos, con algunos de cuarzo, escasas arenas y espesas capas de arcilla, de abigarrados colores; resulta difícil diferenciar la mancha miocena señalada en moderno mapa.

La aldea de Valle se encuentra sobre el contacto de esta formación diluvial con la corrida o alineación de cerros cuarcitosos que, desde Folgoso, se extienden hacia Arlanza y Sur de Toreno. En el camino arrumbado al N., que desde aquella aldea sigue a Quintana—en la cuenca de Igüeña—, se presenta la estructura de esta banda de cerros casi idéntica a la observada en su extremo E. Los bancos de cuarcita cortados por el camino a Quintana se curvan en anticlinal, cuyo eje se alinea de E. a O. con pequeño sector casi horizontal cerca de su cumbre y flanco N., con unos 40 grados de pendiente media, integrado por gruesas capas de estratificación bien definida, mientras su flanco S. resulta casi totalmente enmascarado por la vegetación y el grueso manto de acarreo que se extiende hasta más arriba de las casas de Valle.

Sin embargo, la fractura del terreno en cuyo fondo corre pequeño arroyuelo, que desde la aldea se arrumba casi exactamente al N., nos ha permitido ver en la base de su estrecho y escarpado cauce un delgado banco detrítico, discordante

sobre las cuarcitas e integrado por cantos silíceos de esta roca infrayacente con algún cemento arcilloso; destacan también en las abruptas márgenes del arroyuelo capas de pizarras arcillosas, bastante alteradas, que parecen corresponder al carbonífero y buzan muy netamente hacia el valle de Bem-bibre. Tenemos así indicios—por el buzamiento S. de estos estratos y los de Folgoso, en tanto que los de La Ribera se inclinan al N.-NO.—de la probable presencia de un sinclinal carbonífero, bajo el manto diluvial que cubre esta comarca de ondulada llanura.

LISTA DE FLORA FÓSIL EN LAS CUENCAS DEL CÚA Y DEL SIL

(Clasificación de los Sres. A. H. Sampelayo y J. Revilla)

- Calamites cistii*, Brong.
- Calamites ramosus*, Artis.
- Calamites* sp.
- Annularia stellata*, Schlot.
- Sphenophyllum thoni*, Schlot.
- Neuropteris* sp.
- Neuropteris rarinervis*, Bunbury.
- Neuropteris ovata*, Jongsmans.
- Odontopteris osmundaeformis*, Schlot.
- Mixoneura sarana*, Bertrand.
- Taeniopteris* sp.
- Pecopteris* aff. *schewerini*, Stur.
- Pecopteris arborescens*, Schlot.
- Pecopteris unita*, Brong.
- Pecopteris faeminaeformis*, Sterzi.
- Pecopteris (dactylotheca) plumosa*, Artis.
- Pecopteris cyathea*, Schlot.
- Pecopteris pluckeneti*, Schlot.
- Alethopteris subelegans*, Potonié.
- Pecopteridium jongsmansi*, Bertrand.
- Alethopteris friedeli*, Bertrand.
- Alethopteris valida*, Brong.
- Alethopteris grandini*, Brong.

Pecopteridium jongamensi, Bertrand.
Pecopteridium armasi, Zeiller.
Pecopteridium defrance, Brong.
Lepidophloios laricinus, Sternb.
Sigillaria aff. vermiculata, Deltenre.
Sigillaria tessellata, Sternb.
Sigillaria brardi, Brong.
Sigillaria aff. approximata, Fontaine et White.
Cordaites borassifolius, Sternb.

Como avance a la agrupación por localidades y colocación estratigráfica de estas especies, insertamos los datos siguientes:

En la mina "Sila" y colindantes, zona de Matarrosa, en los hastiales de la capa "Cazadora", han sido halladas:

Sphenophyllum thoni, Schlot.
Sigillaria approximata, Fontaine et White.
Pecopteris arborescens, Schlot.
Pecopteris cyathea, Schlot.
Annularia stellata, Schlot.

y algunos restos de equisetáceas, no bien clasificables.

En la mina "Goya", emplazada al NE. de Vega de Espinareda, una capa situada estratigráficamente sobre las "Internacionales", ha dado, a más de restos de calamites mal conservados, buenos ejemplares de

Alethopteris grandini, Brong.
Pecopteris pluckenetii, Schlot.

La capa superior, o primera capa de la cubeta de Fabero, en el grupo "La Pozaca", mina "Nicanor" y "Nicanor segundo", encierra el techo y muro numerosos buenos ejemplares de

Calamites sp.
Lepidophloios laricinus, Sternb.
Sigillaria aff. approximata, Fontaine et White.
Annularia stellata, Schlot.
Sphenophyllum thoni, Schlot.
Alethopteris grandini, Brong.
Neuropteris ovata, Jongm.
Pecopteris arborescens, Schlot.
Pecopteris unita, Brong.
Pecopteris (dactylothea) plumosa, Art.
Mixoneura sarana, Bertr.

En la misma cuenca de Fabero, grupo "Maurin", varias capas pertenecientes al paquete "Las Jarrinas", designadas con letras D, E, E', y F, arman en pizarras donde se encuentran restos de flora e impresiones muy numerosas y frecuentemente bien definidas, habiéndose determinado:

Calamites ramosus, Artis.
Sigillaria tessellata, Sternb.
Sigillaria aff. approximata, Fontaine et White.
Alethopteris friedeli, Bertrand.
Alethopteris lonchitifolia, Bertrand.
Alethopteris valida, Brong.
Alethopteris subelegans, Potonié.
Alethopteris grandini, Brong.
Pecopteridium armasi, Zeiller.
Pecopteridium defrancei, Brong.
Pecopteris unita, Brong.
Pecopteris arborescens, Schlot.
Pecopteris aff. schwerini, Stur.

La capa llamada "Los Cinchos" y "La Devesina", o sea la más próxima al muro de la cuenca, borde meridional de la

misma, y no lejos de Toreno, minas "Damiana", "Próspera" y "Terrible", muestran en sus hastiales ejemplares bastante numerosos de

Cordaites borassifollius, Sternb.

Teniopteris sp.

Mixoneura sarana, Bertrand.

Odontopteris osmundaeformis, Schlot.

Pecopteridium jongsmensi, Bertrand.

Al intentar una agrupación de estas especies desde un punto de vista cronológico, o tomando como objetivo una posible diferenciación de niveles estratigráficos, resulta que su conjunto, escaso en calamites, casi desprovisto de lepidodendron, y donde son muy numerosos los pecopteridios, corresponde netamente a los pisos carboníferos más altos.

Cierto es que algunos de los fósiles hallados, cual *Neuropteris rarinervis* y *Pecopteris plumosa*, se presentan a partir del tramo A y en los tramos C y D del Westfaliense (clasificación de Heerlen), pero abundan mucho más los ejemplares de especies, cual *Neuropteris ovata*, exclusiva típica del Westfal D, según W. Gothan, y también *Alethopteris grandini*, *Pecopteris arborescens*, etc., características del piso superior carbonífero, mientras otras, cual *Pecopteris cyathea*, *Pecopteris feminaeformis*, *Pecopteris unita* y los *Teniopteridios* indican transición del Estefaniense superior al Permiano.

No se ha hallado aún fósil alguno que caracterice la arenisca roja, y creemos resulta bien definida la edad estefaniense del conjunto de la flora hasta ahora estudiada, y procedente de diversas localidades de esta comarca; parece casi ocioso indicar el máximo interés de hallar alguna fauna, para mejor precisar niveles en esta formación.

Madrid, mayo 1946.

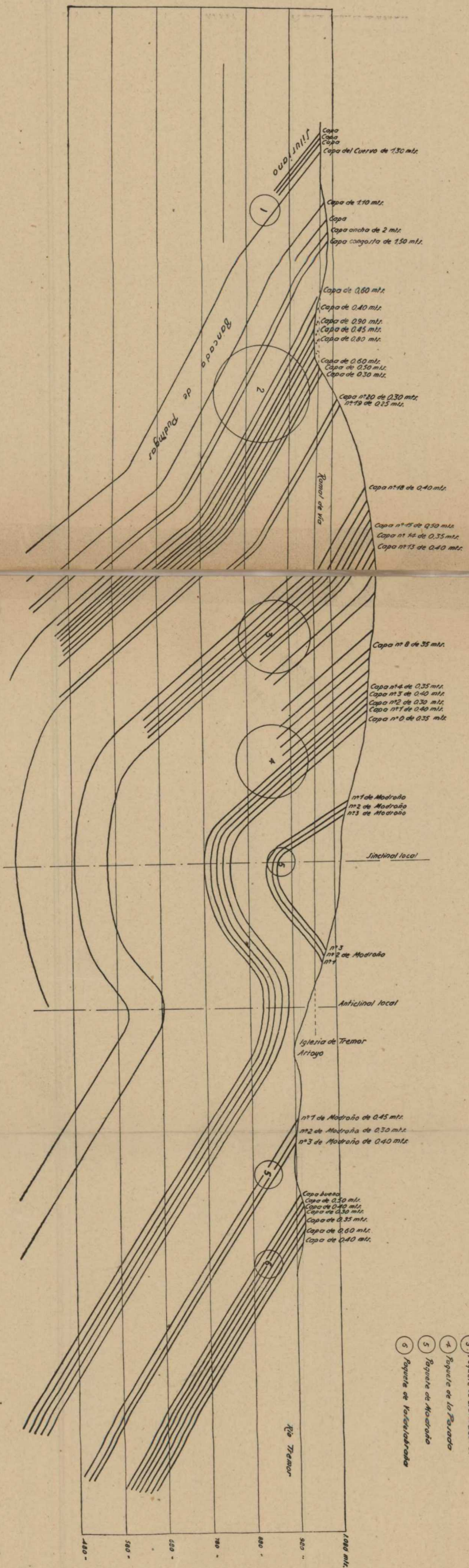
MANCHA CARBONIFERA DE EL BIERZO

FE DE ERRATAS

<u>Páginas</u>	<u>Dice</u>	<u>Debe decir</u>
29	lám. 1.....	lám. 4.
36	ladera.....	orilla.
41	la Ancha.....	las Anchas.
41	tramos.....	través.
47	Sterzi.....	Schlot.

Corte N.S. por la iglesia de Tremor de Arriba

Escala 1 : 10.000



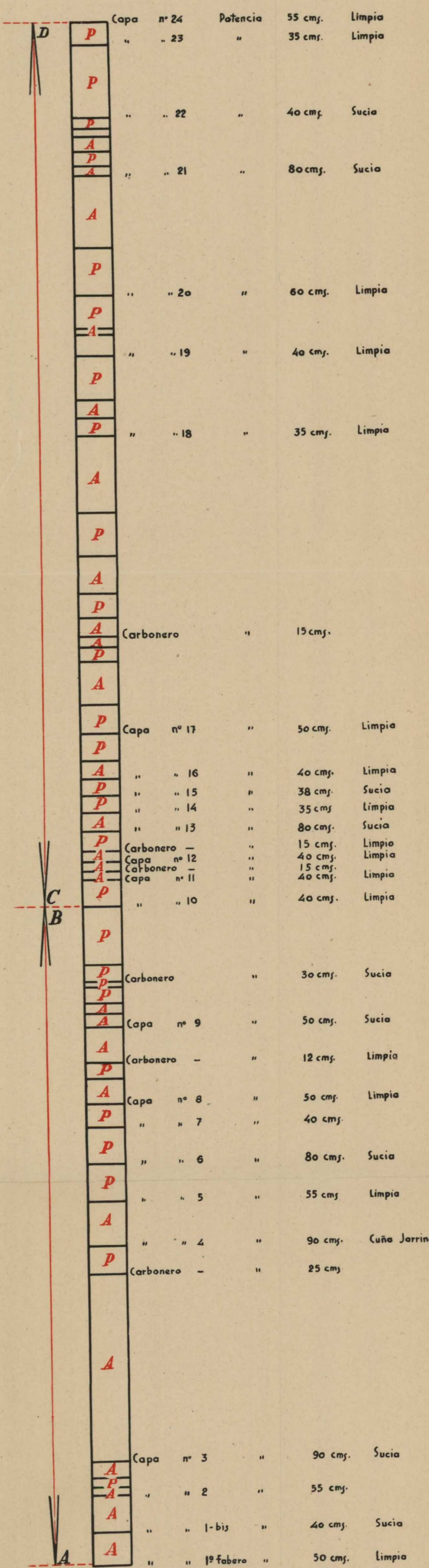
- 1 Foguete del cerro
- 2 Foguete de Cangallo
- 3 Foguete de Huanacoma
- 4 Foguete de la Parada
- 5 Foguete de Mochoño
- 6 Foguete de Valcayabamba





Cortes a Escala 1:2000

Lám. 2. — Zona de Fabero.



Nota: La letra P, se figura en los bancos de pizarra
La letra A, se figura en los bancos de arenisca

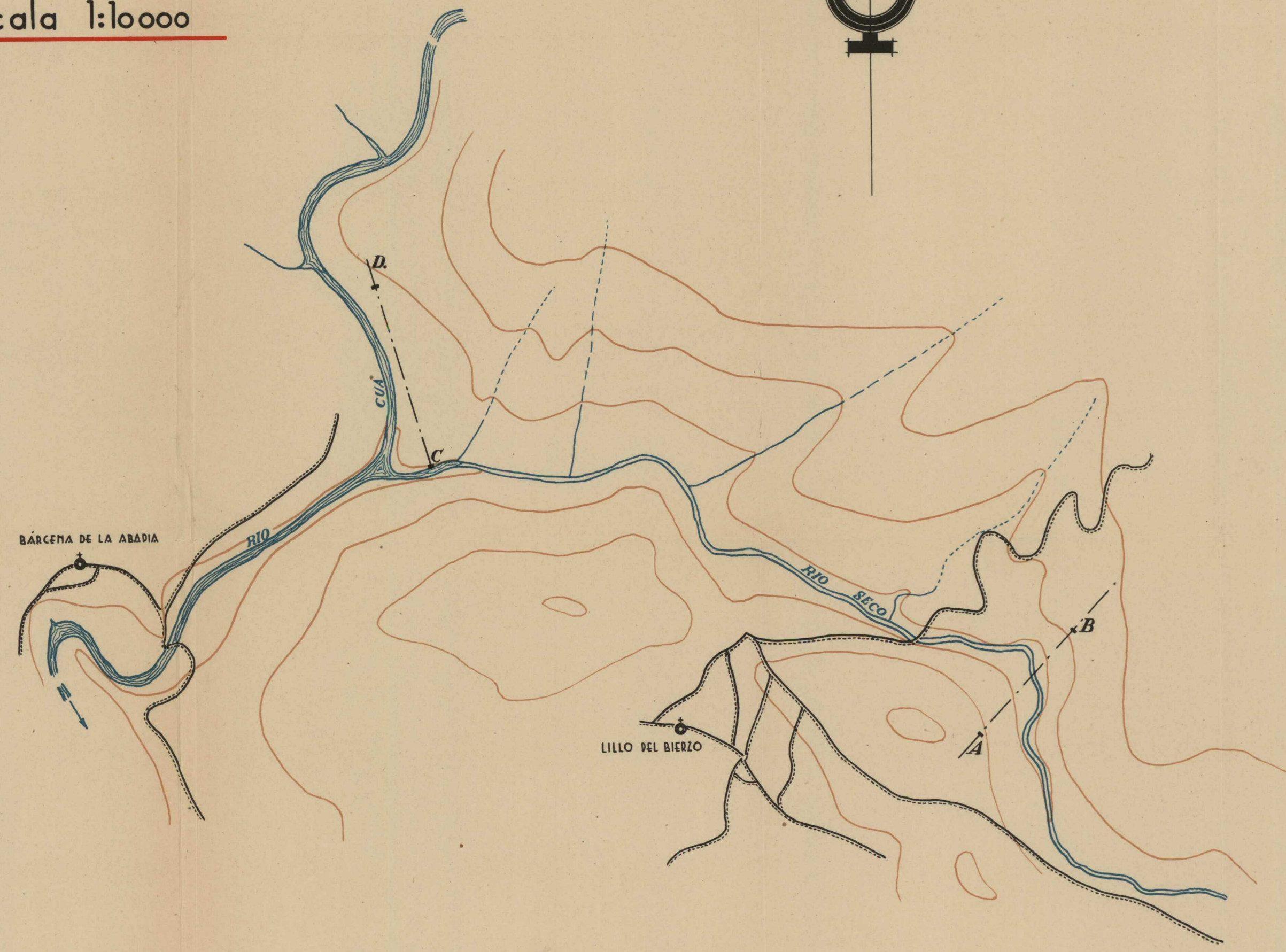
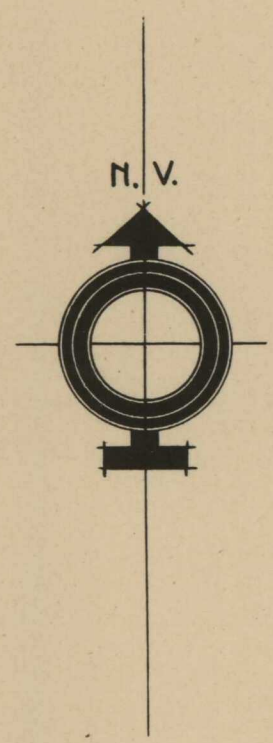
CUENCA DE FABERO

Plano y cortes de Rio Seco

Proyeccion horizontal

Escala 1:10000

Lám. 3.



JUAN GAVALA
INGENIERO DE MINAS

UNA NUEVA ESPECIE DE FASCIOLARIA

Al entregarme el Ayudante de Minas Juan Monserrat unos fósiles recogidos en las arcillas pliocenas de los tejares de Málaga, pude observar una Fasciolaria que se diferenciaba de las otras especies conocidas del mismo género. Examinado el ejemplar con detención, comprobé que se trataba de una especie nueva, que me honro en dedicar al padre de la Geología española, Lucas Mallada.

He aquí la descripción de esta especie.

FASCIOLARIA MALLADAE, Gavala.

Testa fusiformi-turrita, spira acuminata, solida; anfractus 9, convexi, supra planulati, ad angulum serie nodorum instructi laevigati; cauda tantum obsolete spiraliter lirata. Apertura ovata, extus subangulata, in canalem rectiusculum desinens; columella parum arcuata, superne tuberculo distincto munita.

Long., 50 mm. Diam., 22 mm. Alt. apert. cum canali, 28 mm.

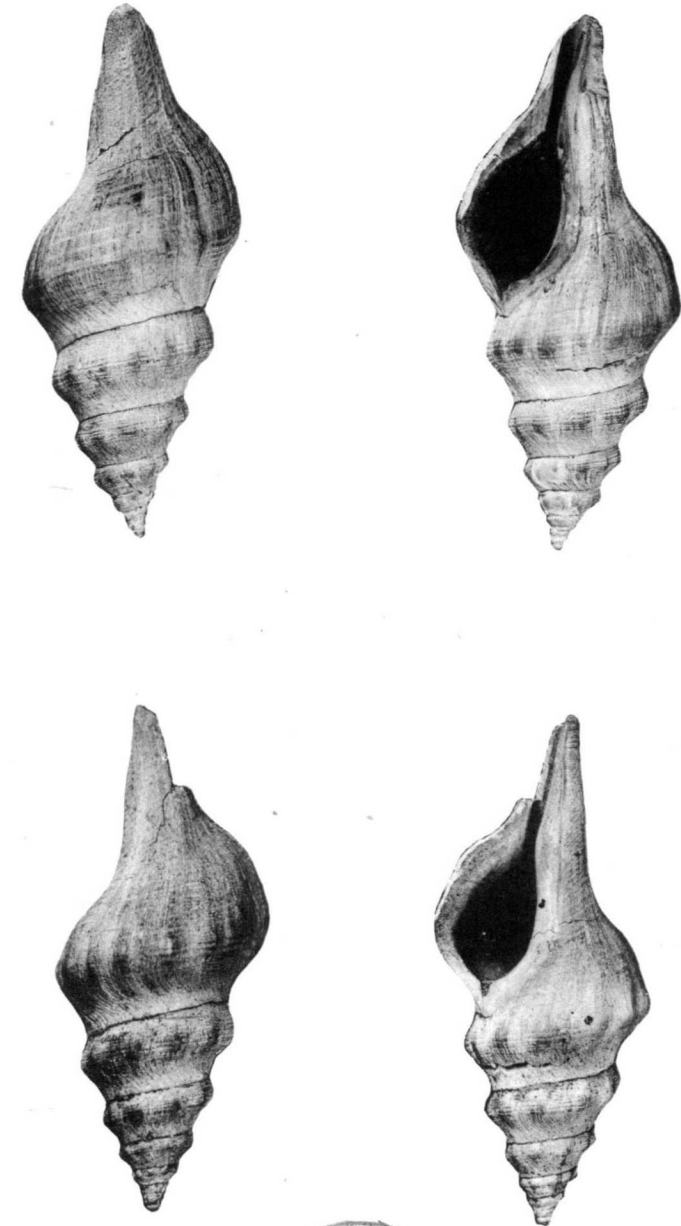
* * *

Concha fusiforme-turriculada, sólida, con nueve vueltas convexas, aplanadas en la parte superior, adornada con líneas espirales muy finas, más acentuadas en la mitad inferior de la concha, que cruzan las estrías de crecimiento, muy juntas, pero

sin producir reticulaciones. Presenta una serie de tubérculos comprimidos en el ángulo de las vueltas, en número de 15 a 20 en la última, faltando a veces los más cercanos al labro. Hacia arriba cesan bruscamente, y hacia abajo se prolongan algo en forma de pequeñísimos pliegues, pero sin alcanzar la sutura. Abertura ovalada, con la curvatura del labro algo angulosa en el centro. Columnilla arqueada en la parte alta y con un tubérculo bien visible; recta en la parte inferior. La abertura se prolonga en un canal recto y bastante abierto. La última vuelta ocupa aproximadamente los $\frac{3}{5}$ de la longitud total de la concha.

Se distingue de la *F. lignaria*, Linné, en que los tubérculos son más pequeños y redondos y no se prolongan en forma de pliegues hasta alcanzar la línea de sutura, y en el canal, que es mucho más prolongado y cerrado en la especie que describimos.

Especie originaria del Mediterráneo, sólo encontrada hasta ahora, que sepamos, en las arcillas pliocenas de los tejares de Málaga.



**DATOS PARA EL CONOCIMIENTO
ESTRATIGRÁFICO Y TECTÓNICO DEL
PIRINEO NAVARRO**

POR

J. M. RIOS, A. ALMELA y J. GARRIDO

(CONTINUACIÓN Y FIN)

J. M. RIOS, A. ALMELA y J. GARRIDO

**DATOS PARA EL CONOCIMIENTO
ESTRATIGRAFICO Y TECTONICO
DEL PIRINEO NAVARRO**

(CONTINUACIÓN Y FIN)

**IV. LA ZONA DE LOS VALLES DEL SALAZAR
Y DEL ALTO RONCAL**

por J. M. RIOS

Otra zona del Pirineo navarro muy poco estudiada hasta el presente es la bellísima región que cortan de Norte a Sur las ríos Salazar y Roncal. Casi toda ella se desarrolla en formaciones eocenas, y su estructura estratigráfica y tectónica puede apreciarse bastante bien siguiendo los cortes geológicos que hemos trazado a lo largo del curso de dichos ríos. La comarca que vamos a describir ahora se desarrolla inmediatamente al Este de la que hemos estudiado en la segunda parte de este trabajo (1), y aunque no vamos a dar el mapa de ella, procuraremos en nuestra descripción exponer una vívida imagen de su estructura tectónica, enlazándola con la de la zona del Urrobi y del Irati. Al sur de aquélla se extienden en dirección Este-Oeste las sierras de Leyre y Navascués, que fueron estudiadas en la primera parte de este trabajo.

(1) J. M. RIOS, A. ALMELA y J. GARRIDO: "Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo navarro" (II. Los valles del Urrobi y del Irati alto). *Notas y Comunicaciones del I. G. y M. de España*, número 14, 1945.

y que son cortadas normalmente por los dos ríos Salazar y Roncal. Por el Este, la comarca objeto de este estudio linda ("muga", como dirían sus habitantes) con la provincia de Huesca; en ella se adentran las formaciones eocenas en una amplia banda que, atravesándola, continúa a lo largo de la zona subpirenaica catalana para llegar casi a asomarse al Mediterráneo.

Recorrida esta zona con menor detalle que las anteriores, no nos atrevemos a dar de ella un mapa, que carecería de la conveniente uniformidad y precisión.

Su estructura tectónica es al mismo tiempo complicada y sencilla. Sencilla en sus grandes rasgos, es complicada en sus detalles. Lo mismo podemos decir de su estratigrafía, por otra parte muy parecida a las de las zonas contiguas, ya descritas.

Sus líneas tectónicas van dirigidas de Este a Oeste. Con violentos accidentes en la zona Norte (fronteriza con Francia), su tectónica se hace más suave hacia el Sur hasta llegar a la Sierra de Navascués, donde se renueva la tectónica violenta.

BREVE DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

En esta bellísima y escabrosa región del Pirineo navarro coincide su divisoria con la frontera de Francia, culminando en una serie de enhiestas cumbres, de rasgos y braveza alpinas, separadas unas de otras por pasos relativamente tendidos y fáciles. La primera de estas cumbres, el pico de Orhi (2.018 m.), alimenta con sus torrentes el de Orchurrio, que desde su pie corre hacia el Oeste, tomando pronto el nombre de Irati para adentrarse en las magníficas selvas a que da nombre. Su curso se tuerce hacia el Sur en llegando a Orbai-

ceta (ver la parte segunda de este trabajo (1), fig. 4), donde lo abandonaremos para volver un poco más al Este del punto de partida, al puerto de Larraún (1.656 m.).

Por sus empinadas laderas se despeñan varios torrentes, que unidos en el curso del Anduña (2) bajan en dirección Sudoeste por Izalzu para reunirse en Ochagavía con las aguas del Zatoya, que viene desde el Este. Ambos cursos de agua contornean por el Sur la poderosa Sierra de Abodi, de dirección E.-O., que constituye su divisoria con el curso del Irati alto. Unidos en Ochagavía, y ya con el nombre de Salazar, bajan hacia el Sur por un paisaje sumamente movido, típicamente norteño, de grandes montañas con extensos bosques, pero que, por sus formas redondeadas, no tienen ya aspecto alpino.

El angosto valle del Salazar está adornado por bellos pueblos, como Ochagavía, Escaroz, Esparza, etc., asentados en breves vegas. En Sarriés encaja de nuevo en unas cortas y estrechas hoces, todas ellas talladas en las calizas eocenas que arman los flancos de dos anticlinales que corta el río normalmente a su dirección. En el más meridional, que es muy amplio y constituye un pintoresco valle transversal, se asienta el pueblo de Güesa. Al sur de él, y siempre en esa dirección, el valle de Salazar ensancha en una región aun montañosa, pero más suavemente modelada en las blandas margas eocenas, para encajar de nuevo, al sur de Navascués, en la hoz de Aspuz con que atraviesa la sierra del mismo nombre.

Volviendo de nuevo a las cumbres, al este del puerto de

(1) J. M. RÍOS, A. ALMELA y J. GARRIDÓ: "Contribución al conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo navarro" (I. Las sierras de Leyre u Orba, y la de Illón o Navascués). *Notas y Comunicaciones del Instituto G. y M. de España*, número 13, 1944.

(2) Ver hoja de Ochagavía (117) a escala 1 : 50.000, del Instituto Geográfico y Catastral.

Larraún, se desarrollan en la divisoria una serie de alturas y colladas que culminan en Ochagavía (1.916 m.), en el Lácora (1.867 m.), Arlás (2.043 m.), Anielarra (2.323 m.) y, finalmente, en la "Mesa de los tres Reyes" (2.433 m.), donde Navarra "muga" con Aragón y Francia. Toda esta zona, de morfología netamente alpina, preludia ya los próximos gigantes pirenaicos.

Sus desnudas masas grises de margas y calizas se alzan bravamente para afirmar que aún hay Pirineos.

Aunque sus cotas absolutas no son muy grandes, ofrecen un impresionante y bravío paisaje matizado en sus faldas por los praderíos, siempre húmedos y frescos, y por las manchas más oscuras de pinares y hayedos.

Al pie de estas cumbres se desarrolla el breve, pero bellísimo vallecito de Belagua, orientado a Poniente, cerrado a todos los costados por altos muros rocosos. El curso del Belagua, prontamente desviado al Sur, se precipita ruidoso entre los bosques o peñas, a lo largo de un sombrío valle. En su trabajoso discurrir por tan áspero terreno ha tenido que abrirse paso a través de imponentes masas calizas que, como casi siempre en esta región, corresponden a flancos de anticlinales. Uno de ellos constituye la ingente mole de Peña Ezcaurri (1.823 m.), cuyas grises calizas materialmente aprisionan y aplastan un diminuto valle de excepcional belleza, de cuya escénica decoración son elementos las escarpadas y colgadas peñas, los sombríos bosques y aterciopelados pastizales.

Traspuestos sus dos muros se reúne el Belagua en Isaba con otros cursos de agua alimentados igualmente por las nieves de las cumbres divisorias, situadas entre los puertos de Larraún y de Lácora. Ya con el nombre de Esca (el río del Roncal) baja en dirección Sur atravesando hoces y apretadas montañas que apenas dejan espacio a su estrecho cauce.

Al sur de Isaba, el terreno pierde ya su ambiente alpino,

aunque es aún sumamente intrincado en su relieve y modelado. Pasado Roncal encuentra el Esca la prolongación del anticlinal que el Salazar cortaba en Güesa. Debido a una inflexión, está subdividido en dos, de modo que son varias las hoces que, talladas en calizas, corta el Esca en sus flancos.

Traspasada la barrera se abre el paisaje en un relieve aun montañoso, pero más suave, ensanchando el valle, sobre todo en las proximidades de Burgui, pero para volver a encajarse nuevamente en las hoces de la Sierra de Navascués.

Resumiendo esta descripción geográfica en breves rasgos, tenemos un rincón, de aspecto alpino en el borde Nordeste de la provincia, que alcanza por el Sur hasta Isaba. Una zona de complicado y abrupto relieve y formas más redondeadas que llega al Sur hasta Igal, Vidangoz y Garde.

Estos pueblos están situados en el borde de un gran anticlinal, cuyos flancos calizos determinan una serie de sierras y valles transversales, cumbres calizas y hondonadas margo-sas, y son atravesados en varias hoces por los ríos Salazar y Esca. Una región movida y montañosa, pero de más suave relieve, se extiende al sur del anticlinal, hasta Burgui y Navascués, para alzarse de nuevo en la masa caliza de la sierra de este nombre.

Los valles de Roncal y Salazar son muy interesantes y por muy diversos motivos. Sus pueblos, de típica arquitectura pirenaica, son muy pintorescos, tanto por su peculiar estilo como por el fondo de su paisaje. De señorial traza, sus blasonados portales son testimonio de antigüedad y nobleza. Son valles renombrados por su riqueza forestal y ganadera, que atestiguan el bienestar de sus habitantes, y que por sus bellezas naturales debieran ser mejor conocidos. El curso alto del Roncal, hasta la frontera, es parejo de cualquier otro paisaje pirenaico accesible por carretera.

Sus habitantes, amantes de la tradición, conservan y usan

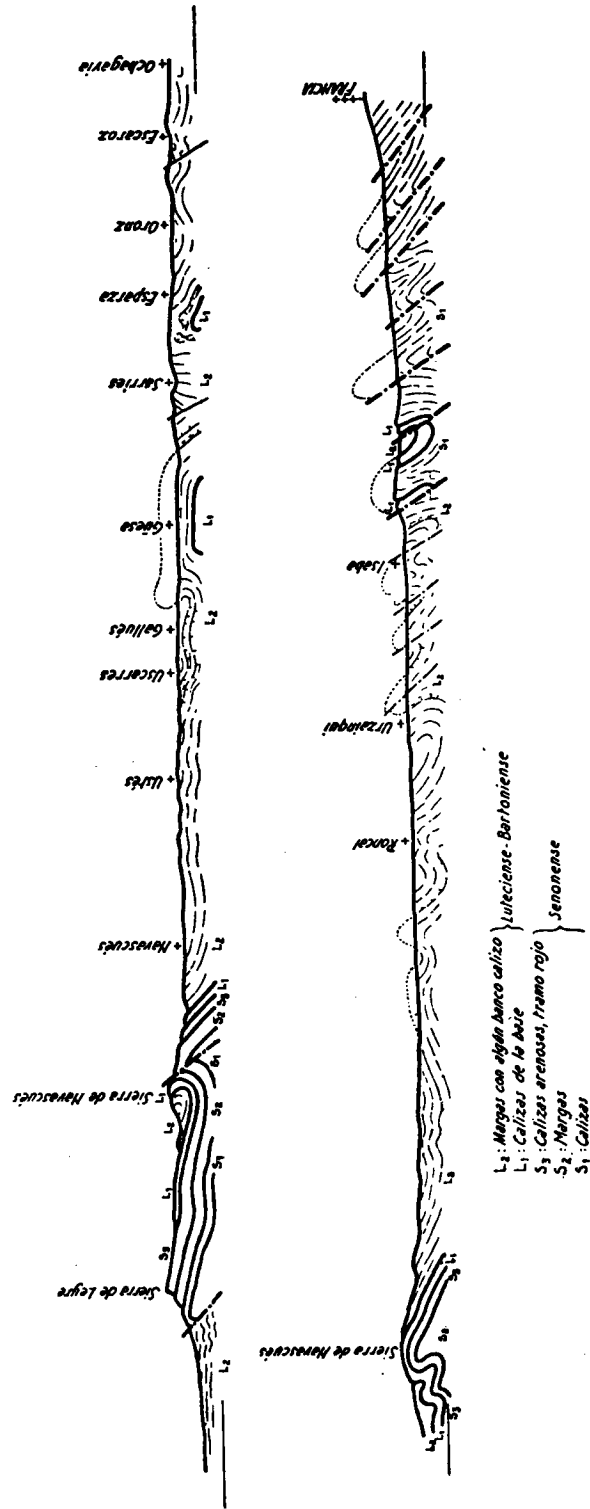


FIGURA 11

sus trajes regionales, si bien éstos no sean tan bellos y vistosos como en el vecino valle aragonés de Ansó.

La toponimia es vasca casi en su totalidad, pero el uso de tan venerable idioma se ha perdido totalmente en el valle del Roncal, y lleva trazas de extinguirse en el de Salazar. Sólo lo conocen ya los salacencos ancianos.

ESTRATIGRAFIA Y TECTONICA

(Ver figura 11)

Para que resulte más clara y armónica nuestra descripción, vamos a seguirla de Sur a Norte simultáneamente en los cortes de los dos ríos Esca y Salazar.

Sobre las calizas de nummulites y alveolinas que constituyen la base del eoceno (luteciense inferior) en la Sierra de Navascués, se apoya el complejo margoso, con intercalaciones calizas, que ha sido descrito con detalle en las partes primera y segunda de este trabajo. Monótono en el conjunto, es bastante variado en el detalle.

Son margas, donde abunda la facies flysch, siendo entonces sucias y arenosas, finamente estratificadas u hojosas, de color más bien grisáceo amarillento. Abundan las pistas (*Scolithia*, etcétera), fucoides y demás fósiles problemáticos (*Helminthoides*, *Paleodyction*, etc.) que caracterizan aquella facies. En otro caso son margas grises azuladas, finamente estratificadas o arriñonadas.

Las zonas puramente margosas no suelen contener fósiles.

Existen además, intercalados, diversos bancos calizos. Algunos son potentes, llegando a los 60-80 metros, y muy continuos, pudiendo seguirse a lo largo de muchos kilómetros.

Otros se extinguen pronto, pasando lateralmente a margas. Estos bancos calizos suelen contener en abundancia nummulites de gran tamaño (*N. perforatus*) y otras especies más pequeñas, así como grandes assilinas, menos abundantes, y escasas operculinas.

Los grandes bancos calizos pierden espesor y se extinguen hacia el Sur, exceptuando en la región Sudeste, donde hacia la base del complejo margoso aparecen numerosas bancadas calizas que se extinguen hacia el Norte.

Avanzando por los ríos, aguas arriba, atravesamos primero una zona donde la tectónica es suave y de amplios rasgos. Este hecho aparece disfrazado porque las margas, con su tectónica propia, se repliegan, afectando a veces inclinaciones grandes, como hemos señalado; en otras partes son plegamientos accesorios y accidentales que apenas disfrazan la suavidad de la tectónica general. Se trata de un gran sinclinal, amplio y tendido, que se extiende desde la sierra anticlinal de Navascués hasta el anticlinal de Güesa. Varios bancos calizos de poco espesor son visibles en el Esca al sur de Aspuz, al norte de Navascués y frente a Ustés, así como un poco aguas abajo de Uscarrés. A la altura de Gallués, al avanzar por el Salazar, y en el kilómetro 20 de la carretera por el Roncal, se alzan en ambos ríos unas masas calizas que atraviesan por breves, aunque arriscadas hoces.

Forman parte del flanco meridional de un gran anticlinal que con dirección OON-EES es cortado casi normalmente por el curso de los ríos.

Este anticlinal se pierde hacia el Oeste, extinguiéndose muy poco al sur de Elkoaz. Vendría a situarse a la misma altura del ya citado en la parte segunda, al oeste de Nagore y Usoz (fig. 4 y pág. 60), de modo que sería su prolongación; pero existe solución de continuidad.

Sus flancos están armados por bancadas calizas, que co-

rresponden con toda probabilidad al que hemos llamado segundo horizonte calizo (II parte, pág. 53), estando constituido el primer horizonte calizo por las calizas de la base del eoceno. Bajo ellas, y formando el eje o núcleo del anticlinal, aparecen unas margas que corresponderían al primer nivel margoso (II parte, pág. 52), pero éste sería aquí mucho más potente.

El anticlinal es muy vergente al Sur. Mientras que el flanco Norte surge bajo las margas con pendientes medias de 40° Norte, el flanco Sur aparece con frecuencia volcado al Sur y fallado.

Avanzando por el Salazar encontramos, en efecto, el anticlinal muy desplomado hacia el Sur, e inmediatamente hacia el Oeste, el flanco meridional está muy fallado y presenta violentísimas fracturas y huella de intensas compresiones. La blandura de las margas da lugar a un espacioso y movido valle transversal, en cuyo centro está la población de Güesa. Las calizas coronan las cumbres, cerrando el valle por el Este a modo de circo. Entre el Salazar y el Esca, el anticlinal se subdivide en dos, y al oeste de Vidangoz los dos anticlinales están perfectamente marcados y separados por un agudo sinclinal. Allí la vergencia al Sur es menos acentuada y el anticlinal está entero. A lo largo del Esca se observa perfectamente que subsiste aún la división en dos anticlinales. Ambos son amplios, regulares y simétricos. Las margas afloran en las charnelas; pero en el más meridional sólo longitudinalmente, en la cicatriz abierta en las calizas por el río. En el subanticlinal norte hay un breve valle transversal, coronado en circo por las calizas.

Hacia el Este, entrando ya en la provincia de Huesca, esta doble estructura anticlinal se pierde, transformándose el complejo margoso en una gran disposición isoclinal. Este complejo se apoya sobre las calizas de la base del eoceno, que son visibles al sur de Fago en un gran anticlinal, el cual viene a

ser, aunque con solución de continuidad, prolongación del de Navascués. Entre aquel anticlinal y el pueblo de Fago, el complejo buza siempre al Norte, lo que está muy enmascarado por los violentos repliegues accesorios de las margas. Al norte de Fago sigue buzando siempre al Norte, y las calizas del anticlinal de Güesa aparecen allí como una mera intercalación entre las margas. Se ha perdido en absoluto la estructura anticlinal.

Siguiendo nuestra marcha hacia arriba, por el curso de los ríos, encontramos, si seguimos el Salazar, e inmediatamente después de rebasar el anticlinal de Güesa, una zona en que todas las capas aparecen violentamente comprimidas y con frecuencia verticales. Hay allí otros bancos calizos, que probablemente corresponden a una intercalación caliza más alta que la que arma el anticlinal de Güesa. Al norte de Sarriés el complejo margoso-calizo está plegadísimo, y por ese motivo no podemos precisar la identidad de los diferentes bancos calizos. En conjunto parecería apreciarse un gran dispositivo anticlinal que no sería otra cosa que la prolongación oriental del de Mezquiriz-Abaurrea (parte II, fig. 4 y pág. 59). En este amplísimo anticlinal afloran el paleozoico, triásico y cretáceo. Esta última formación se oculta en forma normal, y disposición anticlinal, bajo el eoceno al oeste de Oronz y Esparza. Al norte de Oronz siguen los repliegues del conjunto margoso. No conocemos el detalle de su disposición.

Un dispositivo igualmente confuso encontramos al seguir el río Esca. El gran complejo margoso está replegado entre Roncal y Urzainqui con pendientes que con frecuencia son fuertes. Aquí se unen, para aumentar la confusión, la propia tectónica de las margas con una tectónica general ya bastante violenta, que se acentúa aún más entre Urzainqui e Isaba. En ese recorrido son visibles varios bancos calizos. La violencia de la tectónica general se manifiesta, sobre todo, en que las

medidas dan prácticamente siempre buzamiento al Norte, con frecuencia grandes e incluso verticales. Esto acusa una vergencia general al Sur, indicadora de empujes violentos. No hemos podido identificar los diversos bancos calizos, tanto más cuanto que es muy probable que muchos de ellos sean formaciones locales de poca corrida (1).

Pasado Isaba, entramos en una zona cuyo aspecto es cada vez más alpino. Topamos con un muro calizo correspondiente al flanco Sur de un magnífico anticlinal, volcado al Sur (flanco meridional con buzamiento de 65° al Norte, flanco Norte con inclinación de 60° al Norte). En su charnela hay unas margas azules, muy laminadas, casi pizarreñas, y cuya pizarrosidad es evidentemente secundaria y de origen tectónico.

Ni en las calizas ni en las margas hemos podido encontrar, a pesar de examinar unas y otras muy cuidadosamente, ninguna huella de fósiles. Ahora bien: el aspecto de las margas es muy distinto al del complejo eoceno. Se trata de margas hojosas unidas en compactas masas, formando un conjunto de gran uniformidad y monotonía. Son de tipo mucho más puro y limpiamente margoso que las eocenas. Recuerdan mucho las margas senonenses de la región al Oeste, pero aquéllas eran muy fosilíferas. Tanto aquí como al otro lado de la frontera, en Francia, se han atribuido siempre al cretáceo superior, y con toda probabilidad es ésa su edad. Entonces las calizas serían las de la base del eoceno. Esta es la interpretación que, a falta de datos más seguros, hemos aceptado. Rebasado el anticlinal, y tras un violento repliegue, que repite las calizas, existen hasta la frontera, y se adentran en Francia, inmensas masas de esas margas grises. Su disposición es extraordinariamente monótona. Buzan invariablemente al

(1) Advertimos además que nuestro conocimiento de esta zona se reduce casi exclusivamente al corte del río.

Norte, y se miden casi siempre inclinaciones superiores a los 40°. Si no estuvieran imbricadas, su espesor conjunto sería fantástico. Pero aquí sí que hay motivo para suponer que ese aparente espesor es un espejismo derivado de la disposición tectónica. Su invariable inclinación al Norte y la pizarrosidad, así como todos los datos generales, indican presiones violentísimas, y es admisible aceptar su imbricación. La localización de las escamas, en nuestro corte, es totalmente imaginaria y solamente pretende simbolizar su disposición.

La monotonía geológica de estas margas contrasta con la belleza del paisaje a que dan lugar.

De estas margas dice Palacios que se ocultan bajo los estratos daneses de allende la frontera. Únicamente logró ver en ellas restos de *Hippurites* (vertientes de Petrejen y barrancos de Añelarra) inclasificables. En el mapa geológico de Francia forman masa continua con calizas de *Hippurites* referidas al senonense. Así, pues, parece que no haya lugar a duda referente a su edad.

V. ITINERARIO GEOLOGICO DE ABAURREA ALTA A ELCOAZ

por J. M. RÍOS

En la segunda parte de este trabajo (1) exponíamos en un mapa (fig. 4) la disposición geológica de la zona situada entre Burguete y Aoiz. Hay en dicho mapa una zona, entre Abaurrea y Elcoaz, que no pudimos acabar de poner en claro, y que por consiguiente quedó incompleta. Corresponde a las intrincadas laderas del ingente Baigura, que visto desde el

(1) *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero*, número 14, 1945.

Sur se levanta frente a Elcoaz como una áspera e ingrata masa rocosa, cubierta en muchas zonas por espeso bosque, lo que dificulta su reconocimiento. Sin embargo, resultaba muy interesante llegar a poner en claro su estructura geológica, porque el gran dispositivo anticlinal de los ríos Urrobi e Irati muestra en su desnuda charnela el paleozoico, triásico y cretáceo, y ninguna de estas formaciones es visible ya poco más al Este, en el corte por el río Salazar. Del estudio de esta zona debía resultar, pues, el esclarecimiento de la disposición tectónica, con la resolución al Este de dicho anticlinal en una u otra forma, así como el trazado en el mapa del cierre de los diferentes contactos paleozoicos, triásicos y cretáceos. Además, según los resultados del corte trazado por Garrido desde la Abaurrea Alta a Azparren, y que fué nuestra base para el conocimiento de esa zona, el triásico y paleozoico al sudoeste de Abaurrea Alta se acercan tanto a las formaciones eocenas, que no podría admitirse otra explicación para su cierre que la existencia de una gran falla que, con dirección NO.-SE., iría desde Azparren en dirección al caserío de Aristu.

Hemos tenido oportunidad de volver a recorrer aquellas bellas regiones, y nuestra primera visita fué para el problema del Baigura. Elegimos para estudiarlo el camino que desde la Abaurrea Alta baja a Elcoaz, y los resultados de este itinerario vamos a exponerlos a continuación.

Al salir de la Abaurrea Alta, cuyo bello caserío, de peculiar arquitectura de tipo alpino, domina un magnífico paisaje de montaña, lo hacemos por unas tendidas praderías (fig. 12). Entre éstas se ven unas pequeñas muelas o bloques de caliza gris (7) con restos de nummulites. No hay afloramientos continuos. Se trata de las calizas de la base del eoceno, que sin duda por ser aquí algo más margosas se han desagregado, dejando a modo de arrecifes los corros calizos más resistentes. Al subir una colladita, cuando el camino se va acercando

al río Zatoya, dejamos las calizas, para pasar unas areniscas margosas grises amarillentas (6), que en seguida son más bien margas arenoso-calizas de color amarillento. Es un tramito de muy poco espesor, pero que sin duda representa el acuñamiento al Norte del tramo superior del senonense, de que tanto nos hemos ocupado en la segunda parte (pág. 40 y figura 5). Rebasado rápidamente este tramito pisamos, al culminar la colladita, margas grises del senonense (5), con ejemplares mal conservados, pero muy claramente identificables, de los mismos equínidos que con gran profusión hemos recogido en los diversos yacimientos ya reseñados (págs. 45 y 67).

Descendemos de la colladita y continuamos por una suave depresión, siempre en estas margas. Cuando vamos a empezar la ascensión al Baigura cortamos unos bancos calizos (4), y en seguida pisamos unas pizarrillas rojas (3) que identificamos con el tramo superior del bunt. Las calizas (4) son, pues, el cenomanense. Los afloramientos, en zona de tanta pradera y bosque, no son muy claros ni pueden seguirse a distancia. De nuevo volvemos a pisar las margas senonenses (5), y es de suponer que una fallita origine esta repetición. Al avanzar por ellas bordeamos dos profundas simas, una de las cuales se traga las aguas de un caudaloso torrente, caudaloso incluso en este año de excepcional sequía (1945). El río Zatoya, según el dibujo del mapa 1 : 50.000, parecería tener su nacimiento en una fuente muy abundosa, que es probablemente el desagüe de estas simas.

Las margas senonenses en esta zona están cuajadas de bellísimos y bien conservados micro-foraminíferos, de tamaño muy considerable, y cuya fina estructura es apreciable incluso a ojo desnudo. También encontramos restos, muy mal conservados, de los característicos equínidos.

Cuando vamos a iniciar ya la brusca subida, en un hermoso bosque de hayas y robles encontramos las margas y pizarrillas

rojas (3) del bunt superior, y en seguida todo el piso del frondoso bosque está lleno de bloques y cantos de la arenisca del bunt (2).

Al coronar la collada nos encontramos una reducida, pero bella pradería, en cuyo centro parece haber una sima o depresión. En ella se encuentran unas calizas grises, probablemente del cenomanense. No se ven en corridas continuas, sino en pequeños afloramientos careados, entre los prados. Ceden paso en seguida a las margas senonenses, cuyos escasos afloramientos, disimulados entre la pradería y el bosque, nos muestran, sin embargo, restos de los característicos equínidos, así como *Inoceramus*.

Al iniciar el descenso hacia Elcoaz abandonamos las margas senonenses y nos adentramos en las calizas muy arenosas, algo rojizas, del senonense superior (6), que aquí se cortan con un espesor mucho más considerable que hacia el Norte. (Absolutamente en toda la región se confirma su acuñamiento hacia el Norte.) Ya en pleno descenso por el rápido declive encontramos las calizas grises de la base del eoceno (7), que forman un suave sinclinal en que se alojan margas hojosas o de facies flysch (8) cuajadas de grandes nummulites (*N. perforatus*) y alveolinas. Las calizas de la base vuelven a aparecer en el lomo de una abombada disposición que corre con gran regularidad de Oeste a Este, y que se aprecia magníficamente cortada por un barranco salvaje y prácticamente impracticable.

Dan paso de nuevo a las margas, que hacen más de una brusca inflexión, cambiando rápidamente el sentido del buzamiento. Entre las margas aparece más de una bancadita caliza o maciñosa. En el fondo del barranco cortamos un banco calizo (9) vertical o algo desplomado que corre de Oeste a Este en bellísima y recortada crestería. El paso de este muro, que atraviesa en una estrecha hoz, entrecruzándose, el camino

y el impetuoso torrente, entre bosque y al pie de tan ingente montaña, es un lugar sombrío, de una romántica belleza.

Esta larguísima corrida caliza se sigue hasta muy lejos en dirección Oeste. Es el segundo nivel calizo (II parte, página 53), y precisamente la misma corrida caliza que se corta al norte de Muniain (figs. 4 y 7 a) y al sur de Uriz (7 b). Por el Oeste parecería ser la que pasa inmediatamente al sur de Sarriés (fig. 11), aunque no lo podemos asegurar. Traspasado este banco nos adentramos hacia el Sur en el complejo margoso que se ha descrito tanto en la segunda como en la cuarta parte de este trabajo.

A la vista de este corte apreciamos que, contra lo que

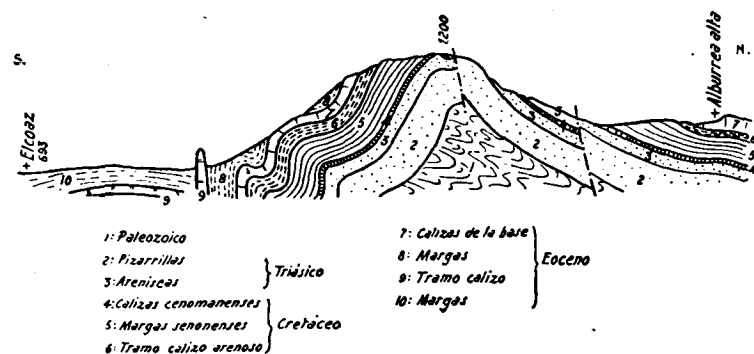


FIGURA 12

supusimos a partir de los datos suministrados por Garrido (II parte, pág. 60, renglón 3), el gran anticlinal de Mezquiza-Abaurrea no termina hacia el Sudeste por falla. Muy al contrario, allí el anticlinal es complejo y bastante agudo, la vergencia Sur está bien marcada (parte más baja de su flanco meridional, ligeramente volcada), pero no es exagerada. Muy poco al Este de la línea del corte, ya cierra el cretáceo sobre el triásico y éste desaparece bajo la cobertura.

Con objeto de obtener un corte aún más oriental de este

anticlinal, bajé desde Jaurrieta a Sarriés, a lo largo del barranco de Zaldaña. El cretáceo no aparece ya en este corte, que se desarrolla por entero en el complejo margoso, y cuyos repliegues accesorios confunden mucho, sobre todo en casos como éste, en que por avanzar por un valle encajado no se logra una concepción de conjunto. Por el lado del anticlinal vimos unas masas calizas que con toda probabilidad eran las de base del eoceno. Sobre ellas venía a apoyarse el complejo margoso. Su orientación era NO.-SE.

Es, pues, seguro que el gran anticlinal de Mezquiza-Abaurrea se va estrechando hacia el Este, de modo que sucesivamente van desapareciendo primero el triásico bajo el cretáceo y luego éste bajo el eoceno. El cretáceo pasa aún de la hoja de Garralda a la de Ochagavía, pero se interna muy poco en ésta, quedando a cosa de medio kilómetro a poniente del Molino de Jaurrieta, el cual está situado en el mencionado barranco de Zaldaña. A juzgar, tanto por la dirección general de las capas como por las medidas obtenidas, su prolongación, en el eoceno, la corta el río Salazar (fig. 11) entre Sarriés y Esparza, donde, en efecto, es perfectamente visible una clarísima charnela anticlinal (km. 16,700 a 16,950).

VI. ALGUNOS DATOS PALEONTOLOGICOS DE LA REGION SUBPIRENAICA NAVARRA

por A. ALMELA y J. M. RÍOS

Al comenzar este trabajo nos proponíamos meramente dar a conocer una lista de las especies encontradas, con la relación de sus formaciones y localidades. Recogimos con Garrido gran cantidad de ejemplares, y entre ellos había una fauna cretácea en que abundaban los equínidos, en ejempla-

res bien conservados, y algunos de ellos curiosos. Había, además, algún *Ammonitido* e *Inoceramus*, estos últimos mal conservados. Sin ser una cosa extraordinaria, no dejaba de tener su interés como conjunto representativo.

Nuestro querido y admirado Bataller se ofreció, con el interés que siempre despiertan en él los hallazgos paleontológicos, a efectuar el estudio que le pedimos de la faunela cretácea, y además tuvimos la suerte de contar con él como compañero en una agradabilísima excursión por los valles del Urrobi y el Irati, en que completamos la recogida.

En las cercanías de los yacimientos cretácicos más importantes habíamos encontrado unas microfaunas y foraminíferos, no muy bien conservados, pero utilizables. Aunque por entonces no conocíamos personalmente a D. Guillermo Colom, sabíamos por sus publicaciones la calidad de su trabajo, y solicitamos de él que hiciese un estudio de las formas encontradas.

De este modo hemos podido ofrecer, gracias a la amabilidad de tan competentes como queridos colegas, dos estudios paleontológicos en zonas en que hasta ahora muy poco se había hecho.

Almela, que, como de costumbre, se ha encargado del pesado trabajo, que para él, por su preparación y afición, resulta ligero, de la clasificación de fósiles (sin olvidar su participación en las labores de campo y confección de mapas y cortes), ha determinado las especies eocenas.

DESCRIPCION POR ESPECIES

CRETÁCEO INFERIOR

Orbitolina sp. Restos vegetales carbonosos (km. 48,150 de la carretera de Aoiz a Burguete).

CENOMANENSE

Restos de equinidos (entre Garralda y Aribe).

Praealveolina ibérica Reich. y *Ostrea* sp. (camino de Arrieta a Oroz-Betelu, al noroeste de la Cota de Juandechaco).

Restos de equinidos y de *ostreas* (kilómetro 8 de la carretera de Oroz a Aribe).

SENONENSE (1)

Lituola taylorensis Cush-Wat. (17).

Pseudoclavulina eggeri máxima Col. (17).

Plectina chapmani Franke (17).

Göesella sp. (17).

Rhynchonella vespertilio D'Orb. (5).

» *eudesi* Coq. (5).

Micraster sp. (4 y norte de Unzué).

» *corbáricus* Lamb. (1, 2 y 3).

» *integer* D'Orb. (3).

» *coranguinum* Klein. (1, 2 y Olondriz).

(1) Los números entre paréntesis se refieren a la lista de localidades que viene al final de esta relación.

- Micraster cor-ibericum* Lamb. (1 y 2).
 » *proclivis* Lamb. (2 y 3).
 » *santanderensis* Lamb. (3).
 » *larteti* Mun-Chalm. (3).
Hemiaster aff. *dallonii* Lamb. (Larequi).
Isomicraster dallonii Lamb. (Abaurrea Alta, 3 y 4).
Echynocoris vulgaris Brey. (3).
Spondylus aff. *obesus* D'Orb. (5).
Inoceramus angulatus Mantell. (3).
 » *cuneiformis* D'Orb. (3).
 » *striatus* Mantell. (3).
Nautilus depressus Binckh. (5).
Hamites cf. *wernickei* Woll. (1).
Acanthoceras deverianum D'Orb. (3).
Pachydiscus brandti Redtenb. (3).
 » *colligatus* Binckh. (3).
Sphenodiscus sp. (1).

EOCENO

Calizas de la base o primer nivel calizo.

- Nummulites perforatus* Den. de Monf. (13, 14).

Primer nivel margoso.

- Nummulites granifer* (A y B) Douv. (8).
 » *perforatus* Den. de Monf. (12).
 » *rouaulti* D'Arch (12).
Assilina praespira Douv. (8).

Segundo nivel calizo.

- Nummulites granifer* Douv. (15 y 16).
 » *perforatus* Den. de Monf. (15).
 » *laevigatus* Lamk. (16).

- Nummulites atacicus* Leym. (15).
 » *distans* Desh (15).
Assilina pustulosa Douv. (15 y 16).
 » *exponens* Douv. (16).
Operculina alpina Douv. (16).

Complejo margoso superior.

- Nummulites granifer* Douv. (11).
 » *perforatus* Den. de Monf. (6, 9 y Larequi).
 » *rouaulti* D'Arch. (7 y Larequi).
 » *atacicus* Leym. (7).
 » *distans* Desh. (6).
 » *laevigatus* Lamk. (10).
 » *uronensis* Heim. (6 y 7).
Assilina exponens Sow. (6, 7 y 10).
Dyscocyclina archiaci Schlumb. (7).
 » *nummulitica* Gumb. (9).

Clave de localidades.

1. Nordeste de Imizcoz (Arrieta).
2. Kilómetro 38 de la carretera de Aoiz a Burguete.
3. Kilómetro 26,500 de la carretera de Pamplona a Burguete (nordeste de Erro).
4. Kilómetro 4,200 de la carretera de Garralda a Burguete.
5. Ladera meridional de la Sierra de Leyre, en el camino de Tiermas al Paso Ancho.
6. Kilómetro 2,200 de la carretera de Itoiz a Garralda (Oeste de Ezcay).
7. Kilómetro 3 de la misma carretera.
8. Kilómetro 3,800 de la misma carretera.
9. Camino de Aoiz a Rala (al Norte del caserío de Autzola).

10. Mismo camino (al sur de la peña de Santa Bárbara).
11. Nordeste de Oscariz.
12. Sur de Arangozqui.
13. Término de la Bardipeña, al Nordeste de la Ermita de la Virgen de la Peña (entre Salvatierra de Esca y Burgui).
14. Cañada Real del Roncal, en la vertiente Norte de la Sierra de Navascués.
15. Kilómetro 7,300 de la carretera de Aoiz a Garralda (Artozqui).
16. Camino de Jaurrieta a Abaurrea Alta en su intersección con la Cañada Real.
17. Un poco al Sur de 2.

DESCRIPCION POR FAUNAS

Hemos de advertir que la lista anterior es una herramienta muy deficiente para el conocimiento paleontológico de la extensa zona reseñada y conviene completarla con algunas consideraciones de tipo más general.

Ha perjudicado mucho a este estudio, sobre todo a su parte paleontológica, su interrupción para realizar otros trabajos ineludibles. Gran parte de los fósiles recogidos han quedado sin clasificar, y ahora no tenemos tampoco oportunidad de hacerlo. Procuraremos, en la medida de lo posible, subsanar esta deficiencia por medio de unas consideraciones generales.

Por razones que no son de este lugar, no nos preocupamos apenas del examen del paleozoico, que, por otra parte, no parece ser muy fosilífero; pero es muy posible que su estudio detallado permitiese determinaciones paleontológicas que pudiesen en claro su edad.

Tampoco vimos fósiles en el triásico.

En la pequeñísima manchita de cretáceo inferior (parte II, página 34), la presencia de las orbitolinas, así como las facies continentales que la acompañan, permitieron determinar su edad, aun sin llegar a las determinaciones específicas.

En el cenomanense varían bastante las facies paleontológicas. La banda Garralda-Espinal mostraba bastantes restos fósiles, cuya rebusca detallada nos estaba vedada por la orientación que habíamos de dar a nuestro trabajo. Empleando tiempo no sería difícil, creemos, encontrar fósiles clasificables. Su posición en la serie estratigráfica, sin embargo, parece clara, y por sí sola induciría a colocar estas corridas

en el cenomanense. Pero, además, cruzando de Jaurrieta a Oroz-Betelu se ven en esas calizas abundantes ejemplares de la *Præalveolina ibérica* Reich, que hemos visto, junto con orbitolinas, en el cenomanense de Cantabria (1) y sin orbitolinas en la zona lignitífera Portalrubio (Teruel), y en general, en el cenomanense sudibérico, con otros fósiles característicos. Aquí acompañan a las alveolinas restos de ostreas y equínidos. Una búsqueda detallada permitiría, sin duda, encontrar buenos ejemplares.

El conjunto margoso senonense no necesita mucha aclaración.

Aunque sus fósiles presentan distribución irregular, y se puede andar largo tiempo por las margas sin encontrarlos, cuando se hallan suelen ser en abundancia y variedad. Por este motivo se puede calificar esta formación como bastante fosilífera.

La fauna descrita por Mosén Bataller, y que incluimos más adelante, es muy típica y representativa. Los mismos fósiles se encuentran en los distintos yacimientos que hemos visto nosotros y que se extienden por toda la zona estudiada.

Entre los más ricos citamos los siguientes:

Yacimiento al nordeste de Erro, en el kilómetro 26,500 de la carretera de Pamplona a Burguete. Este ha sido, quizá, el más abundante y variado. La mayoría de los ejemplares estudiados por Bataller proceden de allí.

Otro yacimiento muy rico en equínidos y de fácil acceso es el que hay en el barranquito del kilómetro 37,200 de la carretera de Oiz a Burguete. Y cerca de él, y conteniendo además abundantes inoceramus y nautilidos, está el del nordeste de Imizcoz.

Los equínidos y los inoceramus, aunque mal conservados,

(1) RÍOS, ALMELA y GARRIDO: "Contribución al conocimiento de la Geología cantábrica". *Bol. del I. G. y M.*, 1945.

son abundantes en las extensiones cretáceas al sudoeste y sudeste de la Abaurrea Alta, sobre todo en el camino a El-coaz, poco antes de llegar a la cumbre.

En estas tres localidades hay abundantes microframíferos del tipo de los estudiados por G. Colom, que provienen de la segunda.

En las praderías que quedan junto a la carretera de Burguete a Garralda, a la altura de los kilómetros 3 a 5, recogimos abundantes ejemplares, y bien conservados, de equínidos e inoceramus.

En la Sierra de Alaíz, esta fauna, con idéntico contenido fósil de equínidos, ammonitidos e inoceramus, es muy rica y abundante.

No hemos clasificado los ejemplares recogidos, pero viene a ser el mismo conjunto de especies. Un yacimiento riquísimo es el que se encuentra al norte de Unzué, inmediatamente después de atravesar la hoz de calizas eocenas, y también hemos obtenido preciosos ejemplares de equínidos algo más al Nordeste, en el caserío de Alaíz. Fragmentos más o menos claros de inoceramus se encuentran con relativa frecuencia por todo el área de margas senonenses.

En la falda meridional de la Sierra de Leyre se han encontrado esas mismas margas, pero la recogida allí se limitó a alguna *Rhynchonella*, algún nautilido y restos de ostreas (parte I, pág. 12).

El tramo calizo arenoso rojizo que corona el senonense nos ha mostrado huellas de *Hippurites* (o *Sphaerulites* ?) en la Sierra de Leyre, y de *Hippurites* y *Sphaerulites* en la de Navascués. Más al Norte, hacia la zona de Oroz-Betelu, contiene restos de alectronyas y de gruesas espículas de cidaris.

El garumnense no nos ha mostrado ningún resto fósil.

Se puede decir que el eoceno navarro consta de una ban-

cada caliza en la base, y del conjunto margoso superior con diversas intercalaciones calizas, alguna de las cuales tiene suficiente individualidad para ser considerada como subtramo.

Paleontológicamente, el eoceno navarro es muy confuso, y en la zona que estamos considerando se puede decir que los fósiles no nos han dado indicación precisa.

Por lo pronto, las alveolinas, que en el eoceno catalán quedan invariablemente ligadas a las calizas de la base, a las que dan su nombre, aquí se encuentran dondequiera que hay bancos calizos, incluso en las intercalaciones más altas del complejo margoso.

Así, por ejemplo, en los alrededores de Aoiz, bancos calizos que representan niveles altos del eoceno contienen alveolinas idénticas a las de la base, y se encuentran tanto del tipo de la *Alveolina elongata* como de la *Alveolina subpirineica*. Acompañan a los *Nummulites perforatus*.

Desde luego, las calizas de la base (primer nivel calizo) contienen en abundancia tanto los *Nummulites perforatus* como las alveolinas. Unos y otras son abundantes en la falda norte de la Higa de Monreal; falda norte de la Sierra de Idocorri; alrededores de Lumbier, en la Sierra de Leyre; Virgen de la Peña, en la Sierra de Navascués, y en general, en las calizas de la base de la zona meridional.

Parecerían estériles estas mismas calizas de la base del eoceno de la banda norte de Aria y Aribe, aunque en Abaurrea Alta contiene nummulites. También parecerían estériles las calizas de la base del eoceno de Peña Ezcaurri (Norte de Isaba, Uztarroz).

El resto del eoceno, o sea el complejo margoso tan característicamente representado en los alrededores de Aoiz, es muy confuso paleontológicamente. Prácticamente estéril cuando las margas son puras y azules, contiene nummulites y alveolinas y más escasamente assilinas y alguna operculina,

siempre que hay alguna intercalación caliza y arenosa. Así es que la gran extensión margosa al sur de Aoiz, y al sur de la Sierra de Leyre, por representar margas más puras, es muy raramente fosilífera. Recogimos nummulites y alveolinas inmediatamente al sur de Ochagavía.

En cambio las abundantes intercalaciones calizas que existen al norte de Aoiz, y también al norte de la Sierra de Navascués, dan con frecuencia ricos yacimientos de las especies reseñadas.

Los *Nummulites perforatus* son los más frecuentes y abundantes en este complejo margoso. También abundan las alveolinas. Las assilinas, no tan abundantes como en la provincia de Huesca, no se puede decir que sean raras. Las operculinas son muy escasas. Hemos visto operculinas de gran tamaño, acompañadas de grandes y pequeños nummulites (Asociación *perforatus-rouaulti*) y de assilinas, a mitad de distancia entre Jaurrieta y Abaurrea Alta, cerca de la collada. Parecen presentarse en un tramo muy bajo, cercano a las calizas basales. También las hemos recogido al sur de Oronz.

En conjunto este eoceno es mucho menos fosilífero, comparativamente hablando, que el de Huesca y el de Cataluña del Norte. Pero aun no ha de ser considerado como fosilífero.

Aparte de los foraminíferos y los fósiles de facies flysch, no hemos visto prácticamente ningún otro fósil del eoceno. Únicamente recordamos *Velates schmideli* cogidos en la extremidad oriental de la Sierra de Leyre.

Recogimos abundantes ejemplares de nummulites que referimos a la especie *N. granifer*, que se atribuye al eoceno inferior y luteciense inferior; pero en esta región lo hemos encontrado en todos los niveles de un eoceno bastante potente, y no nos sirve como elemento diferenciador.

En el eoceno, las margas presentan con frecuencia paso

a la facies flysch. La distribución de ésta es tan irregular que no se puede precisar. Al norte de Aoíz y de las Sierras de Leyre y Navascués se presenta por doquier. Al sur es algo menos abundante. Presenta las conocidas pistas y problemáticos. Son abundantísimas las *Scolithias*, tanto en la zona al norte de Aoíz, como en la de Erro, como en los valles del Salazar y Roncal.

En la zona del Erro clasificó Bataller, *Helminthopsis sinuosa* Azpeitia, *Paleodictyon majus* Meneghin, var. *minor* Azpeitia, y *Helminthopsis* sp. Los *paleodictyon* y *helminthopsis* son muy raros en el resto del área, es decir, sólo abundan hacia el noroeste, pero nunca faltan las *Scolithias* y otra gran variedad de pistas, *ripple-marks* y toda la gama de huellas de estuario y playa tendida.

Puesto que los datos paleontológicos del eoceno de esta región son tan escasos, nos parece oportuno completarlos con los que recogió Palacios. Cita este autor abundantes nummulites entre Roncal y Urzainqui, así como en las cercanías de Isaba. Las especies más corrientes son el *N. perforatus* y el *N. lucasanus*. Vuelve a señalar las mismas especies entre Ochagavía y Escaroz, al norte de Oronz y cerca de Esparza. Entre las alveolinas cita la *A. subpirenaica* y la *A. melo*. Entre Orbaiz y Nagore, en las hoces de Chinchurrimea, cita operculinas y la *Alveolina ovoidea*.

Una de las faunas locales eocenas más completas es la que citan Sampelayo y Azpeitia (1) en Yesa.

Del flysch:

Arenicola.

Helicolithus fabregae Azcoitia.

Lorenzina apenínica Gab.

(1) P. H. SAMPELAYO: "El flysch en Yesa (Navarra)". *N. y C. del Instituto G. y M.*, núm. 5, 1933.

Paleodictyon minotum Kind.

Cylindrites submontanum Azpeitia.

Scolithia prisca Quatre.

Helminthoides sinuosa Azpeitia.

Helminthoides labyrinthica Heen.

Münsteria.

Halimenites.

De las calizas:

Nummulites rouaulti D'Arch.

Nummulites perforatus D'Orb.

Assilina exponens Lon.

Alveolina sp.

Orbitoides sp.

Ostrea rouaulti Mall.

Pecten.

Cerithium pseudocorrugatum ? D'Orb.

Cerithium lamellosum ?

Turritella.

Scutelina linderi ? Corr.

Conjunto de edad luteciense, colocado casi inmediatamente bajo el oligoceno.

Por todo lo que hemos visto, el conjunto eoceno no parecería representar, por su contenido fósil, más que el luteciense, en todo caso un luteciense bastante potente. Sin embargo, se suele afirmar que alcanza hasta el bartoniense, aunque nunca hemos visto aducidas pruebas paleontológicas.

VII. COMENTARIOS GENERALES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS Y DESARROLLO GEOLOGICO DE LA ZONA DEL PIRINEO NAVARRO RESEÑADA EN ESTE TRABAJO

por J. M. RÍOS

LAS FORMACIONES

La zona que hemos reseñado en las diferentes partes de este trabajo está limitada por las localidades de Pamplona, Unzué, con su Sierra de Alaíz; Tiermas, con su Sierra de Leyre; Berdún de la Canal, Fago, Isaba, con Peña Ezcaurri; Ochagavía, Orbara y las Aezcoas y Mezqueriz. Predominan las formaciones eocenas, que cubren la mayor parte de la zona. Siguen en importancia las cretáceas, que aparecen en las charnelas de los anticlinales eocenos; la parte meridional incluye las márgenes de las formaciones oligocenas de la cuenca del Ebro. Afloran también el triásico y el paleozoico en manchas de más reducida extensión.

Haremos con frecuencia referencia a un interesantísimo trabajo de nuestro querido colega y amigo Llopis Lladó, en el que analiza las características estructurales de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo, y que todos los que se interesen por los problemas geológicos del Pirineo occidental deben conocer (1). Ha aparecido en el intervalo transcurrido entre la publicación de las diversas partes de nuestro trabajo. Con discrepancias en materias de detalle, que procuraremos señalar, hay una coincidencia en los criterios generales, y sustentamos opiniones análogas, a las que hemos llegado con

(1) D. N. LLOPIS LLADÓ: "Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo". Miscelánea Almera. Barcelona, 1945.

completa independencia. El trabajo de Llopis contiene una bibliografía muy completa de la literatura que se refiere a los problemas de la región reseñada, con cita de 89 publicaciones referentes a ella.

Igualmente analizaremos, sobre la marcha, datos de otros autores.

EL COMPLEJO MARGOSO EOCENO

Ocupándonos, en primer lugar, del eoceno, la formación más importante por su extensión de todas las presentes, diremos que está representado por un luteciense-bartoniense muy potente. Nosotros no hemos visto nunca faunas más altas que el luteciense, pero se admite, generalmente, que el bartoniense está también representado. Paleontológicamente su subdivisión no nos ha sido posible. Litológicamente sólo se puede dividir con claridad en dos tramos de muy distinta potencia. Un tramo de calizas en la base, que no suele exceder los 180 metros de potencia y a veces es mucho menor, y un complejo margoso con abundantes intercalaciones calizas, que debe alcanzar un espesor probablemente superior a los 1.000 metros. Creemos que Llopis Lladó, al fijar su espesor máximo en 450 metros, lo ha subestimado considerablemente.

Las margas presentan un aspecto muy variable, alternando vertical y horizontalmente las margas puras azules arriñonadas con las grisáceas arenosas y las amarillentas de facies flysch. En general, su aspecto es el bien conocido de todas las margas eocenas de la zona subpirenaica. Algunas de las intercalaciones calizas son muy continuas y tienen gran individualidad, pudiendo separarse como niveles. Otras pasan lateralmente a margas y son poco más que arrecifes calizos entre ellas. Hacia el Sudoeste, es decir, hacia la provincia de Huesca (en la zona de Ansó), se observa que las intercalaciones

calizas en la base del complejo margoso son cada vez más abundantes, repetidas y potentes. Ya en la hoz de Fago, las calizas de la base tienden a reunirse con la parte baja del complejo margoso en una potente masa predominantemente caliza en que aun existe algún banco de margas. De modo que las calizas de la base aumentan considerablemente su potencia a costa del complejo margoso.

Como hemos dicho al hacer la descripción paleontológica, en ningún sitio hemos encontrado faunas más altas que el luteciense. Pero las microfaunas estudiadas por Colom, y a las que nos referiremos más adelante, indican la presencia de un conjunto de margas azules que tanto podrían representar el priaboniense como el oligoceno inferior, y quizá ambos. Es opinión general que los tramos más altos del complejo margoso representan ya el bartoniense. Dado que hay áreas de gran extensión, estériles, no nos extrañaría que, en efecto, el bartoniense esté representado litológicamente, aunque nosotros no hemos encontrado prueba paleontológica de su existencia.

LAS CALIZAS DE ALVEOLINAS

Las calizas de la base del eoceno, que por su abundancia de alveolinas suelen denominarse como calizas de alveolinas, constituyen uno de los niveles stratigráficos más persistentes de la zona pirenaica. Iniciadas en la provincia de Gerona, casi junto al Mediterráneo (1), se apoyan unas veces sobre el eoceno continental de facies ypresiense, y otras veces sobre

(1) En un trabajo nuestro ("Contribución al conocimiento geológico de la zona subpirenaica catalana", Ríos, Almela y Garrido, 1943) atribuimos a estas calizas edad ypresiense. Ahora, y a la vista de su continuidad en otras zonas y de la edad que en ellas debe atribuirseles, opinamos que representan siempre la base del luteciense.

el cretáceo, bien sea sobre el garumnense o sobre el senonense. Allí no parecían contener otros fósiles que las alveolinas. En la provincia de Lérida continúan con gran potencia y desarrollo. Representan siempre la base del luteciense. En la provincia de Huesca aumentan rápidamente su potencia, a costa de niveles cada vez más altos del luteciense, hasta reunirse en las fantásticas masas calizas de la hoz de Balcés, al norte de Alquézar. Allí contienen, además de alveolinas, nummulites y assilinas, siendo estas últimas muy abundantes. En la parte occidental de la provincia, el luteciense va recuperando su carácter margoso hacia la base; pero en la hoz de Fago, las calizas de la base del luteciense aun tienen grandes espesores. Al pasar a Navarra, la base caliza se hace progresivamente menos gruesa; pero como resto del carácter calizo, quedan en el complejo margoso abundantes intercalaciones; algunas de ellas muy continuas. Hacia el oeste de Navarra, el eoceno se hace cada vez más sencillo. Las calizas de la base del luteciense presentan espesores muy reducidos, que no suelen exceder de los 80 metros. El complejo margoso da lugar a las margas puras de la región de Pamplona y sudoeste de esta ciudad, que van siendo sustituidas por el oligoceno. En la Sierra de Urbasa, el oligoceno se apoya directamente sobre un débil espesor de caliza de alveolinas, y este nivel tan persistente aun continúa por la región cantábrica hasta Villarcayo, con espesores débiles de pocas decenas de metros, que soportan facies continentales eoceno-oligocenas.

Queda, pues, bien establecido que el nivel más persistente del eoceno corresponde a un tramo calizo que se desarrolla desde el Mediterráneo hasta la provincia de Santander, y que contiene unas veces alveolinas y otras alveolinas y nummulites. Se inicia siempre en la base del luteciense, pero a veces tiene reducidos espesores, mientras que en algunas zonas, y

sobre todo, en la provincia de Huesca, el banco calizo representa desde la base hasta muy arriba del luteciense. Hacia Lérida y hacia Navarra, este exceso calizo va pasando lateralmente a margas. Como base suele tener el conjunto ypresiense-garumnense, pero a veces se apoya directamente sobre el senonense. En general soporta margas lutecienses; pero hacia la parte occidental de Navarra y en Cantabria descansan facies continentales eoceno-oligocenas directamente sobre débiles espesores de estas calizas de la base del luteciense. Hemos tenido la satisfacción de coincidir con Llopis Lladó en el criterio de reunir en una facies indistinta eoceno-oligocena el conjunto lacustre superior que Llopis denomina ludiense-sannoisiense.

Topográficamente, este tramo suele tener una gran significación.

Siendo, en general, el más consistente de los tramos eocenos, es el que rige sus plegamientos. En nuestra zona arma y corona todos los anticlinales, constituyendo así los flancos de las sierras más importantes.

EL EOCENO EN CONJUNTO

En general, el eoceno navarro es mucho más sencillo que el de Cataluña, que se puede subdividir en muchos tramos, y más sencillo también que el de Huesca. Faltan en este eoceno navarro las importantes intercalaciones continentales que presenta la parte alta del eoceno aragonés.

El complejo margoso reacciona a los empujes de manera muy distinta que las calizas de la base. Mientras que en líneas generales siguen los pliegues de éstas, en muchas zonas se despegan, replegándose con una violencia que hace parecer la tectónica regional como mucho más violenta de lo que en

realidad es. La presencia de estos repliegues accesorios en las margas hace muy difícil el trazado preciso de cortes geológicos y la determinación de los espesores.

Los espesores más grandes y, por consiguiente, los tramos más altos del eoceno en esta zona parecerían corresponder a los alrededores de Aoiz o quizá a la zona de Urroz y Lizosain. No hay que fiarse mucho de la presencia del oligoceno para precisar cuál sea la parte más alta del eoceno, porque aquél es transgresivo y llega a apoyarse sobre las calizas de alveolinas, como por ejemplo ocurre en las sierras de Alaiz y de Leyre. También las margas de Eparoz deberían representar las zonas más altas del eoceno, así como las de Ustés en el valle de Salazar.

Como hemos señalado antes en el estudio paleontológico, nuestra opinión es que los tramos más altos que el luteciense no parecerían estar representados en esta zona navarra. No obstante, conviene hacer notar que Llopis Lladó, aduciendo como argumentos la continuidad de la sedimentación y el espesor, opina que las margas grises, cuando están completas, deben representar, por lo menos, el auversiense y el bartoniense (de Lapparent). Lo mismo indicarían las determinaciones paleontológicas de Colom y los estudios de P. Ruiz de Gaona.

EDAD DE LAS MARGAS AZULES DE LA CUENCA DE PAMPLONA

Después de publicada la tercera parte de este trabajo, en el tomo 14 de estas NOTAS Y COMUNICACIONES, nuestro querido amigo y distinguido geólogo y paleontólogo P. M. Ruiz de Gaona Sch. P., nos llamó, en una amable carta, la atención sobre una contradicción que existe entre los diferentes trabajos hasta ahora publicados y los hechos paleontológicos.

En efecto, en nuestro mapa de la Sierra de Alaiz (lámina V), aparecen los pueblos de Tiebas y Guerendiain, en una mancha de margas azules, correspondientes, según nosotros, al luteciense, más bien bajo, puesto que se apoya sobre las calizas con nummulites y alveolinas que constituyen la base del eoceno (págs. 68 y 80). Estas margas están cubiertas, en la inmediata proximidad de Tiebas, por otras rojizas y amarillentas del oligoceno. A nuestro juicio, mediante una transgresión, como hemos tratado de justificar por los diferentes yacientes del oligoceno, aunque faltan las facies puramente detríticas. De modo que hacia el Sur son substituídas por el oligoceno. En cambio, hacia el Norte, continúan ininterrumpidamente hasta enlazar con las de la depresión de Pamplona, y éstas, a su vez, con las de la depresión de Aoiz.

No hemos estudiado las margas en la zona de Pamplona, pero es evidente que las de Aoiz son incuestionablemente eocenas.

No obstante, sobre las margas azules de Pamplona hemos reunido algunos datos. Al estudiar por sondeos una concesión en Noaín, kilómetro 10 de la carretera de Pamplona a Tafalla, se encontraron restos fósiles marinos que fueron estudiados por Cantos (1). El sondeo atravesó margas grises de aspecto análogo a las de la superficie. Se encontraron restos mal conservados de lamelibranquios (Tellinas) y además gasterópodos (Capulus, Lacunas, Belas, Surculas, Pleurotomas y Cerithiums) afines a especies eocenas. Pero sobre todo fué interesante el hallazgo a 112 metros de profundidad de un pterópodo (*Tentaculites maximus densicostatus*, Ludwig, del oligoceno marino de Hessen). Se encontraron, además, restos de peces y plantas. Aunque quizá no parezca muy lógica la conclusión, Cantos considera que con probabilidad se trata

(1) J. CANTOS: "Paleontología de un sondeo del terciario de Navarra". *Notas y C. del I. G. y M.*, núm. 4, 1932.

del eoceno. Es evidente, por las edades conocidas que cita para las especies encontradas, que el caso queda dudoso, pues casi todas ellas son eocenas-oligocenas, y el *Tentaculites* ha sido encontrado en Alemania en capas atribuídas al oligoceno marino.

Para investigar la cuenca potásica de Navarra se practicaron varios sondeos, tres de ellos ubicados en la zona de margas azules de Pamplona (1). El de Salinas, de Pamplona, enclavado en oligoceno a 150 metros de lo que se consideró como contacto eoceno-oligoceno, cortó primero 63 metros de margas arcillosas grises con vetas rojas y 12 metros de las mismas margas con vetas de sal común. Luego, 12 metros de margas arcillosas azuladas con sal común y algo de potasa. A los 90 metros entró en margas eocenas.

El de Subiza se situó en el oligoceno a 700 metros de su límite. Pasó 100 metros de margas y areniscas alternando, luego diversos tramos hasta los 796 metros, en que se cortó el criadero potásico, que medía 28 metros. Se pasó a los 263 metros ya en eoceno. El de Guendulain se enclavó a 400 metros del borde del oligoceno. Se cortaron 50 metros de margas y areniscas alternantes, y luego margas plásticas con capas de sal común. A los 96 metros, el criadero de sal potásico, que midió 23 metros, y se paró en eoceno a los 138,20 metros.

En cuanto a las de Tiebas y Guerendiain, por su aspecto, posición y concordancia con las calizas nummulíticas de la Sierra de Alaiz, nos parecen también eocenas. Ciertamente es que no podemos demostrarlo con nummulites, pues no recordamos haberlos encontrado en aquella zona, en que parecían las margas absolutamente estériles. Su aspecto corresponde exactamente al de las margas eocenas.

(1) A. DEL VALLE DE LERSUNDI: "Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra". *N. y C. del I. G. y M.*, núm. 4, 1932.

Ahora bien: como nos dice el P. Gaona, él recogió unas muestras en Tiebas, Guerendiaín y Muru, con fauna de microfaminíferos, que remitió a G. Colom; Colom ha encontrado que corresponde al oligoceno inferior.

Recientemente hemos recibido la publicación en que Colom da cuenta de sus clasificaciones (1). Según el material remitido por el P. Gaona, en la cuenca de Pamplona existiría una serie bastante completa del nummulítico, en la que están bien representados el bartoniense y ludiense (priaboniense). La parte superior de las margas azules correspondería ya al oligoceno inferior.

Los yacimientos de la inmediación de Pamplona, así como los de Guerendiaín, Muru y Tiebas, corresponderían, según el P. Gaona, a la parte superior de las margas azules y serían, por tanto, ya oligocenos.

Los yacimientos son muy ricos y muy afines, excepto el de Tiebas. Presentan, sobre todo este último, el *Clavulinoides szaboi*, especie muy característica del eoceno superior y del oligoceno inferior, más especialmente de esta última formación, según antecedentes de Hungría, Tirol, Dalmacia, Crimea, etcétera. Por otro lado se cita, también en la zona marroquí prerrifeña (2), en el bartoniense superior, y sobre todo en el oligoceno inferior, y probablemente existe también en las margas de Biarritz, donde se cita la especie *Clavulina angularis*, que a Colom le parece más bien el *Clavulinoides szaboi*. De Pamplona cita Colom siete especies; de Guerendiaín, 40; de Muru, 48; de Tiebas, 27.

Estos resultados son verdaderamente sorprendentes, pues-

(1) G. COLOM: "Estudio preliminar de las microfaunas de foraminíferos de las margas eocenas y oligocenas de Navarra". Estudios Geológicos, número 2. Instituto de I. G. Lucas Mallada, 1945-46.

(2) Todos estos datos los tomamos del trabajo de G. Colom antes citado.

to que Tiebas está en el mismo contacto con las calizas de la base del eoceno. Las casas del pueblo llegan hasta ellas, y lo mismo ocurre en Guerendiaín. Nada haría sospechar que pudieran ser oligocenas. Pero aun menos probable es que fueran del eoceno superior, pues entonces tendríamos un bartoniense marino apoyándose directamente sobre el luteciense inferior. La transgresión oligocena podría explicar la existencia de faunas oligocenas en contacto con el luteciense, como ocurre, en efecto, en Muruarte de Reta, por un lado, y en la zona de Monreal, por otro. Ya hemos dicho que al norte y sur de Monreal, en Salinas de Ibargoiti, Idocín, etc., el tránsito eoceno-oligoceno es confuso (pág. 81). Tampoco es nada preciso en la zona de Muruarte de Reta, Olaz-Subiza, etcétera. Pero en Tiebas y Guerendiaín no se sospecharía la presencia del oligoceno. Existe, además, el hecho de que las margas azules parecen perfectamente concordantes con el luteciense basal. No tenemos medidas de Tiebas ni de Guerendiaín; pero al este de Yarnoz, las margas azules midieron 30-44° Norte. La medida media de las calizas en esa zona es de 35-55° Norte. Añadiremos que nuestra coincidencia con anteriores autores es casual, puesto que nuestro estudio de esta región, como en general nuestros trabajos todos, se han hecho sin conocimiento previo de su constitución geológica, según datos de otros autores.

¿Podría, quizá, tratarse de ejemplares arrastrados del oligoceno, que casi circunda la zona? Es muy poco probable tratándose de faunas tan ricas y variadas.

Es evidente que la transgresión oligocena ha cubierto toda esta zona y a muy poca altura sobre el nivel del relieve actual. ¿Se trata de isleos, o quizá de restos de su erosión?

Después de las clasificaciones de Colom, en las que tenemos absoluta confianza, ya no nos atrevemos a sostener rotundamente que las margas azules sean siempre eocenas.

Tampoco renunciamos, sin embargo, a la sensación de que lo son; y en todo caso, si es así, deberían corresponder al luteciense, de no ser que movimientos intraeocenos hubieran hecho levantar esta zona inmediatamente después del luteciense. Quizá sea ésta, después de todo, la solución más lógica.

Colom opina que los yacimientos de Tiebas y Gueren-diain, por sus diferentes características paleontológicas, representan condiciones distintas. Pero ambos yacimientos apenas distan tres kilómetros, y su posición relativa con relación a las calizas basales es, como hemos dicho, idéntica. Ambos yacimientos son contiguos a ellas, si es que las recogidas se refieren a los pueblos y no a los términos municipales.

Añadamos que estas observaciones acerca de la edad de las margas azules de Tiebas las hacemos sin el menor espíritu de controversia. Las indicaciones del P. Gaona y las clasificaciones de G. Colom han introducido dudas en nuestro criterio acerca de dichas margas. Como no podemos añadir nada a lo que dijimos en la tercera parte de la publicación, nos limitamos a expresar estas dudas, a señalar el pro y el contra y a transmitir el problema a quienes estén en condiciones de visitar aquellas regiones y decidirse por uno u otro criterio, añadiendo de paso que, en general, los argumentos paleontológicos nos parecen siempre más serios.

EL OLIGOCENO

Respecto del oligoceno, ya hemos señalado que es transgresivo sobre el eoceno. La transgresión no es perceptible si no se estudia la región en grandes rasgos, y a primera vista eoceno y oligoceno parecerían concordantes. Por ejemplo, vemos que Yesa (parte I, págs. 18 y 19 y lám. II) está casi en el contacto eoceno-oligoceno. Azpeitia y Sampelayo clasi-

ficaron una abundante fauna recogida allí por el segundo (1). Además de fósiles de la facies flysch, encontraron lamelibranquios y gasterópodos, nummulites, assilinas, alveolinas y orbitoides, que clasificaron como lutecienses. Aparecen en margas azules, sobre las que por intermedio de la facies flysch descansa en seguida el oligoceno. Muy poco más al Oeste, cerca de Liedena, éste se apoya sobre las calizas de base del eoceno, para retroceder de nuevo y descansar otra vez sobre margas azules. Pero hacia el Oeste, los tramos altos del eoceno van siendo rápidamente sustituidos por el oligoceno, que llega a apoyarse sobre la base de aquél. Al Oeste de nuestra zona (en las sierras de Urbasa y Andía), el oligoceno suprime todo el resto de las margas de Pamplona y se apoya sobre las calizas de la base del luteciense. Es curioso señalar que en esta zona del Pirineo navarro la transgresión es tan suave que no existen los potentes bancos de conglomerados basales marginales que bordean el contacto eoceno-oligoceno en una casi ininterrumpida orla en las provincias de Huesca y Lérida, y que a veces se reúnen en tan ingentes masas. Estas masas de conglomerados también existen inmediatamente al Oeste de la zona estudiada, en la región de Estella, y sólo parecen faltar justo en la zona que hemos estudiado. Aquí el tránsito eoceno-oligoceno se hace por unas facies curiosas y bastante confusas, de tipo intermedio y de difícil delimitación.

Por lo demás, el oligoceno suele adoptar en seguida la facies que le es normal en la depresión del Ebro, aunque siempre se nota la notabilísima reducción de los bancos de conglomerados, que son muy escasos y muy finos.

(1) P. H. SAMPELAYO: "El flysch en Yesa, Navarra". *N. y C. del Instituto Geológico y Minero*, núm. 5, 1933.

EDAD DE LOS CONGLOMERADOS DE PEÑA IZAGA

Tenemos que añadir algo más referente a los conglomerados oligocenos, especialmente a los superiores o de Peña Izaga, que Selzer atribuye ya al mioceno (ver parte III, lámina V, pág. 78 y fig. 10). Recientemente hemos visitado la región del oligoceno navarro que se extiende al sur de la Sierra de Leyre hacia el Ebro. El oligoceno tiene por allí su facies clásica, pero siempre con gran escasez de conglomerados. Casi todo son margas y areniscas con muy raros banquitos de pudinguilas. Pero, sin embargo, a un determinado nivel aparecen, en forma discontinua, masas de conglomerados que llegan a alcanzar espesores muy considerables y se ofrecen como grandes moles que coronan las cumbres. Masas de este tipo se encuentran en una corrida en rosario desde inmediatamente al sur de Gallipienzo hacia el oeste; faltan al este del río Aragón y reaparecen brevemente en Peña, para presentarse de nuevo mucho más al este, entre Petilla de Aragón y Uncastillo. Como decimos, son muy discontinuos y aparecen en potentes lentejones que pasan lateralmente a la facies normal. Donde no existen, lo que ocurre en la mayor parte del área, no hay en absoluto cambio en las facies ni en las circunstancias tectónicas.

Ahora bien: en la hoja del mapa geológico nacional a escala 1 : 400.000 correspondiente a esta zona se ve que la línea de separación adoptada entre el eoceno y el oligoceno viene a coincidir con el nivel a que se presentan estos conglomerados. Su presencia, por consiguiente, parece haber sido el criterio que ha determinado la separación.

Hagamos notar, sin embargo, que la inclinación de estos conglomerados es muy grande. Al sur de Lerga, 32°; sur de

Eslava, 38°; sudoeste de Gallipienzo, 50°; sur de Gallipienzo, 48°; Peña, 45-21°; sur de Petilla, 43-15°. Y donde su nivel no está representado por conglomerados, sino por la facies normal, es decir, entre las localidades que acabamos de citar, la pendiente es siempre de 20-25° y pendientes cercanas a los 20°, las conservan todavía los estratos bastante al sur de la línea de los conglomerados citados.

Volviendo a los de Peña Izaga, hay que señalar su gran parecido con los de Gallipienzo y Peña, por su constitución y disposición. Es muy probable que correspondan a una misma fase, aunque los de Izaga están algo más próximos a la base del oligoceno; pero ello pudiera ser debido a que allí esta formación tenga menor potencia. No sabemos si la separación entre oligoceno y mioceno se ha fijado en Navarra con criterio paleontológico. De no ser así, la presencia de los conglomerados no nos parece suficiente motivo, ya que siendo tan discontinuos indican movimientos muy leves y locales. Claro es que pudieran ser las colas de grandes masas cuyo frente continuo ha desaparecido por la erosión; no hay manera de averiguarlo, porque toda la masa oligocena más al Norte ha sido erosionada por encima de ese nivel. De todas maneras, dada la gran pendiente de los conglomerados, es más lógico colocar el contacto mioceno oligoceno más al Sur.

Este es el criterio que en efecto ha adoptado recientemente el Instituto Geológico. Mendizábal y Cincúnegui, en 1932 (1), anunciaron que faunas encontradas cerca de Tudela señalaban como oligocenas formaciones que se daban hasta entonces como miocenas. Esto trasladaba el contacto mioceno-oligoceno al sur de Tudela. La base del mioceno la constituirían las "areniscas de Ribaforada". En la hoja de Peralta (1934) ya se representa como oligocena el área al sur

(1) J. MENDIZÁBAL y M. CINCÚNEGUI: "Nota acerca de la extensión del oligoceno en Navarra". *N. y C. del I. G. y M.*, núm. 4, 1932.

de Olite, que figura como miocena en el mapa 1 : 400.000. También la hoja de Sádaba (1941) aparece representada enteramente como oligocena. Finalmente, la hoja de Sos del Rey Católico, próxima a publicarse, es totalmente oligocena. En ella se señalan los conglomerados de Peña que hemos citado antes, naturalmente, como oligocenos. Recordemos que, en nuestra opinión, los de Peña Izaga son probablemente sus contemporáneos. Gran parte del mioceno de Navarra y de Rioja habrá de pasar a considerarse como oligoceno, como demuestran, además, los estudios en curso de ejecución para la hoja de Calahorra.

Es de justicia señalar que nuestro querido amigo y colega D. Clemente Sáenz García fué de los primeros en señalar (1929, 1931, *Boletín de la Confederación Hidrográfica del Ebro*) que las áreas miocenas en la depresión del Ebro eran relativamente reducidas, y que las oligocenas representaban un área mucho mayor que la que figuraba en los mapas. Recientemente hace hincapié en ello (1), señalando una cierta morosidad por parte del Instituto Geológico que ciertamente no ha existido, puesto que ha aceptado los hechos geológicos tan pronto como se han establecido, y en muchos casos lo ha hecho por cuenta propia.

EL GARUMNENSE

El eoceno se apoya sobre el cretáceo, unas veces por intermedio del garumnense, otras veces directamente sobre el senonense. El garumnense en esta zona es muy típico, pero muy discontinuo, y cuando se presenta es poco potente.

(1) C. SÁENZ GARCÍA: "Estructura general de la cuenca del Ebro". Estudios Geográficos, núm. 7, año III, mayo 1942. Publicaciones del Instituto Juan Sebastián Elcano.

Este garumnense forma parte de una banda que acompaña con gran fidelidad a las calizas de alveolinas desde el Mediterráneo hasta la provincia de Santander. Muchas veces convendría designarlo con el nombre de garumnense ypresiense, por representar ambas facies (unas veces contiene *Lychnus* y otras *Bulimus*).

Es más discontinuo que la caliza de alveolinas, pero sobre todo es muy variable y caprichoso por lo que se refiere a potencias. A veces, como en Coll de Nargó (Lérida), excede a los 1.000 metros, y rápidamente pasa a pocos cientos para descender en seguida a unas pocas decenas de metros. Correspondientemente varía su composición. El único elemento que siempre conserva son las pizarrillas rojo-verdosas y sus arcillas abigarradas y violáceas. Cuando aumenta su espesor se enriquece con conglomerados, calizas lacustres de diversos tipos y capas de lignitos, que a veces son ricas y potentes.

Esta formación, a diferencia de las calizas de alveolinas, no solamente es pirenaica y cantábrica, sino también ibérica. La hemos visto en las regiones de Soria, Cuenca, Teruel y Castellón, llegando por allí casi al Mediterráneo, y también en la cordillera costera catalana; pero allí también la acompañan las calizas de alveolinas.

EL MAESTRICHTIENSE

El resto del cretáceo superior se puede descomponer en dos tramos: uno superior, menos importante, consistente en calizas arenosas de colores rojizos que se acuñan hacia el Norte, desapareciendo, de modo que no existen al Norte de la línea de Abaurrea-Arrieta. Contienen *Hippurites* o *Sphaerulites*. Parecería lógico atribuirles edad maestrichtiense y equi-

pararlas al tramo de idénticas rocas que alcanzan gran desarrollo e importancia en la provincia de Lérida (calizas arenosas del maestrichtiense de Coll de Nargó, Aubens y Turp), y en la de Huesca, donde Misch las designó con el nombre de areniscas de Arén. Nosotros las hemos seguido muy lejos en la provincia de Huesca partiendo de Arén hacia el Oeste. Tramos calizos arenosos parecidos los hemos descrito en la región cantábrica.

EL SENONENSE

El gran núcleo del cretáceo superior está constituido por las margas grises del senonense.

Estas representarían todo el santoniense, y quizá el turonense. Hacia el Norte, todo el senonense sería margoso; hacia el Sur, estas margas serían mucho más sucias y parecerían indicarse bancos calizo-margosos, e incluso calizos, como parecerían indicar los confusos cortes meridionales de las Sierras de Alaiz, Leyre y Navascués. Como en general el campaniense pirenaico es calizo, y además estos bancos contienen *Hippurites* (Sierra de Alaiz, hoz de Aspurz), parecería apropiado atribuirles edad campaniense.

Pero como a la abundancia de bosques y arrastres de ladera en las fallas meridionales de dichas sierras se une la complicación tectónica, no se puede asegurar rotundamente la presencia de esas calizas.

El campaniense parecería estar desprovisto de personalidad litológica en esta región.

No obstante, parece claro que hacia el Norte el cretáceo superior se ofrece como un gran conjunto exclusivamente margoso, y que hacia el Sur, Este y Oeste tendería a hacerse más complejo por ensuciarse las margas y aparecer tramos calizos y arenosos.

Hacia el Oeste, estas margas tienen su continuación en las de las Amescoas, que son potentísimas, y representan también el turonense, como puede apreciarse en el valle de Gastiáin. Es evidente que en la zona navarra que hemos estudiado su espesor es grande, de unos cientos de metros, pero nada exagerado. Así, pues, hacia el Oeste aumentan rapidísimamente de potencia, porque el sondeo de Gastiáin ha denotado que tiene allí bastante más de 1.600 metros de espesor; en esta zona está bien determinado el turonense, y empieza a iniciarse la gran complejidad y variedad de pisos que se desarrolla más al Oeste en Cantabria, también con grandes, y a veces fantásticos, espesores.

Los afloramientos más meridionales que tenemos de estas margas son los de las Sierras de Alaiz y de Leyre. Más al Sur están muy hondas bajo la depresión del Ebro y no aparecen ya hasta la Ibérica, en las provincias de Soria y Logroño. Allí los espesores del turonense-senonense no suelen exceder, como máximo, los 300 metros, y su carácter es predominantemente calizo.

Hacia el Este, el senonense varía poco, y en la parte noroeste de la provincia de Huesca se conserva con características parecidas; pero hacia el este y sur de la zona subpirenaica va cambiando de margas a calizas, que pasan a predominar, y a las que se suele atribuir edad campaniense.

EL CENOMANENSE

Bajo el senonense existe, al menos en la zona Norte, el cenomanense, como calizas de poco espesor, con prealveolinas.

Este cenomanense es formación mucho menos continua e importante en el Pirineo que las anteriores. En la provincia de Huesca no se señala su existencia, y en la de Lérida sólo cuando la serie cretácea se completa, además, con el cretáceo

inferior. Hacia el Oeste se presentaría en la zona de Estella, y desde allí, ya ininterrumpidamente, hasta Asturias; pero contiene, además, abundantísimas orbitolinas, y por esta razón, y por su facies, se liga mucho más al cretáceo inferior que al superior. Sin embargo, no deja de contener prealveolinas, y nosotros las hemos visto, junto con las orbitolinas, al oeste de Miranda de Ebro.

No tendría mucho mayor parecido con el cenomanense de la Ibérica, en sus zonas más próximas, ya que el cenomanense de Soria y Logroño es más bien margoso y muy fosilífero.

En cambio hay en la misma Ibérica, aunque mucho más al Sudeste, y ya muy lejos, un cenomanense margoso con prealveolinas, y las recogimos al norte de Rillo (Teruel), donde en cambio contiene orbitolinas.

Creemos que está confundido Llopis al decir que Palacios incluía en el turonense calizas con orbitolinas. Además, en ninguno de nuestros ya extensos reconocimientos en el cretáceo del Norte de España hemos visto nunca orbitolinas en niveles más altos que el cenomanense, si exceptuamos un yacimiento, indudablemente secundario, en el garumnense de Coll de Nargó.

EL CRETÁCEO INFERIOR

El cretáceo inferior está apenas representado en esta zona que hemos estudiado. Existe bajo el cenomanense y sobre el triás con muy débil espesor. Su facies es continental wealdense-albense, pero tiene intercalaciones marinas con orbitolinas. Así, pues, este afloramiento representaría la extinción hacia el Este de la potentísima masa de sedimentos que tan enorme desarrollo alcanza en la zona cantábrica, con sus dos facies, continental (wealdense-albense) y marina (aptense).

En la provincia de Huesca el cretáceo inferior falta por completo, así como en gran parte de la provincia de Lérida, y cuando se presenta lo hace con facies netamente marina. Salvo quizá en la ladera meridional del Montsech. Hacia el Oeste, en cambio, el cretáceo inferior alcanza gran desarrollo por Navarra, Guipúzcoa, Vizcaya y Santander. Por el Sudoeste, los afloramientos más próximos a éste de Burguete son los de la Sierra Aralar y los de Estella.

Por el Sur, el cretáceo inferior no aparece ya hasta la Ibérica en las provincias de Logroño y Soria, donde lo hace más bien con facies albense, sin intercalaciones marinas aptenses, es decir, sin orbitolinas ni calizas de Toucasias.

Las formaciones más bajas visibles en las Sierras de Alaiz y Leyre son aún senonenses. No sabemos si existe el cretáceo inferior bajo él. Lo más probable es que bajo el senonense venga quizá el cenomanense y luego el triás. De todas maneras, es lástima no poder saber cuál de estas posibilidades se cumple: o que falte, o que tenga facies cantábrica, o bien facies albense-ibérica.

EL JURÁSICO

Las formaciones jurásicas faltan por completo en los afloramientos de esta zona, donde el cenomanense, como hemos dicho, se suele apoyar sobre el triásico. Sin embargo, no muy lejos, por el Noroeste, en el valle del Baztán, el jurásico alcanza un notable desarrollo que sigue ininterrumpidamente por el Oeste en Vascongadas y en la provincia de Santander. En cambio, por el Este, los primeros afloramientos están ya muy lejanos. No se conoce el jurásico en la mayor parte de la provincia de Huesca, y el más próximo, en esta dirección, está ya en su extremo norte-oriental cercano a la de Lérida.

Por el Oeste, los afloramientos más cercanos que existen



son el de Peñacerrada, en la Sierra de Toloño, al nordeste de Haro, y el de Nograro, en Valdegobea (Alava).

Por el Sur hay que atravesar toda la depresión del Ebro y llegar hasta las estribaciones ibéricas de las provincias de Logroño (Préjano y Turruncún) para encontrar el jurásico. No es probable que exista bajo las Sierras de Alaiz y Leyre. Ciertamente es que en ninguna de ellas afloran formaciones más bajas que el senonense; pero en las Sierras de Santo Domingo y Loarre, que son su prolongación, no lejana, en Huesca, el jurásico no existe, y allí la serie entera es visible hasta el triásico, situado inmediatamente debajo del turonense.

LA HISTORIA GEOLOGICA

EL UMBRAL PIRENAICO

Esta zona navarra habría formado parte del gran umbral que desde finales del triásico hasta finales del cretáceo inferior no recibió sedimentos, ni continentales ni marinos.

Su límite occidental debía coincidir más o menos con el meridiano de Pamplona; su límite meridional es desconocido, y cae actualmente bajo los sedimentos de la cuenca del Ebro. Impreciso es también su límite nórdico, que se situaría ahora en la zona axial pirenaica, ya que en la vertiente francesa existen en masas importantes los sedimentos del cretáceo inferior y del jurásico. Por el Este, su límite vendría a coincidir con la actual separación entre las provincias de Huesca y de Lérida, ya que en esta última existen tanto formaciones jurásicas como del cretáceo inferior.

A las restantes formaciones pasaremos revista rápidamente al tratar de constituir la historia geológica de esta región.

EL DESARROLLO PALEOZOICO

El desarrollo paleogeográfico pudo haber sido el siguiente: En régimen continental, los productos del desmantelamiento de un gran sistema de plegamiento herciniano, de fase indeterminada, dan origen a la formación de los depósitos del buntsandstein. Es decir, un geosinclinal, del que formaba parte la actual área pirenaica, fué intensísimamente plegado en alguna época de finales del paleozoico, alzándose como una

gran cordillera. Esta fué, al parecer, rápidamente desmantelada, dando lugar a un basamento paleozoico, probablemente con relieve de penillanura. Sobre él, y en absoluta discordancia, se depositan en régimen continental, es decir, emergido sobre el nivel marino, los sedimentos del bunt, detríticos primero, arcillosos después, con la extinción de las últimas energías del relieve herciniano.

EL TRIÁSICO

El vacío geológico que se produce desde el final de esta cadena de fenómenos hasta los muy potentes atestiguados por los depósitos wealdenses es enigmático y muy difícil de explicar.

Los afloramientos triásicos más próximos a los de esta zona son bastante lejanos; unos 40 kilómetros al Sudeste está el triás de la Sierra de Santo Domingo, compuesto, además del bunt, por muschelkalk y keuper; 15 kilómetros al Noroeste están los del valle de Baztán, compuesto también de buntsandstein y keuper. En las cordilleras cantábricas existen ambos tramos, pero no el muschelkalk. Así, pues, es muy posible que la costa del mar del muschelkalk quede poco al Este de esta región, que no quedaría invadida por esa transgresión marina. Parece improbable que no se depositara el keuper, ya que todo el triás circundante lo presenta.

Pero es lo cierto que el triásico está sólo representado por las areniscas, margas y pizarrillas del bunt. Nos parece que Llopis señala con sólo 20 metros, un espesor muy bajo para el tramo de areniscas inferior, que nosotros estimamos en 100-150 metros (parte II, pág. 32). Palacios, para el conjunto areniscas-pizarrillas, dió un espesor de unos 150 metros. Las pizarrillas que nosotros atribuimos con duda al bunt son para Llopis del keuper. Pero es interesante recordar aquí que tanto

Tricalinos (1) como G. Richter (2) insisten en que el röt se presenta en la Ibérica bajo el muschelkalk como margas y arcillas rojas y grises, siendo especialmente potente en el Moncayo. E. Schröder (3) lo señala a su vez como arcillas pizarreñas rojas y violetas en Sigüenza y otras zonas de la de interferencia de la Ibérica con la cordillera central.

EL DESARROLLO SECUNDARIO

No cesó, pues, durante todo el triásico el régimen continental de esta región.

El jurásico no es conocido en Aragón, aunque sí poco más al Norte de esta zona, en el valle de Baztán. En las cordilleras cantábricas e ibéricas, entre el wealdense y el triásico está representado el jurásico, y éste es con frecuencia muy completo. Las facies wealdenses no han sido vistas en la provincia de Huesca, donde sobre el triásico viene el cretáceo superior, con un vacío geológico aun más marcado que en Navarra.

En nuestra zona hay un pequeñísimo, pero inconfundible retazo de cretáceo inferior de facies wealdense. Parecería concordante con el triásico. Contiene abundantes conglomerados. Sería el extremo de la enorme y discontinua cuenca de facies wealdense que se encuentra ya con extensión considerable en la misma Navarra más al Sudoeste, y sobre todo en los sistemas Cantábrico e Ibérico.

A la vista de estos hechos, podría parecer que esta zona,

(1) J. TRICALINOS: "Untersuchungen über den Bau der Keltiberischen ketten des nordöstlichen Spaniens". *Z. Deutschen Geol. Ges.*, 1928.

(2) G. RICHTER: "Die Iberischen ketten zwischen Jalón und Demanda". *Abh. der. Ges. des Wissenschaften zu Göttingen. Math. Phys. Kl. N. F.* Bd XVI, 1930.

(3) E. SCHRÖDER: "Das Grenzgebiet von Guadarrama und Hesperischen Ketten". *Misma serie*, tomo XVI, 1930.

junto con la contigua de Huesca, persistió emergida en régimen continental desde el final del triásico hasta el cretáceo superior. Durante este inmenso período de tiempo habría habido probablemente sedimentación durante el keuper. Estaría geológicamente muerta durante el jurásico; es decir, es posible que en esta época, estando emergida no habría sedimentación, y estando desprovista de relieve, la erosión, reducida al mínimo, sólo tendría fuerza para arrastrar los depósitos del keuper y quizá parte de los del bunt. Los estratos aparecerían prácticamente horizontales. Durante el cretáceo inferior comenzaría levemente a hundirse, constituyendo el margen de una gran depresión situada al Oeste y Sudoeste, que se hundía bajo el peso de los enormes espesores continentales del cretáceo inferior. Movimientos neokimméricos habrían asegurado el relieve que suministra esta fantástica masa de material detrítico, entre la que se encuentran potentes bancos de conglomerados de cantos gruesos. Estos movimientos están patentizados, además, en la Ibérica por discordancias entre cretáceo inferior y jurásico.

Las facies indican que estos grandes lagos wealdenses-albenses eran muy someros. Se hundían muy rápidamente sus fondos, pero el relleno era tan rápido como el hundimiento. Debió de haber movimientos de fase neo-kimmeridgiense, ya que el wealdense en nuestra zona aparece como un retazo desconectado de la masa principal. Así, pues, cierto espesor de wealdense, si bien fuera débil, debió de ser erosionado. Sin embargo, el relieve originado debió de ser escaso, ya que la invasión del mar cenomanense depositó calizas que aparecen como casi concordantes sobre el wealdense, y lo que es más enigmático, sobre el bunt.

Por escaso que fuese el relieve, es muy poco explicable que durante un período tan inmensamente largo, las fuerzas naturales permanecieran tan inactivas que pueda apoyarse el

cenomanense sobre el bunt sin una discordancia netamente marcada.

Los fenómenos geológicos se suceden después en forma mucho más lógica. El régimen marino se prosigue interrumidamente durante el cretáceo superior. Esta región entra francamente en régimen sinclinal. El surco pirenaico se sitúa al Norte de esta zona y la depresión es mayor hacia el Nordeste, ya que en esta dirección se acumulan grandes espesores de puras margas azules, visibles al Nordeste de nuestra zona, y en la provincia de Huesca. En cambio, hacia el Sur, las margas son más sucias y arenosas.

Este hecho está subrayado además por el acuñamiento hacia el Norte del tramo calizo arenoso del cretáceo inferior, y su presencia indica que al final del cretáceo los mares se hacen más someros, hasta el punto de que localmente emergen, dando lugar a débiles depósitos de facies continentales garumnenses.

EL DESARROLLO TERCIARIO

El régimen netamente marino se impone de nuevo a principios del eoceno, con invasión del mar luteciense, que deposita calizas con nummulites y alveolinas. Estas aparecen prácticamente concordantes con los depósitos cretáceos. No hay otro síntoma de los débiles movimientos que acompañan este cambio, que precisamente el de régimen continental a marino.

Movimientos intraeocenos en algún sitio ensucian los mares con arcillas y arenas. El surco, o bien se subdivide o se desplaza algo hacia el Sur, porque la facies marino-deltaica de flysch predomina ahora al Norte, mientras que en el Sur de nuestra zona se depositan margas azules más puras. El hundimiento del surco es rápido, porque los sedimentos eocenos se acumulan en grandes espesores sin cambio apreciable de facies.

La costa eocena se encuentra hacia el Sur y Sudoeste, y no muy lejos, porque en la Ibérica los sedimentos eocenos marinos no existen. Allí hay sólo paleogeno continental.

LOS PLEGAMIENTOS SÁVICOS

El paso eoceno oligoceno se hace en esta zona sin violencias. Los continentes emergen gradualmente, o los mares se retiran hacia el Norte; pero antes de que sobre estos continentes se depositen los depósitos continentales oligocenos hay erosión de las formaciones eocenas, ya que aquéllos llegan a apoyarse en las calizas de la base. Al final del oligoceno empiezan probablemente hacia el Oeste, movimientos de fase sávida, porque en los depósitos del oligoceno alto aparecen potentes masas de conglomerados (Peña Izaga). El oligoceno termina con el gran paroxismo alpino de la misma fase, que pliega intensísimamente, y en conjunto, todas las formaciones a las que acabamos de pasar revista.

Los empujes van dirigidos de Norte a Sur, con ligera componente hacia el Este, y todos los pliegues se vuelcan, en las zonas de tectónica violenta, hacia el Sur, es decir, sobre la depresión oligocena. Una gran fractura origina los violentos pliegues, desplomes y cobijaduras de la línea de sierras marginales (Alaiz, Leyre, Navascués).

Se crea un intensísimo relieve, que es presa inmediatamente de las fuerzas destructivas de la erosión. La tectónica creada por estos empujes tiene las siguientes características:

LAS CARACTERÍSTICAS TECTÓNICAS

Violentísimos empujes en la zona Nordeste (zona al nordeste de Isaba) dan lugar a imbricaciones en las margas senonenses, y a una serie de violentos pliegues muy vergentes al

Sur, en general volcados, y alguno de ellos cabalgante en esa dirección. Magnífica muestra de estos pliegues es el anticlinal de Peña Ezcaurri (directriz NO.-SE.). Es muy posible que este pliegue sea la prolongación oriental del anticlinal de Orbara y las Aezcoas (directriz O.-E.), vergente también al Sur, pero en una zona en que los empujes son mucho menos violentos.

Para Llopis, estas calizas de Peña Ezcaurri o Peña Iraya son ya cretáceas. Nosotros las hemos atribuido, con duda, a la base del eoceno. La exposición hecha por él de la disposición tectónica es muy clara e interesante. Recomendamos su lectura.

Separado de este último anticlinal por el simétrico sinclinal de Oria y Arive está el gran anticlinal de Mezquiriz-Aburreas (en cuya charnela aparece el paleozoico). Muy ancho en la zona de los ríos Urrobi e Irati, donde es muy ligeramente vergente al Sur, se estrecha mucho en la zona del río Salazar, donde ya no aflora el cretáceo, y en la zona del Roncal no hemos podido identificar claramente cuál es su prolongación en la zona de repliegues del eoceno al sur de Isaba.

Al sur de este gran eje anticlinal, y después de una zona de varios repliegues, hay otro de parecida categoría, aunque más discontinuo (directriz N. NO.-E. ES.). En la zona de los ríos Urrobi e Irati le denominamos anticlinal de Osa-Arizcuren y es prácticamente simétrico. Reaparece al Este en Arangozqui y continúa como un gran anticlinal que llamamos anticlinal de Güesa, generalmente vergente al Sur y a veces volcado y muy roto. Se extingue al entrar en la provincia de Huesca. Al sur de él hay una amplia zona sinclinal con abundantes repliegues accesorios, que termina al Sur en la cobijadura sobre el valle del Ebro. Llopis Lladó señala, muy acertadamente, que el eje del sinclinorio de la cuenca de Pamplona, que pasa por el precioso sinclinal de Peña Izaga (parte III,

mapa de la Sierra de Alaiz y pág. 77), se enlaza al Este con el sinclinal de Salvatierra, que queda emparedado entre las Sierras de Leyre y Navascués. Es interesante repasar aquí qué caracteres presenta la cobijadura en las diferentes zonas.

El cabalgamiento de las cadenas pirenaicas sobre la depresión del Ebro en esta zona se verifica a lo largo de una línea que jalonan los bordes meridionales de la Sierra de Alaiz y Leyre. Los detallados cortes que hemos dado de estas sierras indican sobradamente el carácter y estilo individual de su cabalgamiento. Nos interesa aquí más bien un examen general.

Puede completarse este examen de las características tectónicas leyendo el interesante estudio que hace Llopis de las diferentes reacciones que ofrecen los tramos calizos y los margosos a los empujes en su apartado d): "El desarrollo longitudinal de la estructura".

LA TECTÓNICA MARGINAL SOBRE LA DEPRESIÓN DEL EBRO

Se puede decir que el volcamiento de las cordilleras pirenaicas sobre la depresión del Ebro se inicia en los Obarenes.

Los cortes que hemos dado en la hoja de Miranda de Ebro, muestran la identidad del tipo de plegamiento y cabalgamiento de los Obarenes, con los que ofrecen las Sierras de Alaiz y Navascués. La línea de los Obarenes se continúa ininterrumpidamente por las sierras de Cantabria (Toloño, Codés, etc.). No conocemos cortes detallados de estas sierras, pero los datos e informes que tenemos son que repiten exactamente las características tectónicas de Obarenes. Al llegar a Estella, la línea de cabalgamiento se interrumpe para no reaparecer hasta la Sierra de Alaiz, bastantes kilómetros más al

Este. El hecho de que la Sierra de Alaiz cierre periclinalmente por el Oeste sumergiéndose en forma normal bajo los sedimentos oligocenos parece indicar que el gran entrante oligoceno entre Estella y Pamplona corresponde a una zona en que toda la tectónica alpina ha sido suave, es decir, que lo ha sido en todas sus fases. La Sierra de Alaiz es cabalgante sobre el oligoceno. Su terminación oriental es también normal, o sea periclinal; pero, sin embargo, el pliegue no se pierde. Salta algo al Norte (por la falla transversal de Monreal) y se conserva en el oligoceno como un pliegue muy agudo, pero simétrico, que se abre hacia la región de Aldunate, para dar salida al eoceno, y en Lumbier se subdivide en varios pliegues, de los cuales sólo se conserva el más nórdico, que constituye la Sierra de Leyre. Aquí de nuevo cabalga la región pirenaica sobre la depresión del Ebro, y esto a lo largo de bastantes kilómetros. Esta sierra podría denominarse, por su significación tectónica, y salvando la escala, el Montsech de Navarra. Pero este Montsech es doble, ya que al norte de aquella se repite la estructura en la Sierra de Navascués. Ambas se prolongan hacia el Este en pliegues que aun son vergentes al Sur (hoz de Aspuz, Foz de Biniés), pero que ya no son cabalgantes; pero más al Este se extinguen, y el cabalgamiento pirenaico da un gran salto al Sur, porque la Sierra de Santo Domingo, que marca ahora el margen del cabalgamiento pirenaico sobre la depresión del Ebro, nace a 30 kilómetros al sur del extremo oriental de la Sierra de Leyre.

La zona sur pirenaica no presenta, pues, como se ha dicho más de una vez, un frente continuo, constituido por una gran falla que va desde el Mediterráneo hasta Santander. Muy al contrario, el frente es bastante discontinuo. Una de las grandes discontinuidades es la que existe entre Estella y la Sierra de Alaiz. Otra entre Leyre y Santo Domingo, donde el borde sur pirenaico da un gran salto al Sur. Otro gran salto

al Sur da en los Montsechs, y al este de estas sierras las cobijaduras se trasladan a pliegues cada vez más meridionales.

Nótese, además, que los saltos al Sur no se verifican por grandes fallas transversales de dirección N.-S. que trasladan en esa dirección un mismo accidente. Las discontinuidades se hacen en forma completamente normal por extinción periclinal de los anticlinales.

Esto es perfectamente apreciable en esta región navarra; en la Sierra de Santo Domingo, como demostró Selzer; en los Montsechs, como demostró Misch, y en las sierras al norte de Oliana y Conca de Tremp, como hemos podido comprobar nosotros en zonas que no describió Misch.

Así, pues, no estamos conformes con las ideas que expone D. Clemente Sáenz (1), según las cuales existiría una falla continua desde casi el Mediterráneo hasta bien entrada la provincia de Santander. Falla que limitaría al Norte la depresión del Ebro y correría al pie del Pirineo, y que por sus dimensiones y categoría, así como por su tipo de falla de hundimiento, sería comparable, según Sáenz García, a la del Guadalquivir. Otro cortejo de fallas, paralela a aquélla, la acompañarían. A nuestro juicio, pues, como acabamos de expresar, ni hay falla continua ni las que existen son de hundimiento. La estructura que se deduce no es, por consiguiente, germánica con "horsts" y fosas de hundimiento, como parece sugerir Sáenz con sus fallas paralelamente escalonadas, sino jurásica-alpina con fallas de compresión y cabalgamiento.

Es interesantísimo, respecto al carácter discontinuo de la tectónica marginal, leer lo que dice Llopis en su apartado c): "El frente meridional de las sierras exteriores". Donde hemos podido estudiar muy bien este fenómeno, como acabamos de decir, es en el Pirineo catalán, sobre todo en la provincia de

(1) Trabajo antes citado.

Lérida, y en la memoria que con Almela preparamos para acompañar el mapa geológico a escala 1 : 200.000 insistiremos con más detalle.

Nos gustaría hacer, además, un trabajo que estudie los problemas en conjunto del escalonado borde meridional de las cadenas subpirenaicas. Es un problema complejo, muy afectado por la distinta edad de los plegamientos y su persistencia en muchas zonas durante todo el oligoceno (discordancia progresiva).

Mientras que en esta zona navarra los plegamientos intensos son muy del final del oligoceno, en la provincia de Lérida hay capas liásicas verticales que están anegadas por sedimentos oligocenos, los que a su vez están bastante inclinados, y sobre este conjunto avanzan, rebasando las más altas sierras, grandes masas de conglomerados subhorizontales.

¿Existen, pues, bajo el oligoceno poco plegado grandes pliegues anteoligocenos anegados por los sedimentos de aquella edad? ¿Enlazan los pliegues ibéricos en algunas zonas con los pirenaicos bajo los sedimentos oligocenos poco plegados? Las discordancias paleogenas de la Ibérica y oligocenas pirenaicas permiten aventurar esta hipótesis ¿En qué zonas pudiera ocurrir? Estas cuestiones pueden, si no resolverse, por lo menos plantearse en términos concretos con un análisis detallado de las márgenes prepirenaicas, y para su estudio va habiendo ya suficiente acopio de datos precisos y detallados.

A P E N D I C E

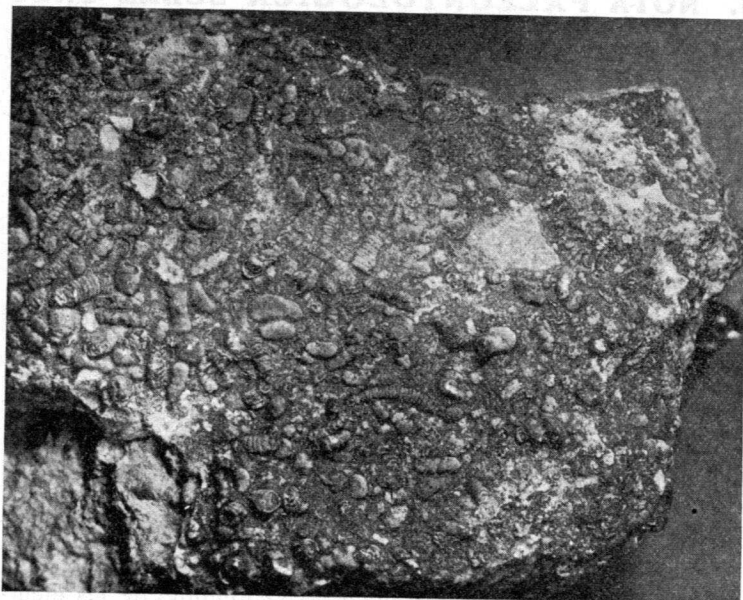
I. NOTA PALEONTOLOGICA SOBRE UNOS MICROFORAMINIFEROS DEL SENONENSE DE NAVARRA

por G. COLOM

Un fragmento de roca de unos 80 milímetros de largo por 45 milímetros de ancho, recogido por J. M. Ríos en los Pirineos de Navarra, hacia el kilómetro 38 de la carretera de Aoiz a Burguete, resulta un verdadero conglomerado de caparazones de foraminíferos, bien conservados en general y notables todos por sus grandes dimensiones, lo que les hace bien visibles ya a simple vista. Van asociados con un alga caliza y otros restos de organismos no estudiados de momento. La caliza es algo margosa, pero muy dura y compacta, lo que ha impedido en absoluto el poder aislar ninguno de los ejemplares que lleva englobados. Las secciones delgadas no han sido tampoco de gran eficacia en este caso, pues hallándose la masa de los caparazones diversamente revuelta, es muy difícil, verdadera casualidad, al cortar la masa del sedimento que las engloba obtener conchas seccionadas en una forma conveniente para poder ver con seguridad la disposición interna de sus cámaras. Por tal motivo, este trabajo sistemático ha sido llevado a cabo examinando únicamente la parte externa de los caparazones hasta el límite donde ha sido posible alcanzar el máximo de precisión, seguido después

de un estudio comparativo con las formas ya conocidas y bien descritas en la bibliografía moderna.

En la porción de esta roca a mi disposición figuran como especies abundantes las cuatro que seguidamente estudiaré. Algún otro foraminífero hállase entre ellas, pero son escasos, y bien por su estado de conservación u orientación deficiente



sobre la superficie de la roca, no han podido tenerse en cuenta en el presente estudio. Esta asociación parece representar más bien una facies de poco fondo, pero en la que vivieron en extraordinaria abundancia este reducido conjunto de especies en un medio óptimo de condiciones físicas que les permitieron un amplio desarrollo.

Lituola taylorensis Cushman y Waters (lám. I, fig. 1)

CUSHMAN y WATERS: "Contr. Cushman Lab. Foram. Res.", vol. 5, pt. 3 1929, pág. 66, lám. 10, figs. 7 a, 7 b, 7 c.

Un ejemplar bien conservado, muy ligeramente incluído en la roca y ofreciendo todo un lado libre, limpio de impurezas del primitivo sedimento, así como también una buena parte de sus bordes romos, destacándose y sobresaliendo en gran parte de la misma roca, permite llevar a cabo sobre él un estudio bastante completo. No obstante, no he podido averiguar nada de su estructura interna, que debe ser con cámaras y paredes de la concha de disposición claramente laberíntica.

Este ejemplar de Navarra ofrece una primera porción enrollada, con unas ocho cámaras en tal estado y presentando todas ellas sus suturas entre las mismas visibles, pero más bien ligeramente marcadas y poco profundas. Las primeras suturas resultan las más tenuemente indicadas. Este ejemplar parece pertenecer a una forma microesférica. Las últimas cámaras hállanse desenvueltas, correspondiendo únicamente a esta porción tres de ellas en el ejemplar estudiado: son irregulares de forma, tamaño desigual, ofreciendo una gran semejanza con las de la figura típica de Cushman y Waters. Toda la concha es finamente arenácea, con mucho cemento, en el cual se hallan incluídos numerosos granillos de arena, muy uniformemente regulares, dando una superficie lisa y casi pulida. La abertura situada en el extremo de la última cámara no ha podido ser bien observada a causa del cemento de la roca, que tiende a recubrirla; no obstante, la porción de la misma que queda libre de impurezas muestra unos pocos poros de gran tamaño, semejantes a los que posee la verdadera *L. taylorensis*. Lo más interesante en los ejemplares de

esta especie es su gran tamaño. El que acabo de describir es, naturalmente, el mejor conservado de todos los que he visto, alcanzando hasta algo más de cinco milímetros de longitud por 2,50 milímetros de diámetro en la región involuta de sus primeras cámaras. Otros ejemplares que he podido ver, aunque ya fragmentarios, indican igualmente proporciones parecidas. El ejemplar tipo de Cushman y Waters mide cinco milímetros de longitud, coincidiendo, pues, exactamente con los de los Pirineos de Navarra.

La *Lituola taylorensis* Cush.-Wat. fué descrita por sus autores sobre ejemplares procedentes de las margas superiores de Taylor, correspondientes a los lechos más altos del cretácico superior de "Márquez Dome" León Co., del Estado de Texas (U. S. A.).

Pseudoclavulina eggeri maxima n. subsp. (lám. I, fig. 2)

P. eggeri Cushman, del senoniense de Gotzreuther Graben, b. Siegsdorf, Alemania, se caracteriza, según su descubridor ("A Monograph of the Foram, Fam. Verneuilinidae", 1937, página 111, lám. 15, figs. 22-25), por su concha esbelta, muy alargada, con su primera porción de cámaras dispuestas en tres series alternas, dando en esta parte del caparazón una forma triangular y casi del mismo tamaño que las cámaras siguientes, de crecimiento ya en una única serie rectilínea. Estas últimas cámaras son numerosas y claramente marcadas por suturas bien visibles. Según Cushman, los ejemplares de Alemania miden unos dos milímetros o más de longitud.

Los ejemplares de Navarra que relaciono con esta especie de Cushman ofrecen grandes semejanzas con la verdadera *P. eggeri*, pero su tamaño resulta siempre muy superior al señalado para la especie de Cushman, pues algunos de los

por mí estudiados en la muestra de Navarra alcanzan hasta ocho milímetros de longitud por 1,30 de anchura, en su parte más gruesa, que corresponde generalmente al tercio superior de la concha. Poseen entonces estos ejemplares alrededor de unas 21 cámaras en línea recta, mucho más anchas que altas, separadas entre sí por suturas bien marcadas, pero no tanto como en la especie tipo. Todo el caparazón es fuertemente arenáceo, con granillos de arena pequeños y de tamaño muy uniforme, dando una superficie de la concha más bien lisa y pulida que no áspera. En su primera porción vése claramente en el ejemplar figurado la disposición alterna de sus primeras cámaras, que, naturalmente, en él tan sólo son observables en un único lado. Este extremo es más bien romo que no agudo. La abertura situada en la última cámara no ha sido posible observarla bien; en otros ejemplares parece que tiende hacia la formación de un cuello algo aguzado, en cuyo extremo se encuentra la abertura.

Esta especie de Navarra muestra indudables relaciones de afinidad con *P. eggeri* Cush., principalmente con la figura dada por este investigador en la lámina 15, fig. 23 a, con numerosas cámaras, apretadas, más anchas que altas; pero se apartan de ella por su gran tamaño principalmente y sus numerosas cámaras dispuestas en la serie rectilínea. Por tal motivo, me atrevo a crear esta subespecie, fácil de distinguir y propia tal vez de la región occidental de los mares cretácicos de Europa, durante el último período de su existencia.

Plectina chapmani Franke (lám. I, figs. 3 y 3 a)

Gaudryina chapmani Franke: "Abhandl. Kön. Preuss. Geol. Landes", volumen III, 1928, pág. 146, lám. 13, figs. 12 a-b.

Plectina chapmani Franke-Cushman: "Contr. Cush. Lab. Foram. Res. Spec. Pub.", núm. 8, 1937, pág. 106, lám. II, fig. 16.

Atribuyo con duda a esta forma de Franke, procedente del cretácico de Alemania, numerosos ejemplares, los existentes en mayor cantidad en el pedazo de roca estudiada, aunque coincidan bastante bien y en líneas generales con los caracteres externos de esta especie, dada a conocer por el investigador alemán. Los ejemplares de Navarra pertenecen, sin duda, al género *Plectina* por su primera porción redondeada y la disposición de la abertura, bien visible en algunos de los caparazones que he estudiado.

Los ejemplares de Navarra alcanzan una longitud que oscila alrededor de unos tres milímetros, aunque algunos pueden llegar hasta los cuatro milímetros de longitud. En su conjunto estas conchas son alargadas, casi cilíndricas o totalmente cilíndricas, por lo que he podido colegir en algunos casos favorables que permitían una observación más minuciosa. Su primera porción es redondeada, pudiéndose observar, según la posición que ocupen los ejemplares en la roca, con más o menos precisión, la disposición de las cámaras en esta primera parte. Las cámaras son grandes, un poco globulosas, altas y anchas, colocadas en disposición alternante y aumentando sus dimensiones respectivas hasta la última, que suele ser la más alta. Las suturas entre las mismas son bien visibles, pero no profundas. Todo el caparazón es arenáceo, compuesto de materiales diminutos y finamente aglutinados con mucho cemento, dando una superficie exterior casi lisa y pulida. Como llevo dicho, es ésta la forma dominante en el sedimento que he podido examinar.

Goësella sp. (lám. I, fig. 4)

El ejemplar representado ha sido el único que ha permitido un examen bastante detallado, debido a su buen estado de conservación. Su primera porción es redondeada, seguida después por unas pocas cámaras dispuestas, al parecer, de manera alternante, más otras ya finales colocadas en una sola serie rectilínea. La concha es alargada, de unos 2,50 milímetros de longitud, cilíndrica y finamente arenácea, como en las *Plectinas* ya estudiadas. Su última cámara posee una abertura ancha y redondeada, provista de un reborde o cuello bien marcado, pero no muy elevado. Es posible pertenezca esta especie a una forma cretácica del género *Goësella*. Pero como tan sólo he podido estudiar un único ejemplar, y éste a base de un examen incompleto, dejo para otra ocasión el completar su estudio de una manera más precisa.

LAMINA I



Fig. 1.

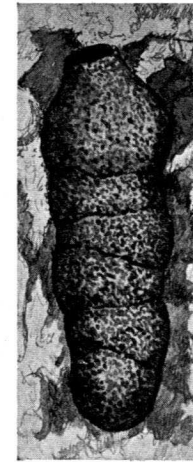


Fig. 4.

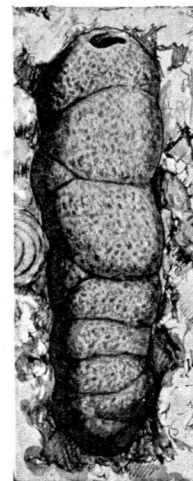


Fig. 3.



Fig. 3 a.

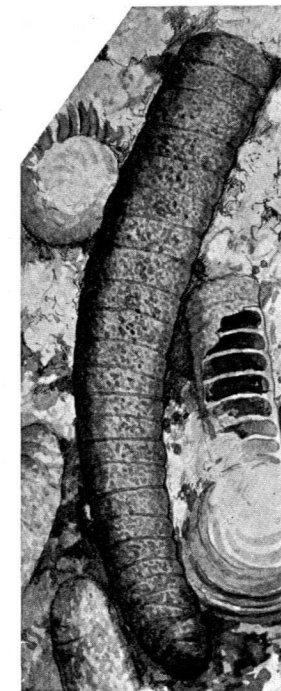


Fig. 2.

FIG. 1.—*Lituola taylorensis* Cush-Wat.
— 2.—*Pseudoclavulina eggeri maxima* Col.
— 3, 3 a.—*Plectina chapmani* Franke.
— 4.—*Goësella* sp.

II. NOTA PALEONTOLÓGICA SOBRE UNA FAÚNULA DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE NAVARRA

por J. R. BATALLER

Una de las características fundamentales de la faúmula comentada en esta nota es la abundancia extraordinaria de equínidos, hecho bastante frecuente en diversos pisos del cretáceo, tanto inferior como superior.

Mengaud, en su estudio sobre la región cantábrica, establece un nivel en el santoniense que llama *Capas de Micraster*, por encontrarse en ellas numerosas formas e individuos y por su constancia. En el Pirineo catalán no son tan frecuentes en el santoniense, abundando más en algún yacimiento campaniense.

La riqueza extraordinaria de equínidos puede constatarse por las numerosas formas descritas por Lambert, que pasan de noventa.

Los *Inoceramus* son particularmente numerosos en individuos, pero su estado de conservación no permite apenas su determinación y podrían constituir unos buenos fósiles característicos. En el Pirineo catalán son muy raros, y en cambio las capas santonienses del Montsec vienen plagadas de arrecifes coralinos y de rudistos que seguramente indican unas condiciones hidrobiológicas distintas en ambos yacimientos. Un tipo taxonómico que ofrece mucho interés es el de los

espongiarios, del que sólo se ha encontrado algún individuo al nordeste de Aoiz; Moret y Herenger tienen en estudio algunas formas recogidas por nosotros en zonas próximas como Atiega, Monasterioguren Fuente Andarrasa-Urba (Guipúzcoa), que han permitido determinar las siguientes formas:

- Le Rouxia galloprovincialis* Moret.
- Discodermia galloprovincialis* Moret.
- Discodermia stellata* Moret.
- Pseudojerea* n. sp.
- Ventriculites stellatus* Schramer.
- Turonia aulaximoides* Moret.
- Xylospongia tarraconensis* Hesenger.
- Pseudoguettardia* n. sp.

Un yacimiento del cretácico inferior ha sido descubierto por Almela en los alrededores de Espejo y sus formas están por estudiar; las indicadas anteriormente pertenecen al santoniense y maestrichtiense.

Los ammonites son relativamente escasos y, en general, mal conservados, con formas ornamentadas y bastante desarrolladas; se han encontrado algunos *Sphenodiscus* que no permiten determinación; alguna forma, como el *Pachydiscus* (*Parapachydiscus*) *colligatus*, llega al campaniense, según Mengaud. Los braquiópodos son muy raros y sólo hemos podido determinar dos *Rhynchonella*, que son frecuentes en los depósitos cretácicos superiores. A continuación damos algunas características de las formas determinadas.

Echinoconus conicus Breynius 1732

BREYNIUS: "Schediasma des Echinides", pág. 57, lám. 3, figs. 1-2.

Esta forma viene citada por Mallada, de Oroz en su Catálogo; número 2.215; ha sido recogida por Mengaud en el Cabo Mayor (Santander); en La Horna; en Aigueta Amarga, de Alicante, ha sido encontrada por Darder.

En el yacimiento de Erro ha sido encontrada esta forma que con anterioridad y en esta misma zona norteña había sido constatada su presencia.

Echinocorys vulgaris Breynius 1778

LAMBERT (J): "Etude monographique sur le genre *Echinocorys*", pág. 51, pl. 1, figs. 1-2, 16-17.

Esta forma se ha citado de diversas localidades del Norte de España, desde el Cantábrico a los Pirineos catalanes, tanto el tipo como las diversas variedades. A las citas de Mallada se pueden añadir las de Dalloni, Mengaud, Fallot, así como las de Pedro Palacios.

Los ejemplares de Navarra son, en general, de grandes dimensiones y puede haber de colocarse en las especies *E. gibbus* y *E. ovatus*; ambas formas han sido ya citadas, y en otras ocasiones hemos recogido ejemplares muchos menos voluminosos que se corresponden mejor con el tipo de Breynius, por lo que sería conveniente hacer una revisión de las numerosas formas citadas, ya como *Ananchytes*, ya como *Echinocorys*.

Cotteau, al ocuparse de esta especie en su nota sobre el Pirineo aragonés, dice existen en Navarra las dos variedades descritas, y sus dimensiones son aún mayores que los recogidos por M. Gourdon.

Hay una forma oval, redondeada por delante y por detrás, con la cara superior uniformemente abombada, la inferior plana y roma en sus bordes, algo excavada alrededor del peristoma, cumbre ambulacral excéntrica, peristoma reniforme, deprimido, excéntrico hacia adelante.

La otra forma es elíptica, redondeada por delante y algo más estrecha por detrás; la cara superior, muy elevada, cónica, con flancos verticales, sensiblemente aquillada por detrás; cara inferior plana y casi cortante en sus bordes y la cumbre ambulacral central, y terminando en algún ejemplar con un destacado mamelon.

Los ejemplares recogidos proceden del kilómetro 26,5 de la carretera de Burguete a Pamplona, en los alrededores de Erro.

Micraster coribericum Lambert 1919

LAMBERT (J.): "Echinides fossiles des environs de Santander". *Ann. Soc. Linn. de Lyon*, tomo 66, figs. 35, pl. III, figs. 3-5.

Es una forma pequeña, hinchada y alta del grupo del *M. coranguinum*, de la que se han recogido dos ejemplares, uno algo mayor que el otro, procedentes del kilómetro 68 de la carretera de Aoíz a Burguete (Urdiruz).

Esta forma fué recogida por Mengaud y ha sido creada esta especie por Lambert, procedente del santoniense de Liencres y Ubiarco, en Santander.

Micraster proclivis Lambert 1922

LAMBERT (J.): "Echinides fossiles de la province de Santander". *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales*. Serie geológica número 23, pág. 19, pl. II, figs. 5-6.—Madrid, 1922.

Esta forma es bastante frecuente en Erro con ejemplares muy completos, concha gruesa espática con dos prominencias muy destacadas en el plastron; la cara superior, abombada, se presenta estrecha y aquillada por detrás; la cara posterior, con el periprocto oval, es muy entrante.

Esta especie santoniense fué descrita por Lambert procedente de las margas de *Micraster* de Liencres (Santander), recogida por Mengaud.

En Navarra se ha recogido además en el kilómetro 68 de la carretera de Aoíz a Burguete (Urdiruz) y en el kilómetro 26,5 de la carretera de Burguete a Pamplona, en los alrededores de Erro.

Micraster coranguinum Klein 1778

Esta forma había recibido en tiempo de A. de Orbnigny hasta diez y seis nombres distintos, además de las numerosas variedades que en ella se colocan, y que otros autores consideran como especies; su extensión vertical es muy amplia, pues se encuentra ya en el cenomanense y llega al maestriciense superior.

Lambert, en zona cantábrica cita dos variedades: *fallax* y *lata*, que predominan en el santoniense.

Los ejemplares determinados proceden de la Alta Navarra, en Imizcoz de Arrieta, del kilómetro 68 de la carretera de Aoíz a Burguete (Urdiruz) y de Olondriz.

Micraster corbaricus Lambert 1895

LAMBERT (J.): "Monographie du genre *Micraster* in Grossouvre. Stratigraphie de la Craie superieure", pág. 237.

Es una especie polimorfa, abundante y característica de la zona pirenaica y muy frecuente en esta parte de Navarra.

Ha sido recogida en numerosas localidades, tanto pirenaicas como de Santander, País Vasco y Navarra, por Ashauer, Astre, Battaller, Dalloni, Mengaud, Mazarrasa, Roussel y otros. No figura en el Catálogo de Mallada por haber sido creada esta especie con posterioridad por Lambert; se ha citado desde el cenomanense hasta el campaniense; probablemente el *M. brevis* de San Vicente de la Barquera, citado por Mallada, pertenece a esta especie, según indica Lambert.

En la zona de Navarra ha sido recogida en Imizcoz de Arrieta, kilómetro 68 de la carretera de Aoíz a Burguete (Urdiroz); kilómetro 26,5 de la carretera de Burguete a Pamplona, en Erro.

Micraster integer d'Orbigny 1854

ORBIGNY (A. DE): "Paleontologie française. Terrains Crétacés", tomo VI. *Echinoïdes irreguliers*, pág. 219, pl. 902.

Forma poco convexa, casi plana por encima; el surco está muy poco marcado; ano muy pequeño, oval y longitudinal; ambulacro impar corto.

Se han recogido varios ejemplares en Erro, en general mal conservados; en sus dimensiones no difieren del tipo. No se ha citado nunca en España, y d'Orbigny encontró en el senoniense de Tercis.

Micraster larteti Munier-Chalmas 1895

LAMBERT (J.): "Monographie du genre *Micraster* in Grossouvre. Stratigraphie de la Craie superieure", pág. 242.

Esta especie ha sido repetidas veces citada de numerosas localidades norteñas, como Vitoria, Salvatierra, Apodaca, minas de Vitoriano, en Alava, encontrada por Carez; en Liencres, recogida por Mengaud; valle de Losa, por Larrazet; Eriñá y Boixols, por Vidal; cauce del Nela, Rudron, por Clemente Sáenz; Alhama de Aragón, descrita por Lambert.

En Navarra la poseemos del kilómetro 26,5 de la carretera de Burguete a Pamplona, en Erro, dentro de las margas azules santonienses.

Micraster santanderensis Lambert 1919

LAMBERT (J.): "Echinides fossiles des environs de Santander". *Soc. Linn. de Lyon*, tomo 66, pág. 43, pl. III, figs. 10-41.

Es una forma de pequeña talla, poco estrechada por detrás, de perfil poco sinuoso, cara superior muy convexa y la cresta posterior atenuada. El tipo recogido por Mengaud en el santoniense de Liencres (Santander) fué descrito por Lambert.

En Navarra se han encontrado dos ejemplares en las proximidades de Erro.

Isomicraster dallonii Lambert 1910

LAMBERT (J.): "Note sur quelques Echinides recueillis par M. Dalloni dans les Pyrénées de l'Aragon". *Bull. Soc. Géol. France*, 4.^a serie, tomo X, página 814, pl. XIV, figs. 13-14.

De los ejemplares reconocidos, algunos sobrepasan algo el tamaño del tipo, el ámbito apenas estrechado por atrás y en el plastron se insinúan dos pequeñas protuberancias. Esta forma había sido determinada por Cotteau como *Micraster* número 3 del Turbon.

La distribución vertical va del cenomanense al maestrichtiense; se conocía de Sarrate, Vilas del Turbon y nuevamente recogida por Dalloni de Egea, en el Pirineo aragonés; también se ha citado del Coll d'Orcau y Montesquíu, en el Pirineo leridano. Darder la ha recogido en Adsubia (Alicante).

En la Alta Navarra se conoce del kilómetro 4,200 de la carretera de Garralda a Burguete, Abaurrea Alta; kilómetro 26,5 de la carretera de Pamplona a Burguete (Erro, Imizcoz de Arrieta).

Hemiaster aff. *dallonii* Lambert 1910

LAMBERT (J.): "Note sur quelques Echinides recueillis par M. Dalloni dans les Pyrénées de l'Aragon". *Bull. Soc. Géol. France*, 4.^a serie, tomo X, página 812, pl. XIV, figs. 8-10.

Colocamos con reservas en esta especie un ejemplar procedente del santoniense de Arequi en relativo mal estado de conservación, con los pétalos bastante completos, algo mayores que en el tipo y no es tan alto, que puede ser debido a que el ejemplar no es completo. Dalloni recogió esta forma en

el Pirineo y fué considerada como nueva por Lambert. Se conoce del cenomanense y santoniense de Casterner de les Olles (Lérida); Sopeira, Ruirra a Santoréns, en Huesca, y de los yacimientos ilerdenses de Pont de Suert, Pont de Eriñá, Cornudella de la Ribera, así como de las Sierras de San Gerués, Boumort y Santa Fe de Orgañá.

Rhynchonella vespertilio d'Orbigny 1847

ORBIGNY (A. DE.): "Paleontologie française. Terrains crétacés", tomo IV. *Brachiopodes*, pág. 44, pl. 499, figs. 1-7.

Un solo ejemplar hemos podido determinar procedente del norte de Tiermas, roto por la valva mayor, no pudiéndose apreciar la forma del foramen; la valva pequeña es más abombada y relativamente completa.

Esta forma es bastante frecuente y hasta característica en el cretácico superior francés; en España es relativamente rara, y hasta ahora sólo se conoce de la zona cantábrica, habiendo sido citada por Mengaud del Panteón y Cabo Mayor, en Santander; recientemente ha sido encontrada por Ciry en Boñar y Mazorra; probablemente corresponde al santoniense y campaniense.

Rhynchonella eudesi Coquand

COQUAND (H.): "Geologie et paleontologie de la province de Constantine", pl. XXXII, figs. 7-9.

Poseemos dos ejemplares casi completos, uno algo mayor que el otro, siendo el más pequeño tan ancho como alto, destacando bien el corchete de la valva mayor; procede del norte de Tiermas.

Numerosas son las localidades en que esta especie se ha encontrado. Astre la cita del barranco de Saldes, entre Guardiola y Figols-Las Minas; Dalloni, a lo largo del Pirineo, la ha encontrado en Biure, Carbonils, Serra del Portet, Bor, Coll del Port del Compte, Bentué, Zurita, entre Purroy y Pilzan; Bataller la ha recogido en la Paguera (Tuixent); Boissevein, en Serrat de Mosbé; Mengaud la cita de Cabo Mayor, Las Cuevas, Roiz (Santander); Karrenberg, además, en Cubillos del Royo-Soncillo; Rodríguez Pérez, de Rivamontan (Santander); Mallada, de la Sierra de Mariola, en Alicante, y por Darder, en Mas de Blas Giner.

Spondylus aff. *obesus* d'Orbigny

ORBIGNY (A. DE): "Paleontologie française. Terrains Crétacés", tomo III. *Lamellibranches*, pág. 675, pl. 461, figs. 5-7.

Se ha recogido un solo ejemplar procedente del norte de Tiermas, en mal estado de conservación, cuyas dimensiones son las del tipo; no se observan las orejetas y las costillas parecen escamosas, son más bien agudas que romas, y su número pasa de treinta. D'Orbigny coloca esta especie en el senoniense.

Inoceramus latus Mantell 1822

MANTELL: "Geol. of Sussex", pág. 216, lám. 27, fig. 10.

Se ha recogido un solo ejemplar incompleto con una sola valva, que ofrece forma redondeada, tan ancha como alta, atenuada en la región cardinal, adornada de pliegues ondulados, concéntricos, desiguales entre sí, lado bucal convexo.

Procede de las margas azules de Erro.

Inoceramus cuneiformis d'Orbigny 1845

ORBIGNY (A. DE): "Paleontologie française. Terrains Crétacés", vol. III. *Lamellibranches*, pág. 512, pl. 407.

Esta forma era conocida ya de regiones limítrofes. A. del Valle la cita de Gastiain y entre Barambio y Murguía (Alava).

En Navarra es frecuente en las margas azules santonien-ses de Erro. Los individuos son relativamente abundantes, pero muy incompletos y a veces deformados, y algunos conservan aún parte de la concha, que es casi papirácea.

Inoceramus striatus Mantell 1822

MANTELL: "Geol. of Sussex", pág. 217, pl. 27, fig. 5.

Se conocía esta especie con anterioridad de San Pedro de las Baeras a Molleda, recogida por Gascué, así como de Gastiain, en Alava; el profesor Mengaud la ha encontrado en el Paso del Gato, al norte de Tagle, en Santander. En Navarra se ha determinado de Arrieta (Garralda) y de Erro.

Nautilus depressus v. Binckhorst

Un solo ejemplar de tamaño pequeño con vueltas muy abrazadoras y ombligo estrechísimo; en el dorso se observa aún la línea sutural de las cámaras; procede del norte de Tiermas.

Hamites cf. wernickei Wollemani

Atribuimos a esta especie un ejemplar en mal estado de conservación, en que destacan los nudos voluminosos de la zona dorsal del cayado; las costillas son gruesas y espaciadas, contándose dos por centímetro; procede de Imizcoz de Arrieta.

Acanthoceras deverianum d'Orbigny 1840

ORBIGNY (A. DE): "Paleontologie française. Terrains Crétacés", tomo I. *Cephalopodes*, pág. 356, pl. 100.

Esta forma es conocida desde hace mucho tiempo en España, recogida por Barrois en Castiello (Asturias); por Larrazet, en Barcina de los Montes y Valderejo (Burgos); Sierra de Peñagobia, Maliaño.

En Navarra se ha encontrado en los alrededores de Erro un solo ejemplar en mal estado de conservación, en una de cuyas caras destacan aún tres voluminosos nudos por costilla.

Pachydiscus colligatus von Binckhorst sp. emen.

A. de Grossouvre 1893

GROSSOUVRE (A. DE): "Les ammonites de la Craie supérieure. Paleontologie", pág. 202, pl. XXIV, figs. 1 y 3, pl. XXXIII.

Como especie senoniense es citada esta forma por P. Palacios, recogida en Oroz, Betelu y Aribe; se ha encontrado también en estas investigaciones en Erro.

Pachydiscus brandti Redtenbacher sp. 1872

REDTENBACKER: "Die Cephalopodenfauna der Gossauchichten. *Abhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt*, tomo V, pág. 106, pl. XXIV, fig. 1.

Se han recogido varios ejemplares fragmentados, con diámetro hasta doce centímetros, con costillas abultadas que pasan sin interrupción la región dorsal y se inician en un tubérculo umbilical; las vueltas son discretamente abrazadoras; procede de los alrededores de Erro.

Ha sido encontrada también en el Mas de la Fenosa (Sierra de la Fenosa) por Darder, que le atribuye edad campaniense superior.

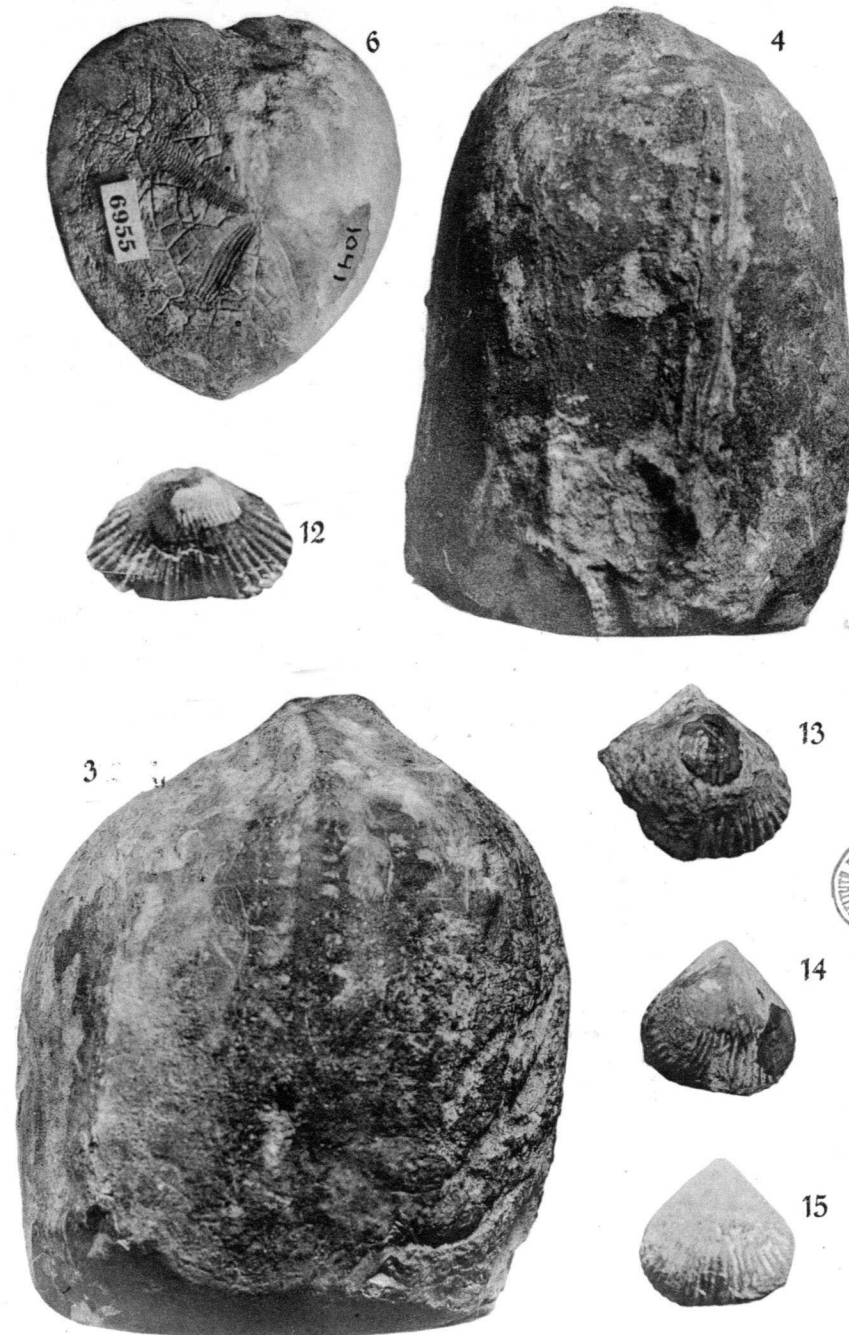


J. R. Batáller. Cretácico Superior de Navarra

Echinocorys vulgaris Brey Santoniense-Erro

1. Ejemplar ovalado y abombado, visto de perfil.
2. El mismo visto por la cara oral.

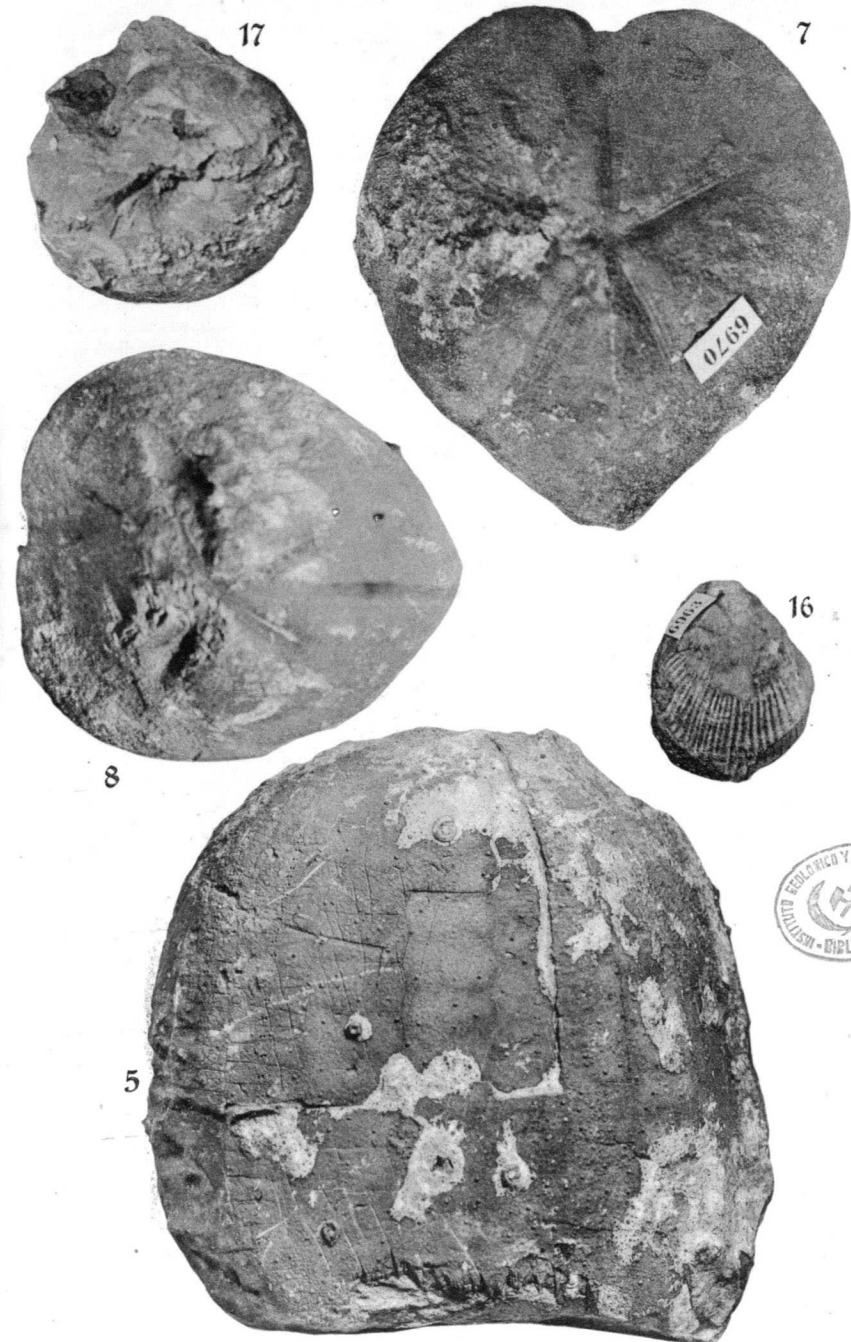




J. R. Bataller. Cretácico Superior de Navarra

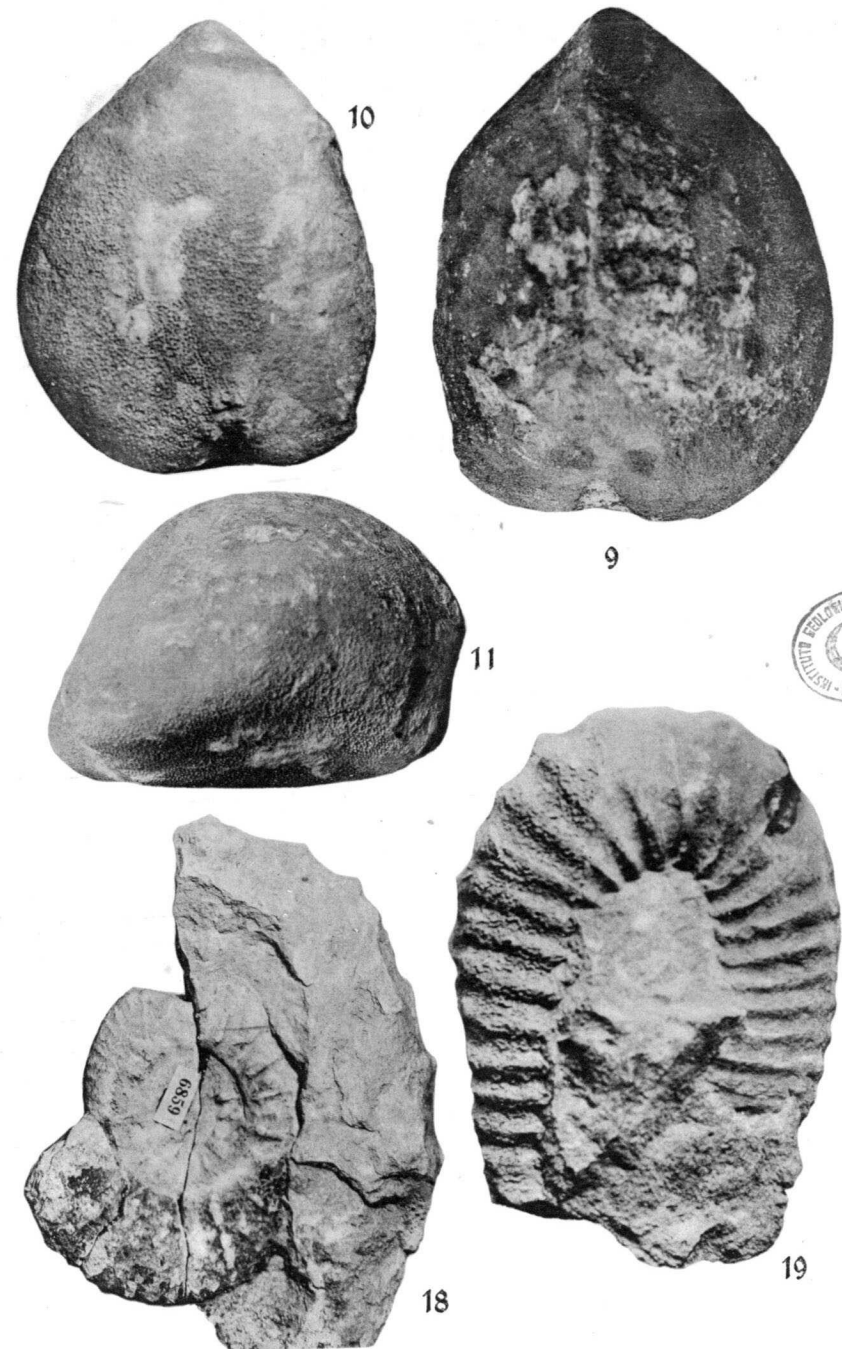
Echinocorys vulgaris Brey. Santiense-Erro. 3.-Ejemplar con un destacado mamelón en la cara apical. 4.-Ejemplar alto y comprimido lateralmente, visto por la parte estrecha. *Micraster coranguinum* Imizcoz de Arrieta. Santiense. 6.-Visto por la cara apical. *Rhynchonella vespertilio* d'Orbigny. 12.-Santiense del N. de Tiermas. *Rhynchonella Eudesi* Coquand. 13.-14.-Vista por la valva menor. 15.-Vista por la valva mayor.





J. R. Batálfier. Cretácico Superior de Navarra

Echinocorys vulgaris Brey. Santoniense - Erro. 5.-Ejemplar alto y comprimido lateralmente, visto por la parte ancha. *Micraster corbaricus* Lambert-Santoniense de Erro. 7.-Visto por la cara apical, algo aumentado. *Micraster Lartetii* Santoniense de Erro. 8.-Visto por la cara apical. *Spondylus* aff. *obesus* d'Orbigny. Santoniense de Erro. 16.-Algo reducido. *Nautilus depressus* v. Binck. Santoniense de Erro. 17.-Visto por el lado del ombligo.



J. R. Bataller. Cretácico Superior de Navarra

Micraster proclivis Santoniense de Erro. 9.-Visto por la cara apical. 10.-Visto por la cara oral, presentando hacia el ano dos destacados tubérculos. 11.-Visto de lado. *Pachydiscus Brandti* Santoniense de Erro. 18.-Reducido casi a la mitad. *Hamites cf. Wernickei*. 19.-Ejemplar del Santoniense de Imizcoz de Arrieta.

**HALLAZGO DE LA "EXOGIRA PELLICOI"
VERN. Y COLL., EN EL MAESTRAZGO**

FOR

ANTONIO ALMELA

INGENIERO DE MINAS

A N T O N I O A L M E L A

INGENIERO DE MINAS

HALLAZGO DE LA «EXOGIRA PELLICOI» VERN. Y COLL., EN EL MAESTRAZGO

Hacé un par de años, en una excursión geológica que realicé con el Dr. Garrido por el Maestrazgo, encontramos en las margas aptenses de las proximidades de Morella, juntamente con *Orbitolinas*, *Naticas* y otros restos fósiles, dos ejemplares de una pequeña ostrea que coincidía exactamente con la figurada por Coquand en la lámina LXIV, figuras 19 y 20, de su Monografía y atribuida a la especie *O. boussingaulti*.

Posteriormente, en otra excursión por la zona de Castellote (Teruel) con este mismo colega y con mi compañero J. M. Ríos, hemos vuelto a encontrar ejemplares idénticos en dos yacimientos, pero esta vez con bastante abundancia y también en buen estado de conservación.

Las localidades en que hemos encontrado esta ostrea son: junto al pueblo de Jaganta (Teruel), en la carreterita que baja a una mina de lignito, acompañada de *Plicátulas* y *Orbitolinas*, y al E. del monte Atalaya de Castellote, también con *Orbitolinas*, *Equínidos*, *Terebrátulas*, *Rhynchonellas*, *Plicátulas* y otros fósiles. El nivel es claramente aptense y sobre él descansa el albense continental con lignitos.

Con el abundante material recogido he estudiado la atribución específica de estos ejemplares y he comprobado que la figura de Coquand antes mencionada, que, como puede verse en la lámina adjunta, coincide con nuestros ejemplares,

es reproducción de la que dan Verneuil y Collomb en su trabajo "Coup d'oeil sur la constitution geologique de quelques provinces de l'Espagne", *Bull. Soc. Geol. de France*, segunda serie, tomo 10, 1852-1853, página 165, lámina 3, figura 14.

Estos autores atribuyen esta figura a una nueva especie que denominan *O. pellicoi*, y cuya diagnosis es como sigue:

"Concha pequeña, muy inequivalva e inequilátera. Valva inferior muy abombada, ornada en el centro con un pliegue ancho y redondeado, y tres o cuatro pliegues más pequeños sobre el lado posterior. En el lado anterior, más abrupto, no hay más que un solo pliegue. Corchete muy fuertemente recurvado. Valva superior muy pequeña, opercular y lisa. Esta pequeña y elegante ostrea, del grupo de las exogiras, caracteriza en España el terreno Neocomiense superior.

Localidades.—Se encuentra en la Cueva del Vidrio, cerca de Tortosa; en Fredes, al N. de Bel (Castellón), y en Mora (Aragón)."

A lo transcrito hay que añadir que la valva inferior suele presentar dos pliegues suaves en vez de uno solo; que en la parte próxima al corchete la valva está constituida por muchos diminutos pliegues, que se atenúan o llegan a desaparecer al individualizarse los pliegues grandes, y que la concha está cubierta de estrias de crecimiento, que suelen destacarse algo en forma laminar. El tamaño oscila entre uno y tres centímetros.

Coquand, al reproducir esta figura, da la diagnosis y reúne esta forma con *O. boussingaulti* d'Orb., diciendo que aquella y otras especies no pueden subsistir porque se refieren a individuos jóvenes de esta última.

Por el contrario, yo estimo que debe conservarse la especie hecha por Verneuil y Collomb, por las siguientes razones:

1.^a Esta pequeña exogira presenta unos caracteres muy constantes en sus distintos tamaños, siempre bien diferentes

de los de *E. boussingaulti*, sin que se encuentren formas de tránsito.

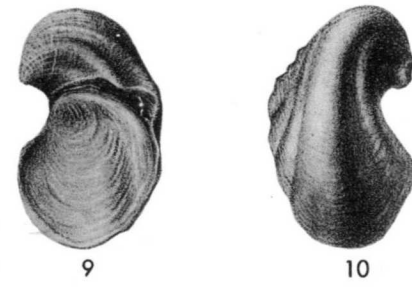
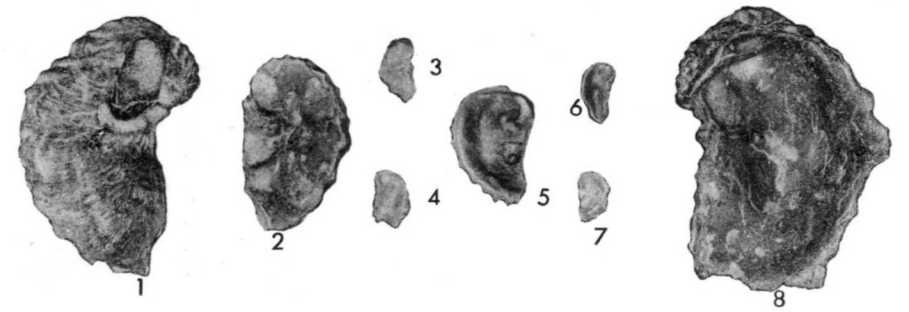
2.^a En el aptense de Morella hemos encontrado también la *E. boussingaulti*, tan abundante en toda aquella gran mancha cretácea, teniendo la suerte de recoger ejemplares de todos los tamaños, incluso diminutos, y desde luego mucho menores que los de *E. pellicoi*. Pues bien: si se comparan los ejemplares figurados en la lámina, se ve que, por muy pequeña que sea la *E. boussingaulti*, siempre es muy semejante a sus ejemplares adultos y muy diferente a *E. pellicoi*.

3.^a No obstante ser muy frecuente en toda esta zona la *E. boussingaulti*, en ningún yacimiento hemos recogido simultáneamente las dos especies, y en los tres en que existe la *E. pellicoi* no se encuentra la *E. boussingaulti*. Si aquélla correspondiese a individuos jóvenes de ésta, es natural que coexistieran en un mismo yacimiento.

Por otra parte, el Dr. Bataller, en su "Enumeración de las especies nuevas del Cretáceo de España", incluye la *E. pellicoi* como variedad nueva de la *E. boussingaulti*, señalando ya su tendencia a conservar individualizada esta pequeña ostrea.

Por nuestra parte, estimamos que las diferencias que se acusan entre *E. boussingaulti* y *E. pellicoi* son suficientemente grandes y constantes para considerar esta última como una simple variedad de aquélla. Todas estas razones nos inducen a proponer el restablecimiento de la especie española *Exogira pellicoi* Vern. y Coll., del aptense levantino.

Mallada, en su "Sinopsis del Cretáceo", lámina 50, figuras 1 y 2, da un ejemplar de *E. boussingaulti*, reproducido de la Monografía de Coquand, lámina LXXIV, figuras 19 y 20, que creemos debe atribuirse también a *E. pellicoi*, aunque en él no se distinguen los pequeños pliegues laterales de la especie.



FIGS. 1 A 8. — *Exogira boussingaulti* d'Orb. Morella. Individuos adultos y jóvenes.
 FIGS. 9 Y 10. — *Ostrea pellicoi* Vern. y Coll. Reproducción de las figuras originales.
 FIGS. 11 A 18. — *Exogira pellicoi* Vern. y Coll. Jaganta (Teruel).

**UNA NUEVA ESPECIE DE
«DICTYOCONUS» DEL CENOMANENSE
VALENCIANO**

POR

ANTONIO ALMELA
INGENIERO DE MINAS

ANTONIO ALMELA
INGENIERO DE MINAS

UNA NUEVA ESPECIE DE
«DICTYOCONUS» DEL CENOMANENSE
VALENCIANO

En una reciente excursión que realicé en compañía de don Enrique Dupuy de Lôme por la extensa mancha cretácea del río Júcar, en la parte occidental de la provincia de Valencia, hicimos un recorrido por la carretera de Ayora a Alcudia de Crespins, que dió como resultado el hallazgo de unos foraminíferos muy interesantes, cuyo estudio constituye el objeto de la presente nota.

Tratando de confirmar el nivel estratigráfico a que atribuíamos el terreno en estudio, andábamos a la busca de fósiles, cuando aproximadamente en el kilómetro 8 de la carretera, sobre unas arenas blancas y rosadas, que atribuíamos al albense, encontramos unas calizas margosas, claras, en las que, con ayuda de la lupa, distinguí unos organismos que me recordaron las orbitolinas, aunque de tamaño mucho menor.

Interesado por este hallazgo intensifiqué la busca, y en el kilómetro 14,600, en el lugar denominado Collado de la Casa del Alto, del término de Ayora, en una roca más margosa, encontré de nuevo estos mismos organismos, en vista de lo cual tomé una muestra de las tierras, con el fin de ver si en ellas encontraba algunos ejemplares sueltos que me permitieran realizar su estudio.

En efecto, la suerte me acompañó, y en el gabinete pude separar de la pequeña cantidad de tierra recogida, y sin llegar

a agotarla, más de 300 ejemplares sueltos, lo que me ha permitido efectuar su estudio con suficiente detalle y al mismo tiempo dar idea de la abundancia con que se encuentran.

En el primer reconocimiento somero volvió a sorprenderme la semejanza que presentaban estos organismos con las orbitolinas, de las que, en líneas generales, se diferenciaban por su tamaño mucho menor y por su forma cónica mucho más aguda.

Empecé a buscar bibliografía, y no tardé en atribuir los individuos encontrados al género *Dictyoconus* Blanck. (1900), pareciéndome el hallazgo doblemente interesante por cuanto en toda la bibliografía consultada no he encontrado ninguna cita de especies de este género, halladas en España.

Según Davies (2), el tipo del género es *D. egyptiensis* (Chapman, 1900), del eoceno de Egipto, habiéndose encontrado después varias especies de este género en distintos niveles eocenos.

A continuación, Davies describe la especie *D. walnutensis* Cars, del cretáceo medio de Texas, con el cual guardan muchas analogías los individuos por mí recogidos, y la señorita Pfender (4) hace descender esta especie hasta la base del cretáceo y tal vez hasta el Jurásico, según unos ejemplares que estudia de la Provenza.

No obstante, Davies pone en duda esta atribución específica (si bien la genérica le parece correcta), pues se trata de preparaciones de rocas que contienen estos foraminíferos y no de individuos sueltos, por lo que las secciones no están exactamente orientadas y los caracteres específicos no se aprecian bien.

En vista de todos los datos obtenidos, realicé diversas preparaciones para su estudio por reflexión y por transparencia, habiendo llegado a la conclusión de que se trata de una especie nueva, cuyas características damos a continuación:

Dictyoconus valentinus n. sp.—De forma cónica, con base plana o frecuentemente cóncava, y su sección recta es, por término medio, un triángulo equilátero.

Las dimensiones observadas son las siguientes:

Diámetro de la base: de 1,3 a 1,9 milímetros; mínimo, 1; máximo, 2,3.

Altura: de 1 a 1,7 milímetros; mínima, 0,8; máxima, 2.

Relación de la altura a la base: de 0,8 a 1; mínima, 0,52; máxima, 1,15.

El organismo está recubierto por una envoltente fina imperforada, bajo la cual existe una capa de cámaras que constituyen un muro, y pueden verse tanto por haber desaparecido por erosión la envoltente externa como haciéndola transparente por inmersión en agua o aceite.

La mitad externa de estas cámaras viene subdividida por unos tabiques muy tenues, que constituyen sobre la superficie cónica una serie de finos anillos divididos en pequeños segmentos, difícilmente apreciables en las fotografías, pero que con la lupa pueden adivinarse en las figuras 1, 3 y especialmente la 5.

Dentro de esta envoltente de cámaras, el organismo está constituido por una serie de placas o escudos horizontales, atravesados por orificios y separados por una serie de pilares que van de uno a otro.

No insistimos sobre los caracteres genéricos de *Dictyoconus* porque han sido minuciosamente estudiados y detalladamente figurados por Davies (2) al describir *D. walnutensis*, a cuyo texto e ilustraciones nos referimos.

Nuestros ejemplares tienen grandes afinidades con *D. walnutensis*, tanto por sus características como por su nivel estratigráfico; pero hay unos cuantos caracteres distintos que nos inducen a crear para ellos una nueva especie.

D. valentinus es de forma y dimensiones análogas a

D. walnutensis, pero la base del cono, en vez de ser planoconvexa, es plana y muy frecuentemente cóncava, a veces con concavidad muy acusada, tanto que al efectuar preparaciones delgadas de la base, desaparece la porción central, quedando tan sólo un anillo (fig. 11). Esta concavidad puede apreciarse también en las figuras 8 y 9.

Las cámaras de la capa externa en nuestros ejemplares tienen un mayor desarrollo en sentido radial que en *D. walnutensis*, lo que hace que la envoltura cónica que constituyen resulte de mayor espesor que en esta especie (figs. 10 a 15).

Estas cámaras están dispuestas con una mayor regularidad, y en la superficie, ligeramente desgastada, aparecen colocadas a tresbolillo, constituyendo una red de mallas rómbicas bastante uniforme. Esta disposición se observa mejor o peor en las figuras 1 a 6, pero en esta última es especialmente visible.

La red rómbica, muy acusada en los ejemplares que tienen al descubierto la mitad interna de las cámaras, resulta algo enmascarada cuando quedan expuestas las partes más someras, pues en su mitad externa aquéllas se alargan en sentido transversal, apareciendo predominante entonces la disposición en anillos superpuestos, con sus tabiques divisorios horizontales y verticales (figs. 1, 2, 3 y 5).

Por último, los orificios de comunicación que atraviesan las placas horizontales son más numerosas en nuestra especie y su sección no parece circular como en *D. walnutensis*, sino poligonal y bastante irregular (figs. 11, 13, 14 y 15).

Nivel estratigráfico.—El primer punto en que hemos encontrado estos fósiles ya hemos dicho que es en el kilómetro 8 de la carretera, en unas capas de caliza margosa sobre las arenas blancas y rosadas, que atribuimos al albense. Junto con *D. valentinus* hemos encontrado:

Cardium hillanum Sow.

Neithea fleuriausiana d'Orb.

Polyconites distefanoi Par.

Agria grossouvrei ? Touc.

Toucasia sp.

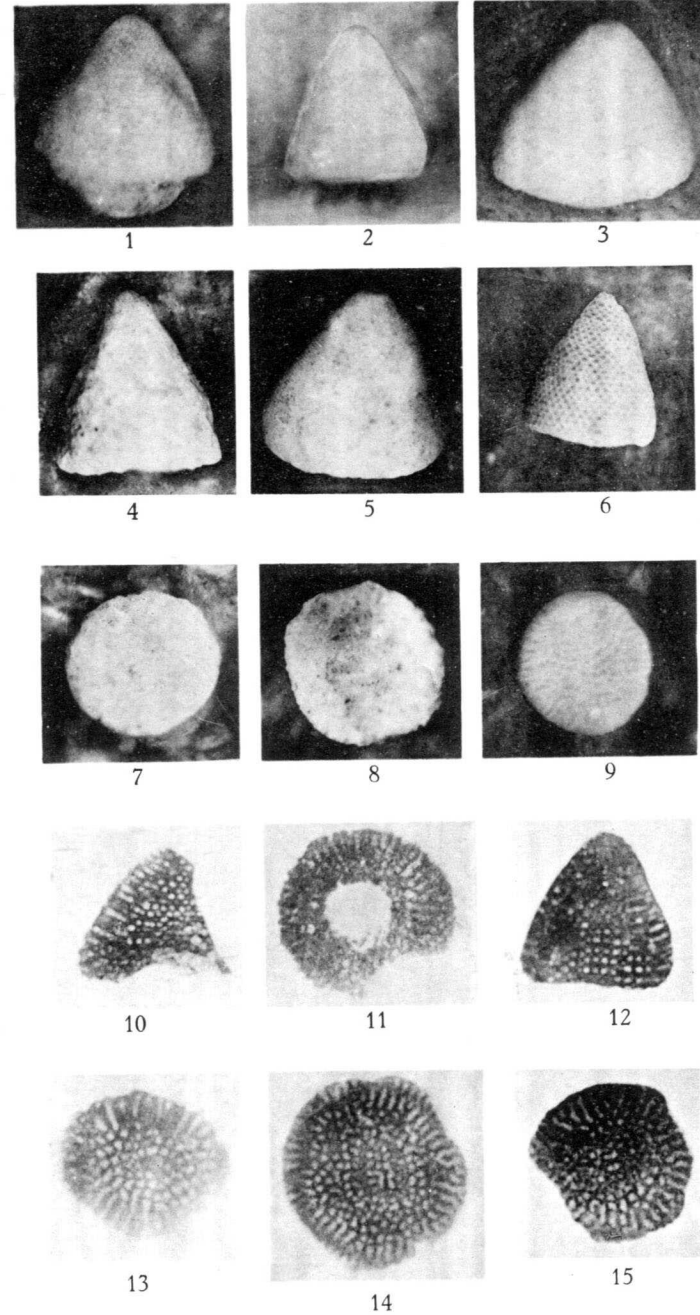
En el kilómetro 14,600, las margas que contienen el *D. valentinus* tienen también *Ostreas*, *Toucasia*, *Pecten* y *Neithea fleuriausiana*.

Por debajo existe otro nivel de margas grises con abundantes orbitolinas, y no afloran las arenas blancas, que deben quedar por debajo de estos niveles.

Por lo expuesto, y entretanto no se realicen nuevos hallazgos, atribuimos esta especie al cenomanense; pero sería de gran interés llegar a señalar su presencia en otros lugares para determinar si es característica de éste o se extiende a otros niveles.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—DAVIES (L. M.).—“The Genus Dictyoconus and its Allies”. Trans. of the Royal Soc. of Edinburgh, vol. LVI, pág. 485, pl. I-II.—1931.
- 2.—DAVIES (L. M.).—“An Early Dictyoconus, and the Genus Orbitolina”. Trans. of the Royal Soc. of Edinburgh, vol. LIX, pág. 773, pl. I-II. 1939.
- 3.—DOUVILLÉ (H.).—“Sur la structure des Orbitolines”. *B. S. G. F.*, 4.^a serie, tomo IV, pág. 653, lám. XVII.—Paris, 1904.
- 4.—PFENDER (J.).—“Les Foraminifères du Valanginien provençale”. *B. S. G. F.*, 5.^a serie, tomo VIII, pág. 231, láms. XIII a XVI.—Paris, 1938.
- 5.—SCHLUMBERGER (C. M.) y DOUVILLÉ (H.).—“Sur deux Foraminifères éocenes”. *B. S. G. F.*, 4.^a serie, tomo V, pág. 291, lám. IX.—Paris, 1905.



Dictyoconus valentinus n. sp. × 15



**EL YACIMIENTO DE MAMIFEROS
OSILES DE LAS YESERAS DE
MONTEAGUDO (Navarra)**

POR

MAXIMO RUIZ DE GAONA SCH. P.

ESTRATIGRAFIA

Y

JOSE F. DE VILLALTA COMELLA

y M. CRUSAFONT PAIRO

PALEONTOLOGIA

LABORATORIO DE GEOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

MAXIMO RUIZ DE GAONA SCH. P.

ESTRATIGRAFIA

Y

JOSE F. DE VILLALTA COMELLA y M. CRUSAFONT PAIRO

PALEONTOLOGIA

LABORATORIO DE GEOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

**EL YACIMIENTO DE MAMIFEROS FOSILES
DE LAS YESERAS DE MONTEAGUDO
(NAVARRA)**

INTRODUCCION

Hace poco más de dos años que tuvimos ocasión de ver en las colecciones reunidas por el malogrado naturalista Padre Longinos Navás, en el Colegio de los Jesuitas del Salvador, en Zaragoza, dos interesantes ejemplares de mamíferos fósiles procedentes de un yacimiento situado en los alrededores de Monteagudo, en Navarra. Se trataba de un fragmento de mandíbula y de una porción de una defensa, atribuidos, respectivamente, a *Rhinoceros sansaniensis*, Lartet y a *Mastodon* sp. Pocas eran las noticias que teníamos entonces del mencionado yacimiento, pero sabíamos que en el trabajo del doctor Royo y Gómez sobre "Tectónica del Terciario continental ibérico" (1), las capas de Monteagudo eran atribuidas al Pontiense por el supuesto hallazgo del *Hiparion gracile* Kaup. La anomalía que supone la coexistencia del Equido pliocénico con el Rinoceróntido de Sansan captó en seguida nuestra atención y decidimos dedicarnos algún día al estudio

de esta localidad. Por lo demás, estábamos en aquella época excavando en el riquísimo yacimiento de Nombrevilla, en Zaragoza, en donde el *Hipparion gracile*, sumamente abundante, se hallaba asociado con un *Cerathorhinus*, probablemente especie nueva, pero indudablemente emparentado filogenéticamente con el *C. sansaniensis*, y sospechamos que éste pudiera ser también el caso del yacimiento de Monteagudo. Los trabajos que teníamos entre manos nos impidieron realizar momentáneamente aquel deseo. Ultimamente, el Rvdo. P. Máximo Ruiz de Gaona, desde Tolosa, se ofreció a reconocer el interesante yacimiento, y después de una estancia de algunos días en la localidad recogió un notable lote de ejemplares que luego nos mandó para su estudio sistemático. Al propio tiempo obtuvo algunos datos de la estratigrafía del yacimiento y alrededores, aunque el tiempo que pudo emplear allí no le permitió un amplio recorrido por la región para poder estudiar de esta manera las relaciones de las capas fosilíferas con las formaciones lindantes. También pudo ver la colección recogida en el Convento de Padres Agustinos Recoletos de Monteagudo, en donde se guardan algunos ejemplares, y recopilar las pocas noticias escritas que se poseían del yacimiento publicadas en algunos periódicos, por lo que la localidad podía considerarse hasta aquí poco menos que inédita por la escasa difusión alcanzada por las tales noticias.

La presente nota, que hemos redactado en colaboración con nuestro excelente amigo el P. Ruiz de Gaona, es un avance de un estudio más amplio que deseamos realizar algún día después de consultar detalladamente el material guardado en el Convento de Monteagudo y de revisar los ejemplares del Colegio del Salvador, de Zaragoza. El P. Ruiz de Gaona nos manifestó que parte del material de Monteagudo fué a parar a Pamplona, en donde intentaremos localizarlo, y otra se fué, con paradero ignorado, al extranjero.

Como se verá más adelante, la asociación faunística determinada por nosotros es aún escasa; queremos ver, pues, de ampliar las listas de especies, para así obtener resultados más concluyentes. Es necesario también perfilar la estratigrafía de forma más completa, con un reconocimiento minucioso de las formaciones de los alrededores de Monteagudo. De todos modos, dado el indudable interés del yacimiento que hoy nos ocupa, el único que ha proporcionado mamíferos miocénicos en la amplia cuenca del Ebro, hemos decidido publicar una primera nota dándolo a conocer a través de los restos recogidos por nuestro colaborador.

Posteriormente a la exploración a que hemos aludido, tenemos la sospecha de una posible existencia de dos niveles fosilíferos en la interesante localidad navarra, según tendremos ocasión de exponer más adelante.

HISTORIA

En el Boletín de la Provincia de San Nicolás, de los Reverendos Padres Agustinos Recoletos, el P. E. Lacarra publicó, hace unos veinticinco años, un artículo titulado "Hallazgo importante en las yeseras de Monteagudo". En él se dan las primeras noticias del interesante yacimiento navarro, que fué descubierto hacia el año 1920. Por su conducto sabemos que hacía ya unos diez y ocho o veinte años, en unas canteras de yeso utilizado como material de construcción, situadas muy cerca del pueblo, los obreros venían observando la aparición de restos fósiles, que no fueron aprovechados ni recogidos hasta su valorización primera por el P. Lacarra. Este se preocupó de guardarlos, formando una colección de los mismos en el convento de los citados Agustinos Recoletos. Los primeros restos hallados, y que llamaron más poderosa-

mente la atención por su gran tamaño, corresponden a molares y defensas de un *Mastodon*, que el P. Lacarra atribuye a *M. hispanicus*. A través del citado artículo se nos da idea del interés de la localidad fosilífera descubierta, y es comparada con otros yacimientos españoles, singularmente con el del cerro del Cristo del Otero, en Palencia, dado a conocer magistralmente por el Dr. E. Hernández-Pacheco unos años antes (2). Se da también una relación muy completa, aunque algo ambigua, de los restos exhumados, que fueron varios centenares, algunos de los cuales se guardan aún en el tantas veces citado convento. Otros, como hemos dicho, desaparecieron de allí más tarde. El P. Lacarra da una lista de especies, determinadas seguramente con escasos elementos de juicio. Esta lista es la siguiente: *Mastodon hispanicus*, *Dinotherium giganteum* (subespecie *laevius* ?), *Anchitherium aurelianense*, *Rhinoceros hispanicus*, *Mastodon aurelianense*, *Paleoplatyceros* sp. Del conjunto de estas citas deduce erróneamente la edad del yacimiento como pliocénica. Indica la existencia de un resto vegetal fósil, semejante a una especie de tronco; pero el P. Ruiz de Gaona, que lo ha visto, dice que se trata con toda seguridad de un fragmento de asta de un cervicornio.

Unos años más tarde, en el número correspondiente al 4 de julio de 1926 del *Diario de Navarra*, Fray M. Avellaneda publica otro artículo, titulado "Investigaciones de prehistoria en las yeseras de Monteagudo", en donde se da cuenta de nuevos hallazgos realizados en las citadas canteras después de la explosión de los barrenos allí utilizados, en el curso de varias visitas realizadas con sus alumnos a las mismas. Este autor da una serie de detalles de las piezas descubiertas. La lista de las especies que señala en el yacimiento es la siguiente: *Gazella deperdita*, *Paleoplatyceros* sp., *Dinotherium giganteum*, *Mastodon angustidens*, *Rhinoceros*

sansaniensis, *Anchitherium aurelianense* e *Hipparion gracile*. El P. Avellaneda es el único que cita el *Hipparion*, y, como se ve, asociado al *Anchitherium aurelianense*, aunque no se refiere para nada a posibles ejemplares del Equido pontiense.

Existe también un escrito del P. Navás en el *Noticiero*, de Zaragoza, que se refiere al yacimiento, y que lleva por título "También elefantes en Navarra", que, como se ve, está hecho a título de divulgación (*). Le compara con los de Nombrevilla y de Mara, de la provincia de Zaragoza, correspondientes a la cuenca de Calatayud-Teruel, que entonces acababan de descubrirse (3) (4). Lo considera análogo a los de Aragón y Palencia, aunque esta analogía no sabemos si la refiere a la edad de los depósitos o a sus características biostratónicas. También habla de ser "superior" a los de Zaragoza, aunque parece referirse a serlo en la cuestión de la riqueza paleomastológica, cosa que las exploraciones posteriores realizadas por nosotros en Nombrevilla han refutado después. Los materiales recogidos por el P. Navás fueron llevados a Zaragoza y depositados en el Colegio de los Padres Jesuitas, del Salvador. De lo que hemos dicho en la Introducción, parece deducirse que una buena parte de este material habrá desaparecido más tarde, probablemente por los avatares de nuestra guerra, pues el autor dice haber recogido un total de 30 kilos de restos fósiles. Las listas que nos proporciona el criterio, ya más autorizado, del P. Navás, son las siguientes: *Mastodon angustidens*, *Dinotherium giganteum*, *Rhinoceros sansaniensis*, *Paleoplatyceros palentinus* (?) y *Listriodon splendens*. Esta es la primera vez que se cita el Súido vindoboniense, y, como se ve, no aparece el *Hipparion*

(*) No conocemos con exactitud la fecha de la publicación de esta noticia del P. Navás, aunque a criterio del P. Ruiz de Gaona, que revisó las notas archivadas por el P. Lacarra en el Convento de los Agustinos Recoletos, pudiera ser anterior al artículo del P. Avellaneda.

gracile aducido por el P. Avellaneda, especie que en los yacimientos pontienses se presenta siempre con prolijidad.

Ante esta última lista de especies, uno queda confuso al leer una noticia de 1926, publicada en el *Boletín de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales*, correspondiente al tomo XXV (VIII), página 40, en la que se da cuenta de la determinación por parte de los doctores Deperet y Roman, a quienes fueron mandados, de unos restos de mamíferos de la localidad de Monteagudo, determinación que proporciona la siguiente lista de especie, *todas ellas* típicas del Pontiense: *Mastodon longirostris*, Kaup; *Rhinoceros schleiermacheri*, Kaup; *Hipparion gracile*, Kaup; *Tragocerus amalthea*, Roth et Wagner; *Gazella deperdita*, Gervais, e *Hyaenarctos arctoides*, Deperet. No se da cuenta en esta noticia de si los restos enviados fueron los hallados por el P. Navás en la excursión a que hace referencia la nota anterior; no se detallan datos respecto del exacto lugar del hallazgo ni se rectifican, en todo caso, las determinaciones anteriores, algunas de las cuales, como las del *Listriodon splendens* y *Rhinoceros sansaniensis*, parece que debieran estar bien fundadas.

En el verano del presente año, como ya hemos dicho más arriba, el P. Ruiz de Gaona estuvo explorando el yacimiento de las yeseras de Monteagudo. Se halla este pueblo dentro de la provincia de Navarra, colindante ya, sin embargo, con la de Zaragoza. El yacimiento, referido lo constituyen unas canteras de yeso utilizado para la construcción, que están situadas a unos 100 metros del pueblo. Con la colaboración de los obreros de las citadas explotaciones, y mediante el uso de la dinamita, el P. Ruiz de Gaona consiguió extraer un interesante material, que es el que ha servido de base para el presente trabajo. La obtención de los restos presenta muchas dificultades, dada la consistencia del material incrustante, lo que dificulta también la ulterior preparación de los

mismos. Indiquemos ahora la comprobación del desconocimiento por parte de los vecinos de Monteagudo, de la existencia de ningún otro yacimiento; por lo demás, una exploración muy somera y rápida de los alrededores no dió, por el momento, ningún resultado.

ESTRATIGRAFIA

No hemos podido recoger datos estratigráficos y litológicos personales de los terrenos colindantes con el yacimiento de las yeseras de Monteagudo, por la escasez de tiempo con que contábamos en la rápida visita que se hizo a la interesante localidad navarra. Solamente pudimos tomar algunas indicaciones del yacimiento mismo y sus cercanías inmediatas, pues lo restante había que dedicarlo a la extracción de los fósiles, cosa, por lo demás, nada fácil, por yacer entre yesos, que deben ser explotados en canteras y con uso de barrenos. Por ello, hemos de servirnos necesariamente de los que nos proporcionan los autores de la Hoja de Tudela, número 282, del Mapa Geológico de España, a escala 1 : 50.000, dado el caso de que la 320, que comprende el territorio de Monteagudo, no está todavía publicada. Asimismo, tendremos que aprovechar lo poco que en este asunto nos dice el descubridor del yacimiento, el tantas veces citado P. Lacarra.

El territorio de Monteagudo se halla situado dentro de la cuenca del Ebro, paleogeográfica y estratigráficamente análoga, al decir de Royo y Gómez (1), a la del Tajo y a la de Calatayud-Teruel, diferenciándose, en cambio, de la del Duero, con la que mantiene comunicación a través del estrecho de Burgos, por la existencia aquí de estratos marinos y de formaciones yesíferas del Paleogeno. En la base del

corte del total de la formación se halla el Eoceno marino, que después, a partir del Bartonense, se hace ya continental; el Oligoceno es también marino al O. de Pamplona; pero el resto de la formación, desde el Bartonense hasta el Oligoceno medio, forma una serie ininterrumpida de estratos continentales, que en su parte media y superior contienen las interesantes faunas mastológicas de Sosís, de las cuales nos ha hablado Bataller (5), y las de Tárrega y Calaf, estudiadas por Deperet y Luis Mariano Vidal (6), (7) y (8). Encima, discordantemente, se apoya el Mioceno, también continental, que llega hasta los lindes del Plioceno, en el Pontense, según Royo, basándose en el supuesto del hallazgo del *Hipparion gracile* en Monteagudo.

El terreno que se extiende al S. de Tudela, hasta Cascante, está manchado de los únicos colores del Mapa de la hoja 282; el blanco, del cuaternario, y el amarillo, del Oligoceno inferior. Los autores de la Memoria no hallaron otros en toda su extensión. En la parte S., que es la que se aproxima al terreno que nos interesa estudiar, la atribución al Oligoceno está bastante condicionada, pues la escasez paleontológica es extrema. En toda ella se ha hallado sólo una pequeña faunula de gasterópodos que, en unión de *Trionyx maunoir* (?) Bourdet, encontrado por Ezquerria del Bayo, permiten datar, por lo menos, una parte de esta formación como oligocena. Los estratos que la forman están casi horizontales o muy ligeramente desplazados de su posición originaria, y siempre concordantes con los posibles miocenos de idéntica composición y con climatología similar, lo que origina una gran dificultad en el deslinde de uno y otro terreno sin el concurso de las faunas de vertebrados.

Los elementos litológicos constitutivos del Oligoceno en dicha zona son: puddingas, areniscas, margas y calizas y, como elemento accesorio, el yeso.

Una de las manchas cuaternarias más importantes es la que encierra el curso del río Queiles en los terrenos de Cascante, Murchante, Fontellas y Tudela. Si con estos datos confrontamos los adquiridos por nosotros en nuestra visita a Monteagudo, añadiremos, por lo que se refiere al diluvial, que la mancha del Queiles sigue extendiéndose hacia el Sudoeste por los términos de Tulebras y Monteagudo, hasta las cercanías del yacimiento de vertebrados de las yeseras, al fondo del valle.

Los estratos en que yacen los fósiles están sustentados por potentes bancos de puddingas, como puede verse al N. y NO. Los estratos fosilíferos y los subyacentes, en contacto inmediato, son también terrenos poligénicos, en los que pueden observarse cantos rodados de cuarcita y caliza margosa y yesífera, pero con un predominio muy grande del yeso de precipitación y margas. La dirección de estos estratos es N. 45 O., con un ligero buzamiento de unos cuatro grados.

La potencia y composición de las capas es variable, desde dos y tres metros hasta algunos decímetros solamente, separándose, unas veces, por la sola disyunción, y otras, por zonas más margosas poco potentes. En los estratos superiores abundan extraordinariamente las concreciones de ópalo blanco, lechoso, translúcido.

Estos conocimientos litológicos del yacimiento en cuestión permiten distinguirlos de los componentes de los estratos del Oligoceno de la Hoja 282, y, por lo dicho, en conjunción con el estudio paleontológico, introducirlos en el Mioceno. Lógicamente, pues, podemos concluir que los estratos de las yeseras de Monteagudo, sustentados por formaciones de puddingas que pudieran revelar un cambio de sedimentación, pertenecen al Mioceno, sin que sustenten ellas mismas las capas de calizas superiores que generalmente admiten los geólogos, las cuales quizá no existan en el Mioceno de la Rioja, por

haber quedado emergido el terreno antes de su formación. No obstante, tenemos que hacer notar la existencia, en los alrededores de las yeseras, de unas capas de margas y areniscas amarillo-rojizas, con vetas de yeso fibroso y cristalizado, que corresponden a un horizonte superior, por su posición, ya que se superponen a las capas yesosas de las canteras.

PALEONTOLOGIA

Los restos proporcionados por la exploración practicada en Monteagudo no son todo lo abundantes que hubiera sido de desear, pero su estudio ha revelado interesantes características, que van a ser expuestas a continuación. Seguidamente damos, pues, la descripción de tales restos, que se agrupan en las siguientes especies:

Ceratorhinus sansaniensis Lartet.

Ceratorhinus sp.

Anchitherium aureltanense Cuvier.

Listriodon splendens V. Meyer, var.; major Roman.

Palaeomeryx kaupi Meyer.

Mastodon angustidens Cuvier.

CERATORHINUS SANSANIENSIS Lartet.

(Lám. I, fig. 1.)

La presente especie había sido citada ya, sin descripción, del yacimiento de Monteagudo, según se ha dicho más arriba, por los PP. Avellaneda y Navás. Nosotros recordamos haber visto un ejemplar rotulado así en el Colegio de los Jesuitas del Salvador, en Zaragoza, aunque no pudimos entonces

apreciar sus caracteres. Las piezas que se describen hoy, sin embargo, vienen a corroborar estas citas anteriores. Los ejemplares recogidos por el P. Ruiz de Gaona son los siguientes:

Un fragmento de maxilar con M 1, M 2, fragmentados, y el M 3 entero.

Un fragmento de mandíbula con restos de P 4, M 1 y M. 2.

Los caracteres de las piezas, a pesar del mal estado de muchas de ellas, permiten atribuirlo a la especie de Lartet, de acuerdo con el diagnóstico genérico establecido por Roman (9). Singularmente sirve para estas observaciones el M 3 superior, que es el molar mejor conservado de nuestro lote. Se advierte la ausencia de reborde basal en la parte interna, mientras que se halla fuertemente desarrollado en la base de la cara anterior y forma un pronunciado abultamiento en la parte más interna de la posterior. En el M 2 y M 3, superiores, observamos la angostura del valle medio y la existencia de un gancho fuerte y de un antigancho, formado por un amplio pliegue; la crista está sólo ligeramente insinuada. Las medidas tomadas sobre el ejemplar son algo mayores que las del tipo de Sansan (10) y bastante más que las de los ejemplares de Palencia (2), Valladolid (11) y de Sant Quirze (Vallés-Penedés) (12), como se desprende del siguiente cuadro:

	Sansan	Palencia	Valladolid	St. Quirze	Monteagudo
M 3 superior:					
Longitud	41 mm.	36 mm.	38 mm.	35 mm.	43 mm.
Anchura	45 mm.	42,6 mm.	42 mm.	40 mm.	48 mm.
M 1 inferior:					
Longitud	—	30 mm.	32,5-35,5	—	36 mm.

La altura de la mandíbula bajo el M 1 es, en nuestro ejemplar, de 62 milímetros.

La presente especie ha sido ya descrita ampliamente en España: Palencia (Cerro del Cristo del Otero), Valladolid (La Cistérniga, Fuensaldaña y Fuente la Cueva), Valencia (Rincón de Adamuz) (12 bis), Vallés-Penedés (Saint Quirze de Galliners). También la hemos citado, sin descripción, del yacimiento de Hostalets de Pierola, en el Vallés-Penedés mismo (13). De Portugal se ha citado un *C. aff. sansaniensis*, de Aveiras de Baixo (14).

CERATORHINUS SP. (de gran talla).

(Lám. I, figs. 2 y 3.)

Poseemos también, de Monteagudo, un M 3 superior derecho de un Rinoceróntido, de una talla bastante superior a la de la especie citada anteriormente. Todos los caracteres observados en la mencionada pieza nos hablan en favor de su atribución al mismo género: angostura del valle medio, ausencia de reborde interno, gancho débil, presencia de anti-gancho y ligera crista. Los demás géneros con especies vindobonienses difieren esencialmente del mismo: *Brachypotherium* tiene el valle medio muy abierto; la especie *B. brachypus*, señalada por nosotros, de Masquefa (Vallés-Penedés) (15), es de una talla muy superior; *Aceratherium* posee un robusto reborde basilar en las piezas análogas, y el antigancho, o falta en absoluto o es muy fuerte; en las especies vindobonienses, *A. platyodon* es de talla muy inferior; *A. tetradactylum*, en cambio, es mucho mayor.

La talla de nuestro rinoceróntido se correspondería bastante bien con la del *Ceratorhinus hispanicus*, Dantín (2), procedente del Cerro del Otero, en Palencia, como puede verse por las medidas comparativas:

	Monteagudo	Palencia
M 3 superior:		
Longitud	47 mm.	41 mm.
Anchura	53 mm.	51 mm.

Es digno de observarse que el P. Lacarra señaló esta especie del yacimiento de las yeseras, según hemos indicado en la introducción. Observando las fotos que publicamos se observará la mayor robustez de esta pieza, comparativamente a la análoga del *C. sansaniensis*, que hemos descrito más arriba.

Es evidente, con todo, que la sola posesión de un molar no puede permitirnos la atribución específica con garantías de exactitud.

ANCHITHERIUM AURELIANENSE Cuvier.

(Lám. III, fig. 2.)

La existencia de esta especie en Monteagudo nos viene señalada por el fragmento de metacarpiano que figuramos, y que ostenta la extremidad distal de un Equido, que por la asociación faunística aquí considerada parece que no puede ser más que el *Anchitherium aurelianense*. Ciertamente que las medidas de este ejemplar óseo parecen ser algo superiores a los de sus análogos de los *Anchitherium* del Valle del Manzanares, que actualmente estamos estudiando, y es interesante consignar este hecho con vistas a nuestras consideraciones del capítulo final de este trabajo; de todos modos, del yacimiento de La Grive Saint-Alban (Isère), indiscutiblemente vindoboniense, se han descrito restos pertenecientes a individuos con series dentarias inferiores a las de los de Madrid, y cuyos metacarpianos son tan robustos como el que aquí se considera (16). La anchura de la extremidad indicada es de 36 milímetros, sobre 35 milímetros, en un ejemplar de La

Grive (op. cit., pl. XXV, fig. 3). Por lo demás, la especie ha sido citada por los autores que han explorado en Monteagudo a base de la existencia de piezas dentarias indiscutibles, según la descripción detallada dada por el P. Lacarra.

LISTRIODON SPLENDENS Meyer, var., MAJOR Roman.

(Lám. I, figs. 4 y 5, y Lám. II, fig. 1.)

El Rvdo. P. Longinos Navás es quien cita por vez primera esta especie como procedente de Monteagudo. Entre los restos que poseemos, hallados en la exploración del P. Ruiz de Gaona, se encuentra un fragmento de mandíbula derecha con las raíces del P 4, el M 1 fragmentado, el M 2, en perfecto estado, y las raíces del M 3. Además, se atribuye a esta especie un fragmento de mandíbula con sólo las raíces de los P 4, M 1 y M 2 y una vértebra atlas.

De acuerdo con las dimensiones tomadas sobre estos ejemplares, la talla de los individuos de Monteagudo se corresponde con la de los restos procedentes de distintos yacimientos españoles: Palencia, Valladolid, y Sant Quirze y Hostalets de Pierola, en el Vallés-Penedés, atribuidos, en general, a la variedad grande creada por Roman (14). De todos modos, hay que reconocer que esta variedad del valle inferior del Tajo debió ser mayor todavía que la de los ejemplares de España. Roman, en efecto, la describe a base de un solo M 3 superior que mide 30,8 milímetros. El M 3 de Palencia mide sólo 28 milímetros; los de Sant Quirze y Hostalets de Pierola oscilan entre 26 y 28 milímetros. Proporcionalmente el Suido de Monteagudo debió ser, pues, de esta talla que se encuentra por debajo de la variedad portuguesa, aunque bastante superior a la del tipo de Von Meyer.

Roman invoca las diferencias de talla de esta especie como variedades estratigráficas reconociendo un aumento de talla ge-

neral a medida que los yacimientos se elevan de nivel; en Sansan, en efecto, se hallan los individuos menores de la especie; en La Grive la talla es ya algo mayor; en Portugal se halla la máxima talla. Ya hemos dicho lo que sucede con los individuos hallados en distintos yacimientos españoles. Sin negar en absoluto esta suposición del paleontólogo francés, por lo demás comprobada en varias series filéticas de unas mismas especies que producen razas escalonadas a través de los estratos de un mismo período geológico, con creciente desarrollo de la talla, como se ha señalado ya de una manera muy precisa, por ejemplo, en el *Anchitherium aurelianense*, no debe olvidarse, para no incurrir en errores de apreciación, el criterio de la variabilidad individual y sexual ya invocada con gran discernimiento por Deperet y que en general no es muy tenida en cuenta por algunos paleontólogos. Sobre todo nos parece que, en el caso de la especie que consideramos, la variabilidad sexual es bastante importante, según hemos observado en los numerosos individuos procedentes de Hostalets de Pierola (Vallés-Penedés), de donde poseemos denticiones indudablemente femeninas y masculinas basadas en los caracteres diferenciales que nos ofrecen los caninos. De este modo, pues, hay que contar con las variaciones transgresivas cuando se trata de dilucidar la exacta posición estratigráfica de un yacimiento. Por ello no puede atenderse de un modo demasiado confiado al criterio de la talla cuando no se poseen restos abundantes de una misma especie pertenecientes a varios individuos. A medida que se han ido acumulando restos de los distintos yacimientos a través de los años, el hecho que citamos, y que merece tenerse muy en cuenta según se ha demostrado *a posteriori*, ha obligado muchas veces a revisar erróneas interpretaciones anteriores respecto de la cronología.

El género *Listriodon* es típico del Mioceno, desde su base hasta la linde con el Plioceno; es un género paralelo en evo-

lución al *Anchitherium*, que dentro de este período ha producido como él una sola especie en Europa con tendencia al aumento de talla. Pero también, como en el caso del Equido citado, por excepción llega hasta el Pontiense (*A. sampelayoi*, Vill. et Crus., en el primer caso, y *L. cfr. splendens*, Meyer, en el segundo), llegando ambos géneros a ser contemporáneos de *Hipparion*. En efecto, Vacek ha citado el *Listriodon* del Pontiense austriaco y nosotros lo hemos hallado en el Meótico de Hostalets de Pierola, constituyendo quizá una nueva especie, aunque la variabilidad progresiva de esta especie no está tan acusada en la talla como en el caso del *Anchitherium*.

El género *Listriodon* forma, dentro del Mioceno e inicios del Plioceno, dos series filéticas que evolucionan paralelamente en el tiempo: una serie bunodonta (*L. lockarti* Pomel, del Burdigaliense, y *L. latidens* Biedermann, del Burdigaliense-Helvécense, de Europa; *L. guptai* Pilgrim, del Tortoniense de la India, y *L. gigas* Pearson, del Plioceno (? de China); y otra lofodonta o tapiroide (*L. splendens* Meyer, del Vindoboniense de Europa; *L. mongoliensis* Colbert (17), del Vindoboniense de Mongolia; *L. theobaldi* Lydkker y *L. pentapotamiae* Falconer, del Vindoboniense (?) de la India, y el *L. cfr. splendens*, del Plioceno de Europa, a que nos hemos referido más arriba).

Las medidas de los ejemplares de Monteagudo son las siguientes:

Primer individuo:

P 4. Longitud c. a.....	17 mm.
M 1. Longitud c. a.....	16 mm.
M 2. Longitud.....	23 mm.
M 3. Longitud c. a.....	33 mm.
Longitud M 1-M 3.....	72 mm.
Altura de la mandíbula bajo el M 2.....	55 mm.

Segundo individuo:

P 4. Longitud c. a.....	18 mm.
M 1. Longitud c. a.....	17 mm.
M 2. Longitud c. a.....	23 mm.
Altura de la mandíbula bajo el M 2.....	55 mm.

Además de los yacimientos citados más arriba, la presente especie se conoce de otras localidades españolas: Guadaluajara (Jadraque) (18) y Rincón de Ademuz (Valencia) (12).

PALAEOMERYX KAUPI V. Meyer.

(Lám. II, figs. 2, 2 a y 2 b, y Lám. III, fig. 1.)

El yacimiento de Monteagudo nos ha proporcionado restos de un Paleomericido típico. Se trata de un fragmento de mandíbula izquierda de leche con los alvéolos de D 2 y D 3 y los M 1 y M 2 acabados de erupcionar. En los molares —que se hallan en perfecto estado y sin desgastar— se aprecian bien los caracteres típicos del género *Palaeomeryx*, como son: existencia del pliegue típico, rugosidad marcada del esmalte, reborde anterior fuerte y existencia de un pilar basal entre las medias lunas externas. También existen fuertes costillas sobre las murallas internas, más marcadas en el lóbulo posterior.

La talla de nuestro Cérvido es sólo ligeramente superior a la del tipo del *P. kaupi* y supera escasamente la de los mayores ejemplares de la especie, según puede verse por el siguiente cuadro de medidas comparativas:

	La Romieu (19)	Orleanés (20)	Orleanés (21)	Monteagudo
M 1				
Longitud	?	17-17.5 mm.	17.5 mm.	18 mm.
M 2				
Longitud	20.5 mm.	19-19.8 mm.	18 mm.	20 mm.

Palaeomeryx de la talla del *P. kaupi* o algo más fuertes se conocen de numerosos yacimientos europeos, desde el Burdigaliense hasta el Vindoboniense superior, sin que el género pase al Pontiense. Parece ser un género típico de las faunas centroeuropeas. Las localidades conocidas son las siguientes: Burdigaliense: Orleanés (Chilleurs, Artenay, Baigneaux y Chevilly); Blesois y La Romieu; Vindoboniense inferior marino: Benken-am Kohlfourts (Suiza), Siedèn (Bade); Vindoboniense superior: Schlattingen y Veltheim (Suiza), Georgsmund (localidad-tipo), Adelschlag, Statzling (Baviera), Heggbach (Wurtemberg), Feisternitz (Estiria). También ha sido citado con ciertas dudas del yacimiento de La Grive Saint-Alban (Isère). El género *Palaeomeryx*, a pesar de ser un género típico europeo, ha sido citado también de Asia (22). Los Paleomerícidos están representados en América del Norte por el género *Dromomeryx* (23) (*Dromomeryx borealis* Cope, *D. antilopinus* Scott, *D. americanus* Douglass y *D. madisonius* Douglass), de los cuales el primero es el genotipo creado por Douglass. Anteriormente, este autor colocó las dos últimas especies citadas dentro del género *Palaeomeryx*, pero posteriormente señaló que este género era típico del Antiguo Continente.

Del mismo yacimiento de Monteagudo poseemos una extremidad distal de un tibia izquierda típica de un Cérvido y que por sus dimensiones puede ser atribuida a la presente especie. La anchura de la citada extremidad es de 42 milímetros.

Esta es la primera vez que se describe el *Palaeomeryx kaupi* de España. Existen citas nuestras de algunos paleomerícidos típicos, de talla análoga, procedentes del Vindoboniense del Vallés-Penedés (Hostalets de Pierola) (13).

MASTODON ANGUSTIDENS Cuvier.

(Lám. III, figs. 3, 4 y 4 a.)

Restos de Mastodontes han sido hallados en abundancia en el yacimiento de Monteagudo, a juzgar por los relatos de los que lo han explorado a través del tiempo. Nosotros no poseemos más que una sola pieza atribuible a la presente especie: se trata de un P 3 inferior poco desgastado, cuyas medidas son las siguientes:

Longitud máxima 26 mm.
Anchura máxima 17 mm.

La pieza está constituida por dos colinas transversales, la anterior algo más alta que la posterior y formadas ambas por dos lóbulos o mamelones separados; el valle medio está ligeramente obstruido por ligeros abultamientos de esmalte. El molar descrito es enteramente análogo al figurado por Roman y Viret en (19), pl. XIX, fig. 5.

El *Mastodon angustidens* es una de las especies más citadas de España. En el Catálogo de 1914 del doctor Eduardo Hernández-Pacheco se citan ya 18 localidades españolas (24). Existen, por lo demás, nuevas citas posteriores. Nosotros la hemos dado a conocer de las distintas localidades del Vallés-Penedés.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Como podrá observar el lector, la lista de las especies que hemos descrito más arriba corresponde a una asociación faunística típica del Vindoboniense; esta lista se paraleliza muy bien paleontológicamente con la dada por el P. Longinos Navás en el *Noticiero*, de Zaragoza. Nos sorprende, pues, la noticia del hallazgo del *Hipparion gracile* y demás especies pontienses en la misma localidad. Quisiéramos contribuir a través de esta nota a despejar esta extraña incógnita; pero hemos de confesar que, por el momento, la cuestión se presenta harto difícil. No es posible dudar de la buena atribución de los restos estudiados en el Museo de Lyon, aunque debemos hacer constar que la determinación de las especies *Hipparion gracile* y *Gazella deperdita* fué hecha a base de sólo algunos huesos (un metatarso y un astrágalo, en el primer caso, y algunos huesos largos, en el segundo); la del *Hyaenarctos arctoides*, por una sola tuberculosa inferior. Recuérdese lo dicho más arriba al hablar del *Anchitherium* sobre la talla de los huesos.

De otro lado, la existencia de un *Ceratorhinus* de talla superior a la del *C. sansaniensis* ha de recordarse como característica también del yacimiento de Palencia al lado de las especies vindobonienses, por lo que hubiera podido ser posible que el *C. schleiermacheri* referido por los paleontólogos franceses fuera el mismo *Ceratorhinus* de gran talla descrito por nosotros más arriba y que se acerca a las dimensiones del *C. hispanicus* de Dantín, más aun teniendo en cuenta que las determinaciones se hicieron a base de algunos molares sueltos. Recuérdese también la existencia de un metacarpiano atribuido por nosotros al *Anchitherium aurelianense*

a pesar de sus medidas algo grandes. Pero la existencia del *Anchitherium* en Monteagudo a base de dientes es indiscutible, según el testimonio del P. Lacarra, cuya descripción de los mismos no deja lugar a dudas. No tenemos pruebas directas, en cambio, del hallazgo de piezas dentarias del *Hipparion gracile*.

Hemos indicado más arriba, es verdad, el paso del *Lisotriodon* al Pontiense inferior o Meótico en nuestro yacimiento de Hostalets de Pierola, en el Vallés-Penedés, asociado allí con el *Hipparion gracile*. Pero las características de los ejemplares de este último yacimiento no nos permiten todavía afirmar si se corresponden a las de la especie-tipo de Von Meyer. Pero, por lo demás, la coexistencia de esta especie con un *Ceratorhinus* de la talla del *sansaniensis* y con un *Palaeomeryx*, género no conocido hasta ahora del Pontiense, nos hacen suponer que el nivel de las yeseras de Monteagudo, por las especies descritas por nosotros, debe ser considerado como máximo del Vindoboniense más alto, en la linde misma con el Pontiense.

Entonces, ¿cómo es posible admitir la existencia en el mismo yacimiento del *Mastodon longirostris* y del *Tragocerus amalthea* determinados por Deperet y Roman? Nuestras suposiciones, apuntadas ya más arriba, nos inclinan a creer en la existencia de algún otro nivel fosilífero en la localidad navarra. En la obra citada por el doctor Royo y Gómez (1) se habla de "areniscas amarillas y rojizas que en Monteagudo contienen *Hipparion gracile*", siendo así que los ejemplares que hemos descrito y aquellos a que se refieren los Padres Lacarra, Avellaneda y Navás, sabemos que son de las yeseras. Ya hemos dicho en la parte de Estratigrafía que a las capas yesosas de Monteagudo se superponen materiales de areniscas y margas amarillo-rojizas que afloran en las cercanías de las yeseras; la observación, muy somera, de las cuales en

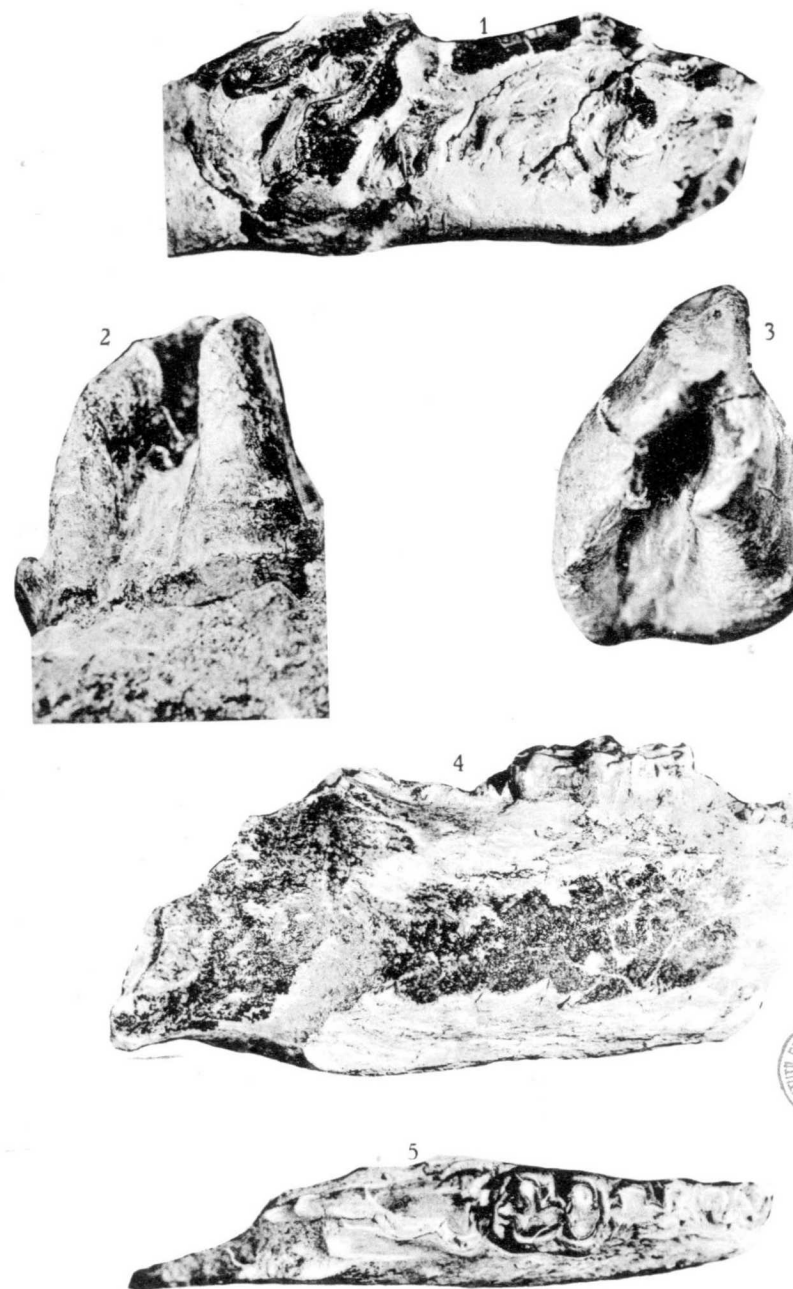
un pequeño sector fué negativa desde el punto de vista paleontológico. ¿Pero no pudieron proceder de ellas los restos a que se refiere la nota del *Boletín de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales*? ¿No existirían entonces dos niveles fosilíferos distintos? Este es el estado actual de la cuestión. No podemos aventurarnos a una decisión definitiva por una u otra hipótesis hasta que no se puedan obtener datos más precisos con la observación de un material más abundante. Esperamos algún día poder dar con la clave de este interesante problema que tanto ha de contribuir al conocimiento de las faunas paleomastológicas de España.

Barcelona, Laboratorio de Geología de la Universidad. Noviembre de 1945.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—ROYO Y GÓMEZ (J.).—“Tectónica del Terciario continental ibérico”. *Comptes-Rendus de la XIV session du Congrès Géologique International*. Deuxième fasc.—Madrid, 1927.
- 2.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.) y DANTIN (J.).—“Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia.” *Memoria núm. 5 de la Com. de Invest. Paleont. y Prehist.*—Madrid, 1915.
- 3.—FERRANDO MÁS (P.).—“Nota preliminar sobre el yacimiento fosilífero de Nombrevilla (Zaragoza).” *Publ. de la Acad. de Ciencias Exactas Físico-quím. y Nat. de Zaragoza*.—Zaragoza, 1924.
- 4.—HERNÁNDEZ-PACHECO (F.).—“Nota sobre la estratigrafía y los mamíferos miocénicos de Nombrevilla (Zaragoza).” *Bol. del Instituto Geol. y Min. de España*, tom. XLVII.—Madrid, 1926.
- 5.—BATALLER (J. R.).—“El *Anoplotherium commune*, Cuvier, del eocénico superior de Sosis (Lérida).” *An. de la Asoc. Esp. para el Progreso de las Ciencias*, año VIII, núm. 3.—Madrid, 1943.
- 6.—DEPERET (CH.).—“Etude de la faune oligocène de Calaf.” *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 3ème ser. Tomo XXVI.—Paris, 1899.
- 7.—VIDAL (L. M.).—“Compte-rendu des excursions dans la province de Lérida.” *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 3ème ser. Tomo XXVI. Paris, 1899.
- 8.—VIDAL (L. M.) y DEPERET (CH.).—“Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña.” *Mem. de la R. Acad. de Cienc. y Artes de Barcelona*, 3.ª serie, vol. V.—Barcelona, 1906.
- 9.—ROMAN (F.).—“Contribution a l'étude de la faune de mammifères des Littorinenkalk (Oligoc. sup.) du bassin de Mayence.” *Trav. du Lab. de Géol. de la Fac. de Scien. de Lyon*, fasc. VII, Mem. 6.—Lyon, 1924.
- 10.—FILHOL (H.).—“Etudes sur les mammifères de Sansan.” *Ann. des Scien. Geol.*—Paris, 1891.
- 11.—HERNÁNDEZ-PACHECO (F.).—“Fisiografía y paleontología del territorio de Valladolid.” *Memoria núm. 37 de la Com. de Invest. Paleont. y Prehist.*—Madrid, 1930.
- 12.—VILLALTA (J. F.) y CRUSAFONT (M.).—“Segona nota sobre els mamífers miocénics del Vallès.” *But. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.* vol. XXXIV.—Barcelona, 1934.
- 12 bis.—DUPUY DE LOME-CALEYA.—“Nota acerca de un yacimiento de mamíferos fósiles en el Rincón de Ademuz (Valencia).” *Bol. del Inst. Geol. y Min. de España*, tomo XXXIX.—Madrid, 1918.

- 13.—VILLALTA (J. F.) y CRUSAFONT (M.).—“Los vertebrados del Mioceno continental del Vallés-Penedés (Barcelona).” *Public. del Mus. de Sabadell, Sección de Paleontología*.—Sabadell, 1941.
- 14.—ROMAN (F.) y TORRES (A.).—“Le Neogène continental dans la basse Vallée du Tage (rive droite).” *Com. du Serv. Geol. de Portugal*. Lisboa, 1907.
- 15.—VILLALTA (J. F.) y CRUSAFONT (M.).—“Nuevos carnívoros del Vindoboniense de la cuenca del Vallés-Penedés.” *Not. y Com. del Ins. Geol. y Min. de España*, núm. 13.—Madrid, 1944.
- 16.—DEPERET (CH.).—“Vertebres miocènes de la Vallée du Rhone.” *Arch. du Mus. d'Hist. Nat. de Lyon*, vol. IV.—Lyon, 1887.
- 17.—COLBERT (E. H.).—“An Upper Miocene Suid from the Gobi Desert.” *American Museum Novitates*, núm. 690.—Nueva York, 1934.
- 18.—DANTIN (J.).—“Acerca de un molar de *Listriodon splendens*, V. Meyer, hallado en Jadraque (Guadalajara).” *Asoc. Esp. para el Prog. de las Ciencias. Congreso de Salamanca*, tomo VI.—Madrid, 1924.
- 19.—ROMAN (F.) y VIRET (J.).—“La faune de mammifères du Burdigalien de La Romieu (Gers).” *Mem. de la Soc. Géol. de France*, Nouv. Ser. Tomo IX. Fasc. 2-3. *Mem.* núm. 21.—Paris, 1934.
- 20.—MAYET (L.).—“Etude des mammifères miocènes des sables de l'Orléannais et des faluns de la Touraine.” *Ann. de l'Université de Lyon*, Nouv. Ser. Fasc. 24.—Lyon, 1908.
- 21.—STEHLIN (H. G.) et HELBING (H.).—“Catalogue des ossements de mammifères tertiaires de la Col. Bourgeois.” *Bull. de la Soc. d'histoire Nat. et d'Antrop. de Loir-et-Cher*, Blois, 1925.
- 22.—LYDEKKER (R.).—“Catalogue of the fossil mammalia of the British Museum (Natural History).”—London, 1885.
- 23.—DOUGLASS (E.).—“*Dromomeryx*, a new genus of American Ruminants.” *Ann. of the Carnegie Museum*, vol. V.—Lancaster, 1908-9.
- 24.—HERNÁNDEZ-PACHECO (E.).—“Los vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica.” *Mem. núm. 4 de la R. Soc. Española de Hist. Nat.*, tomo IX.—Madrid, 1914.



J. F. de Villalta y M. Crusafont.—El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)

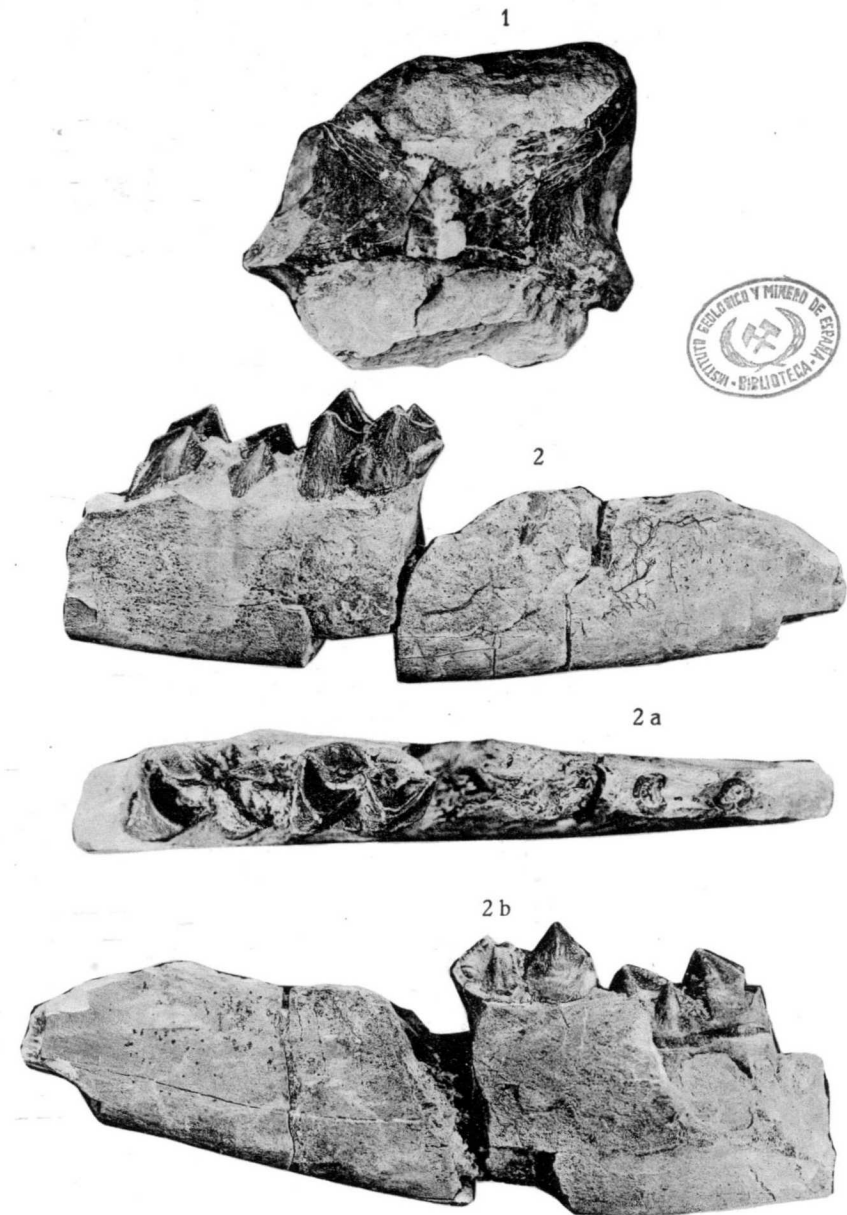
Fig. 1 *Ceratorhinus sansaniensis* (Lartet).—Fragmento de maxilar con M 1 y M 2 fragmentados y M 3. Tam. 2/3. Vindoboniense. Monteagudo.

Fig. 2 *Ceratorhinus* sp.—M 3 superior derecho. Tam. nat. cara interna. Vindoboniense. Monteagudo.

Fig. 3 *Ceratorhinus* sp.—La misma pieza de la figura anterior, vista por la superficie oclusal.

Fig. 4 *Listriodon splendens* Meyer. var. *major* Roman.—Fragmento de mandíbula derecha con raíces del P 4, fragmentos del M 1, el M 2 y alvéolo del M 3. Cara externa.—Am. 2/3. Vindoboniense. Monteagudo.

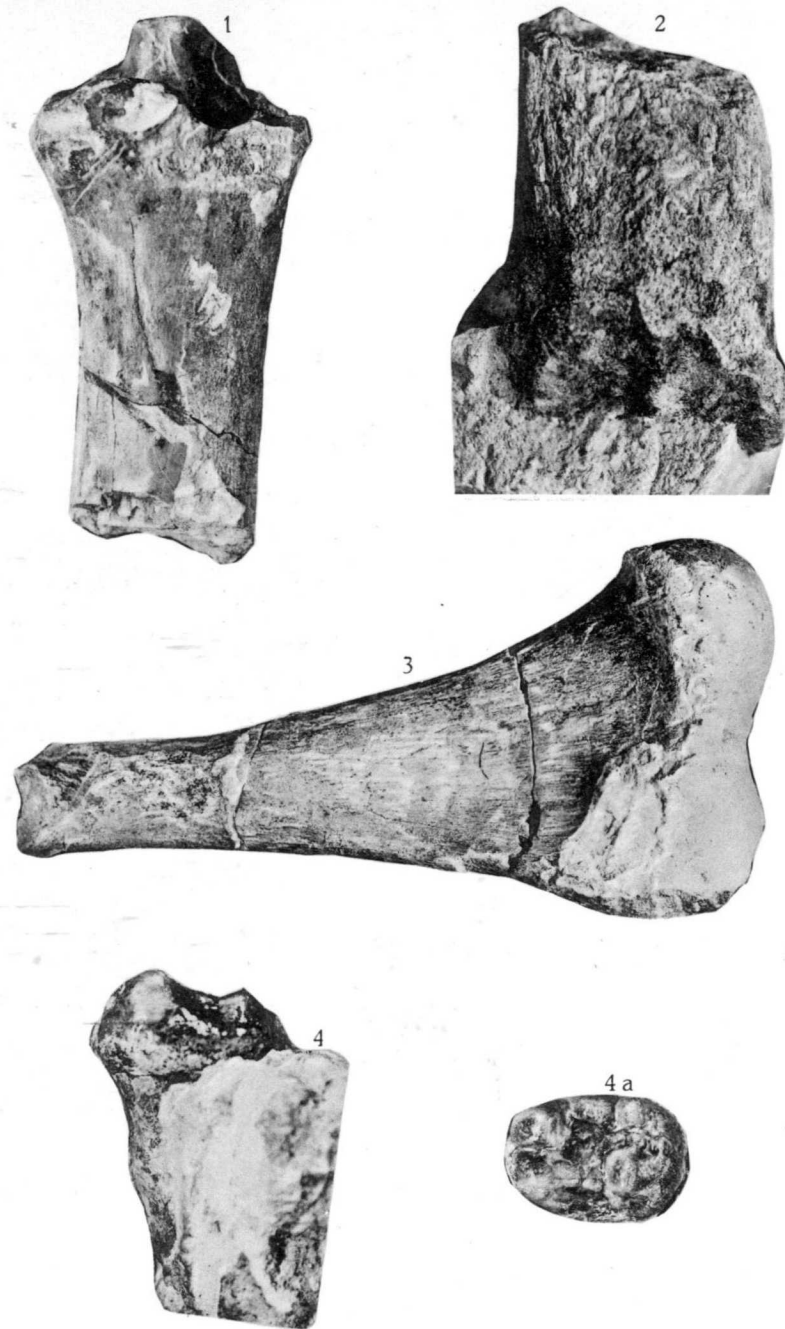
Fig. 5 *Listriodon splendens* Meyer var. *major* Roman. La misma pieza de la figura anterior, vista por la superficie oclusal



J. F. de Villalta y M. Crusafont.- El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)

Fig. 1 *Listriodon splendens* Meyer var. *major* Roman. Atlas. Tam. 2/3. Vindoboniense. Monteagudo.

Fig. 2 *Palaeomeryx kaupi* Meyer.—Fragmento de mandíbula derecha con alvéolos de D 2 y D 3 y M 1 y M 2. Cara externa. Tam. nat.—Fig. 2 a.—La misma, vista oclusal. Fig. 2 b.—La misma, cara interna. Vindoboniense. Monteagudo.



J. F. de Villalta y M. Crusafont.-El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)

Fig. 1. *Palaeomeryx kaupi* Meyer. — Extremidad distal de tibia. Tam. aprox. nat. Vindoboniense. Monteagudo.

Fig. 2. *Anchitherium aurelianense* Cuvier. — Extremidad distal de un metacarpiano. Tam. nat. Vindoboniense. Monteagudo.

Fig. 3. *Mastodon angustidens* Cuvier. — Extremidad proximal de un húmero. Tam. 2/5. Vindoboniense. Monteagudo.

Fig. 4. *Mastodon angustidens* Cuvier. — P 3 inferior. Vista lateral. Tam. nat. Vindoboniense. Monteagudo. Fig. 4 a. La misma pieza vista por la superficie oclusal.

**EL Terciario Numulítico Fertil
de Guecho (Vizcaya)**

POR

MAXIMO RUIZ DE GAONA SCH. P.

MAXIMO RUIZ DE GAONA SCH. P.

EL TERCIARIO NUMULITICO FERTIL DE GUECHO (Vizcaya)

Desde mi estancia durante cinco años en Bilbao ejerciendo el ministerio propio de mi profesión, permanecían guardadas unas muestras pequeñas, recogidas en la zona de margas de Punta de La Galea, que por contener alguna fauna estaban en espera de tiempos de mejor preparación para su estudio. Cuando les llegó su turno pude apreciar en ellas la presencia de fauna terciaria, aunque en mal estado de conservación para especificar sus componentes, produciendo en mi ánimo fuerte sacudida emotiva, porque conociendo la atribución tradicional desde Adán de Yarza (29), que consideraba dichos terrenos dentro del cretácico senoniense, y no teniendo noticia de las publicaciones del Ingeniero de Minas D. Emilio de Jorge (9), me encontraba en posesión de pruebas demostrativas irrefutables de un terreno no conocido en el Abra.

La idea de rectificar una concepción anticuada y errónea me obligó a hacer un estudio del terciario de las márgenes del Abra, pudiendo entonces hacer acopio de una serie de muestras con abundante fauna numulítica, con la complacencia consiguiente, pero que fué encauzada dentro de sus verdaderos límites en la Jefatura de Minas donde quise documentarme; me urgía también la necesidad del conocimiento stratigráfico de la margen izquierda de la ría para situar

la rica fauna que venía descubriendo. Entonces fué cuando el Ingeniero Sr. Puente puso en mi conocimiento, y a mi disposición, el número 6 de *Anales y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, correspondiente al año 1936, con el trabajo del Sr. de Jorge "El Eoceno en Vizcaya".

Acabada su lectura vi que, si había de renunciar a ser el primero en dar a conocer la formación terciaria vizcaína, todavía quedaba amplio margen de estudio en el aspecto paleontológico, tratado con harta concisión por el autor. Rehice, pues, mis observaciones sobre el terreno para completar mis muestras y señalar, a ser posible, el total de horizontes fértiles, para lo que juntamente precisaba el conocimiento de los verdaderos límites de la formación y sus relaciones con las colindantes, lo que equivalía a verificar, asimismo, el estudio estratigráfico y tectónico.

De este modo quedó comprobado el acierto del Sr. de Jorge, pero igualmente se logró comprobar que ciertas apreciaciones del autor no se ajustaban a la realidad.

Acababa de hacer el estudio de la serie terciaria de la costa guipuzcoana, acompañado del Sr. Mendizábal (D. Joaquín), Ingeniero de Minas, y del Dr. D. Joaquín Gómez de Llarena, habiendo quedado en esta tarea delimitada plenamente la extensión del Flysch cretácico y del Eoceno, por el hallazgo en Zumaya de grandes *Ammonites* junto a numerosas conchas de *Inoceramus*, en hiladas inferiores a la faja de calizas y margas rosadas, fauna que no se ha podido encontrar en el Flysch terciario guipuzcoano, de tan grande extensión y desarrollo en algunos puntos, sobre todo entre las poblaciones de Guetaria y Zumaya.

Este punto del deslinde del Cretácico y del Eoceno resultaba caballo de batalla hasta ese momento, y su indecisión, plasmada en la obra de F. de Azpeitia Moros, sobre

"el Flysch de la costa" (3), influyó ciertamente en el señor De Jorge.

Creo, pues, que debe intentarse una rectificación en las apreciaciones de mi buen amigo D. Emilio, para dejar en su punto los conocimientos que hoy tenemos sobre esta mancha numulítica en Vizcaya. Todavía falta no poco para completarlos, singularmente atendiendo a su extensión, pero asimismo creo que la situación estratigráfica de los lechos margosos y margocalizos está definitivamente completada por una fauna tan copiosa como variada.

En este trabajo sólo se ha puntualizado la representada por los diferentes géneros numulíticos, no obstante ser también abundante y de no poco interés, a juicio de D. Guillermo Colom, la sinecología de los pequeños foraminíferos, sin que deban olvidarse los briozoarios, gatrópodos, espongiarios y equinodermos.

Causas ajenas a mi voluntad me han impedido eliminar ciertas deficiencias y comprobar puntos que hoy se exponen con carácter supositorio; mas espero (D. m.) poder algún día completar mis observaciones sobre el terreno, como del propio modo revisar algunos niveles fosilíferos, que han de manifestar, a no dudar, pormenores de interés filogenético, que hoy por hoy, al no poseerlos, me obligan a prescindir de esta cuestión, y aun sospecho que especies no conocidas.

Réstame expresar mi mayor reconocimiento a los señores Emilio de Jorge, Gómez Lluca, Puente, G. Colom, J. Mendizábal y J. Gómez de Llarena, por su prestación desinteresada siempre que he tenido que acudir a su consejo o ayuda.

I

Van a establecerse unas observaciones, que son fruto de varios días de recorrido sobre el terreno en distintos itinerarios, aprovechando las vías naturales y a veces a campo traviesa. Con ello he podido darme cuenta, a mi parecer, bastante exacta de la formación terciaria en el conjunto de sus aspectos tectónico, estratigráfico y paleontológico.

La estructura tectónica de la mancha terciaria de Guecho es por demás sencilla, particularmente en la parte NO., pues queda reducida, como dice De Jorge, a un sinclinal de ramas disimétricas, manifestándose esta asimetría en la mayor vergencia del flanco NE., que puede alcanzar 70 grados y aun más, mientras que la rama opuesta no pasa de los 40. Ello pone a la vista las direcciones de empujes dirigidos del NE. al SO., actuando directa, pero no inmediatamente sobre los estratos terciarios de la parte de Plencia, mientras que los del lado de Algorta se comportaban pasivamente.

Un poco se complica en el extremo SE. del eje sinclinal. Aquí debieron influir, sin duda, las acciones orogénicas del bloque eruptivo traquítico de Axpe elevando los estratos secundarios hasta más de 60 grados, como se percibe en el caserío de Las Motas, de Erandio, siendo causa de los plegamientos de las capas tableadas del kilómetro 13 de la carretera del monte Umbe, con cambio de dirección en el eje. A esta misma causa han de atribuirse los plegamientos de la facies flysch cretácica de Elorrichu y otras.

La cuestión estratigráfica muestra ciertas divergencias en mis observaciones con respecto a las ideas expresadas por el descubridor de la mancha terciaria, diferencias que que-

darán mejor expuestas siguiendo los itinerarios en que las aprecié.

a) *Algorta-Plencia.*

Verificado en dos etapas en sentido contrario: desde Algorta al Faro de Punta de La Galea, la primera, y desde Sopelana al mismo lugar la otra.

El conjunto corresponde a la descripción del Ingeniero de Minas de Alsua. Pero dentro de la homogeneidad de la serie pueden distinguirse dos partes, y aun mejor tres: 1.ª Areniscas básicas eocenas; 2.ª Conjunto margoso de la extensión total de la playa de Arrigúnaga, en Algorta, y 3.ª Series alternantes de margas y calizas margosas hasta el Faro.

Todo este flanco sinclinal ha sido enormemente reducido por la acción destructora de las aguas marinas y pluviales sobre materiales fácilmente disgregables, favorecida por la misma inclinación de los estratos. De ello resulta la pequeña extensión comparativamente que ocupan normalmente al eje del plegamiento, en relación al flanco opuesto.

Las areniscas, de limitado espesor, tienen gran semejanza con las que se observan en la serie terciaria guipuzcoana, principalmente en la entrada del puerto de Pasajes. Como allí, pueden también apreciarse algunas pistas. Reposan directamente y paralelas a las margas diversicolores de facies flysch, que contienen abundantes pistas del tipo *Condrites*, pero existiendo entre ambas capas una verdadera discordancia estratigráfica; su grano es más bien grueso, y, sin duda, los elementos silicosos estuvieron cementados por carbonato cálcico, que ha desaparecido por meteorización química, que parece indicarlo la escasa trabazón de sus componentes.

No puedo afirmar que encerrasen fauna numulítica; mas la experiencia en las molasas guipuzcoanas previenen su posibilidad, ya que allí comprobamos repetidas veces la exis-

tencia de foraminíferos briozoarios, bivalvos y aun apéndices cefalotorácicos de crustáceos, en maciños calizos que aparentemente estaban desprovistos de toda manifestación biótica.

Este conglomerado, de formación sublitoral y quizá más propiamente litoral, si no olvidamos las pistas que conserva, puede ser considerado aquí como verdadero conglomerado de base, que señala un momento inicial de transgresión marina, la primera y única transgresión terciaria de esta zona.

No existe otra hilada areniscosa en esta zona.

A partir de ella se desarrolla con gran espesor, que aprecio en varios centenares de metros, un serie de margas grises, ligeramente azuladas al aire, y azuladas cuando están humedecidas, en la parte inferior, y grises con tonos verdosos de glauconia en los niveles más altos; está formada por estratos delgados y muy plegados en la parte superior. En ellas señala Emilio de Jorge la presencia de *Inoceramus*.

Aparece claramente separada en dos tramos no iguales por unas capas de caliza margosa, compacta, dura, de estructura conglomerática, repleta de numulíticos, espongiarios, briozoarios, dientes de selacios, etc., que se manifiestan con claridad en la base al ser ésta descalcificada por la acción de las aguas de las mareas y de las olas. Esta fauna es evidentemente elevada en la serie numulítica, pues ya se cuenta con *N. millecaput*, cuyo megalosférico se halla bien desarrollado y con numerosos individuos.

Por esta causa se me hace muy cuesta arriba creer en la existencia de *Inoceramus* en la parte superior de los tramos margosos. Personalmente no he podido examinarlas por no ser accesibles sino en la base con marea baja, de la que no he podido aprovecharme en los días dedicados a estos terrenos.

Pero no debe olvidarse que la ubicación de *Inoceramus*, fósil del cretáceo superior, está ligada a la delimitación del flysch cretáceo y del Eoceno. Hasta el año pasado esta cues-

tión permanecía dudosa, no habiendo contribuido poco a ello los trabajos de F. de Azpeitia y Kindelán (16) sobre el flysch de la costa en el trayecto Zumaya-Guetaria.

Ya el Sr. Conde de Peñaflorida (D. Joaquín Mendizábal) (19) señaló con acierto como divisoria de los terrenos mesozóicos y terciarios la zona de caliza margosa rosada, si bien su atribución al Danense esté todavía pendiente de comprobación; pero la prueba definitiva fué hallada por el doctor Gómez de Llarena en excursión que hicimos juntos a Zumaya al dar con un amonitido de gran desarrollo (30 centímetros de diámetro) en el flysch de la estación del ferrocarril vascongado, junto a buen número de ejemplares de *Inoceramus*.

Este género lo hemos vuelto a encontrar repetidamente, pero siempre en las capas inferiores a la caliza rosa y jamás en las superiores. Resulta el único elemento característico, junto con los escasísimos amonoides, para separar ambas formaciones, pues los numerosísimos ejemplares de pistas nada aclaran, por lo menos de presente, hasta que se haga un estudio profundo de dichas pistas, ya que la mayor parte puede contemplarlas el observador tanto en la facies flysch inferior como en la superior de la caliza rosa.

La tercera parte está constituida por un serie de capas de relativo poco espesor de margas y calizas margosas más o menos compactas.

En ellas se desarrolla una serie de horizontes fosilíferos, predominantemente numulíticos, de los que tengo señalados no menos de seis.

Tanto en lo restante de este flanco como en el flanco opuesto del sinclinal coinciden mis apreciaciones con las del Sr. De Jorge, excepción hecha de las de las capas de la base.

La playa de Azkorri, formada por el desgaste de las aguas sobre estratos poco consistentes, al resguardo el espigón oriental, está en su conjunto integrada por series alternantes de

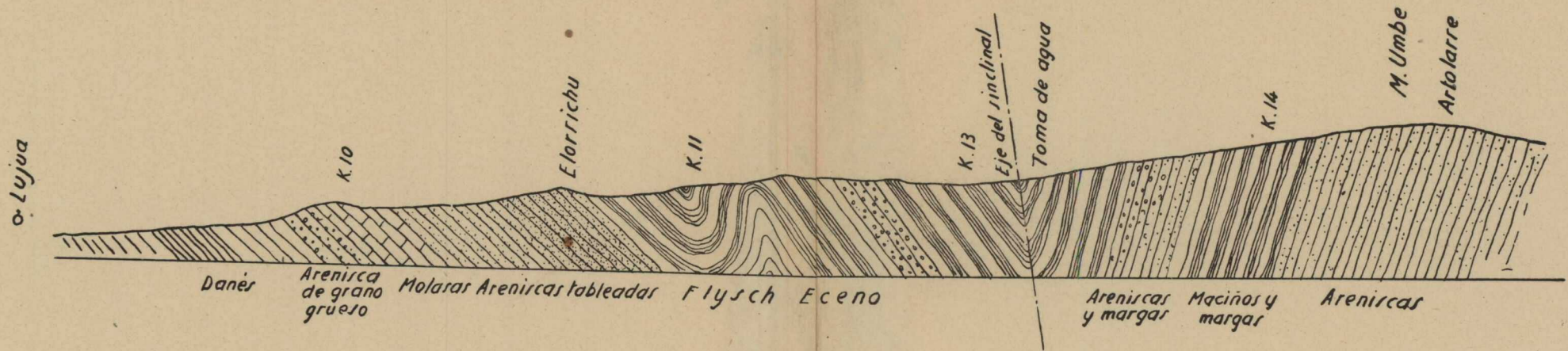
maciños (conservo la denominación de De Jorge) y capas margosas. Las más inferiores son de grano fino y aparecen totalmente descalcificadas, pero los restantes son predominantemente calizas con granitos silíceos grises o rosados, de aristas desgastadas y redondeadas, conteniendo toda fauna numulítica más o menos abundante dentro de su escasez. Debo hacer notar que sólo en tramos calizos se pueden ver con frecuencia secciones de *Alveolinas* del tipo *Alv. subpyrenaica* y *Alv. ovoidea*. Sólo después de estas series es dado alcanzar las margas homólogas a las de la playa de Arrigúnaga, aunque la verticalidad del cantil no ofrezca ocasiones de contemplar los diversos horizontes fosilíferos del otro flanco, sino en el punto de la desembocadura de las cloacas de Bilbao, conocido con el nombre de Kakaleku, en que se reproduce el nivel de grandes *N. millecaput*.

b) *Lujua-Monte Umbe-Las Motas-Algorta.*

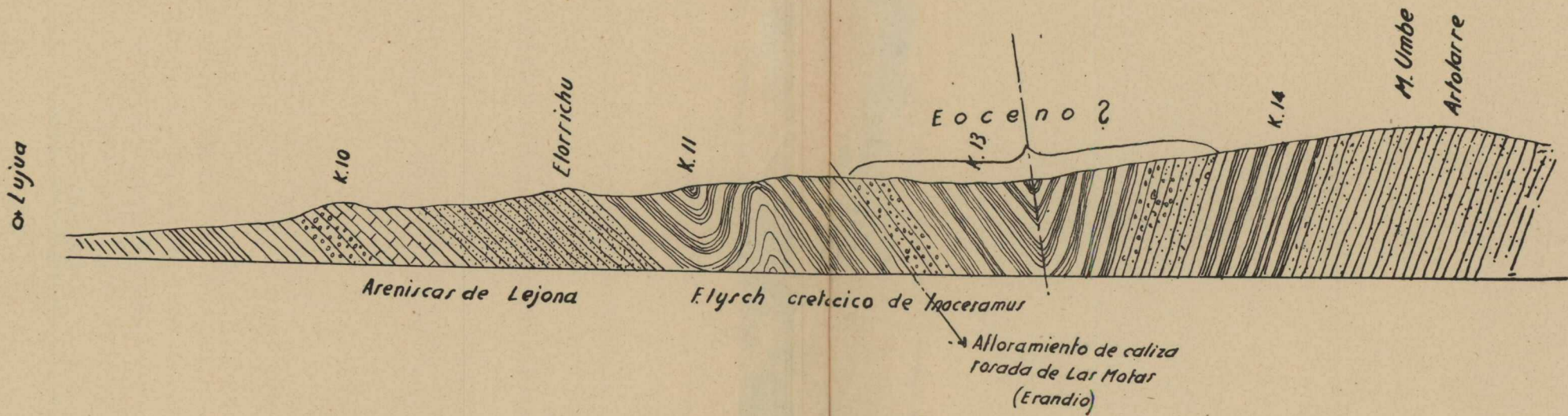
Este itinerario recorre todo el límite de la formación desde el SE. al NO. En él es donde he tropezado con más numerosos puntos diferenciales de los señalados en el trabajo "El Eoceno en Vizcaya".

Ni las areniscas que asoman en el kilómetro 10 de la carretera de Lujua a Umbe, ni las margas de Elorrichu y del kilómetro 11, pueden ser incluidas en el Terciario, sino que pertenecen claramente al Mesozoico.

Las areniscas soportan el paquete de margas plegadas de Elorrichu. Estas se continúan después del kilómetro 11 por la carretera del barrio de Las Motas (Erando) en corridas cortas, pero muy claras, con dirección E.-O. y buzamiento de 60 grados S. Pueden recogerse en ella ejemplares grandes de *Inoceramus* y equinodermos del género *Micraster*. Este es ya para mí un dato comprobante de su posición dentro del secundario. Pero la confirmación más clara la encuentro a



El mismo modificado por el autor



unos 200 metros al O. del barrio de Las Motas y a la derecha de la carretera en un asomo de calizas margosas rosadas que indican el piso Danés o por lo menos la zona delimitante del Cretáceo y del Terciario.

Sus caracteres son en todo los mismos que han sido examinados en la enorme extensión que ocupa en la costa de Guipúzcoa, tanto para su composición petrográfica como para la microfauna.

Exactamente la misma disposición estratigráfica se advierte subiendo desde Axpe por Lejona, el cual está edificado sobre un tramo de areniscas, de las que son continuación los asomos del kilómetros 10 de la carretera de Lujua, sobreponiéndose a ellas una potente serie de calizas margosas y margas, cuyos tramos superiores son los que afloran en Las Motas y en Elorrichu, para terminar en la caliza rosa ya dicha.

Con ello tenemos estrechado el dominio del Terciario en la zona SE.-NO. de modo sensible. Puede establecerse en el Umbe como mojón divisorio de ambos terrenos la bifurcación de la carretera poco antes de Las Motas.

Aquí, al no manifestarse la caliza rosa, reposan sobre las margas claramente cretácicas las areniscas arcillosas tableadas de color pardo-rojizo y pardo-amarillento, cuyos plegamientos forman en la toma de aguas, en que De Jorge sitúa el eje sinclinal eoceno un pequeño anticlinal. Resulta difícil la ubicación de estos tramos en el Eoceno tanto más cuanto que la carencia de fósiles parece absoluta. Sin embargo, y dado que el día metido en aguas no se mostró propicio a una investigación más a fondo, me es imposible precisar este extremo.

Entre el kilómetro 13 y 14 vuelven a aparecer formaciones con la misma dirección y vergencia NE., cuya composición litológica parece hacerlas coincidir con la facies flysch de la cantera de Aguirremendi.

c) *Azkorri-Berango y Neguri-Guecho-Berango-Neguri.*

Con estos recorridos se han seguido, primero, el límite inferior de la rama sinclinal del lado de Plencia en dirección NO.-SE., que se muestra en corrida extensa a través de los prados, y los otros cortando normalmente al eje del plegamiento todo el paquete de estratos de ambas ramas.

En Berango se altera notablemente la estructura, dominando la caliza sobre el elemento silicoso; de modo que hay hiladas de caliza gris compacta de aspecto litográfico. No ofrece ésta sino señales escasísimas de microfauna, mientras que la molasa encierra fauna numulítica, cuya obtención y estudio resultan trabajosos por el empaste y no poder observarlos sino en cortes transversales.

En la línea Neguri-Guecho, y entre la vía férrea y la carretera, desaparecen los estratos margosos del acantilado de La Galea, para dar lugar a niveles de arenisca, que se manifiestan espléndidos y bellamente reconocibles al hacer el recorrido en sentido contrario desde Berango a Neguri. Estos bancos de arenisca uniformes rara vez están separados por delgadas capas de margas arcillosas azuladas o grises y conservan invariable su dirección E.-O., con buzamiento de 60 grados. Aquí puede preguntarse si estos tramos pueden ser considerados como continuación de los estratos margosos y margo-calizos de Guecho.

La constitución lítica sufre un cambio radical, pasando a un dominio absoluto de la caliza, con ligero sedimento silíceo de granos sueltos y muy finos, a la desaparición completa del carbonato arcilloso, para traducirse en arena pura. No pude darme cuenta exacta del enlace de estas areniscas, y no sería perdida una búsqueda en tal sentido.

Las areniscas mencionadas soportan la zona flysch de Aguirremendi con idénticas medidas.

De todo lo antes expuesto se deduce que indudablemente la zona numulítica fértil es más limitada y no pasa de este marco: Algorta-acantilado costero hasta Azkorri-línea ferroviaria-Algorta, con el espolón Azkorri-Berango.

II

¿Cuál es el verdadero puesto que ocupan las capas terciarias vizcainas en la estratigrafía del Numulítico?

Sólo puede responderse a esta pregunta con las conclusiones que se deduzcan del estudio de la fauna, y ésta, adelantando ideas, no puede llevarlas más abajo de las que constituyen los niveles inferiores del Luteciense medio, o, si se prefiere, los niveles extremos superiores del Luteciense inferior; pero, en cambio, las últimas capas próximas al faro se hallan ciertamente dentro del Luteciense superior.

Don Emilio de Jorge remata su artículo con estas palabras, síntesis estratigráfica de su estudio: "Las areniscas y margas de Algorta y su playa pertenecen al Eoceno inferior, y las margas calizas de La Galea, al Eoceno medio" (9).

Los niveles más bajos vienen determinados a uno y otro lado del sinclinal por las areniscas de la playa de Arrigúnaga y los maciños de la de Azkorri. El tipo de comparación de estas formaciones debe referirse a formaciones similares de las series guipuzcoanas con las que tienen relación estrecha por su composición petrográfica, o a las vecinas de San Vicente de la Barquera en la zona terciaria cantábrica.

Sobre esta última tenemos los trabajos de Schriel (27), Ciry (8), Karremberg (15), Clemente Sáenz (26) y últimamente el de Ríos, Almela y Garrido (22); y aunque no todos estudian los mismos terrenos en extensión, todos compren-

den la región cántabra con bastante uniformidad. Además, Gómez Lluca estudia por su parte los yacimientos terciarios de San Vicente de la Barquera. Sin embargo, en una bibliografía de suyo bastante completa no encuentro relación de conformidad en cuestión de facies entre el Luteciense de Guecho y el de la región cántabra. Quizá se podría suponer esta relación por algunos croquis de H. Karremberg (15), sobre todo uno que se refiere al Paleoceno; pero debe advertirse que éste no ha sido hallado en Vizcaya. Tampoco puede establecerse relación de facies entre las zonas terciarias vizcainas y burgalesas. Es demasiada extensión la que las separa sin precisar jalones que puedan indicar esa suposición. Además de que el régimen sedimentario es completamente semejante.

En contra, con la zona guipuzcoana se presentan algunos puntos con conexión tan próxima que, a mi juicio, puede admitirse cierto estado correlativo no simultáneo, sino de sucesión.

Se ha hecho constar la similitud litológica de las areniscas de Arrigúnaga con tramos de la entrada del puerto de Pasajes. Los tramos maciñosos de Azkorri son tan semejantes en su estructura a los de la parte occidental y, en general, a la parte superior de la serie guipuzcoana, que, salvo un mayor predominio de la caliza, las muestras de Azkorri serían difícilmente discernibles de las del Terciario de la provincia hermana.

Kindelán (16), P. Lamare (17), H. Douvillé (10) y Stuart Menteth (20-21) son los que principalmente se han referido al Terciario guipuzcoano, siquiera el trabajo de Lamare aparece como una puesta al corriente de los conocimientos que se tenían hasta aquel entonces.

Apoyados en el testimonio de estos autores y en la observación conjunta realizada con el Dr. Gómez de Larena y

Conde de Peñaflorida puede afirmarse que los últimos sedimentos, es decir, los superiores, deben situarse en las zonas más bajas del Luteciense inferior por la falta de solución de continuidad en sus depósitos, pero no existe fauna característica que lleve terminantemente a esa solución. Indudablemente, juzgando por la fauna, los horizontes superiores de Guetaria-Zumaya pertenecen a la parte inferior del Paleoceno, o niveles altos del Cuisiense, por la presencia de *N. planulatus-elegans*, *N. aquitanicus-girondicus*, *N. murchosoni*, etcétera; pero estas especies no se presentan en las areniscas altas de Pasajes, y menos en las areniscas y maciñosos de Azkorri. Los *Nummulites* de Vizcaya en estos tramos, *N. guettardi*, *N. globulus*, *N. atacicus*, etc., no tienen poder de caracterización de pisos, por su gran extensión vertical; las únicas que pudieran decidir en esta cuestión serían las *Alveolinas*. Pero éstas, a lo sumo, podrían significar los últimos representantes de las calizas Lutecienses de *Alveolinas*, y por tanto exigir su inclusión en el Luteciense inferior más elevado.

Acaso las calizas margosas conglomeráticas de Arrigúnaga puedan también retrotraerse a estos horizontes. Su fauna está cementada por caliza dura, que al desaparecer por la lexivación diferencial de las aguas marinas se presentan en la base, más expuesta a los embates de las olas, con su carácter primitivo de conglomerado litoral. La denominación *litoral* viene avalada por la existencia de fragmentos de carapachos de equinodermos, tallos de crinoideos con pocos artejos, y artejos sueltos de Bourgueticrinidos, *Nummulites* fraccionados o de borde desgastado.

Entre ellos he logrado descifrar: *N. granifer* Douv., A y B; *N. lucanus* DeFrance, *N. globulus* Leym; *N. guettardi* d'Arch, *N. atacicus* Leym, *N. subatacicus* Douv., *N. laevigatus* Brug., *N. agostensis* Gómez Lluca (14), señalado por el propio autor de la especie; *N. millicaput* Boubée, *N. hel-*

veticus Kauf, *N. batalleri* Ruiz de Gaona, *N. gomezi* Ruiz de Gaona, *Assilina spira* de Roissy, *Ass. exponens* Sow, *Discocyclusina roberti* H. Douv., muy abundante y típica, *D. archiaci* Schlumberger, *D. sella* d'Arch.

Predominan las especies que, si su poder característico ha sido mermado en gran parte por su extensión vertical, todavía conservan cierta influencia, por sus modificaciones, dentro de la marcha evolutiva, como la mayor frecuencia de la disposición espiralada de los gránulos de *N. lucasanus*, y que, como advierte R. Abrard (2), no debe despreciarse, pues determina momentos más avanzados de evolución y con toda seguridad niveles superiores del Luteciense, como también es bastante buen indicio la sinecología.

No obstante, destacan tres grupos que pueden fijar con más precisión la correspondencia estratigráfica de la hilada: *Discocyclusina roberti* H. Douv., predominantemente del Luteciense medio, aunque ya aparezca en el Luteciense inferior, y en Punta de La Galea sigamos encontrándola en sus últimos estratos; *N. batalleri-gomezi*, especies nuevas, que han sido clasificadas por mí mismo y cuya descripción aparecerá en un trabajo remitido a Estudios Geológicos como colaboración al Instituto de Geología "Lucas Mallada", y cuya aparición en Urbasa pertenece a los niveles inferiores del Luteciense medio; finalmente, el grupo *N. millicaput-helveticus* ha sido tenido siempre como propio del Luteciense medio y superior. Por todo ello, acaso con más propiedad, no puede este primer yacimiento, verdaderamente importante por la calidad y número de sus especies, ser incluido correctamente en el Luteciense inferior, ni siquiera en sus niveles más altos.

Los restantes horizontes fosilíferos son ya todos superiores a los tramos exclusivamente margosos y propios de las series alternantes de margas y calizas. Este régimen sedimentario parece más propio de zonas algo profundas, es decir, las

correspondientes a hiladas margosas fácilmente desleibles; en cambio, las calizas margosas, por las improntas que conservan de pistas de anélidos, crustáceos, gastrópodos, etc., indican sedimentos litorales playeros que momentáneamente quedaban libres de las aguas. Es precisamente en ellos donde se conservan mejor las faunas; algunas, como el que en mi lista hace el número 3, y su simétrica de Kakaleku, constituyen un verdadero conglomerado de elementos faunísticos y nódulos margosos, o calizos de microforaminíferos.

He creído más breve y claro reunir todas las faunas de los distintos niveles en un solo cuadro, con indicación de su distribución estratigráfica, incluyendo únicamente los complejos numulíticos y agregando sólo aquellos otros no numulíticos de los que se puede deducir algún dato estratigráfico importante.

Al propio tiempo, y para que en él se tenga visión de la serie, se ponen los niveles ya mencionados de Azkorri y Arriúnaga; pero haré omisión del horizonte segundo, por resultar difícil alcanzar ejemplares bien dispuestos a la determinación específica, advirtiendo desde luego en él la pareja *N. millicaput-helveticus* bien desarrollada.

DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA EN LOS DIFERENTES HORIZONTES ESTUDIADOS

ESPECIES	Luteciense inferior (?)		Luteciense medio						
	Az-korri	1	3	Kaka-leku	4	5	6	7	8
<i>Nummulites atacicus</i> Leym.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. subatacicus</i> Douv.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. globulus</i> Leym.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. guettardi</i> d'Arch.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. batalleri</i> Ruiz de Gaona.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. gomezi</i> Ruiz de Gaona.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. sp.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. millicaput</i> Boubée.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. helveticus</i> Kauf.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ESPECIES	Luteolense inferior (?)		Luteciense medio				Luteciense superior		
	Az-korri	1	3	Kaka- leku	4	5	6	7	8
<i>N. lucasanus</i> DeFrance.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. granifer</i> Douv.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. laevigatus</i> Brug.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. agostensis</i> Gómez Llueca.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. colomi</i> Ruiz de Gaona.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. perforatus</i> (Denys de Mont)...	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. rouaulti</i> d'Arch y Haime.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>N. brongniarti</i> d'Arch y Haime....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Assilina praespira</i> H. Douv.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ass. spira</i> (de Roissy).....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ass. exponens</i> Sow.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ass. mamillata</i> d'Arch.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Operculina ammonaea</i> Leym.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>O. subammonaea</i> Donc.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>O. alpina</i> H. Douv.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>O. canalifera</i> d'Arch.....	?	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Discocyclus archiaci</i> Schlumberger.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Discocyclus pratti</i> Mich.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. fortisii</i> d'Arch.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. corbarica</i> Donc.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. sella</i> d'Arch.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. sella</i> d'Arch var. plana.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. scalaris</i> Schlum.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. cf. strophiolata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. douvillei</i> Schlum.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. cf. martae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>D. roberti</i> H. Douv.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Arterodiscus stella</i> Gumbel.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. stellaris</i> Brunn.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. taramelli</i> Schlumberger.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Actinocyclus praeradians</i> H. Douv.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. radians</i> ? d'Arch.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A. variegata</i> ? Gumbel.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sérpula spirulaea</i> Lamk.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Como se aprecia rápidamente en el cuadro, los yacimientos son lo bastante homogéneos para que no puedan ser separados por pisos con exactitud. La presencia de *N. millecaput* Boubée en todos los horizontes es un testigo funda-

mental que obliga a incluir en el Luteciense medio aun los niveles más bajos, como se ha dicho para el de Arrigúnaga, donde, si, cierto, del microsérico no poseo más que un solo ejemplar y pequeño (de unos 12 milímetros de diámetro), la forma A, *N. helveticus* Kauff, tiene todos los caracteres de la especie en ejemplares no escasos.

El yacimiento número 3 se sitúa en una senda estrechísima y peligrosa, practicada por pescadores de percebes y mejillones, que conduce desde la parte alta del acantilado frente al cementerio de Guecho hasta el mar. En su fauna son de notar: el gran tamaño de *N. millecaput*, que, completando su desarrollo, puede alcanzar 70 milímetros de diámetro, como el Kakaleku; *Assilina spira* de Roissy y *Ass. praespira* H. Douv.; la microsérica, citada ya en Arrigúnaga, se menciona en Punta de La Galea por primera vez en España de modo seguro, a juicio de Gómez Llueca, pudiendo alcanzar aquí su plena evolución con 40 milímetros de diámetro; *N. batalleri* Ruiz de Gaona y *N. gomezi* Ruiz de Gaona comienzan a modificarse, como en el nivel correspondiente de Urbasa, disminuyendo el espesor de la lámina espiral y acortando las distancias que las separan de *N. striatus*. Por más que los ejemplares sean muy raros, no debe pasarse por alto el hecho de que en este nivel haga su aparición por vez primera en Guecho *N. perforatus* Montfort, especie que a seguido se multiplica con gran lujo de variaciones de tamaño y forma. Asimismo es aquí donde hallo los primeros ejemplares de *Sérpula Spirulaea* Lamk, muy bien formados y grandes.

Sin duda es este horizonte donde mejor caracterizado está el Luteciense medio. A partir de él, las especies van aproximándose más y más a los niveles superiores del piso, de modo que los dos últimos manifiestan en su fauna una concomitancia muy marcada con especies bartonienses.

N. perforatus-rouaulti se muestra muy polimorfo, pudien-

do distinguirse, por su tamaño, forma, espesor y caracteres de espira, las variedades *aturensis* d'Arch; *columbrensis* d'Arch; la subvariedad *delta* d'Arch, y, acaso, alguna otra.

N. brongniarti d'Arch y Haime aparece bien desarrollado con 22 milímetros en el horizonte 4.º; después llega a medir 25 milímetros.

Por lo que concierne al género *Actinocyclus*, sus representantes son tan pocos que apenas puede indicarse su presencia en los niveles 4.º, 6.º y 8.º; en el primero de ellos hay unos ejemplares poco claros, desgastados, difícilmente distinguibles entre *A. radians* d'Arch y *A. varicosta* Gumbel; estas especies son tenidas por Bartonenses, siendo conocidas con seguridad en el Luteciense sólo *A. praeradians*, a la que corresponden algunos ejemplares del horizonte 6.º, por su botón central, bien claro y separado de los radios. Las dos especies anteriores no pueden ocupar aquí sino un lugar provisional, dados sus caracteres poco convincentes.

Voy a referirme particularmente a una *Orthophagmina* poco conocida en España. En "Los numulítidos de España" sólo se la conoce en la Sierra de Puerta (Murcia); pero aquí, en el norte, la he encontrado con profusión en todo el Luteciense, en yacimientos tan apartados como Peña Lacarri (al E. de Pamplona), Ilzarba (Valle de Ollo), Urbasa y La Galea. En este último adquiere todo su esplendor y variedad de formas, extendiéndose verticalmente por todo el Luteciense, ganando los niveles superiores de este piso donde su presencia no era todavía conocida.

El sabio numulitólogo español Dr. Gómez Lluca, mi distinguido amigo, tuvo la bondad de hacerme una observación, que después la he visto repetida muchas veces, de que junto a ejemplares típicos "existen otros que tienen modalidad especial y quizá conviniese hacer de ellos una especie nueva".

Los caracteres específicos de *D. roberti* H. Duov. radi-

can (13) "en un fuerte botón central saliente, provisto de un número variable (5-7) de gruesas pústulas, casi siempre dispuestas irregularmente, y en un fino disco de bastante anchura con granulaciones análogas, pero más pequeñas y más irregulares".

Pues bien: son numerosas las formas en que el botón central ha desaparecido como tal, o atenuándose convierte la concha en una *Discocyclus* lenticular con gránulos numerosos (más de 20) de disposición irregular, pero que a veces se disponen en circunferencias concéntricas poco regulares.

Otros ejemplares conservando el dispositivo peculiar de los gránulos pierden el limbo, no por fractura, dando como resultado unas formas de pequeño diámetro, gruesas, y de borde redondo; en ellas las granulaciones no son salientes, sino que toman la apariencia de manchas y acaso mejor de perforaciones recubiertas con fondo oscuro y brocal blanquecino, siendo preciso someterlas a líquidos aclarantes para destacarlas; sólo así se hace posible distinguir las de ciertos *Nummulites*, como *N. gomezi*, por ejemplo, cuyos filamentos no se perciben.

En este último tipo las formas jóvenes no han desarrollado sino una mancha central, apareciendo con la edad las restantes. Es notable que aquí el número de pústulas se mantiene aproximadamente el mismo que en la especie de H. Douvillé.

Acaso podría pensarse que no se trata más que de modificaciones locales debidas a circunstancias de *habitat*; sin embargo, las mismas variantes han podido ser observadas en otros yacimientos: la última, en Ilzarbe, y la primera, en Peña Lacarri; todos en régimen de sedimentación margosa.

Por ello, y atendiendo a su extensión en la zona del numulítico, me inclino a seguir la sugestión del ilustre amigo; pero no me atrevo a hacer de esas variantes especies distintas, porque creo que tales caracteres externos solos no justifican la

especificación; habría que estudiar la forma de las cámaras en la sección media, así como la formación de los pilares que originan las pústulas, para tener fundamento realmente específico. He aquí por qué, considerándolas algo más que razas locales, tengo que pueden admitirse como variedades específicas nuevas dentro de una sola y misma especie.

Propongo las denominaciones de *Discocyclina roberti* H. Douv. var. *Llarenai* n. var.; comprendiendo en ellas las formas lenticulares, o con botón atenuado, con numerosas pústulas bien marcadas y más finas que en el tipo específico, disminuyendo algo el tamaño a medida que se alejan del centro, con limbo estrecho, fino y cortante o casi cortante; y *Discocyclina roberti* H. Douv. var. *vasconica* n. var. para el tipo pequeño, grueso, borde redondeado más o menos espeso, sin limbo o con apenas reminiscencia de él y pústulas no salientes reducidas a manchas.

Todavía quedan pormenores de ciertas formas, algunas de innegable importancia, ya referentes a la organología, como la distribución de las trabéculas a la formación de los pilares en ciertos *Nummulites* de la especie, *N. perforatus*, por ejemplo; el cambio de dirección de los tabiques, realizada una o varias veces, en un mismo ejemplar, lo que acusa a su vez cambio de dirección en el arrollamiento de la lámina; duplicidad de nucleoconcas o cámaras iniciales en determinadas formas A. Pero creo que estas particularidades hallarán mejor emplazamiento en notas aparte.

Sin embargo, no voy a terminar este apartado sin referirme a dos especies de extraordinario interés: *N. colomi* Ruiz de Gaona y *N. sp.*

N. colomi, especie que creé recientemente sobre ejemplares de Urbasa, no tiene sino muy limitada representación en los yacimientos de La Galea; pero por contra, y como confirmación de las ideas allí expuestas sobre la posibilidad y mejor

probabilidad de corresponder al *phyllum* de *N. globulus-guettardi*, he visto diversos ejemplares de pequeño tamaño que no puedo desplazar de *N. guettardi* d'Arch, cuyos filamentos presentan una predisposición falciforme con principio de granulación en el encuentro con las vueltas del rodete espiral y bifurcación filamentosa a partir del gránulo, lo que hace recordar intensamente la nueva forma de Urbasa.

En el Terciario de Guecho he recogido un pequeño número, muy pequeño, tres o cuatro, de ejemplares en los que, salvo el tamaño mucho mayor, pues llegan holgadamente a tres milímetros, los caracteres del filamento responden a la diagnosis de *N. variolarius* Lamk.; pero se echa de menos el botón apical. En mis ejemplares los filamentos llegan independientes hasta el centro, sin que se perciba en toda su trayectoria resto alguno de granulación o botón central, ya calentándolos, ya humedeciéndolos, ni siquiera después de someterlos a la actuación enérgica y rápida del HCl, uno de los métodos más poderosos que he empleado con excelentes resultados, pero del que no debe abusarse, pues si el ataque es demasiado intenso puede eliminar caracteres superficiales. El corte ecuatorial da una espira que en nada se parece a la de *N. variolarius*. Es operculiniforme, con vueltas que crecen rápidamente y tabiques largos, encorvados, con el ángulo póstero-superior muy agudo, originando cámaras ampliamente falciformes.

Naturalmente el corto número de individuos recolectados no da pie para comprobar la constancia de los caracteres y constituye, por tanto, un apoyo muy débil para llegar a la especificación. Habrá que verlos continuados en cierta cantidad de ejemplares, y entonces el ánimo se inclinará ante un hecho indubitable.

De todos modos, los caracteres de estas formas de Guecho difieren abiertamente de los de toda otra especie. En espera, pues, de esa cantidad que hoy se desea, doy a conocer

estos *Nummulites* sin especificarlos, bajo la denominación de *Nummulites* sp.

CONCLUSIONES

Parece natural que se intente buscar alguna conexión de estos yacimientos lutecienses vizcaínos con las formaciones terciarias del norte. Lógicamente habrá que suponerlas como prolongación de las series guipuzcoanas. De éstas están separadas por todo el secundario de la costa de la provincia, y aunque en el interior se tienen algunas indicaciones de asomos presuntos neozoicos, sin embargo no han sido estudiados de modo que pueda tenerse no sólo por seguro, pero ni aun suficientemente probable un enlace interior de las margas de La Galea con la cuenca aquitánica.

Tampoco están muy alejados los terrenos numulíticos de Santander como para prescindir de una posible referencia, y aun pueden tener opción a ella las zonas margosas lutecienses de Navarra.

Desde luego, la mancha de Guecho queda en un régimen de sedimentación lo suficientemente aislada para que puedan aventurarse distintas hipótesis.

La unión con la zona margosa del Luteciense navarro presenta dificultades de facies considerables, pero gran similitud por parte de la fauna común en gran manera.

"Está generalmente admitido el supuesto de una comunicación del mar terciario de la Mesogea, prolongado por la cuenca del Ebro, con el mar abierto; pero la cuestión de su enlace ha suscitado diversas controversias entre los geólogos" (4).

Dos direcciones pueden seguirse en esta comunicación de aguas, a saber: 1.^a Directamente desde los mares terciarios que cubrían la región media de Navarra por la cuenca de Pamplona hacia las series terciarias vascongadas; 2.^a Viniendo a terminar en San Vicente de la Barquera, continuándose aquélla por las sierras de Urbasa y Encía hacia los sinclinales numulíticos de la región burgalesa y cántabra.

Los conocimientos terciarios de esta última dirección son bien conocidos después de los trabajos de Schriell (27), Karremberg (15), Clemente Sáenz (26), Ciry (8) y Rios, Almela y Garrido (22), que si cada uno ha trabajado en zonas algo distintas de los otros, su obra conjunta proporciona una síntesis homogénea de la serie terciaria cántabro-burgalesa.

Quien más pudiera sorprender para admitir una continuación de las sedimentaciones cántabras en Vizcaya son uno de los gráficos de H. Karremberg; pero éste se refiere al Paleogeno, que está ausente en la formación de La Galea.

Las sedimentaciones eocenas cántabro-burgalesas responden a dos tipos de facies: caliza y margosa. Esta última, referida al Eoceno superior por todos, no puede enlazar con la de La Galea, netamente luteciense.

Guignoux (12) creo que es el único que supone una comunicación de los mares subpirenaicos con el mar libre por la "depresión vasca", aunque situándola en el Eoceno superior. Con toda probabilidad hay aquí una pequeña confusión de Guignoux al decir "depresión vasca" en lugar de depresión cántabra, pues en lo demás la hipótesis coincide con la anterior.

Llopis Lladó (18), estudiando la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo, condensa el problema en tres puntos, uno de los cuales dice: "El sinclinorio Miranda de Ebro-Villarcayo tiene el aire de una divisoria tectónica, de una cordillera bilateral, con una rama de vergencia N., di-

rigida desde la Borunda a Bilbao... Hay que estudiar la zona comprendida entre Navarra y Bilbao, poco conocida tectónicamente”...

¿Pudiera estar aquí el enlace de la formación de Guecho con la zona numulítica de Navarra?

Para L. Carez (7), el mar numulítico limitaba por los alrededores de Pamplona. “Mallada primero y Dalloni después —dice Bataller (4)— han constatado que el eocénico inferior de Aragón se presenta hacia el O. con facies flysch, lo que induce a relacionar éste con el flysch de Guipúzcoa, que se extiende luego hacia Aquitania.”

No hay duda que el flysch guipuzcoano queda incluido en la cuenca del golfo aquitánico, pero no se ve cómo pueda enlazar con el de las formaciones subpirenaicas, tanto más cuanto que parece que el Paleoceno no tiene apenas representación de importancia a través de Navarra, cuyas formaciones terciarias son mayormente lutecienses (18) (23), de régimen de calizas compactas y margas y calizas margosas grises.

Estas se continúan por la parte occidental de la cuenca de Pamplona hasta la escama de Aralar cerca de Atondo, adentrándose en el valle de Ollo hasta Ilzarbe, para desaparecer y continuar sólo las sedimentaciones lutecienses de facies calcárea de Urbasa, sosteniendo las margas areniscosas bartonienses.

Desde aquí a Punta de La Galea son desconocidos los terrenos terciarios en Guipúzcoa y Vizcaya. Puede muy bien preguntarse si en realidad las formaciones secundarias, que tanto predominan, y que, quizá en la hipótesis de Stille para hallar el punto de flexión de los Alpides pudieron servir de “rodilla”, estarían sumergidas, dejaron algún punto de comunicación siguiendo la vergencia N. indicada por Llopis desde la Borunda a Bilbao.

Atendiendo a las relaciones paleontológicas, sorprende una similitud faunística apreciable. Dejando aparte especies muy comunes en general a estos horizontes, *N. millicaput-helvetica*; lo hallé también en el flanco meridional de Urbasa, tan bien desarrollado como en La Galea; *N. batalleri-gomezi* es común a las margas grises de Peña Lacarri y Guecho y a la facies calcárea de Urbasa; *Discocyclusina roberti*, que no está citada en España, sino en la Sierra de la Puerta (Murcia) (13), se presenta con todas sus variedades y con gran número de individuos en facies de margas y calizas margosas del Valle de Ollo y Peña Lacarri. Además llama la atención la semejanza grande que existe entre las variedades *N. laevigatus*, *perforatus* y *brongniarti* de las series margosas del Abra y las de la formación caliza de Urbasa.

Sería muy interesante seguir esta fauna a través del sinclinatorio de Villarcayo hasta San Vicente de la Barquera.

Para mí no cabe duda de que la relación más estrecha se encuentra en las formaciones de la serie terciaria de Guipúzcoa. El Paleoceno es todo de facies areniscosa sublitoral primero, para continuarse por la facies flysch, que se corona con una nueva serie de potentes estratos silicosos cementados con carbonato cálcico y de origen también sublitoral; es decir, de una serie de formaciones de poco fondo todas relativamente, que marcan el límite sur de la extremidad más amplia del golfo aquitánico. Su fauna es realmente la que corresponde a los niveles más elevados del Paleoceno, el Ipresiense y Cuisiense: *N. planulatus-elegans*, *N. exieis*, *N. pustulosus*, *N. granifer*, *N. lucasanus* con gránulos no dispuestos en espiral, *N. purchisoni-heeri*, que se recoge en los niveles más elevados indicando su aparición *Assilina leymeriei-granulosa*.

Pierre Lamare (17) tiene como lutecienses los conglomerados areniscosos de grano grueso superiores de la entrada del puerto de Pasajes y estribaciones del Jaizkibel en su ver-

tiente al mar; pero nosotros (el Sr. Conde de Peñaflorida, doctor Gómez de Llarena y yo), en búsquedas que se hicieron con motivo de la confección de la Hoja del Mapa Geológico, no podemos señalar fauna alguna en dichos conglomerados superiores, y, por tanto, la atribución al Luteciense es más o menos conjetural siquiera para nosotros, vista la faunula de las molasas inferiores, resulta esa determinación más probable.

En todo caso cabe admitir que en Guipúzcoa no alcanza el Luteciense otra representación que la facies de sedimentos litorales de la arenisca mencionada, que podrían considerarse las primeras sedimentaciones de sus homólogos en las capas de Algorta.

Las areniscas guipuzcoanas son regresivas. Durante su formación debió verificarse el levantamiento de los estratos terciarios en la fase orogénica prepirenaica, que da comienzo a los movimientos meso-alpínicos, verificada al final del Paleoceno y comienzo de la transgresión luteciense.

En la región del Bajo Adour (2), sobre todo en Urcuit, aparece una fauna de gran analogía con la de los yacimientos vizcaínos, siquiera las fases sedimentarias difieran algún tanto.

Tenemos, pues, que tanto en el golfo aquitánico como en el Terciario navarro se tropieza con una homología faunística que hace pensar en una comunicación de aguas. Parece ser que este enlace no ha de buscarse a través de la cordillera pirenaica; por tanto, las sospechas se dirigen hacia la región cantábrica.

Si, como supone la teoría de la escuela alemana de Stille (28), la cordillera pirenaica es de carácter doble, es decir, que la línea directriz de los Alpides recorre el borde mesozoico septentrional para pasar luego al borde meridional formando un brusco recodo en la parte occidental, el mar numulítico bordearía también ese recodo o rodilla de flexión, como bordea ambas ramas septentrional y meridional y las

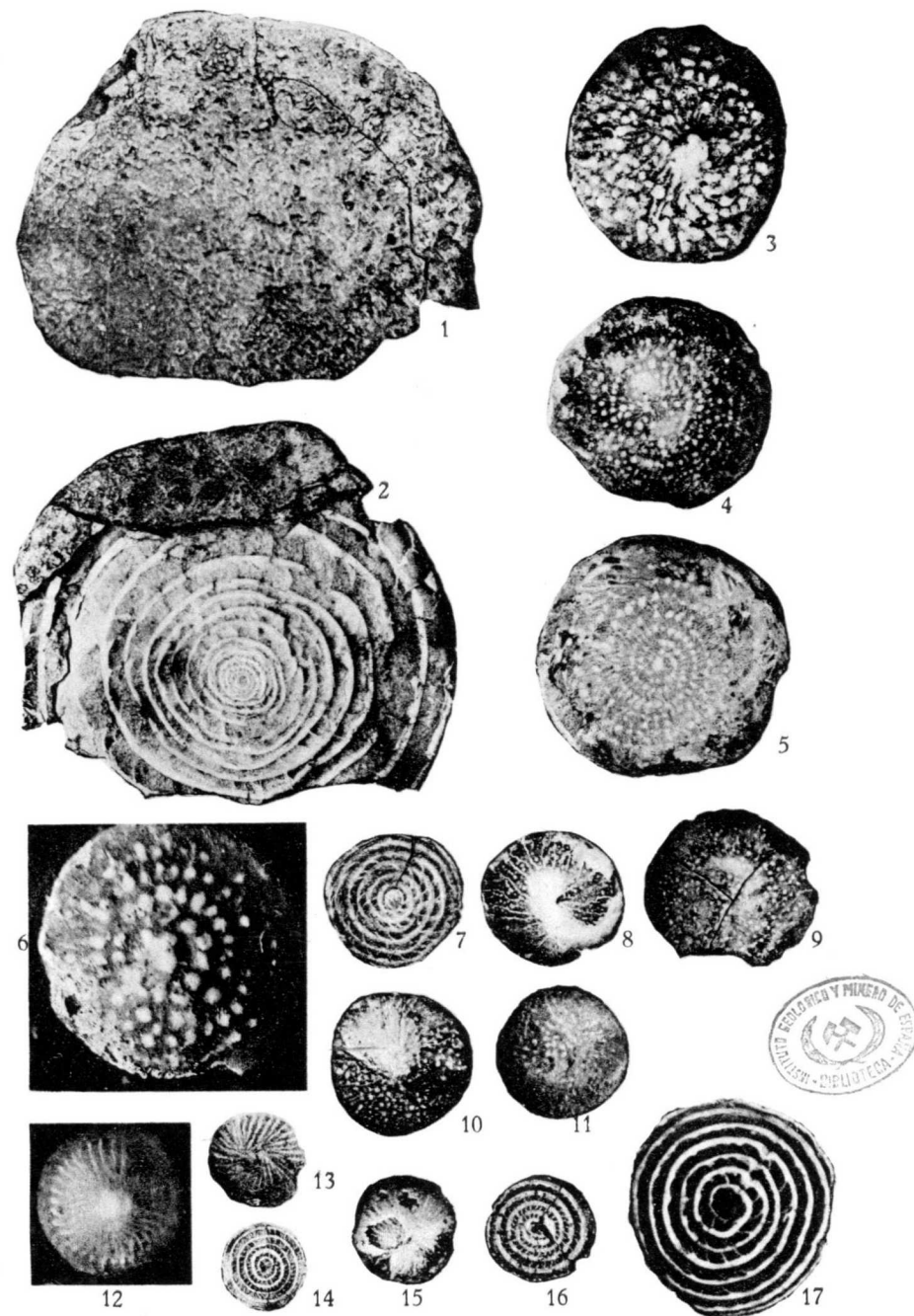
sedimentaciones se comprende que presenten facies distintas, siendo margosas las que dan a mar abierto y calizas las comprendidas entre estas costas, cuyas aguas más enriquecidas de caliza procedente de la erosión de los macizos mesozoicos producen la facies calcárea de la región cántabro-burgalesa y sierras occidentales de Navarra.

Tolosa, 1946.

BIBLIOGRAFIA

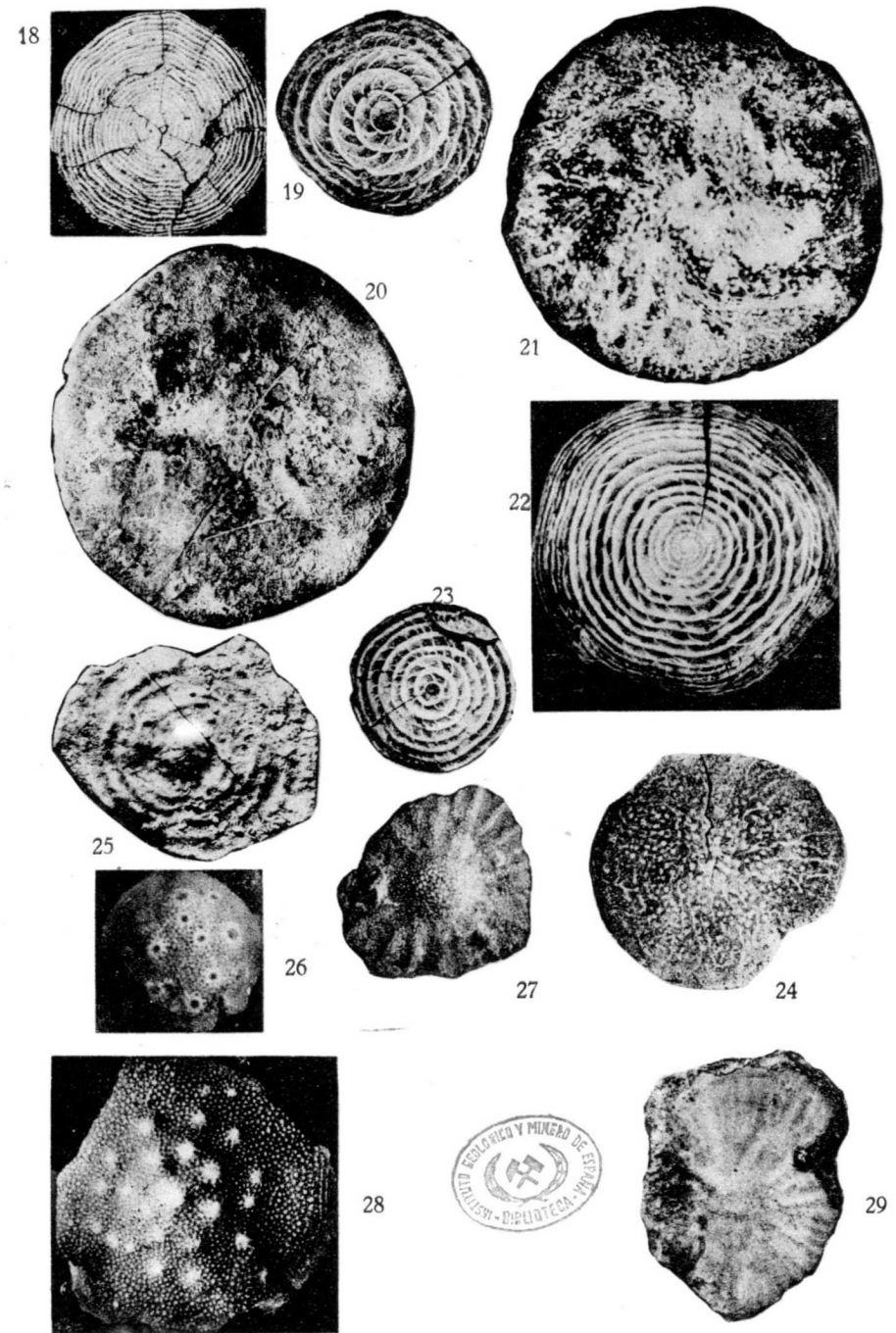
- 1.—ABRARD (R.).—“Contribution a l'étude de l'évolution des *Nummulites*”. *Bull. S. G. de France*.—1932.
- 2.—ABRARD (R.) y FABRE (A.).—“Observations sur une faune de Foraminifères de l'Eocène moyen du Bas-Adour”. *Bull. S. G. de France*.—1945.
- 3.—AZPEITIA MOROS (F.).—“Datos para el estudio paleontológico del flysch de la costa cantábrica”. *Bol. Inst. G. y M. de España*, tomo III, tercera serie.—1933.
- 4.—BATALLER (J. R.).—“El Terciario inferior de los alrededores de Jaca”. *Anales de la Esc. Sup. de Agricultura*, vol. II.—Barcelona, 1942.
- 5.—BATALLER (J. R.).—“Los *Nummulites* de Cataluña”. *Anales de la Escuela Sup. de Agricultura*, vol. I, fases I y II.—Barcelona, 1941.
- 6.—BOUSSAC (J.).—“Le Nummulitique Alpin”.—1911.
- 7.—CAREZ (L.).—“Etude des terrains, crétacés et tertiaires du Nord de l'Espagne”.—Paris, 1881.
- 8.—CIRY (R.).—“Etude géologique d'une partie des Provinces de Burgos, Palencia, León y Santander”.—Toulouse, 1940.
- 9.—DE JORGE (E.).—“El Eoceno en Vizcaya”. *Notas y Publicaciones del Inst. Geol. y M. de España*.—1936.
- 10.—DOUVILLÉ (H.).—“L'Eocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées”.—1919.
- 11.—FABRE (A.).—“Observations sur les terrains tertiaires du Bas-Adour”. *Bulletin S. G. de France*.—1945.
- 12.—GIGNOUX (U.).—“Géologie stratigraphique”.—1926.
- 13.—GÓMEZ LLUECA (F.).—“Los numulíticos de España”. *Com. Invest. paleont. y prehist.*, *Memoria núm. 26*.—1929.
- 14.—GÓMEZ LLUECA (F.).—“Dos especies nuevas de *Nummulites* en el yacimiento de Agost (Alicante)”. *Bol. R. S. E. Hist. Nat.*, tomo XLII, números 7 y 8.—1944.
- 15.—KARREMBERG (H.).—“Die postvariscische Entwicklung Des Cantabro-Asturischen Gebirges”.—Berlín, 1934.
- 16.—KINDELÁN (V.).—“El Cretáceo y el Eoceno en Guipúzcoa”. *Bol. del Instituto Geol. y M. de España*, tomo XX, serie segunda.—1919.
- 17.—LAMARE (P.).—“Recherches géologiques dans les Pyrénées Vasques d'Espagne”. *Mem. S. Geol. de France*, núm. 27.—1936.
- 18.—LLOPIS LLADÓ (N.).—“Sobre la estratigrafía de Navarra”. “Miscelánea Almera”.—Barcelona, 1945.

- 19.—MENDIZÁBAL (J.).—“Deslinde del Eoceno de Guipúzcoa”. *Bol. Instituto Geol. y M. de España.*—1923.
- 20.—MENTEATH STUART.—“Sur le Flysch des Pyrénées Vasques d'Espagne”. *Mem. S. Geol. de France.*—1894.
- 21.—MENTEATH STUART.—“Sur le Flysch de Biarritz et de Saint Sebastian”. *C. R. Som. de la S. G. de France.*—1894.
- 22.—RÍOS, ALMELA Y GARRIDO.—“Contribución al conocimiento de la Geología Cantábrica”. *Bol. Inst. Geol. y Min. de España.*—1945.
- 23.—RÍOS, ALMELA Y GARRIDO.—“Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro”. *Notas y Com. del Inst. G. y Minero de España.*—1945.
- 24.—RÍOS (J. M.).—“Cuadro sistemático de las formaciones geológicas”. *Notas y Com. del Inst. G. y M. de España.*—1944.
- 25.—RUIZ DE GAONA (M.).—“Sobre el Eoceno de Urbasa a lo largo de la carretera provincial de Olazagutía a Estella”. *Estudios Geológicos del Inst. “Lucas Mallada”.* En prensa.—1946.
- 26.—SÁENZ (C.).—“Notas acerca de la estratigrafía del supracretáceo y numulítico en la cabecera del Nela y zonas próximas”. *Bol. de la Real S. E. de Hist. Nat.*—1933.
- 27.—SCHRIEL (W.).—“Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarennes”.—Berlín, 1930.
- 28.—STILLE (H.).—“Zum Pyrenäenproblem”.—Barcelona, 1932.
- 29.—YARZA (ADÁN DE).—“Descripción física y geológica de la provincia de Vizcaya”. *Mem. Com. del Mapa Geológico de España.*



Máximo R. de Gaona.—El Terciario Numulítico Fértil de Guecho (Vizcaya)

- 1-2. *N. laevigatus* Brug.—De malla apretada y espira floja. Guecho. $\times 5$.
- 3-5. *N. laevigatus* Brug.—Con gruesos gránulos dispuestos en espiral y casi sin red. $\times 3$.
6. *Lucasanus* Defr.—Con gruesos gránulos en espiral. Azkorri. $\times 7$.
- 7, 8 y 17. *N. rouaulti* D'Arch y Haime.—Guecho. $\times 3$, el 17 $\times 7$.
- 9-10-11. *N. perforatus* Montfort.—Guecho. $\times 3$.
12. *N. guettardi* D'Arch y Haime.—Guecho. $\times 6$.
- 13-14. *N. gomezi* Ruiz de Gaona.—Formas de niveles superiores que se aproximan a



Máximo R. de Gaona.—El Terciario Numulítico Fértil de Guecho (Vizcaya)

18-20. *N. millecaput* Boubée.—El núm. 20 ha sido reducido 1/7, el 18 está reproducido a tamaño natural. Guecho.

19. *N. helveticus* Kaufman.—Guecho. $\times 5$.

21-22. *N. perforatus* Montfort.—Guecho. $\times 3$.

23. *N. rouaulti* D'Arch y Haime.—Guecho. $\times 3$.

24. *N. perforatus* Montfort.—Guecho. $\times 3$.

25. *Assilina spira* de Roissy.—Guecho. Tamaño natural.

26. *N. perforatus* Montfort.—Guecho. $\times 3$.

**LAS «TACAÑAS» (COAL BALLS) DE
LA MINA «ROSARIO», DE TRUEBANO
(LEON)**

POR

J. GOMEZ DE LLARENA y CELSO R. ARANGO

J. GOMEZ DE LLARENA y CELSO R. ARANGO

LAS «TACAÑAS» (COAL BALLS) DE LA
MINA «ROSARIO», DE TRUEBANO (LEON)

Los mineros asturianos llaman "tacañas" o "metales" a las masas duras, por lo general pequeñas y de forma esférica o arriñonada, con las que tropieza el pico al hundirse en la capa de carbón dentro de la cual se encuentran aquéllas.

Se suele reservar el nombre de "tacañas" para las de constitución lítica, de dolomía o sílice, mientras que los "metales" son las bolas de pirita o de pirita limonitizada.

En Paleobotánica, estas concreciones halladas en medio de las capas de carbón se cuentan entre los más valiosos elementos paleontológicos. Muchas de ellas son, en efecto, las que ya de antiguo se conocen por los mineros ingleses con el nombre de *coal balls*, o por los alemanes por el de *Torfdomite*. Examinando al microscopio una sección delgada de una tacaña o la superficie de ésta pulimentada y atacada ligeramente con un ácido mineral fuerte, se descubren a menudo estructuras vegetales admirablemente conservadas, pequeños braquiópodos, moluscos, crustáceos, foraminíferos, todo lo cual hace que cada vez más se dedique el mayor interés a estas inclusiones de las capas de carbón y se trate de utilizarlas con fines de clasificación estratigráfica y sincronización de niveles, como complemento de los datos que ofrecen los microfósiles vegetales reconocibles en los hastiales o los animales contenidos en las calizas y pizarras intercaladas.

No podemos asegurar que se haya hecho observar antes, por parte de autores españoles, la presencia de los *coal balls* en las minas de nuestro país. Hasta el momento sólo conocemos sobre esta cuestión la nota de A. Renier (10) (*), publicada en el año 1926.

Este autor, examinando los fósiles guardados en un granero de las minas de Lieres, encontró un *coal ball*. Mediante el examen microscópico de láminas delgadas, talladas según el clásico procedimiento petrológico con las piedras de esmeril, Renier reconoció la presencia de restos de *Sphenophyllum*, acaso *Sph. plurifoliatum*, *Myeloxylon*, *Stigmaria* y madera de gimnosperma.

La determinación de una abundante flora representada por macrofósiles bien conservados, que Renier halla en la zona de Lieres, le lleva a suponer que la formación carbonífera en la que se ha encontrado este *coal ball* corresponde al westfaliense medio y comprende los niveles medio y superior del tramo de Lena de Barrois (2).

En el reconocimiento geológico y minero que venimos haciendo de la cuenca carbonífera de la Babia baja hemos logrado encontrar estos *coal balls* fosilíferos en la mina "Rosario", de Truébano. Objeto de la presente nota es dar una breve noticia de este hallazgo, a fin de llamar la atención sobre tan interesantes elementos de clasificación y estudio paleobotánico.

Siendo ya usual entre los mineros de Asturias, y en parte de los de León, la denominación de "tacañas" para estas piedras que se hallan incluídas en las capas de carbón, adoptamos este nombre para traducir el de "*coal balls*" que figura en los trabajos de autores ingleses (5, 12, 13), holandeses (6, 7) y franceses (10, loc. cit.); pero que un autor americano,

(*) Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía que acompaña a nuestra nota.

D. White, critica por vulgar para designar tales nódulos dolomíticos fosilíferos (14).

Podríamos reservar a su vez el nombre de "tacaña silicea" a la "tacaña" que está formada por sílice, y el de "metal", a la de piritita o limonita.

El saber si una tacaña es o no dolomítica y fosilífera se consigue de modo sencillo y rápido; basta ir al campo provisto del frasco de ácido clorhídrico, romper una de estas bolas, nódulos o concreciones y observar si produce o no reacción.

Si ésta existe, dando la efervescencia típica, acompañada casi siempre de un fuerte olor a ácido sulfhídrico, tendremos una "tacaña" dolomítica, el material más adecuado para descubrir en él los vegetales petrificados. Tras un breve ataque con el ácido clorhídrico, de algunos segundos, se lava la superficie corroída con agua, y examinándola con una lupa o lente de bolsillo de cinco a diez diámetros de aumento se puede distinguir, si la tacaña es fosilífera, la diversa variedad de restos vegetales y a veces animales que contiene. Si la superficie no se ataca con el ácido, sobre todo cuando la materia orgánica domina sobre la mineral, no se distingue nada de esto. Diremos de paso que el ácido clorhídrico es un acompañante indispensable del geólogo, que le permite no sólo reconocer mejor las rocas sedimentarias, sino además la microfauna que pueden contener, lo que tanta importancia va adquiriendo en la clasificación estratigráfica de los terrenos, como sustituto o complemento de la macrofauna. Antes de seguir adelante en el estudio de las "tacañas" fosilíferas, queremos destacar un hecho interesante obtenido del reconocimiento de todas las recogidas hasta ahora en la cuenca babiana: las únicas dolomíticas, fosilíferas, que dan fuerte reacción con el ácido son las de la mina "Rosario", de Truébano. En las demás predominan las silíceas (mina "Aurora",

de Candemuela; mina "Elena", de Genestosa, etc.); como una formación curiosa tenemos, por último, las tacañas de la capa "El Sol" de la mina "Montañesa", en La Mora, término de Cabrillanes, perteneciente a la cuenca de Laceyana, contigua a la de la Babia alta. El material de estas "tacañas" de La Mora está constituido por unos pequeños nódulos de dolomía de contorno pentagonal o redondo, como formando en conjunto una estructura pisolítica u oolítica. No habiendo tenido ocasión de reconocer *in situ* este tipo de tacañas, dejamos su estudio detenido para más adelante; y lo mismo decimos respecto a los demás tipos de tacañas y metales encontrados en la cuenca carbonífera de la Babia baja.

DESCRIPCION DE LAS "TACAÑAS"

Las figuras 1 y 2 muestran un ejemplo del tipo más corriente de tacañas. Su forma es esférica u oblonga; su tamaño más frecuente oscila entre los tres y los seis centímetros de largo. Entre las mayores aparecen algunas de forma concrecionada o arriñonada, pero lo más general es que se presenten sueltas.

Las tacañas están recubiertas de una costra delgada y brillante de carbón. Rompiéndolas por la mitad se ve que su interior es de color negro antes de ser tratadas por el ácido clorhídrico. Muchas dejan ya ver debajo de la costra de carbón una aureola de menudos cristales de pirita (fig. 2).

Atacando la superficie de fractura con el ácido clorhídrico (el más apropiado entre todos los minerales para este fin), se produce una reacción rápida, con desprendimiento de un fuerte olor a ácido sulfhídrico. Lavando en seguida con agua se observa que la corrosión diferencial producida por la acción del

ácido ha dejado en relieve, en las tacañas fosilíferas, las partes orgánicas fosilizadas, en tanto que a su alrededor, la materia mineral, que es el carbonato cálcico-magnésico, ha sido disuelta.

Las tacañas de la mina "Rosario" están tan cargadas de materia orgánica que ésta apenas deja ver entre los intersticios la mineral que la rodea; al ser frotadas sobre la piedra de esmeril desprenden asimismo un fuerte olor a sulfhídrico. La facilidad con que liberan este ácido al ser atacadas por el clorhídrico las hace ser un buen material para la producción del primero, que podría utilizarse en los laboratorios de Química. El ataque prolongado del ácido clorhídrico llega a destruir la materia orgánica a la vez que la corteza; así quedan en relieve, exentos, los pequeños cristales de pirita que resisten la acción disolvente del ácido clorhídrico. Las formas dominantes de la pirita son las del octaedro, que con frecuencia tiene sus vértices truncados por caras del cubo.

EXAMEN MICROSCOPICO DE LAS "TACAÑAS"

Siendo relativamente raras las tacañas fosilíferas, el hacer secciones delgadas de ellas por el procedimiento corriente de tallarlas como si fueran una roca cualquiera significa un desperdicio considerable y una pérdida de material de estudio tan valioso.

De aquí que los distintos autores sigan procedimientos adecuados para facilitar su conservación. Dos hemos utilizado nosotros, que indicamos a continuación: el método de la luz reflejada y el método de Walton.

METODO DE LA LUZ REFLEJADA

Es el más rápido y cómodo. Rota una tacaña y reconocida por el ácido clorhídrico la presencia de materia vegetal fosilizada, se talla la superficie del modo que mejor convenga, a fin de formar un plano lo bastante grande para ser examinado al microscopio, para lo cual se utilizan las losetas de esmeril y de vidrio esmerilado del mismo modo que al preparar una roca hasta reducirla a sección delgada. Una vez obtenida esta superficie lisa se dejan caer sobre ella unas gotas de ácido clorhídrico o se sumerge en una solución de éste por breves segundos; se lava en seguida con agua y se deja secar bien. Luego se hace caer una gota de xilol y a continuación otra de bálsamo del Canadá (disuelto en aquél), y se tapa con un vidrio cubreobjetos.

Puesta la tacaña así preparada sobre la platina del microscopio e iluminando simplemente por reflexión con una lámpara fuerte, o, mejor, concentrando la luz de ésta con una lente, podremos examinar y fotografiar lo que el campo visual nos ofrece en la parte protegida por el bálsamo y el cubreobjetos. De la duración del ataque por el ácido clorhídrico depende el relieve que toman las partes que han quedado exentas; es preferible que la acción del ácido sea breve para no exagerar el relieve, ya que la profundidad focal del microscopio es bien reducida aun tratándose de pequeños aumentos. Además se evita así la destrucción del relieve creado por la corrosión química.

Examinada la tacaña al microscopio con un aumento pequeño, de 10 a 20 diámetros, se observan las estructuras vegetales en color negro que se destacan sobre el color blanco de la dolomia. Este color negro, visto con más aumento, se ve

que es debido al carbón que impregna las paredes de las células, en tanto que los meatos y huecos entre éstas aparecen rellenos por la materia mineral.

El relieve creado en la materia orgánica por la corrosión química del ácido clorhídrico es deleznable; basta pasar la mano por la superficie atacada, sobre todo una vez seca, para que se deterioren y desmoronen los finos detalles de las estructuras vegetales puestas al descubierto; de aquí la conveniencia de proteger la tacaña, una vez seca, con el bálsamo del Canadá y el cubreobjetos.

Este método es el más sencillo y rápido y es el que hemos empleado nosotros para obtener la mayor parte de las fotografías que aquí hemos reproducido (figs. 6, 7 y 8). Koopmans (6), obligado por la constitución de las tacañas de las minas holandesas a prescindir de hacer secciones delgadas y transparentes de las tacañas, tuvo que contentarse también con el examen por reflexión de la superficie pulimentada. Este autor no da más detalles sobre su técnica; pero las láminas reproducidas en fototipia son excelentes y de una gran finura de detalles.

METODO DE J. WALTON

A J. Walton, profesor de Botánica en la Universidad de Manchester, se debe un procedimiento ingenioso y cómodo para examinar las tacañas en lámina delgada y que permite, además, obtener series de cortes de éstas en la dirección que más convenga.

La noticia de este método la agradecemos al primer especialista de España en Micropaleontología, D. Guillermo Colom, de Sóller, que nos ha remitido el artículo de S. Leclercq, en donde se describe (8).

El método de Walton es bien sencillo; aquí lo reseñamos, añadiendo los detalles que nuestra propia experiencia ha ido adquiriendo con su empleo.

Consiste en recubrir la superficie de la tacaña, ya atacada por el ácido clorhídrico y bien seca, con una capa de celuloide (nosotros usamos películas fotográficas inutilizadas) disuelto en acetato de amilo; luego, puesta la tacaña en un ambiente un poco húmedo, al cabo de un tiempo que oscila entre medio y un día, el disolvente se ha evaporado y el celuloide aparece sólido y convertido en una película delgada. Desprendiendo ésta por un borde y facilitando su despegue del resto de la preparación, se levanta con cuidado y se verá que al celuloide ha quedado adherida una capa fina y delgada de la tacaña (de hasta una décima de milímetro) que es la misma que formaba el relieve creado en su superficie por el ácido. Antes de extender la solución de celuloide conviene echar un poco de acetato de amilo sobre la parte de la tacaña que ha de cubrirse, para impedir así la formación de burbujas de aire.

Si la película de este modo obtenida es de pequeñas dimensiones (lo que conviene, dado el tamaño de los cubreobjetos: 18 por 18 hasta 24 por 24 milímetros, aun cuando a veces sea necesario tapar una superficie mayor usando dos o más cubreobjetos) se arrolla sobre el dedo o sobre la pinza, con la que se arranca, y se coloca entre dos portaobjetos para que quede plana. Luego, si no ha arrastrado consigo partículas gruesas de la tacaña, se puede poner directamente en un portaobjetos en donde se haya depositado antes una gota de bálsamo del Canadá; se le pone otra gota de éste y se tapa con el cubreobjetos. Para evitar que la película se levante por la tendencia que tiene a arrollarse, conviene mantener comprimido el cubre contra el porta hasta que el bálsamo adquiera dureza suficiente.

Si se observa que hay partículas minerales, se disuelven

éstas con el ácido clorhídrico diluido y se deja secar la preparación antes de montarla en el bálsamo.

De esta manera no se desperdicia la menor cantidad de material tan valioso cual es la tacaña fosilífera; pero, además, y esto es, acaso, lo que mayor importancia da al método Walton, se pueden hacer series de preparaciones sucesivas, según el plano que más convenga elegir. Una vez, por ejemplo, se trata de estudiar una hoja desde el haz hasta el envés; otra, una serie de cortes transversales de la hoja, del tallo, del aparato esporífero, etc. Para esto basta romper o cortar la tacaña en una dirección a propósito, dejarla plana y pulida con los esmeriles y luego comenzar la serie de cortes, repitiendo cada vez el pulimento y ataque por el ácido clorhídrico de las superficies sucesivas, que después de recubiertas por la solución de celuloide se van desprendiendo adheridas a la película solidificada.

Como indica Leclercq, otra ventaja del método Walton es la posibilidad de estudiar aisladamente cada uno de los fósiles que aparecen en la tacaña, montando en el bálsamo los cortes obtenidos según la forma en que más interesen.

Leclercq ha extendido este método al estudio de otros fósiles, habiendo logrado obtener películas con cortes de *Acerularia*, *Pachyphyllun*, *Zaphrentis* y *Cyathophyllun*, que le han revelado detalles de estructura hasta ahora no descubiertos por ningún otro método. Este autor aplica el método de Walton al estudio de los fósiles piritizados, usando, en vez del ácido clorhídrico el fluorhídrico; de este modo ha visto el peridermo y la corteza secundaria de un tallo piritizado de las psamitas de Condroz (fameniense). De la misma manera, atacando con el fluorhídrico ha podido desprender enteros los hidrozoarios, graptolitos y briozoarios, y tratando por el clorhídrico ha conseguido buenos resultados en el estudio de los mármoles fosilíferos.

La figura 5 muestra una preparación hecha por el método de Walton. No siempre, sin embargo, se consigue desprender en toda la superficie atacada, por lo que conviene obtener la fotografía de ella antes de adherirla a la película de celuloide, protegiéndola previamente con el bálsamo y el cubreobjetos.

EL CONTENIDO DE LAS TACAÑAS DE LA MINA "ROSARIO"

Hemos recogido cerca de un centenar de tacañas; desde las pequeñas, de tres a cuatro centímetros de largo, hasta las más grandes, arriñonadas, de cerca de un decímetro. La mayor parte de ellas ha dado una aglomeración orgánica inclasificable, una especie de pulpa de tejidos vegetales dilacerados (figura 4). En otras, en cambio, se reconocen bien las estructuras vegetales del tallo de los calamites, único género que hemos creído ver hasta ahora; esto no debe sorprender, ya que es también el *calamites* el único macrofósil vegetal que forma exclusivamente las "panas" impresas en las pizarras y auvacas del nivel westfaliense, piso del carbonífero que constituye la casi totalidad de la cuenca de la Babia baja.

En la figura 7, en la parte inferior, se observa, en sección transversal, el tejido medular rodeando las manchas negras de los haces leñosos, que son los que forman las costillas típicas de los calamites.

Debido al poco contraste logrado en la fotografía, no se sirven en ellos los meatos celulares que tan nítidamente aparecen en los haces medulares. En la parte superior de la preparación se ve a la derecha un haz leñoso suelto y restos de otros más disociados, y arriba, en el borde, un conjunto de haces medulares y leñosos de otro fragmento de tronco.

El género *Calamites*, que ha sido objeto de una interesante monografía por parte de los malogrados M. Ruiz Falcó y R. Madariaga (11), era parecido al actual *Equisetum* (cola de caballo). Su tallo, relleno cuando joven de medula, era hueco después y los haces leñosos sobresalían formando las típicas costillas. La figura 8 muestra una sección casi longitudinal obtenida en ángulo recto respecto a la de la figura 7. De nuevo se reconocen aquí los radios de tejido medular, que están separados por las manchas negras de los haces leñosos de las costillas.

La figura 5 muestra una sección de tacaña obtenida por el método de Walton. Varios trozos de medula aparecen en el centro y a la izquierda, rodeados de la materia mineral, y entremezclados con otros de tejido vascular; a la derecha se observa una sección longitudinal de este tejido vascular leñoso, y arriba, otra transversal del mismo.

En la preparación de la figura 6 aparece únicamente el tejido vascular.

Además de estas tacañas que contienen fosilizados los *calamites*, existen otras que muestran diversos tipos de animales: coralariorios, crinoideos, braquiópodos (fig. 3), pequeños gastrópodos.

Estas tacañas, lo mismo que las que contienen fósiles vegetales, están rodeadas de la aureola de menudos cristales de piritita y de la corteza brillante de carbón que la recubre. A veces, los fósiles animales aparecen en medio de la pulpa vegetal de tejidos desmenuzados; otras quedan solos, englobados por la materia mineral.

Interesante es ver que también se observan embebidos en la dolomía trozos pequeños o grandes de carbón y que algunas grietas de las tacañas están suturadas por este mismo material.

FORMACION DE LAS TACAÑAS

De lo que hasta ahora llevamos visto en la cuenca carbonífera de la Babia baja deducimos que hay varios tipos de tacañas, unas verdaderas, otras falsas. Las segundas son fragmentos de los hastiales embutidos por fallas entre el carbón. Las primeras, entre las que se encuentran las dolomíticas, piritosas y silíceas, son de origen singenético con el del carbón. Conforme con Stopes y Watson (12), suponemos que han debido formarse de modo semejante a las concreciones silíceas de la creta: de entre la pulpa vegetal, carbonificada, que se depositaba para formar la capa de carbón, se iba segregando y concentrando el carbonato cálcico-magnésico, en cuya masa quedarían aprisionados los diversos organismos vegetales y animales. Luego, la consolidación de la materia mineral ha conservado intactos los fósiles petrificados, que tampoco han sido afectados por los fenómenos orogénicos, ya que no se aprecian deformaciones ni fracturas tectónicas en las tacañas reconocidas.

EDAD DE LAS TACAÑAS

Se conocen ya muchos yacimientos de tacañas fosilíferas. En Inglaterra, según P. F. Kendall (5), la capa distinguida en Yorkshire con el nombre de "Halifax Hard Bed", la cual pertenece a la base del carbonífero productivo (Lower Coal Measures = westfaliense inferior), contiene *coal balls*.

En Alemania se han encontrado en el nivel Finefrau, del westfaliense inferior, y Catharina, del westfaliense medio (6); en Holanda, en el horizonte Aegir, del westfaliense superior (6); en Bélgica, en el horizonte Sainte Barbe (9), de este mismo nivel; en Francia, en el horizonte Petit Buisson (10); por último, se han señalado en distintos puntos de las cuencas carboníferas europeas y asiáticas (10).

En España, como ya hemos visto, Renier supone que el único *coal ball* hallado por él en Lieres (Asturias) es del westfaliense medio.

Como ya indicamos en otro lugar (1), la mina "Rosario", de Truébano, se encuentra en la formación carbonífera que corresponde al tramo de Lena, de Barrois (2).

En distintos puntos de la cuenca de la Babia baja existe una abundante fauna, sobre todo de moluscos, braquiópodos, trilobites, en la parte inferior de este tramo, al cual hemos denominado "tramo de las calizas"; en la parte superior, a la que llamamos "tramo de las grauvacas", no hemos visto fósiles clasificables. Si bien tampoco hemos llegado a la separación en los tres subtramos: westfaliense inferior, medio y superior; no obstante, por los datos de Delépine (3), suponemos que nuestro "tramo de las calizas" corresponde al westfaliense inferior, y el de las grauvacas, al westfaliense medio.

Según esto, las tacañas de la mina "Rosario", del westfaliense inferior, se podrían sincronizar con las de las capas "Halifax Hard" y "Finefrau", que son también del mismo horizonte.

Con la presente nota llamamos la atención de los Ingenieros de Minas y Geólogos españoles sobre tan interesantes elementos paleontológicos como son las tacañas dolomíticas. El estudio de las que se encuentren en lo sucesivo en las diversas cuencas carboníferas de nuestro país ha de proveer de un material tan valioso para una sincronización cada vez más precisa de las capas de carbón, como complemento de los fósiles macroscópicos; de la misma manera que la microfauna, de la que también hemos recogido en la Babia baja muestras de gran interés, ayuda a la macrofauna a determinar con más seguridad los niveles estratigráficos de las distintas edades geológicas.

BIBLIOGRAFIA

- (1).—ARANGO (C. R.) y LLARENA (J. G. DE).—“La cuenca carbonifera de la Babia baja (León)” (inédita).
- (2).—BARROIS (CH.).—“Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice”.—Lille, 1882.
- (3).—DELÉPINE (M. G.).—“Sur les faunes marines du carbonifère des Asturies (Espagne)”. *C. R. Acad. Sc.*—Paris, 1928.
- (4).—GOTHAN (W.).—“Pflanzenleben der Vorzeit”.—Breslau, 1926.
- (5).—KENDALL (P. F.).—“The Coal Measures”. *Handbook of the Geology of Great Britain*, pág. 261.—1929.
- (6).—KOOPMANS (R. G.).—“Researches on the Flora of coal balls from the “Aegir” Horizon in the Province of Limburg (The Netherlands)”. Preliminary Note. Geol. Bureau Heerlem.—1933.
- (7).—KOOPMANS (R. G.).—“Steinkohlenbotanik. Med. v. h. Botan”. Mus. Utrecht.—1939.
- (8).—LECLERCQ (S.).—“La méthode J. Walton pour la preparation des lames minces”. *Ann. Soc. Geol. de Belgique.*—1928.
- (9).—PATAC (I.).—“Crónica del II Congreso de Estratigrafía carbonifera”. *Notas y Com. del Inst. Geol. y Min. de España.*—1942.
- (10).—RENIER (A.).—“Sur l'existence de “coal balls” dans le bassin houiller des Asturies”. *C. R. Acad. Sciences.*—Paris, 1926.
- (11).—RUIZ FALCÓ (M.) y MADARIAGA (R.).—“Vegetales fósiles del carbonífero español”. *Bol. Inst. Geol. y Min. de España.*—1931.
- (12).—STOPES (M. C.) and WATSON (D. M. S.).—“On the present distribution and origin of the calcareous concretions in coal-seams, known as coal balls Phil. Trans. Roy. Soc. ser B. 1907” (referencia tomada de *Handbook of the Geology of Great Britain*, página 266.—1929.
- (13).—WILLIANSON (W. C.).—“Philos. Trans. Roy. Soc.”.—London, 1871.
- (14).—WHITE (D.).—“The Carbonaceous Sediments”. U. S. Geol.—Survey, 1932.

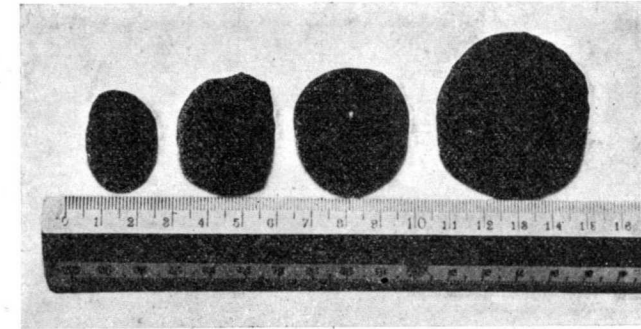


FIG. 1.—Tacañas dolomíticas (coal balls) de la mina “Rosario”.

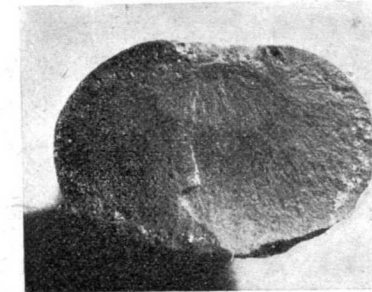


FIG. 2.—Una tacaña dolomítica rota por la mitad. Los puntos blancos son cristales de pirita que forman una aureola a poca distancia de la corteza de carbón. Largo del ejemplar, 33,5 milímetros.

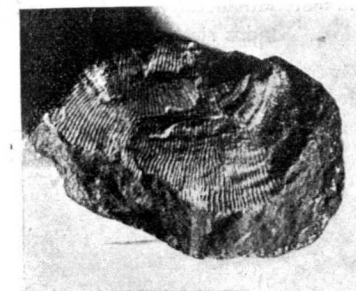


FIG. 3.—Tacaña partida por la mitad, conteniendo un braquiópodo. En el borde inferior se notan los puntos blancos de la pirita. Largo del ejemplar, 47 milímetros.

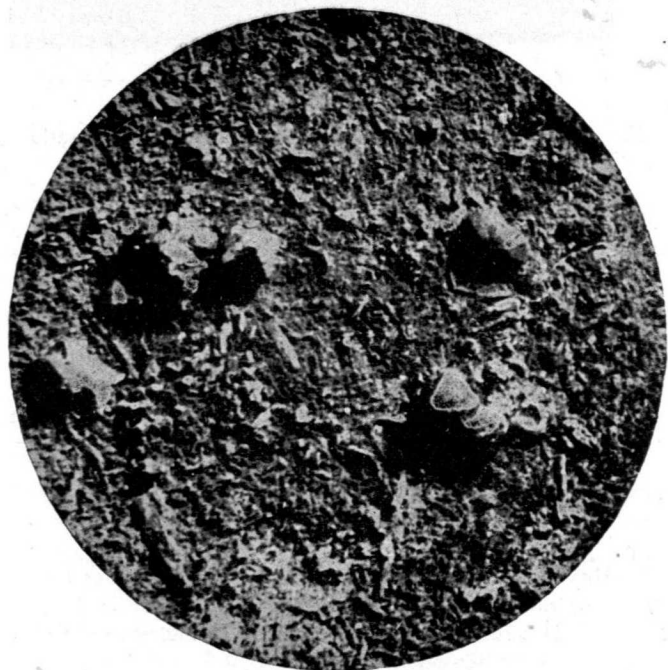


FIG. 4.—Cristales de pirita destacados, por la corrosión prolongada del ácido clorhídrico, de la materia mineral y orgánica que los rodeaba. Aumentados siete veces.



FIG. 5.—Sección delgada y transparente de una tacaña, obtenida por el método Walton. Aumentada 22 veces. En el centro y a la izquierda, fragmentos de tejido medular, entremezclados con otros de tejido leñoso. A la derecha y arriba, tejido vascular leñoso. Las partes blancas representan el relleno mineral que ha fosilizado todos estos tejidos, procedentes de la disociación de los tallos de *calamites*.



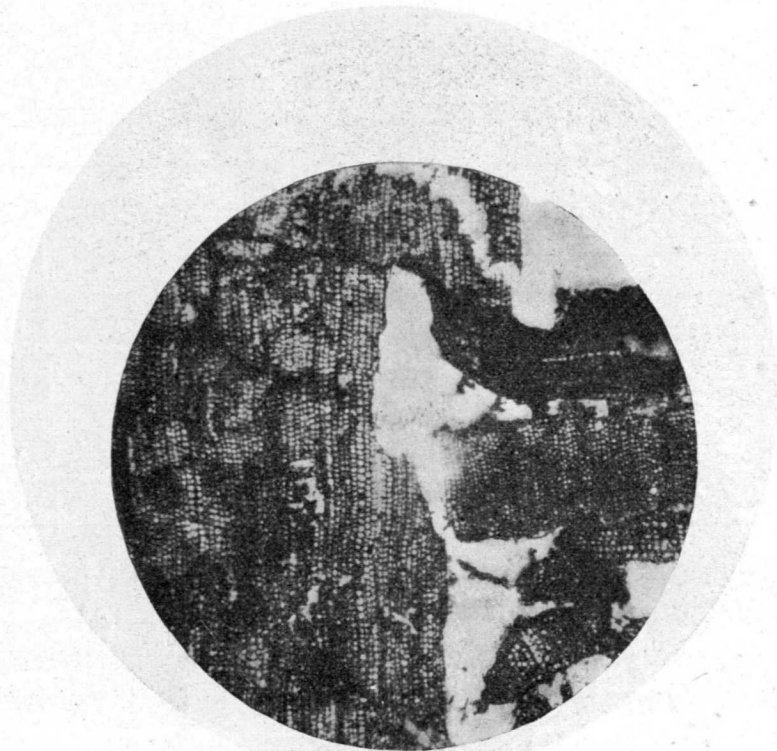


FIG. 6.—Fotografía obtenida por reflexión de la tacaña pulimentada, brevemente atacada por el ácido clorhídrico y protegida por el bálsamo del Canadá y el cubreobjetos. Haces vasculares del leño secundario de las costillas de *calamites*. Aumentada 22 veces.

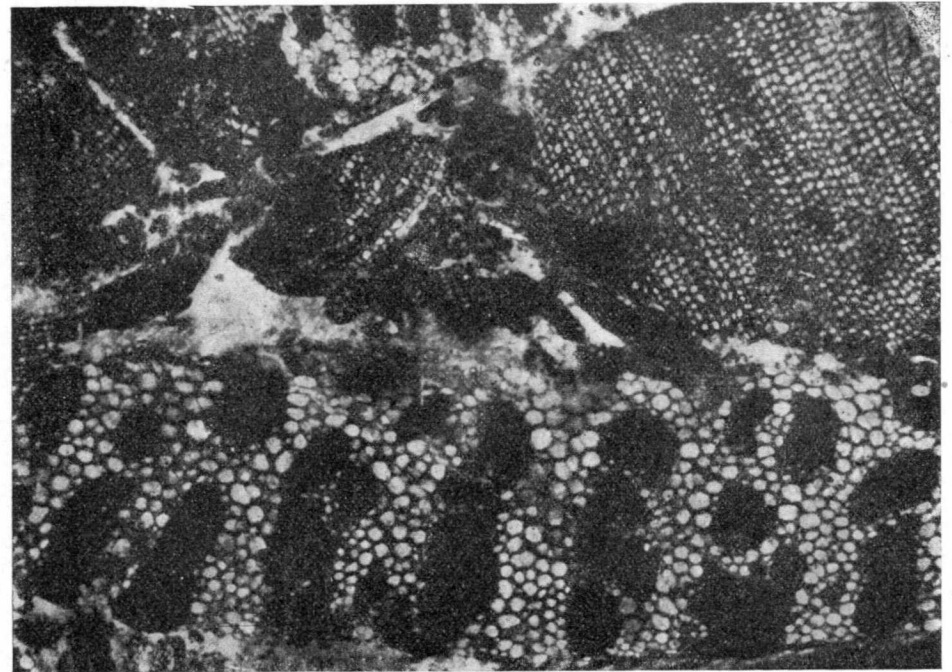


FIG. 7.—Fotografía, con luz reflejada, de una tacaña con restos de *calamites*. Abajo: Sección transversal del tallo mostrando la alternancia de los haces leñosos, que forman las costillas (manchas negras y largas en la foto) con el tejido medular intercalado entre aquéllos (mallas anchas). Arriba: Varios trozos de tejido leñoso y otra sección transversal del tronco. Aumentada 22 veces.

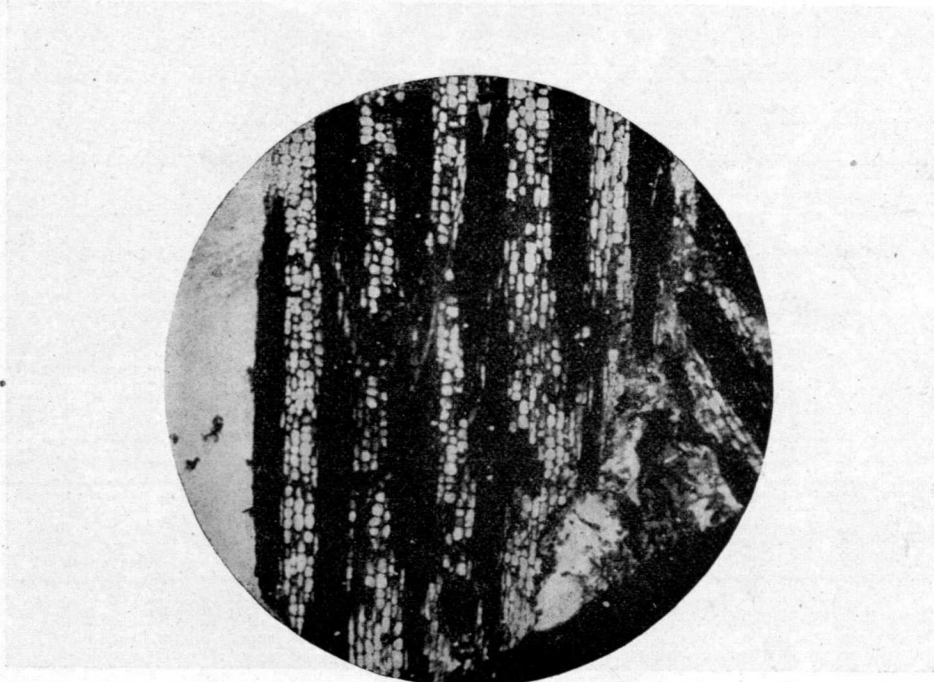


FIG. 8.—Sección casi-longitudinal del mismo tallo que en la figura 7 aparece abajo en sección transversal. Aumentada 15 veces.

**NOTAS SOBRE LOS VENEROS MINERO-
MEDICINALES DE FUENCALIENTE
(Ciudad Real)**

POR

A. CARBONELL T.-F.

INGENIERO DE MINAS

A. CARBONELL T.-F.

INGENIERO DE MINAS

NOTAS SOBRE LOS VENEROS MINERO-
MEDICINALES DE FUENCALIENTE
(Ciudad Real)

Fuencaliente es uno de los pueblos más pintorescos de Sierra Morena, entre ingentes y ásperas sierras, donde un bello paisaje varía a cada momento, mostrándose pródiga la Naturaleza, en sus maravillosos robledales, en las moles pétreas de las alturas o en la curiosa fauna de sus cabras salvajes.

El contraste de la sierra, abrupta con el Valle de los Pedroches, cuya tupida mancha de encinar se pierde interminable en lontananza al S. y al O., la frondosa vega del Hoyo de Azuel, los solitarios parajes por donde el río Yeguas discurre, definiendo mil enrevesados meandros, las interesantes explotaciones forestales de la Garganta, las agrestes cumbres de Sierra Madrona, Sierra Quintana y cien más, que asoman los sucesivos cuchillares de sus cúspides, ofreciendo un espectáculo grandioso.

Los riachuelos, como el Cereceda y el Pradillo, de aguas permanentes y cantarinas, riegan pagos de huertas al pie de Fuencaliente, se ocultan bajo espesas arboledas de alisos o determinan soberbios paisajes al despeñarse, como ocurre en el Chorro de la Batanera.

El mismo pueblo, pintoresco a no poder más, sorprende

con sus rústicos soportales, sus arcaicos balcones en vuelo, sus casas, que simulan las de un gigantesco nacimiento, evocador de tradiciones y leyendas.

Por si ello fuera poco, el misterio impenetrable de las figuras cabalísticas de la Piedra de las Escrituras, de la Peña Escrita y de las Cuevas de la Golondrina y de la Sierpe, entre otras muchas, la primera de las cuales la he clasificado, por analogía, con la célebre de Altamira, en Santander, de Capilla Sixtina del arte estilizado rupestre. Retablos pictóricos incipientes, sin igual en el mundo, que sólo por sí atraen cada vez mayor número de investigadores a Fuencaliente y que para el profano ofrecen la huella que dejaron trazada de manera indeleble los hombres que comenzaron a inventar la escritura hace miriadas de años, centenares de siglos.

Todas y cada una de estas razones hacen de Fuencaliente un lugar ideal de turismo, ya que allí se unen a un sano clima y a unos pobladores amables para el viajero.

He aquí el gran elemento inexplorado, que se asocia perfectamente con el carácter del asunto que estudiamos y con la calidad de esa población bañista, motivo de atracción de aquella, en el cual el hombre no ha de poner de su parte nada para buscar un rendimiento puesto que todo lo halla hecho.

ANÁLISIS DE LAS AGUAS Y SU CLASIFICACION

Los resultados del análisis de estas aguas son los siguientes:

Análisis de las aguas por D. Carlos Mestre, Médico-Director del balneario, tomado de la "Monografía de aguas minerales y termales de España. Ministerio de Fomento. Madrid, 1892":

	GRAMOS
Acido carbónico.....	0,293
Carbonato de hierro.....	0,358
Cloruro sódico.....	0,309
Sulfato cálcico.....	0,411
Sulfato aluminico.....	0,200
Silice	0,039
Pérdida	0,034
<i>Total</i>	1,644

Análisis realizado por el Dr. D. Ramón Llord y Gamboa en 1903, publicado en su "Estudio médicoquímico de las termas de Fuencaliente. Agosto, 1904":

	GRAMOS
Acido carbónico.....	Indeterminado
Cloruro sódico.....	0,01105
Sulfato cálcico.....	0,00335
Bicarbonato cálcico.....	0,01257
— magnésico	0,01527
— ferroso	0,02592
— manganeso	No pesado
— potásico	—
— sódico	—
— lítico	—
Silicato sódico.....	0,01684
Silice libre.....	0,04121
Fosfato cálcico.....	No pesado
— aluminico.....	—
Materia orgánica.....	—

ANÁLISIS DE LA ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS DE MINAS

Caracteres organolépticos.—El agua es incolora, inodora e insípida.

Peso específico.—El peso específico del agua, determina-

do a 22 grados C. y referido al agua destilada a la misma temperatura, es de 1,00025.

Reacción.—Da reacción alcalina con el indicador de naranjado metilo y ácida con el fenolftaleína.

	GRAMOS
<i>Residuo fijo.</i> —Evaporado a sequedad un litro de agua deja un residuo que, seco a 110 grados pesa.....	0,13775
A 120-125 grados, este peso disminuye a.....	0,13600
A 180 grados, este peso disminuye a.....	0,13375
Calcinado al rojo sombra.....	0,12355
Calcinado al rojo brillante.....	0,10875

ANÁLISIS

Analizada el agua se han encontrado y determinado los elementos siguientes:

CATIONES	GRS. POR LITRO DE AGUA	MILI-MOLÉCULAS	MILI-MOLÉCULAS EQUIVALENTES
Yon-Potasio (K')	0,001662	0,0425	0,0425
Sodio (Na)	0,007300	0,3174	0,3174
Amonio (NH ₄ ')	0,000900	0,0500	0,0500
Calcio (Ca)	0,009715	0,2429	0,4858
Magnesia (Mg)	0,007648	0,3145	0,6290
Hierro (Fe)	0,001241	0,0222	0,4444
Manganeso (Mn)	0,000225	0,0040	0,0080
Aluminio (Al)	0,000315	0,01167	0,0350
			2,0123
ANIONES			
Cloro (Cl')	0,011835	0,3337	0,3337
Sulfúrico (SO ₄)	0,006742	0,0702	0,1404
Hidro fof.º (HPO ₄ ')	0,001680	0,0175	0,0350
Hidro car. (HCO ₃ ')	0,057248	1,1030	1,1030
	0,116547		1,6121

ANIONES	GRS. POR LITRO DE AGUA	MILI-MOLÉCULAS	MILI-MOLÉCULAS EQUIVALENTES
Acido silícico (H ₂ SiO ₃).....	0,052200		
	0,168747		
Materia orgánica.....	0,001330		
	0,170077		
Acido carb. libre (CO ₂).....	0,014168		
	0,184245		

El peso de la materia orgánica se ha supuesto al del oxígeno necesario para oxidarla.

Las aguas se pueden considerar que obran químicamente como una disolución que contenga los cuerpos siguientes:

	GRAMOS POR LITRO
Cloruro potásico (KCL).....	0,003169
— sódico (NaCL).....	0,014104
— amónico (NH ₄ Cl).....	0,002673
Sulfato de cal (CaSO ₄).....	0,009551
Bicarb.º cálcico (Ca[HCO ₃] ₂).....	0,027969
— sódico (Na[HCO ₃]).....	0,006395
— magnésico (Mg[HCO ₃] ₂)....	0,046014
— ferroso (Fe[HCO ₃] ₂).....	0,003952
— manganoso (Mn[HCO ₃] ₂)....	0,000725
Fosfato aluminico (Al ₂ [HPO ₄] ₃).....	0,001995
	0,116547
Acido silícico (H ₂ SiO ₃).....	0,052200
Materia orgánica.....	0,001330
	0,170077
Acido carbónico libre (CO ₂).....	0,014168
<i>Total</i>	0,184245

El análisis se ha determinado con el agua filtrada, por

contener en el fondo de los envases un sedimento de color ocre.

ANÁLISIS DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL
INSTITUTO DE RADIATIVIDAD

PRIMERA BOTELLA

Agua venero caliente. Fuencaliente (Ciudad Real):

Inicial calculada..... 63,8 volt. hora litro.

SEGUNDA BOTELLA

La misma:

Inicial calculada..... 68,5 volt. hora litro.

Madrid, 5 de diciembre de 1925.

De acuerdo con tales análisis expuestos, estas aguas minero-medicinales se han clasificado por el Dr. Mestre de *aciduladas salino-férreo sulfatadas*; en la monografía oficial publicada por el Ministerio de Fomento se clasifican como *ferruginosas-bicarbonatadas*; el Dr. Llord las clasifica de *ferrromanganosas, muy débilmente cloruradas, fosfatadas, muy silicatadas y termales*.

Como se ve, es grande la diversidad de opiniones.

VENEROS QUE ABASTECEN EL BALNEARIO TERMAL DE FUENCALIENTE.—NOTICIAS Y DESCRIPCIÓN DE LOS MISMOS

Los veneros que abastecen el balneario termal minero-medicinal de Fuencaliente son cuatro, así llamados:

Venero Caliente.

Id. Templado.

Id. de las Pilas.

Id. Frescuelo.

Los análisis que insertamos precedentemente se refieren a muestras de aguas tomadas en el Venero Caliente. Y agregaremos que todos ellos, por su situación relativa con relación al dispositivo geológico de la zona, reconocen un mismo origen; por lo que tales análisis, por lo que hace a este primer examen, pueden considerarse como generales; siendo, por tanto, las conclusiones deducidas comunes a todos los correspondientes manaderos, que en realidad sólo se diferencian por su termalidad en el lugar del aprovechamiento, consecuencia de su recorrido subterráneo desde un origen similar.

El lugar de procedencia de tales veneros ni lo conocemos ni se conoce. El Dr. Limón Montero, en su "Espejo cristalino de las aguas de España, 1897", dice así en la página 301, refiriéndose a estas aguas de Fuencaliente: "El calor es moderado, y es cierto que en su nacimiento (en la iglesia) es muy intenso, pues viniendo encañadas casi cien pies de distancia, se perciben en el estanque del baño con muy bastante calor". En ciertos certificados del Registro de la Propiedad que hemos podido examinar, y refiriéndose a los baños termales de Fuencaliente, sitios en la plazuela del Barco, o del Barquillo, según se anota en algún lugar, se indica que "las aguas vienen del principio de la Sierra allí contigua, conduciéndose por bajo de dicha iglesia"; lo que se decía en 1868, viéndose así que en esta fecha ya se había perdido la tradición del punto exacto de emergencia de estos veneros. De ellos, en el día, sólo se sabe que están captados en los sitios siguientes:

Venero Caliente.—Emerge en el depósito situado bajo el altar mayor de la Iglesia Parroquial de Fuencaliente, donde se halla el camarín de Nuestra Señora de los Baños, milagrosa imagen, cuya presencia y advocación están en relación con las virtudes salutíferas de las aguas estudiadas.

Las aguas del venero en cuestión se llevan hasta aquel depósito por una conducción primitiva de ladrillo, atadores y cemento, que pasa bajo la solería de la Iglesia; conducción que, los lodos ferruginosos rojizos que se van precipitando y depositando al enfriarse y meteorizarse el agua, es necesario limpiar con frecuencia, ya que esa acción química puede dar lugar permanentemente a obstrucciones, pero que desde hace unos veinte años está abandonada por lo que a estas operaciones se refiere.

Al solar hace poco más de un año la Iglesia Parroquial de Fuencaliente se han cerrado parte de las lumbreras de esa conducción, con el perjuicio consiguiente para las operaciones de limpieza sucesivas y reparaciones que sea necesario hacer en la misma, que ahora resultan por esa razón mucho más costosas, al menos que de nuevo se repongan las cosas en el estado en que estuvieron antiguamente.

La conducción de las aguas de este venero se sabe ciertamente que sigue en el sentido de la mayor longitud de la Iglesia, esto es, de O. a E., conservándose hoy la tapa de una lumbrera por bajo del coro de aquélla; lumbrera cuya tapa está pegada con cemento y queda a unos tres metros del muro de la Iglesia, que al O. da a la calle Real.

Según las informaciones del maestro de obras al servicio del balneario, el agua que llega a esa lumbrera viene del Oeste, pero no hay seguridad del punto en donde realmente emerge el venero termal.

Venero Templado.—Este venero tampoco se sabe exactamente dónde emerge. Recógese en un depósito sito inmediato, medianero y al S. del que recoge el Venero Caliente; depósito el primero a donde llegan las aguas del Venero Templado conducidas por una galería de ladrillos y cemento hidráulico.

Registros correspondientes a esta conducción se hallan al S. del camarín de Nuestra Señora de los Baños, en las dependencias de la Iglesia de Fuencaliente, por bajo de la cual debe venir esa conducción pegada al muro meridional de la misma. Según las referencias, el lugar exacto del nacimiento y la forma de la emergencia son desconocidas en el día. La tradición de todo ello ha quedado perdida.

Venero de las Pilas.—Así como a los veneros Caliente, Templado y Frescuero se les llama teniendo en cuenta su termalidad relativa, el de las Pilas recibe este nombre por abastecer los escasos baños individuales con que cuenta el establecimiento.

Este venero se colectó hace unos quince años, según nos dicen. Mana en terrenos de acarreo, arcillas y restos informes de cuarcita, en la plazuela que la calle Real define junto al costado S. de la Iglesia, a unos cuarenta centímetros de la superficie y hacia el centro de la calle, a unos ocho metros del muro de la misma.

Desde el lugar dicho de su emergencia actual ese venero de las Pilas se conduce al balneario, donde desagua en el correspondiente depósito. La conducción en cuestión está hecha de ladrillo y cemento; y como en los demás casos, y más aun aquí si cabe, no se ha tenido para nada en cuenta la gran cantidad de pérdidas de calor por conductibilidad y radiación, asunto tan importante tratándose de aguas termales.

Venero Frescuero.—Este venero se conduce a su piscina por medio de una tubería de plomo; dicen que en la porción oculta también va en parte por atadores.

Mana, según las referencias, bajo el empedrado de la plazuela del Barco o Barquillo, al N. de la Iglesia; pero las noticias son vagas, inclusive contradictorias, habiendo quien

hace proceder sus aguas del mismo venero que el Templado. A este manadero aun se le ha concedido menos importancia que a los otros por los rústicos encargados de su guarda y custodia.

TERMALIDAD DE LAS AGUAS

Dice en su trabajo citado el Dr. Pérez Giménez que en la fecha de sus observaciones, esto es, en 1909, la temperatura de las aguas termales de Fuencaliente era de 36 grados; temperatura que nosotros hemos comprobado en el día, si acaso algo más elevada en el depósito del Venero Caliente, como ahora se indicará; demostrándose con ello que la termalidad de las aguas permanece constante en trece años sucesivos que median entre ambas observaciones. Agrega el citado doctor en otro lugar, con relación a esa temperatura de las aguas, "teniendo cuatro o cinco grados más en el punto de su emergencia".

Hemos pensado que esas diferencias, que desde luego han de existir entre el lugar de emergencia y el de aplicación, por las pérdidas de temperatura inherentes a la conductibilidad y radiación, acaso podrían explicarnos la razón de cifras tan distintas como las que leemos en diferentes lugares acerca de la termalidad de estas aguas y las tomadas por nosotros.

Así, en la citada "Monografía de aguas minerales y termales de España; Madrid, 1882", se dice que son varios los manantiales de Fuencaliente, con temperaturas de 33 a 35 grados y de 46 a 50 grados. Según otros antecedentes, se dice que los veneros son varios, siendo sus temperaturas de 25, 33, 34, 36, 38, 46 y 50 grados centígrados. Por último, R. Castells—"Riqueza hidro-mineral y climatológica de España"—dice que los manantiales de Fuencaliente son los tres siguientes:

MANANTIAL	Temperatura en grados centígrados	Caudal en litros por minuto
Caliente	36,5	30
Templado	34,5	55
Fresco	33	5

He aquí ahora el resultado del estudio hecho al efecto por el Ingeniero que suscribe y todas las operaciones consiguientes. La fecha en que fueron tomadas las temperaturas fué el día 1 de noviembre de 1925 y la hora las doce de la mañana.

Se ha empleado en estas operaciones un termómetro centígrado de precisión. Las temperaturas se apreciaron en los depósitos correspondientes, es decir, en toda la masa del agua contenida en ellos, con las pérdidas inherentes por radiación; de manera que en los manantiales puede afirmarse desde luego que la temperatura es superior.

LUGAR DE LA OBSERVACION	Grados centígrados de la masa de agua
Depósito del Venero Caliente:	36,50
Piscina caliente de hombres.....	36
Piscina caliente de señoras.....	34
Depósito del Venero Templado:	32,25
Piscina templada de señoras.....	32
Piscina templada de hombres.....	31,75
Agua de beber.....	21
Depósito del Venero de las Pílas.....	32,50
Piscina del Venero Frescuélo.....	31

Como en las observaciones anteriores a la nuestra no indican exactamente el lugar en que se han realizado las mismas, no cabe hacer hipótesis acerca de las diferencias que se observan; sólo si conviene hacer constar, insistiendo en ello, que la observación de la termalidad máxima es conforme con la realizada con el Dr. Pérez Giménez hace trece años y, por tanto, que esa termalidad se conserva íntegra.

CAUDAL DE LOS VENEROS O MANANTIALES DEL BALNEARIO
DE FUENCALIENTE

Hemos señalado precedentemente el aforo realizado hace años, y que consta en el trabajo citado del Dr. Castells; en total, ese aforo se eleva a 90 litros por minuto. También en la "Monografía de las aguas minerales y termales de España; Madrid, 1892", se indica que son varios los manantiales de Fuencaliente con temperaturas de 33 a 35 grados y de 46 a 50 grados, con caudales en litros, respectivamente, de 19 y 55,5; resultando así un aforo total de 74 litros y medio por minuto. Según otros antecedentes, los manantiales tienen 30, 55, 19 y cinco litros por minuto, siendo sus temperaturas de 25, 33, 34, 36, 38, 46 y 50 grados centígrados, lo que arroja un aforo total de 109 litros por minuto.

Esos veneros, cuyo lugar de emergencia desconocemos, arrojan el siguiente caudal, según observación realizada el día 1 de noviembre de 1925, confrontada en el corriente año de 1928 por medio de una arqueta de aforo; operación hecha a altura constante y a orificio de salida de sección constante:

VENEROS AFORADOS	Caudal en litros por minuto
Venero Caliente:	
Piscina de hombres.....	11,32
Piscina de señoras.....	5
<i>Caudal total del Venero Caliente...</i>	16,32
Venero Templado:	
Piscina de señoras.....	16
Piscina de hombres.....	26
<i>Caudal total del Venero Templado.</i>	42

VENEROS AFORADOS	Caudal en litros por minuto
Venero de las Pilas:	
<i>Caudal total del Venero de las Pilas.</i>	31
Venero Frescuelo:	
<i>Caudal total del Venero Frescuelo.</i>	11,64

De cuyo cuadro es un resumen el que a continuación se acompaña:

R E S U M E N

VENEROS AFORADOS	Caudal en litros por minuto
Caliente.....	16,32
Templado	42
De las Pilas.....	31
Frescuelo	11,64
<i>Caudal total de las aguas del balneario de Fuencaliente en 1 de noviembre de 1925.....</i>	100,96

O sea, en números redondos, *cien litros por minuto.*

Hay que agregar que desde primeros de julio de 1925, en este año no había llovido de una manera importante en la región; es decir, que tal momento, por lo que a los manantiales freáticos se refiere, era el de máximo estiaje.

LAS AGUAS DE FUENCALIENTE POR LO QUE HACE A SU RECORRIDO
SUBTERRÁNEO

Las aguas que emergen en la serie de sierras que limitan al N. y al E. el Valle de los Pedroches se distinguen por su calidad excelente. Los veneros de aguas emergentes en las cuarcitas merecen figurar, por su finura, a la cabeza de los

más apreciados; su grado hidrotimétrico a veces es sólo de tres grados; ejemplo palpable lo tenemos en la zona en los veneros de la Garganta, que la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya explota en aquellas sierras, entre Conquista y El Horcajo, cuyas aguas vende para el consumo en los pueblos que se encuentran en las cercanías del ferrocarril de Peñarroya a Conquista y emplea en sus fábricas de Puelonuevo del Terrible.

Esas aguas proceden de las filtraciones de otras aportadas por los hidrometeoros, lluvias, nevadas, escarchas, rocío, etcétera, que discurren por las fisuras de esas rocas cuarcíticas, hasta volver al día después de su recorrido subterráneo allí en donde las circunstancias topográficas son apropiadas. Rocas son estas cuarcitas exentas de materias solubles en las condiciones de temperatura y presión normal; en ellas, por tanto, las aguas pasan conservando casi íntegras las condiciones de pureza de las de lluvia originales.

Pero otras veces, esas aguas filtradas alcanzan depósitos ferruginosos, pizarreños principalmente, que no faltan en la serie siluriana extensamente representada en aquellas sierras; y ya cargadas en parte de ácido carbónico, al pasar a la atmósfera actúan como *disolventes de sustancias de esa índole*, y al emerger aparecen provistas de una capa de hidróxido de hierro precipitado. Ejemplos de esas aguas ferruginosas los tenemos en las inmediaciones de Fuencaliente: en las fuentes del Madroño, al N., y de la Teja, al S., ambas en las inmediaciones de la carretera de la estación de Veredas y a distancia de un kilómetro escaso una y otra del pueblo.

Por último, el caso de las aguas termales de Fuencaliente es distinto y ahora el principal objetivo de nuestro examen; sería inexplicable la temperatura con que las aguas de aquellos veneros emergen si la observación del grado geotérmico nos fuera desconocida.

Según ésta, sabemos que a 33 metros de profundidad aproximadamente se tiene de una manera permanente, cualquiera que sea la estación del año y la hora del día o de la noche, una temperatura constante, que coincide con la temperatura media de la localidad a donde la experiencia se refiere. Se sabe también, por el concepto de ese grado geotérmico, que si descendemos según la vertical hacia las profundidades de la Tierra, por cada 33 metros que descendamos en ese sentido la temperatura aumenta un grado centígrado; luego si un agua brota en un manantial con temperatura superior a la media anual de la localidad y se trata de aguas de origen profundo, sabemos que viene de una profundidad cuyo límite menor es el de 33 metros, más tantas veces 33 metros como en grados exceda la temperatura de esas aguas que manan de la temperatura media de la localidad en cuestión.

Es decir: que si un agua emerge en un venero a 15 grados de temperatura, siendo ocho grados centígrados la media anual de aquellos parajes, pudiendo comprobarse que el venero es de origen profundo, éste se halla a $33 + 33 \times 7 = 264$ metros de profundidad, por lo menos.

Ese es el límite mínimo de la profundidad, puesto que las aguas subterráneas, al ascender en este caso a la corteza de la tierra, han de ir perdiendo temperatura al ponerse en contacto con las rocas por donde su conducción discurre, las cuales, a su vez, constantemente están perdiendo calor por conductibilidad; por lo cual, es indudable que ese grado de temperatura, con el cual las aguas emergen, como se ha dicho, es sólo un límite por defecto del lugar en profundidad de donde aquéllas vienen.

Tal es el caso de las aguas termales que abastecen el balneario de Fuencaliente. Allá la temperatura media local es de unos 10 grados centígrados, según las observaciones de Badajoz, Córdoba, Ciudad Real y los antecedentes locales, pues la

observación hecha en Fuencaliente por el Dr. Pérez Giménez, en su obra citada, de 20 grados para la temperatura media, se refiere a la época de la temporada oficial de baños.

Las aguas de los veneros emergen a 36,50 grados centígrados. Luego la ecuación de la profundidad de donde proceden es

$$(36,50 - 10) \times 33 + 33 = 907,50 \text{ metros,}$$

como límite inferior o mínimo.

Estas aguas, al ir ascendiendo, pierden sucesivamente temperatura, llegando esta pérdida a ser máxima en las cercanías de la superficie, donde se acentúa por ser mayor la conductibilidad y radiación, menor la velocidad de aquellas aguas y mayor la diferencia de temperatura de ellas a la del medio por donde discurren.

Por esto precisamente es importantísimo coleccionar debidamente esas aguas termales en el verdadero punto de su emergencia, evitando que discurren subterráneamente de una manera infructuosa o perniciosa por lo que a su termalidad, a su bacteriología y contaminación se refiere.

DOS PALABRAS SOBRE LA GEOLOGIA DE FUENCALIENTE

Necesariamente, cuanto ha quedado expuesto nos lleva a examinar, siquiera sea rápidamente, esta cuestión: la geología de Fuencaliente.

En el plano geológico de España aparece Fuencaliente situado en la serie cambriana; observaciones personales nos descubrieron una abundante fauna de *Bilobites*—*Cruziana Goldfussi*, *Rouault*—en la cueva de la Sierpe, al SO. de la

Casa Forestal del Estado, confirmándonos ya de una manera plena en aquella idea.

El siluriano está aquí definido por una serie de cuarcitas y pizarras que se ofrecen en zonas sucesivas de alternancia. Así como aquellas rocas, las cuarcitas, son rocas duras y frágiles, donde los movimientos tectónicos que dejaron su huella en el país han de traducirse por una serie de fracturas, pasos fáciles para las aguas; por el contrario, las pizarras, de marcado carácter arcilloso, blandas, oclucionaron con sus mismos elementos necesariamente las grietas que se abrieron en sus estratos, a más de que ante los impulsos tectónicos se plegaron dócilmente.

Dedúcese de ello que así como las aguas superficiales o profundas pueden discurrir por los bancos de las cuarcitas fisuradas, al llegar a las zonas pizarreñas queda interceptado el camino fácil y son rechazadas en sentido contrario a su curso normal, ya elevándose el nivel hidrostático, ya marchando a verter allí donde la obstrucción cesa.

Aparece al S. de la gran faja de terrenos silurianos que desde Despeñaperros va a El Hoyo de Mestanza, a Fuencaliente, El Horcajo, Santa Eufemia y Cabeza de Buey; otra serie pizarreña, limitada entre aquella y la mancha granítica del Valle de los Pedroches, que por los fósiles que he hallado en Belalcázar, *crinoides*, he incluido en el carbonífero inferior y en el devoniano.

En la línea del contacto del siluriano y del devoniano y culm aparecen asomos de diabasas, que pueden examinarse, entre otros lugares, en la estación de Belalcázar y en el río Guadalmez, en el camino de San Benito a la Virgen de las Cruces y Torrecampo. Y como en las cercanías geológicas de esa línea de contacto se halla Fuencaliente, ya en lo anterior tenemos un indicio de la razón que pueden tener aquellos veneros termales en su origen, relacionados con esas materias

hipogénicas coladas por una línea de fractura de contacto. Veneros termales que representan la última fase de una emisión endógena.

La notable diferencia de dureza de esas dos clases de rocas, alternantes en fajas arrumbadas al O.-NO., fué la razón de que ante los efectos erosivos se llegara al accidentado paisaje presente, donde las agrestes sierras aparecen con aquel rumbo fundamental.

La erosión, el arrastre de los detritus, dió origen a cantos sueltos silíceos, a grava, a algunas arenas y arcillas, provenientes estas últimas principalmente de la erosión de las pizarras. La erosión de los materiales ferruginosos llevó consigo la formación de ocres, que colorearon esas arcillas de tono rojo ladrillo.

Los aportes de la erosión se han detenido en los rellanos que se determinan por una razón accidental, particularmente por la mayor depresión que los agentes de la geodinámica externa originaron, degradando los asomos pizarreños blandos.

Este es el caso de los terrenos donde se eleva la iglesia de Fuencaliente y el de los que se extienden desde ella al Este, a la depresión del río Pradillo.

Según los antecedentes recogidos, todas las edificaciones allí levantadas se elevan sobre un subsuelo formado por tierras y aportes sueltos pedregosos. Aportes donde se observan, entre una masa de tierras arcillosas rojizas, lentejones y vetas de casquijo, a veces en tránsito a arenas, por donde las aguas discurren y abastecen los pozos abiertos en tales terrenos.

Al O. de la iglesia de Fuencaliente asoman las cuarcitas en la Cruz de Hierro y en todo el anfiteatro, a cuyo pie se eleva el pueblo.

Aproximadamente en el contacto de esas cuarcitas con los derrubios que hemos dicho que determinan el piso de la

iglesia y del balneario, considerado ese contacto en el amplio concepto geológico, se hallan los veneros termales de Fuencaliente.

ORIGEN DE LAS AGUAS DEL BALNEARIO DE FUENCALIENTE

Las aguas subterráneas que emergen en Fuencaliente ya hemos dicho que pueden considerarse divididas en tres clases, y hemos aducido las indicaciones precisas acerca de cuál fué el camino subterráneo que unas y otras discurrieron hasta emerger o hasta que fueron reconocidas en las labores de captación.

Prescindiendo del caso particular de aquellas aguas que llevan disoluciones ferruginosas, que por tratarse de veneros emergentes a larga distancia del balneario de momento no nos interesan, si bien la calidad de estas aguas nos obliga a llamar la atención sobre ellas, para que se estudie su empleo terapéutico, puesto que pudieran ser aguas salúferas, medicinales y complementarias para las aplicaciones de las termales del balneario; prescindiendo de esta clase de aguas, decimos, procede examinar las otras dos clases que hay en las inmediaciones de dicho centro hidroterápico.

Repetiremos que estas aguas son de dos tipos distintos: aguas profundas y termales; aguas que descendieron a grandes profundidades, donde tomaron en disolución diferentes compuestos, que nos revela el análisis químico, o adquirieron propiedades interesantísimas para las aplicaciones, como son esa termalidad y las reveladas por el análisis por radiactividad. Aguas que después de pasar por ese ciclo profundo emergen, aprovechando una fisura especial o un conjunto de ellas, en condiciones en que la contaminación exterior, si el captado se hace en condiciones apropiadas, es por completo imposible.

Las otras aguas, que dan origen a diferentes veneros en las cercanías de Fuencaliente y en el mismo pueblo, bajo la cruz de hierro que se eleva en el alto, son aguas que una vez filtradas en la corteza terrestre han discurrido por las fisuras y conductos de aquélla, hasta emerger en el lugar donde se reúnen condiciones apropiadas, como lo son las definidas por la milenaria erosión del río Pradillo, en cuya margen se eleva el pueblo de Fuencaliente.

Estas aguas corren someras, y más aún en aquellos lugares de rápida pendiente, estando expuestas, al manar en el casco de una población o al discurrir por el subsuelo de ella, a contaminarse, por la mezcla con las filtraciones provenientes de las aguas superficiales y de lluvia que discurren por estercoleros, corrales, patios y calles y aún más por mezclarse con las aguas sucias del acantarillado.

Si las aguas termales y profundas no están recogidas en la forma precedente, al llegar al punto de emergencia vierten por la fisura propicia a su paso, buscando siempre los lugares de menor altitud, haciendo, a partir de ese lugar, un recorrido por completo análogo al de las aguas subterráneas más superficiales, como es el caso de Fuencaliente.

Entonces lo que sucede, como consecuencia de no estar las aguas termales bien colectadas en el lugar de su emergencia, es que al pasar de la grieta de las cuarcitas fisuradas por donde ascendieron a la masa definida por las acumulaciones de los detritus de estas cuarcitas y de las pizarras, cuyos elementos varían en dimensiones y calidad desde el grueso canto de cuarcita al elemento de arcilla roja, al comenzar a discurrir por los espacios de esa masa sobre la cual se halla edificada la iglesia y el balneario de Fuencaliente, esas aguas van perdiendo termalidad, siendo fácil que cuando lleguen a manar en un venero ya esa termalidad no sea apreciable o haya desaparecido por completo.

Las aguas superficiales, que discurren por las fisuras superiores de las formaciones cuarcíticas pizarreñas de la Sierra de Fuencaliente, que se extienden al NO. del pueblo, también al manar hacia la parte baja del surco del río Pradillo se encuentran con esa acumulación de aportes, permeables unos, impermeables otros, pasando en parte por los primeros a alimentar otros veneros y pozos del pueblo y en el resto a mezclarse con las aguas termales, disminuyendo proporcionalmente sus virtudes curativas e incluso contaminándolas si ellas lo estaban.

HISTORIAL

El pueblo de Fuencaliente se fundó como consecuencia del carácter salúfero termal de los veneros cuya explotación nos interesa; datan los baños, en su fundación, del siglo XIII; cuando éstos llevaban tiempo de ser empleados fué fundado el pueblo, en el año 1369; la iglesia actual se levantó en el lugar que ocupaba una ermita en el año 1710.

Este carácter salúfero de las aguas hizo que éstas se considerasen y declarasen de utilidad pública, en confirmación de lo cual, desde 1835 hay médico oficial de baños en éstos de Fuencaliente. Las Memorias de estos doctores, que pasaron por el balneario desde tan larga fecha, ya próxima a un siglo, se hallan en la Facultad de Medicina de Madrid y en el Archivo de Sanidad, en el Ministerio de la Gobernación.

VENEROS TERMALES EN LAS INMEDIACIONES DE LOS DEL
BALNEARIO

Además de los reconocimientos realizados acerca de los veneros del balneario, mereció nuestra atención, de un modo particular, el examen de los diferentes manaderos de agua que quedan inmediatos a aquel establecimiento. A continuación señalamos nuestras observaciones en el indicado sentido.

Observación núm. 1.—Casa de D.^a Cristeta Fernández. Taller de herrador. Hay una pila de 0,60 metros de anchura por 1,20 de larga y 0,60 metros de profundidad, aproximadamente, viéndose que estas aguas, como ocurre con todas las que manan en el balneario y con las que se indican a continuación, no atacan al cristal ni al plomo, pero sí al hierro. Las aguas emergen a la pila en cuestión, donde su temperatura es de unos 28 grados, 30 C., corriendo constantemente y, al parecer, con abundancia.

La medida de esa temperatura se realizó, así como la de los veneros y pozos siguientes, el día 1 de noviembre de 1925, desde las diez a las doce horas de la mañana, marcando el termómetro 12 grados en el ambiente de la calle.

El venero que ahora nos interesa se habilitó hace poco tiempo. Mana a unos 15 centímetros por bajo del piso de la calle, depositando algún grumo o lodo rojizo, al igual de lo que ocurre con los del balneario.

Observación núm. 2.—Casa de D. Pablo Gómez. Administrador del balneario. Establecimiento de barbería. Pocillo de agua donde se midieron 22 grados C., hallándose el agua a la profundidad de la pila anterior; dicen que en este pozo se mezclan dos corrientes, una de agua termal y otra fría, siendo la mezcla, como se ve, termal.

Observación núm. 3.—Casa de Donato Barrera. Establecimiento de barbería. En la calle Real, esquina a la del Paralejo. Pocillo con agua al nivel de la calle; en ese pocillo corre el agua rápidamente, penetra por el O. y sale por el Este. Temperatura medida en la masa de agua; aquí, como en todas las observaciones realizadas, 35 grados C.

Dicen que el agua termal emerge al O. a un metro de distancia de esta pila, donde agregan que sale muy caliente, mezclándose seguidamente con otras venas de agua fría. El agua, al meteorizarse, deposita un grumo o nata análoga a la observada en los veneros del balneario.

Observación núm. 4.—Casa de D. Lucio Muñoz Díaz. Pocillo de agua, cuyo nivel se halla a dos metros bajo el piso de la calle Real, en la entrada de la casa, viéndose que el agua discurre por el pozo. La temperatura de dicha agua en ese pozo era de 22 grados C.

Observación núm. 5.—Pocillo sito en la calle del Paralejo, donde el nivel del agua se encuentra a 1,50 metros por bajo del piso de la referida calle en aquel lugar. Temperatura de las aguas del citado pozo: 21 grados C.

Al norte de ese pocillo, en la casa situada en esta calle, en la alcoba de la misma, hay un pequeño rebaje con una charca termal, que sólo tiene agua en la época lluviosa, según nos dicen, seco cuando realizamos nuestra visita.

Observación núm. 6.—Pozo sito en la casa de Celedonio Trenado Gómez, en la calle del Paralejo, al sur del pozo sito en esa calle y en la primera sala de esa vivienda; se halla a la misma profundidad que el sito al exterior, habiendo sido la temperatura observada de 23 grados C.

Observación núm. 7.—Casa de D. Donato Barrera, calle Real, medianera con la de la barbería de la esquina de la calle del Paralejo. Pocillo con agua al nivel de la calle, aproximadamente, y temperatura de 21 grados C.

Observación núm. 8.—Casa de D. Evaristo Gutiérrez, Alcalde de Fuencaliente en la fecha de nuestra visita, sita en la calle Real, esquina al sur de la calle del Paralejo. El nivel de las aguas era más bajo que el de la calle en el pozo en que realizamos la observación, siendo la temperatura de esas aguas de 22 grados C.

Observación núm. 9.—Casa de Julián Pérez Gómez, en la calle Real, al sur de la anterior, pozo donde el agua se halla a más bajo nivel que el de la superficie de la calle. Temperatura de sus aguas: 22 grados, 30 C.

Observación núm. 10.—Casa de D. Liborio Gómez García, en la calle Real, al sur de la anterior. Pozo donde el agua se encuentra a un nivel más profundo que el pozo de la observación número 9. Temperatura de las aguas de ese pozo: 21 grados, 30 C.

Observación núm. 11.—Casa del Correo, propiedad de los herederos de Cayetano Rodríguez. Pocillo de agua caliente, donde corre el líquido a un nivel superior del de la calle Real, donde se encuentra esta casa a espaldas de la iglesia. Se halla el venero a unos 80 centímetros sobre el nivel de la calle. Temperatura de la pila allí existente: 31 grados C.

Al oeste de esa pila, a dos metros de ella, en el patio o corral de la casa, asoman las cuarcitas blanquecinas, cuyos lechos o litoclasas se arrumban de N. a S., viéndose un manadero insignificante por el caudal, pero termal, en una de esas fisuras, cuyas aguas, por su carácter ferruginoso, ensuciaron de una tonalidad pardusca el lugar del chorreo. Venerillo termal que ha sido tomado en su salida y ocluido por completo con cemento.

Observación núm. 12.—Casa de los herederos de Casimiro Gómez, en la calle Real, inmediata a la anterior, al norte de ella y al sur de la siguiente. El nivel del agua termal se halla algo más elevado que el del piso de la calle. La tem-

peratura del agua manadera en ese manantial es de 19 grados C.

Observación núm. 13.—Comercio de D. Víctor Alonso. Hay en el patio de esta casa dos veneros y sus correspondientes depósitos, viéndose que ambos manan sobre el nivel de la calle Real, en la que se encuentra esta casa.

El venero sito más al O. acusó una temperatura de 30 grados, 25 C., sintiéndose el agua, al arreglar este depósito, según el propietario, que parecía venir de lejos, de los cerros del O.-SO. El otro venero, sito al NO., y a unos cuatro metros del anterior, parece que, debido a ser sus aguas una mezcla de las termales y de las frías, acusó una temperatura de 22 grados C.

Observación núm. 14.—Comercio droguería, casa de la viuda de D. Antonio Gil. Hay allí otros dos pocillos, cuyos veneros se hallan por lo menos a 1,50 metros sobre el nivel de la calle Real. Uno de ellos es casi medianero con el último citado; la observación de la temperatura, en su pileta, acusa 22 grados C. El otro, sito más al N., dió en la observación una temperatura de 27 grados C., viéndose en el depósito del mismo algún grumo ferruginoso.

Confirma este ejemplo que las aguas procedentes del Oeste, termal unas, en menos proporción otras, obedecen, al serlo así, a una verdadera interferencia, que en el derrame termal provoca otro de aguas freáticas procedentes de los altos de la sierra.

Observación núm. 15.—Casa de D. José Delgado Manosalva, sita en la plaza del Ayuntamiento. Venero termal que corre en una pileta como el anterior, depositando también grumos ferruginosos y acusando una temperatura de 25 grados, 25 C., encontrándose en un dispositivo análogo al del último anteriormente citado.

Observación núm. 16.—Casa de D.^a Dolores Muñoz, tam-

bién en la plaza del Ayuntamiento, como en la siguiente observación. Pocillo a nivel inferior al precedente y más alto que el que ahora seguidamente indicaremos. Al nivel aproximado de la plaza citada, en el referido pozo, se mezclan un venerillo, que corre más alto, a un metro bajo el piso del patio de la casa, y cuya temperatura es de 18 grados C., con otro que mana más abajo, siendo la temperatura de la mezcla, en el pocillo, de 17 grados.

Observación núm. 17.—Casa de D. Gregorio Benítez, médico. Se halla, como hemos dicho, en la plaza del Ayuntamiento. En un nivel que parece ser poco más alto que el del piso de aquella plaza mana el venero, que acusa en el pozo una temperatura de 19 grados C.

Observación núm. 18.—Plaza del Ayuntamiento o principal y calleja que va a la plazuela del Barco o del Barquillo; según nos indica el Sr. Cura Párroco de Fuencaliente, al abrir los hoyos para la plaza de toros que allí se improvisa en las fiestas del pueblo, se corta agua termal.

Observación núm. 19.—Casa de D. Vicente Cervera. Plaza de los Baños, del Barco o Barquillo, en la esquina a la calle de la Gonzala. Chacinería. Allí hay una pileta abierta hace poco tiempo, donde corre el agua templada al nivel de la calle, la cual parece que fué captada en la zona norte del balneario. La temperatura del agua en esa pila es de 15 grados C.

Observación núm. 20.—Casa de D. Antonio Conde, en la plaza de los Baños. Fonda. Hay allí un pozo de cinco metros de hondura, cuyas aguas se vió que tenían una temperatura de 18 grados C.

RAZÓN DE ESTOS VENEROS

Recordando lo expuesto acerca de las temperaturas de las aguas del balneario, que fluctuaban de 21 grados a 36 grados 50 C., resulta que algunos de los manaderos examinados en las cercanías del balneario tienen igual temperatura, o superior, a ciertas aguas termales empleadas en el balneario. Como sucede con los siguientes:

Observaciones — Su número	Grados centígrado medido
3	35
11	31
13	30,25

y con otros muchos más.

Además, vemos que todas las aguas objeto de tales observaciones son termales en mayor o menos proporción.

El examen del plano que se acompaña confirma, por otra parte, que el mismo origen, la misma razón de la termalidad de los veneros que abastecen el balneario de Fuencaliente, es la de esta serie de manantiales y pozos que se acaban de indicar. Las aguas de unos y otros son provenientes del mismo lugar, ya en totalidad, ya en parte, por mezclarse a las aguas termales profundas las freáticas de la sierra que se eleva al O., que en virtud de la gravedad descienden subterránea o superficialmente a buscar la corriente del río Pradillo.

I N D I C E

A S U N T O	<u>Páginas</u>
PRELIMINAR	3
Análisis de las aguas y su clasificación.....	4
Veneros que abastecen el balneario termal de Fuencaliente: noticias y descripción de los mismos.....	8
Termalidad de las aguas	12
Caudal de los veneros o manantiales del balneario de Fuencaliente	14
Las aguas de Fuencaliente, por lo que hace a su recorrido subterráneo	15
Dos palabras sobre la geología de Fuencaliente.....	18
Origen de las aguas del balneario de Fuencaliente.....	21
Historial	23
Veneros termales en las inmediaciones de los del balneario.....	24
Razón de estos veneros.....	29

EMPLAZAMIENTO DE LOS VENEROS TERMALES DE EVENCALIENTE (CIVIDADREAL)

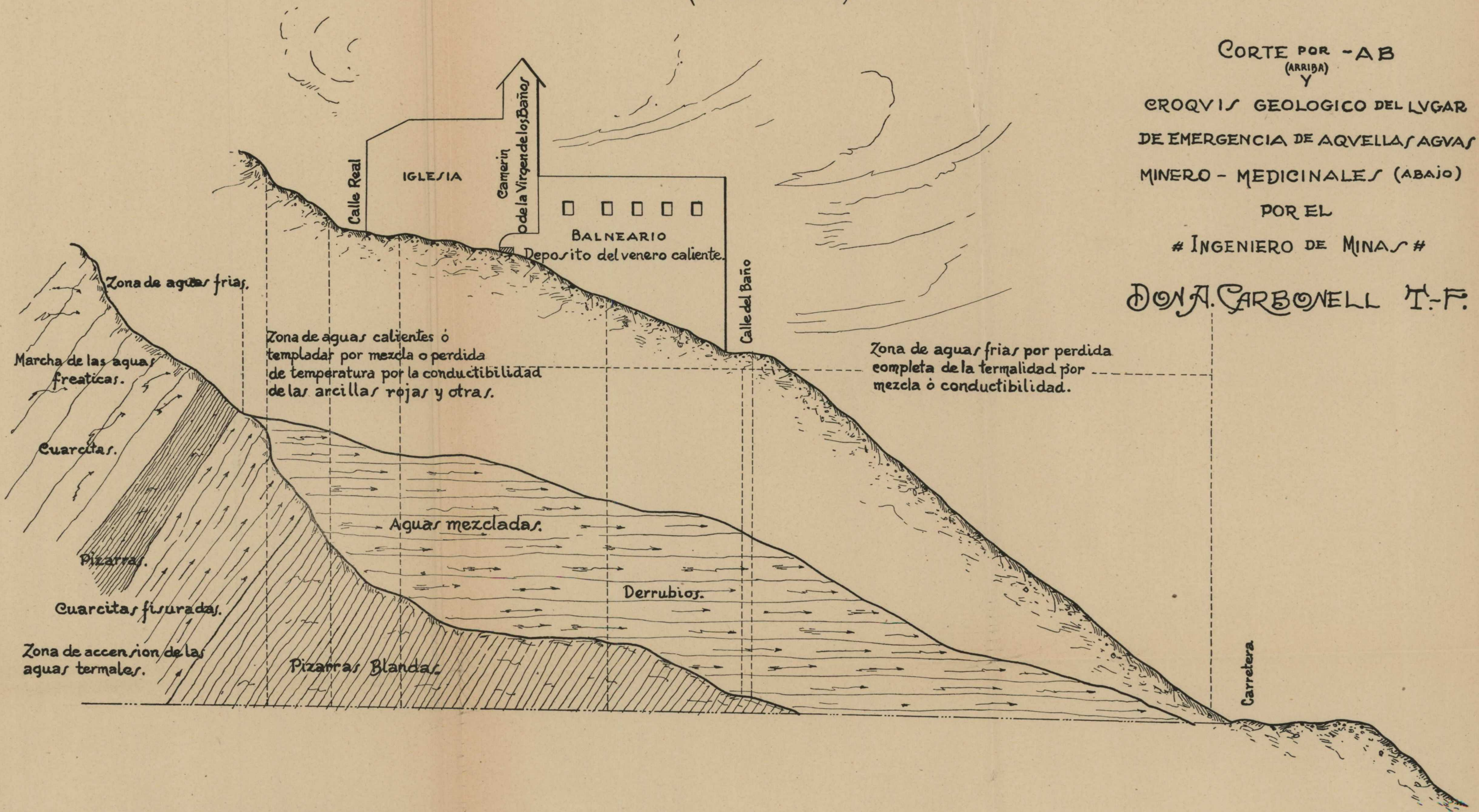


CORTE POR -AB
(ARRIBA)
Y

CROQUIS GEOLOGICO DEL LUGAR
DE EMERGENCIA DE AQUELLAS AGUAS
MINERO - MEDICINALES (ABAJO)

POR EL
INGENIERO DE MINAS

DON A. CARBONELL T.-F.



ESCALAS DEL CORTE { Horizontal - 1:500
Vertical - 1:1000

ESCALAS DEL CROQUIS { Horizontal - 1:500
Vertical - 1:2000

EXPLICACION { Aguas freaticas, →
" termal, →
" Mezcladas, ⇌

PLANO DEL EMPLAZAMIENTO DEL BALNEARIO TERMAL DE FENCALIENTE (CIVIDADREAL)

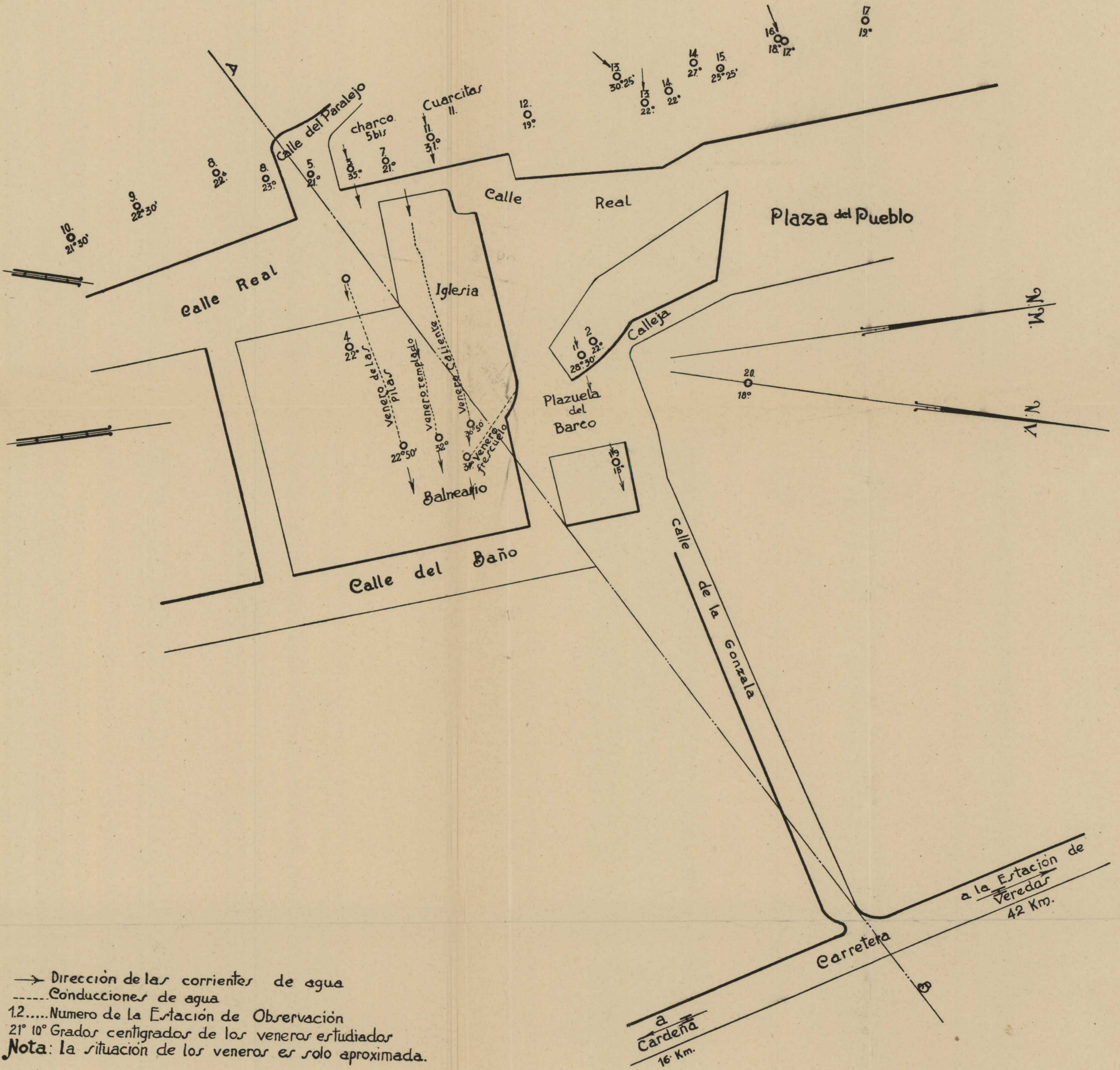
POR EL

INGENIERO DE MINAS

D. DONA. CARBONELL T. F.



Venero
de
agua en las Cuarcitas



→ Direccion de las corrientes de agua
 ----- Conducciones de agua
 12.....Numero de la Estacion de Observacion
 21° 10° Grados centigrados de los veneros estudiados
Nota: la situacion de los veneros es solo aproximada.

Escala 1:500.

**SOBRE EL CONTENIDO EN BROMO DE
LAS SALES POTASICAS DE LA CUENCA
DEL LLOBREGAT (Barcelona)**

POR

JESUS MIR

J E S U S M I R

SOBRE EL CONTENIDO EN BROMO DE
LAS SALES POTÁSICAS DE LA CUENCA
DEL LLOBREGAT (Barcelona)

El objeto de la presente comunicación, es dar a conocer los resultados de algunos análisis de bromo, efectuados con muestras de sales potásicas de la cuenca del Llobregat. El método de análisis empleado es el antiguo de van der Meulen, modificado por D'Ans y Höfer, que sustituye con positiva ventaja al de destilación, en comparación con el cual se han obtenido resultados concordantes, según demuestra el cuadro siguiente:

MUESTRAS	MÉTODO DE DESTILACIÓN	MÉTODO IODOMÉTRICO
Silvinita I	0,132	0,125 % Br
Silvinita II	0,115	0,110 % Br
Silvinita III	0,125	0,125 % Br

I

EL METODO DE VAN DER MEULEN PARA LA
DETERMINACION IODOMETRICA DEL BROMO

a) FUNDAMENTO

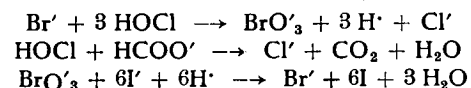
El método de van der Meulen para la determinación iodométrica del bromo, perfeccionado por D'Ans y Höfer (1), descansa en el proceso de oxidación de los iones Br, convir-

(1) "Untersuchungen an Brom". J. D'Ans u. P. Höfer. *Angewandte Chemie*, 47, 1934, 71.

tiéndolos en BrO_3' , y en la valoración del iodo que queda libre, por adición de IK.

Para la oxidación se emplea el hipoclorito, cuyo exceso se reduce con ácido fórmico, y la valoración del I se hace con tiosulfato sódico.

Las ecuaciones siguientes resumen el proceso:



Se ha comprobado que es favorable la adición de una mezcla de fosfatos mono-sódico y di-sódico con pirofosfato, sobre todo cuando se opera en presencia de cantidades notables de MgCl_2 y de sales fuertemente hidrolizables, que por diversas razones dificultan el método. En cambio, la presencia de CaCl_2 exige el empleo de fosfato di-sódico, para evitar la formación de fosfato di-cálcico y tri-cálcico.

Se deben tomar las muestras de manera que su contenido en bromo no exija el empleo de más de 100 centímetros cúbicos de disolución n/100 de tiosulfato. Un centímetro cúbico de disolución n/100 de tiosulfato corresponde a un contenido de $\frac{79.92}{6.100000} = 0,1332$ miligramos de Br.

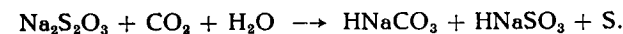
La ventaja del método estriba en que se pueden determinar pequeñísimas cantidades de Br con gran exactitud, siendo de más sencilla aplicación que el de destilación.

b) PREPARACIÓN DE LAS DISOLUCIONES Y PRESCRIPCIONES PARA SU COMPROBACIÓN

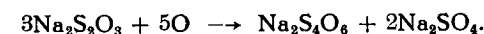
1) Disolución n/100 de tiosulfato sódico.

Se pesan 2,48 gramos de tiosulfato sódico, que se disuelven a 1.000 centímetros cúbicos en un matraz aforado, empleando agua destilada, hervida y dejada enfriar al abrigo del

aire, para evitar la presencia de O^2 y CO^2 , ya que uno y otro alteran la disolución. El anhídrido carbónico descompone el tiosulfato, dando un depósito de azufre que empieza por enturbiar la disolución y acaba por precipitar:



La disolución de tiosulfato puede conservarse invariable, tomando la precaución de guardarla completamente al abrigo del aire y de la luz. No obstante, debe verificarse su control cada ocho días, aproximadamente, pues la presencia de ciertas bacterias oxida el tiosulfato:



Para la determinación del factor de la disolución de tiosulfato se pesan 0,27836 gramos de bromato potásico purísimo, previamente desecado a 120 grados, que se disuelven a 1.000 centímetros cúbicos en un matraz aforado, de cuya disolución se toman 30 centímetros cúbicos, a los que se añaden un centímetro cúbico de disolución de ioduro potásico, preparada según se indicará a continuación, un centímetro cúbico de disolución de almidón preparada según 3), y 25 centímetros cúbicos de ácido clorhídrico 2n, procediéndose a la valoración, después de haber dejado reposar dos minutos al abrigo del aire.

2) Disolución de ioduro potásico.

Treinta gramos de ioduro potásico se disuelven a 100 centímetros cúbicos con agua destilada.

3) Disolución de almidón.

Se pesan 0,5 gramos de almidón soluble, que se baten con un poco de agua fría hasta que se obtenga una pasta uniforme, que se vierte lentamente en 100 centímetros cúbicos de agua hirviendo. Se sigue la ebullición durante uno o dos minutos más, hasta obtención de una disolución clara, que se deja reposar toda la noche y se filtra después.

Para evitar la formación de moho se añaden unos cristallitos de ioduro de mercurio.

4) *Disolución 4/10-n de hipoclorito sódico.*

Se pesan 40 gramos del llamado cloruro de cal (hipoclorito cálcico comercial, fresco y de aproximadamente el 35 por 100), a los que se añaden 400 centímetros cúbicos de agua. Se agregan 44 gramos de carbonato sódico anhidro, previamente disueltos en 200 centímetros cúbicos de agua; se agita violentamente y se deja reposar media hora. Se filtra y se lava el CaCO_3 con aproximadamente 200 centímetros cúbicos de agua, completándose a 1.000 centímetros cúbicos.

5) *Disolución de fosfatos.*

Se pesan 200 gramos de fosfato mono-sódico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 200 gramos de fosfato di-sódico ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) y 200 gramos de pirofosfato sódico ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), que se disuelven en 2.000 centímetros cúbicos de agua, filtrando después. A la disolución se le agregan unos cristallitos de ioduro de mercurio.

c) PRÁCTICA DEL MÉTODO EN EL ANÁLISIS DEL Br DE LAS SALES POTÁSICAS

Cinco gramos de la sal que se trata de analizar se disuelven en 20 centímetros cúbicos de agua, agregándose a la disolución sin filtrar 20 centímetros cúbicos de la disolución 5), de fosfatos, y 20 centímetros cúbicos de la disolución 4), de hipoclorito. Durante diez minutos se calienta a 90 grados, y a la disolución caliente se le añade, aproximadamente, un centímetro cúbico de ácido fórmico (de aproximadamente el 85 por 100), con objeto de destruir el hipoclorito sobrante. Se deja enfriar, y se añade sucesivamente un centímetro cúbico de disolución 2), de ioduro potásico, un centímetro cúbico de disolución 3), de almidón, y aproximadamente 25 centíme-

tros cúbicos de ácido clorhídrico 2-n. Se deja reposar durante dos minutos al abrigo del aire y se procede a la valoración con la disolución 1), 0,01-n de tiosulfato, cuyo factor se ha calculado según se indicó anteriormente.

Como que todos los reactivos empleados contienen algo de bromo, es necesario hacer la corrección correspondiente, realizando el llamado "ensayo en blanco" de la siguiente forma:

Veinte centímetros cúbicos de la disolución 5), de fosfatos, y 10 centímetros cúbicos de disolución 4), de hipoclorito, a los que se agregan 20 centímetros cúbicos de agua, se calientan a 90 grados durante diez minutos y se conduce la experiencia tal como se ha descrito.

El resultado del ensayo blanco debe restarse del que se obtenga en los análisis, teniendo buen cuidado de repetir dicha experiencia cuando se empleen nuevas disoluciones, o se corrige el factor del tiosulfato.

A fin de que el proceso de oxidación se realice correctamente, cuando se analicen sales pobres en Cl deben añadirse 10 gramos de sal común a la muestra, y estos 10 gramos de sal deben asimismo añadirse en el ensayo blanco, ya que la sal común contiene siempre bromo.

La práctica ha sancionado las cantidades de sal a pesar que se indican a continuación para realizar el análisis:

	GRAMOS
Carnalita, aproximadamente.....	3
Silvinita	5
Sal común.....	10
Kainita	5
Sales brutas.....	5
Cloruro magnésico.....	1
Cloruro potásico.....	4

En cuanto a las salmueras, tratándose de aguas madres o de salmueras residuales bastan tres gramos.

II

ESCOGIDO Y PREPARACION DE LAS MUESTRAS

En todos los cloruros: sal común, silvinita (mezcla de silvina y halita), carnalita ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), bischofita ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y taquidrita ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), figura el bromo como isomorfo, y también lo contiene la kainita ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Nosotros limitaremos nuestro estudio a los minerales y menas corrientes en nuestra cuenca: sal común, silvinita y carnalita.

En las muestras de sal común y de silvinita es muy importante poder determinar el bromo correspondiente a la silvina y a la sal, pues como veremos más adelante, es del mayor interés conocer la relación de tantos por ciento en bromo de una y otra. Para ello, se pulverizan las muestras y se tamizan a 0,1-1 milímetro, procediéndose a la separación con líquido denso, formado con mezcla de tetrabromuro de acetileno (licor de Muthmann) de p. e., 2,98-3, y de toluol de p. e., 0,861. Separadas las partes ligeras (silvina de p. e., 1,998) y pesadas (halita de p. e., 2,162, y anhidrita de p. e., 2,9-3) se lavan con benzol y se secan, procediéndose a un análisis total de cada una de las partes. Este análisis es necesario, pues no se obtienen fracciones puras en la separación por densidad, siendo preciso una extrapolación lineal para obtener el contenido en bromo de los cloruros puros. Debemos hacer observar que la anhidrita no contiene bromo, de manera que la determinación de la parte pesada no es influida por la presencia de esta sal. También para la carnalita se separan las partes ligeras de las densas por el mismo método.

Al objeto de poder estudiar las variaciones del contenido

en bromo de los diversos niveles de un yacimiento, los análisis deben hacerse con muestras enteras, prescindiendo de las muestras medias tomadas a pico, ya que éstas darían una media en bromo que nunca podría reflejar las variaciones que precisamente interesa estudiar. En cambio, a los fines de posible tratamiento industrial de aguas madres de las fábricas, las muestras medias serán precisamente las adecuadas.

III

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL BROMO EN LA CRISTALIZACION DE LAS SALMUERAS

Como regla general se ha comprobado que la relación $\text{Br} : \text{Cl}$ es siempre menor en los cuerpos cristalizados que en las salmueras que los han originado; es decir, que las salmueras enriquecen en proporción de bromo por cristalización.

Si se tiene una salmuera y se designa por C_s la concentración molar en bromo de los halógenos de la misma, y por C_c la concentración molar en bromo de los halógenos en los cristales, para la sal común y silvina se verifica, según Boecke (1) y Schobert (2):

$$\frac{C_s}{C_{\text{NaCl}}} = 76 \qquad \frac{C_s}{C_{\text{KCl}}} = 6$$

(1) "Über das Kristallisationsschema der Chloride, Bromide, Iodide von Natrium, Kalium u. Magnesium sowie über das Vorkommen des Broms u. Fehlen von Iod in den Kalisalzlagertstätten". Boecke H. E. *Zeitschr. f. Krist.*, XLV, 1908, 365.

(2) "Über die Kristallisation von Chlornatrium, Bromnatrium u. Iodnatrium aus Schmelzen u. wässrigen Lösungen". *Mitt. Inst. f. Min. u. Petrogr.*—Leipzig, 1912.

Hallemos ahora la relación de concentración de bromo en peso, referida a $\text{NaCl}=1$. Se tiene:

$$\frac{C_{\text{KCl}}}{C_s} = \frac{\frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Silvina})}{\frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Salmuera})} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{C_{\text{NaCl}}}{C_s} = \frac{\frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Sal común})}{\frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Salmuera})} = \frac{1}{76}$$

de cuyas igualdades se deduce:

$$\frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Silvina}) = \frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Salmuera}) \cdot \frac{1}{6}$$

$$\frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Sal común}) = \frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} (\text{Salmuera}) \cdot \frac{1}{76}$$

Para una misma salmuera madre se tiene, pues:
en 100 gramos Silvina:

$$\frac{100}{[\text{KCl}]} [\text{Br}] \frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} \cdot \frac{1}{6} = \% \text{ en peso de Br en Silvina;}$$

en 100 gramos Sal común:

$$\frac{100}{[\text{NaCl}]} [\text{Br}] \frac{\text{Mol Br}}{\text{Mol Halog}} \cdot \frac{1}{76} = \% \text{ en peso de Br en Sal común;}$$

dividiendo las dos igualdades anteriores:

$$\frac{\% \text{ Br en Silvina}}{\% \text{ Br en Sal común}} = \frac{[\text{NaCl}] \cdot 76}{[\text{KCl}] \cdot 6} = \frac{58,5 \cdot 76}{74,55 \cdot 6} = \frac{4446}{447} \sim \frac{1}{10}$$

Partiendo de los datos de los mismos autores, y efectuados los cálculos, se obtiene para la carnalita:

$$\frac{\% \text{ Br en Carnalita}}{\% \text{ Br en Sal común}} = 13,6$$

y, por tanto:

$$\% [\text{Br}] \text{ Sal común} < \% [\text{Br}] \text{ Silvina} < \% [\text{Br}] \text{ Carnalita.}$$

Lo anterior, pura deducción experimental, es de alta importancia en los estudios de los minerales de los yacimientos potásicos, pues permite hacer deducciones sobre las condiciones de cristalización.

IV

RELACION DE ANALISIS DE MUESTRAS DE LAS CUENCAS ALEMANAS Y CONSIDERACIONES QUE LOS MISMOS PERMITEN HACER SOBRE LAS CONDICIONES DE DEPOSITO

Los notables trabajos de D'Ans y Kuhn (1), efectuados con muestras debidamente tomadas en diversos yacimientos, constituyen una notable base de investigación, ya que precisamente el cuidado y forma de la toma permite observar las variaciones del contenido en bromo de los diversos niveles salinos.

a) SAL COMÚN

El contenido en Br de la sal común puede variar entre el 0,005 por 100 y el 0,04 por 100. En los cuadros siguientes se resumen algunos resultados de análisis, y en ellos señalamos los límites de variación del tanto por ciento de bromo, así como la media de dicho tanto por ciento, que hemos calculado a base del conjunto de datos de los autores y perfiles que conocemos.

(1) "Über den Bromgehalt von Salzgesteinen der Kalisalzlagertstätten". J. D'Ans u. R. Kühn. Kali Verwandte Salze u. Erdöl. 1940. Heft. 4, 42; H. 5. 59; H. 677.

Cuadro núm. 1

Perfil Sachsen - Weimar (Werra)

Muestras correspondientes a la sal común intermedia e inferior, desde el nivel 17,50 hasta el 175,15, referidos ambos al muro del yacimiento superior.

Niveles	Gr. de Br en 100 de NaCl	Media correspondiente a todos los análisis
17,50	0,028	0,0249
135,50	0,023	
156,00	0,015	0,011
175,15	0,0075	

El contenido en bromo empieza con un 0,0075 por 100, para ir ascendiendo a medida que se asciende de nivel. Ello corresponde a una evaporación normal.

Cuadro núm. 2

Perfil Kaiseroda (Werra)

Muestras correspondientes a la sal común superior, media e inferior, así como a sal común de los yacimientos superior e inferior, entre los límites 8 y 66,7, referidos ambos al muro del yacimiento superior (cotas superiores +).

Niveles m.	Gr. de Br en 100 de NaCl	Media correspondiente a todos los análisis
+ 8	0,022	0,0232
0	0,021	
8	0,030	
64,2	0,020	
66,7	0,022	

El contenido en bromo es sensiblemente regular en todos los niveles; su media es del 0,0232 por 100. Indica este resultado que durante el depósito han existido aportaciones de bromo.

Cuadro núm. 3

Perfil Berlepsch (Stassfurt)

Muestras correspondientes a la sal común inferior, desde el nivel 49,8 hasta el 53,7, referidos ambos a la región límite de separación de la polihalita y anhidrita (cotas sup. +).

Niveles m.	Gr. de Br en 100 de muestra total	Media correspondiente a todos los análisis
Región kieserita + 49,8	0,0236	0,0254
Región polihalita 14,6	0,0244	0,0238
Región anhidrita 53,7	0,0126	0,0139

Las muestras corresponden a regiones de sulfatos. Obsérvese que en la región de la anhidrita el tanto por ciento tiene una media del 0,0139 por 100 (la anhidrita no contiene bromo), y que en las regiones de la polihalita y kieserita la media es, respectivamente, del 0,0238 y 0,0254. Este último resultado ha quedado comprobado en todas las regiones de sulfatos (kieserita).

Cuadro núm. 4

Perfil Volkenroda (Turingia)

Muestras correspondientes a la sal común inferior, desde el nivel 151,5 hasta el 241,1, referidos ambos al muro del yacimiento viejo.

Niveles m.	Gr. de Br en 100 de NaCl	Media correspondiente a todos los análisis
151,5	0,0104	0,0068
222,8	0,0067	
259,8	0,0071	
351,85	0,0070	

La invariabilidad del contenido en bromo en muchos metros es oscura. Parece aventurado hacer una hipótesis sobre la formación del depósito.

b) SILVINITA

Cuadro núm. 5

Muestras de silvinita de Craja (Harz).

Br del NaCl %	Br del KCl %	Br NaCl : Br KCl
0,025	0,254	1 : 10

El contenido en bromo de la silvinita de Craja es elevado. Ello indica que ha cristalizado de una salmuera concentrada, rica en bromo. La relación de bromo en la sal común y en la silvinita es 1 : 10, que concuerda con la que hemos señalado para el proceso normal.

Cuadro núm. 6

Muestras de silvinita de Heiligenroda (Werra).

Br del NaCl %	Br del KCl %	Br NaCl : Br KCl
0,013	0,134	1 : 10

Cuadro núm. 7

Muestras de silvinita de Kaiseroda (Werra).

Br del NaCl %	Br del KCl %	Br NaCl : Br KCl
0,024	0,109	1 : 4,5

La silvinita de Heiligenroda y de Kaiseroda contiene mucho menos bromo que la de Craja. Se trata de silvinita secundaria, originaria de carnalita, por disolución de la misma. En cuanto a la anomalía de la relación de bromo del NaCl y del KCl en la silvinita de Kaiseroda, puede explicarse por el hecho de que la misma contiene sal común primaria, rica en bromo.

c) CARNALITA

Cuadro núm. 8

Muestras de carnalita de la cuenca del Werra

Origen	Br de la carnalita %
Kaiseroda	0,219
Idem	0,218
Idem	0,204
Idem	0,190
Wintershall	0,226
Heiligenroda	0,246

La carnalita de la cuenca del Werra acusa menos bromo que la primaria, pues, según Boecke (1), ésta contiene un 0,36 por 100. Los trabajos de D'Ans y Kühn han demostrado que ha habido alteración durante el depósito, y en ellos encontrará el lector gran cantidad de detalles y estudios relativos a la región de la sal dura (Hartsalz); pero nosotros damos aquí por terminado este capítulo, pues los resultados consignados permiten ya una comparación con nuestras muestras.

V

RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE MUESTRAS DE LA CUENCA DEL LLOBREGAT (BARCELONA)

Las muestras analizadas han sido tomadas en la zona de Balsanery (cuenca del Llobregat), en las labores de la mina "Emérica".

El yacimiento está constituido, de arriba hacia abajo (figura 1), por capas de carnalita, que alternan con otras de sal. A la última capa de carnalita le sigue inmediatamente una de silvinita, denominada B; a ésta, una de sal común, designada por entredós en la explotación; a ella, una de silvinita A, que la explotación distingue en tres: capa de silvinita A, capa de sal común y capa de silvinita A₁. Esta última descansa en la sal común vieja, que constituye el yaciente. El espesor de las distintas capas es muy variable; pero como término medio, y refiriéndonos a las de silvinita y sal común, única parte que se explota, podemos dar las cifras siguientes: capa B, 0,75 metros; entredós, 2,50 metros; capa A, 2,25 metros; sal común, entre A y A₁, 0,50 metros; capa A₁, 0,50 metros (fig. 2). Las capas se presentan fuer-

(1) Ob. cit.

temente onduladas, ofreciendo el yacimiento un aspecto irregular (fig. 3). Estas irregularidades se acentúan, a veces, de tal manera, que las capas se comprimen y reducen, y otras, por el contrario, se expansionan y ensanchan.

La composición media de las capas viene dada por los siguientes análisis (capas de silvinita, únicas descubiertas totalmente en la explotación), efectuados con muestras medias tomadas a pico:

	Capa B %	Capa A %	Capa A ₁ %
Insoluble	1,30	0,75	0,40
H ₂ O	1,95	0,80	0,40
KCl	53,25	36,45	48,05
NaCl	39,15	57,15	48,75
MgSO ₄	1,05	1,65	0,90
MgCl ₂	1,30	0,50	—
CaSO ₄	2,00	2,70	1,50

La aplicación del cálculo mineralógico a los análisis anteriores nos conduce a la siguiente composición, sobre la cual nos reservamos, a falta de comprobación microscópica de estas muestras (1):

	Capa B %	Capa A %	Capa A ₁ %
Silvina	51,59	36,05	47,50
Halita	39,15	57,15	48,75
Carnalita	3,78	1,45	—
Kainita	2,16	—	1,85
Kieserita	—	1,89	—
Anhidrita	2,00	2,70	1,50
Insoluble	1,30	0,75	0,40

(1) "Determinación mineralógica de las sales potásicas". J. Mir. *Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de España*, núm. 10, 125.

En cambio, las muestras en las que se ha determinado el bromo son muestras enteras, correspondiendo las de carnalita, silvinita y sal común del entredós a las inmediaciones del pozo, y a la galería general de arrastre, al nivel 497 metros, las de sal vieja.

Debemos consignar que todos los análisis han demostrado la presencia de pequeñas cantidades de $MgCl_2$ y de $CaCl_2$, de las que no se ha hecho determinación especial.

Muestra núm. 1

Sal común entredós

NaCl	91,21 %		
KCl	0,29 %	Br del NaCl.....	0,0319 %
CaSO ₄	3,93 %	Br del KCl.....	0,319 %
Insoluble	1,18 %	Br _{NaCl} : Br _{KCl}	1 : 10
Br	0,0299 %		

Muestra núm. 2

Sal común vieja

NaCl	92,82 %		
KCl	0,73 %	Br del NaCl.....	0,021 %
CaSO ₄	4,25 %	Br del KCl.....	0,21 %
Insoluble	0,24 %	Br _{NaCl} : Br _{KCl}	1 : 10
Br	0,023 %		

Muestra núm. 3

Sal común vieja

NaCl	69,64 %		
KCl	3,83 %	Br del NaCl.....	0,020 %
CaSO ₄	16,24 %	Br del KCl.....	0,200 %
Insoluble	2,81 %	Br _{NaCl} : Br _{KCl}	1 : 10
Br	0,025 %		

Los resultados son semejantes a los de la cuenca del Werra, y el hecho de que las muestras 2 y 3 den igual con-

tenido en bromo parece indicar que ha habido aportaciones de un depósito principal, pues aunque tomadas a un mismo nivel absoluto, corresponden a niveles distintos con relación al yacimiento potásico, debido a sus ondulaciones.

Muestra núm. 4

Silvinita B

NaCl	41,79 %		
KCl	53,70 %	Br del NaCl.....	0,028 %
CaSO ₄	1,60 %	Br del KCl.....	0,278 %
Insoluble	1,08 %	Br _{NaCl} : Br _{KCl}	1 : 10
Br	0,159 %		

Muestra núm. 5

Silvinita A

NaCl	7,35 %		
KCl	91,13 %	Br del NaCl.....	0,027 %
CaSO ₄	1,15 %	Br del KCl.....	0,274 %
Insoluble	0,08 %	Br _{NaCl} : Br _{KCl}	1 : 10
Br	0,255 %		

Nuestra silvinita es comparable a la del Harz (Craja). La cristalización corresponde a una salmuera rica en bromo. La relación $Br_{NaCl} : Br_{KCl} = 1:10$ es normal.

Muestra núm. 6

Carnalita

Carnalita	97,58 %		
KCl	0,46 %		
CaSO ₄	1,39 %	Bromo de la carnalita.	0,241 %
Insoluble	0,10 %		
Br	0,236 %		

El resultado de esta muestra corresponde con los consignados en el cuadro número 8. Especialmente puede ob-

servarse que nuestra muestra concuerda perfectamente con la última de dicho cuadro, correspondiente a una carnalita de Heiligenroda (Werra). Nuestra carnalita tiene un contenido en bromo inferior al que le corresponde cuando es primaria (0,36 por 100). Se trata, por tanto, al parecer, de una carnalita descendente.

Cuanto llevamos dicho permite darse cuenta de lo interesante y fructífero del tema, y nuestra comunicación no hace más que señalar el camino que puede seguirse para la obtención de datos que pueden conducir a consideraciones del más alto interés científico e industrial, bien sea para estudios de orden puramente mineralógico y geológico, bien para aquellos encaminados al posible aprovechamiento de las salmueras de las fábricas de beneficio en las minas de potasa. Las comparaciones efectuadas e hipótesis apuntadas, descansan sobre datos muy exigüos, y sometemos nuestro criterio a posibles rectificaciones cuando pueda acumularse el caudal suficiente de aquéllos, que permita cimentar sobre base más firme.

Un ejemplo de las dificultades que este método de estudio ofrece, puede darlo el resultado obtenido en el análisis de una salmuera "fósil". Es corriente que en la práctica de la explotación de los yacimientos potásicos, al dar taladros de barrenos o sondeos, se presenten pequeñas cantidades de salmuera "fósil", cantidades que acostumbran a variar, oscilando entre algunos centímetros cúbicos y varios litros. Se trata de salmueras saturadas, retenidas en pequeñas cavidades, grietas o intersticios del yacimiento. Nuestra muestra, tomada en un taladro dado en la sal vieja, ha dado la siguiente composición:

En 100 gr. salmuera	Gr. por litro	Por 1.000 Mol H ₂ O
8,66 % KCl	108,30	14,38 Mol K ₂ Cl ₂
11,80 % NaCl	147,60	26,03 Mol Na ₂ Cl ₂
8,42 % MgCl ₂	105,30	18,11 Mol MgCl ₂
0,79 % MgBr ₂ = 0,69 % Br.....	9,88	1,11 Mol MgBr ₂
0,47 % CaSO ₄	58,80	0,89 Mol CaSO ₄
69,86 % H ₂ O	821,12	

Densidad a 25° = 1,251.

La salmuera está saturada en KCl y aproximadamente saturada en NaCl. El alto contenido en bromo es un hecho que llama en seguida la atención, sobre todo en presencia de poca cantidad de MgCl₂. Podría, quizá, suponerse que originariamente se trataba de una salmuera rica en Br y en MgCl₂ que ha sido diluida por agua dulce; pero es, desde luego, aventurado tratar de ir más allá de una suposición.

No queremos terminar sin señalar una vez más lo apasionante del tema, permitiéndonos recomendar a quien lo aborde con detalle y método en el estudio de nuestras cuencas no desfallezca ante la laboriosidad que el mismo exige, tanto en la toma de muestras como en la ejecución de los análisis, en la seguridad de que los resultados que se vayan obteniendo han de contribuir poderosamente al esclarecimiento de la geología de los yacimientos salinos solubles, depositados y conservados por el orden natural.

PERFIL DEL POZO MAESTRO (ZONA DEL YACIMIENTO)

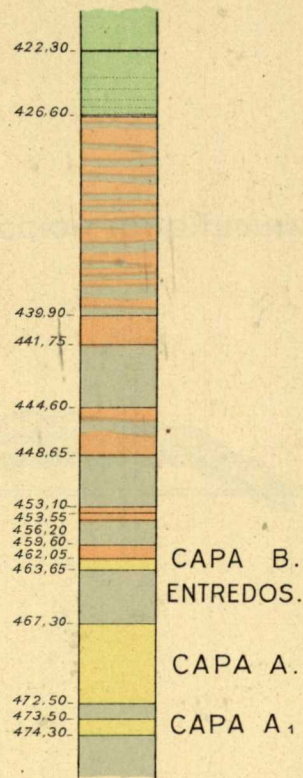


Figura 1.

PERFIL TEORICO MEDIO DEL YACIMIENTO

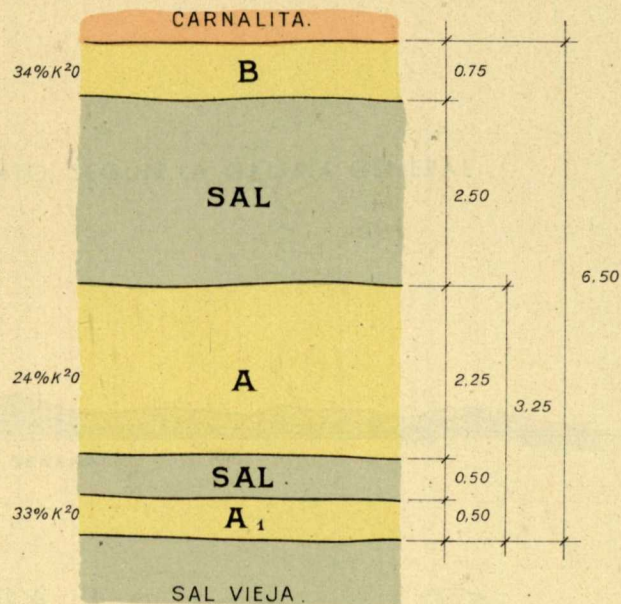


Figura 2.

SILVINITA
 CARNALITA
 SAL
 MARGAS



SECCION LONGITUDINAL DEL YACIMIENTO, SEGUN LA GALERIA GENERAL

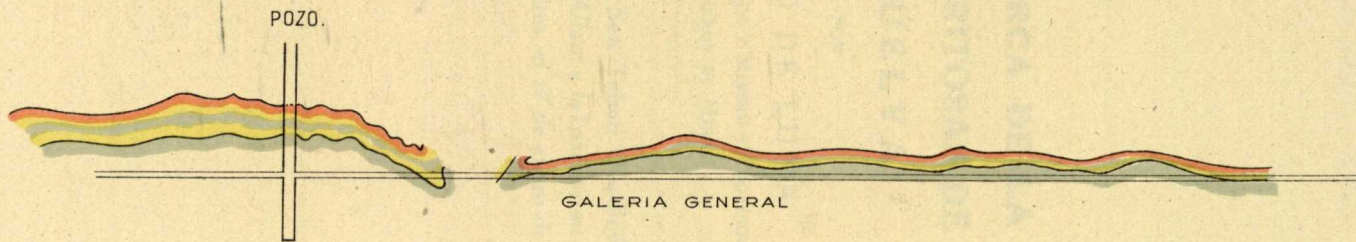


FIGURA 3.



**MAS DATOS ACERCA DE LA GENESIS
DE LAS MASAS PIRITOSAS DE SEVILLA
Y HUELVA**

POR

I. ROSO DE LUNA

INGENIERO DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO Y PROFESOR DE LA ESCUELA
DE INGENIEROS DE MINAS

*Comentarios al informe The San Telmo Ore-Body, Spain, pre-
sentado a discusión por J. C. Allan, a la Institution of Mining and
Metallurgy, de Londres, el 17 de enero de 1946.*

I. ROSO DE LUNA
INGENIERO DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO Y PROFESOR DE LA
ESCUELA DE INGENIEROS DE MINAS

MAS DATOS ACERCA DE LA GENESIS
DE LAS MASAS PIRITOSAS DE SEVILLA
Y HUELVA

Comentarios al informe The San Telmo Ore-Body, Spain, presentado a discusión por J. C. Allan, a la Institution of Mining and Metallurgy, de Londres, el 17 de enero de 1946.

I.—LAS MENAS DE LA MASA SAN TELMO, SEGUN
EL INFORME DE J. C. ALLAN

La Memoria presentada por J. C. Allan se refiere a observaciones y consideraciones metalogénicas sugeridas del estudio de las masas piritosas de San Telmo, en la provincia de Huelva. Desarrolla los siguientes temas: "Introducción", "Geología y Mineralización", "La Mena compleja", "Análisis de los contactos de la mena compleja", "Génesis de la masa mineral" y "Conclusiones".

El trabajo de Mr. Allan es interesante por varios aspectos, algunos de los cuales conviene recoger por aportar datos para el estudio genético de la extensa zona metalogénica de las provincias de Huelva y Sevilla. En primer lugar, suministra análisis inéditos que ayudan al conocimiento más completo de las menas y de la distribución de las mineralizaciones.

Según Allan (pág. 4), "En la masa de San Telmo presentanse tres tipos de mineral: (1) *complejo*, portador de cinc y barita; (2) *pirita cupriferá*, en la que el cobre viene como calcopirita, y (3) *pirita*, limpia de otros minerales y considerada, por tanto, como mena de azufre." Los análisis de varias muestras dados por el autor son los siguientes:

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE CONSTITUYENTES EN LOS TRES TIPOS DE MINERAL

	(1) Mineral complejo %	(2) Pirita cupriferá %	(3) Pirita %
Cu	1,254	2,280	0,56
S	31,530	47,650	51,30
Pb	1,870	0,150	0,04
Zn	23,970	2,850	0,11
Co	Indicios	Indicios	Indicios
As	0,090	0,110	0,090
BaSO ₄	21,680	2,320	0,000
SiO ₂	0,370	1,350	0,79
Fe	18,180	41,180	45,20
Al ₂ O ₃	0,920	1,150	0,25
CaO	0,130	0,200	Indicios
MgO	0,060	0,100	0,02
Ag	120 g/Tm.	40 g/Tm.	—
Au	0,6 g/Tm.	0,5 g/Tm.	—

Respecto a la composición media del mineral complejo en los diversos niveles de la mina, Mr. Allan los resume en los siguientes análisis:

TABLA II
ANÁLISIS DE "MINERAL COMPLEJO" DE LAS DIFERENTES PLANTAS DE LA MINA

	Cu	Zn	Pb	Ag	Au	S	Fe	Balace (pral.) barita %
	%	%	%	g/Tm	g/Tm	%	%	
Segunda	1,73	15,92	2,08	106,78	1,110	32,89	24,18	23,02
Tercera	1,65	19,25	1,89	91,65	0,770	33,49	20,52	23,20
Cuarta	0,96	16,30	2,53	90,61	1,070	33,01	24,00	23,20
Sexta	0,79	20,50	3,29	58,90	0,770	33,00	19,21	23,21
Séptima	1,20	20,06	2,04	155,40	1,108	32,82	20,68	23,30

En las operaciones de molienda efectuadas en la planta de concentración consideran *cuatro categorías de mineral complejo*, según Allan, a saber: (1 a) *macizo*, (1 b) *plumbífero*, (1 c) *compacto con pirita segregada* y (1 d) *fajado con pirita*.

(1 a). *Mineral complejo macizo*.—De grano fino, color azulado característico y presente en todos los niveles. Análisis típicos son:

TABLA III
ANÁLISIS DE MUESTRAS TÍPICAS DE MINERAL COMPLEJO MACIZO

PLANTA	Cu %	Zn %	Pb %	Ag g/Tm	Au g/Tm	S %
Tercera	1,76	19,32	2,10	95,50	0,77	32,82
Séptima	0,67	20,30	0,96	85,71	0,77	34,06

(1 b) *Mineral complejo plumbífero*.—De grano cristalino más grueso que el tipo macizo. Contiene gran cantidad de plomo y se presenta de preferencia hacia el techo entre los niveles de las plantas sexta y séptima. Como análisis de muestras típicas de esta clase da J. C. Allan los siguientes:

TABLA IV
ANÁLISIS DE MUESTRAS TÍPICAS DE MINERAL COMPLEJO PLUMBÍFERO

PLANTA	Cu %	Zn %	Pb %	Ag g/Tm	Au g/Tm	S %
Sexta	0,87	22,58	5,010	68,00	0,77	33,08
Séptima	1,65	15,71	4,400	156,72	1,38	34,33
Séptima	1,60	23,81	9,113	602,40	2,75	26,45

(1 c) *Mineral complejo compacto con pirita segregada*.—Su composición dedúcese del análisis siguiente:

TABLA V

ANÁLISIS DE MINERAL COMPLEJO COMPACTO CON PIRITA SEGREGADA

PLANTA	Cu %	Zn %	Pb %	Ag g/Tm	Au g/Tm	S %
Pocillo entre plantas sexta y séptima.....	1,01	10,73	0,19	52,65	0,77	42,20
Cuarta	0,96	16,30	2,53	90,61	1,07	33,01

Estos análisis no especifican la proporción de hierro; no obstante, el aumento de S en relación con los tipos (1 a) y (1 b) indica que en el tipo (1 c) la cantidad de pirita ha crecido, a expensas del mineral de Zn y de la barita.

(1 d) *Mineral complejo fajeado con pirita.*—Los análisis de este tipo de mineral son semejantes a los del tipo anterior (Tabla V).

Las tres clases de mena (compleja, pirita, pirita cuprífera) distribuyense de cierta manera en la masa general del criadero. Los límites entre unas y otras se definen unas veces por líneas netas de contacto con disyunciones acanaladas y otras por mineral fajeado. Por los propios análisis o por simple inspección visual puede determinarse el tipo de contacto que predomina.

Pueden servir de ejemplo las cifras dadas por J. C. Allan en su informe (Tablas VI, VII y VIII) correspondientes a análisis efectuados con muestras tomadas a intervalos consecutivos de dos metros en los contactos entre "complejos" y "pirita" o "pirita cuprífera".

(1) *Contacto limpio.*—Allan denomina así a la transición entre la pirita o la pirita cuprífera y el mineral complejo, cuando la superficie de separación es neta, plana y lisa, sin estrías ni señales de movimientos. Los análisis se indican en la Tabla VI.

TABLA VI

CONTACTO LIMPIO ENTRE COMPLEJOS Y PIRITA O PIRITA CUPRÍFERA

Zn %	Cu %	S %	Pb %
<i>Planta cuarta, zona NO.:</i>			
18,70	0,77	30-33 aprox.	0,69
22,88	0,77	30-33 aprox.	3,12
(Contacto)			
0,91	0,44	47,45	Valores bajos
1,25	1,51	45,38	Valores bajos
1,47	1,10	50,90	Valores bajos
<i>Zona N.:</i>			
1,12	2,68	45,37	Valores bajos
0,84	1,34	44,10	Valores bajos
(Contacto limpio)			
16,24	1,16	30 aprox.	0,74
<i>Planta séptima, zona NE.:</i>			
25,04	1,82	30-33 aprox.	8,67
23,86	2,70	30-33 aprox.	10,10
21,36	1,44	30-33 aprox.	0,48
24,56	0,99	30-33 aprox.	0,02
(Contacto limpio)			
Valores bajos.....	2,02	44,35	Valores bajos
Valores bajos.....	3,10	47,85	Valores bajos

(2) *Contacto limpio con disyunciones acanaladas o rellenadas de estéril.*—Las paredes del contacto son en este caso tan suaves como las que se encuentran comúnmente en los contactos con una roca intrusiva. Los análisis dados por Allan se indican en la Tabla VII.

TABLA VII

CONTACTO LIMPIO CON DISYUNCIÓN ACANALADA O RELLENA DE ESTÉRIL

Zn %	Cu %	S %	Pb %
<i>Planta cuarta:</i>			
1.87	1.53	49.62	Valores bajos
1.20	0.34	49.51	Valores bajos
2.64	0.58	49.52	Valores bajos
(Contacto acanalado)			
11.64	1.14	41.45	Valores bajos
3.62	1.10	46.08	Valores bajos
7.63	0.08	40.00	1.62
<i>Planta sexta, zona N.:</i>			
(Pirita bastante cuprífera)			
2.67 (Pirita con Zn)			
1.23			
(Banda de estéril descompuesto)			
9.63			
11.69			
22.24			
18.09			
No se determinaron más valores			

El nombre local de "mineral de aureola" se aplica cuando los valores de Zn en el contacto pasan desde complejo pobre por pirita cuprífera con Zn a pirita rica en cobre.

II.—GENESIS DE LA MASA SAN TELMO, SEGUN EL INFORME DE J. C. ALLAN

En el trabajo que comento, dice Mr. Allan (pág. 9): "En resumen: respecto a la génesis de las masas piritosas de la provincia de Huelva, dos escuelas o tendencias existen hoy día. Una de ellas mantiene que dicha génesis resulta de procesos hidrotermales, y la otra afirma que las masas son intrusiones en estado plástico o líquido diferenciadas de un magma afin que se abrieron camino a favor de zonas preexistentes de debilidad. El espacio necesario a la intrusión fué engendrado por la presión intrusiva inicial o por las presiones resultantes del propio proceso de cristalización."

Más adelante (pág. 10) añade: "Los diversos partidarios de las diferentes teorías de inyección están todos de acuerdo en que la sustitución hidrotermal ha sido uno de los factores que intervinieron. Muchos investigadores, sin embargo, encuentran difícil aceptar explicación tan simple para muchos de los hechos observados en estas grandes masas de sulfuro puro."

"Muchas veces, las excepciones suelen dar la clave para la correcta interpretación del hecho general; y como la masa Santa Bárbara (del grupo San Telmo) es excepcional, por el desarrollo considerable que en ella adquiere el mineral complejo, es de esperar que la discusión de sus características a la luz de las diversas teorías sirva a la consideración general del problema de génesis de estas grandes masas minerales."

Según Allan, si el proceso de formación del mineral complejo se considerase exclusivamente hidrotermal habría que interpretar los siguientes hechos:

(1) "Todos los enclaves de roca concentrados dentro de la masa aparecen más o menos mineralizados por pirita; análogamente, cuando las paredes de la roca encajante se ven mineralizadas lo están siempre por pirita. Tales mineralizaciones aparecerían como de origen hidrotermal indiscutible. Es significativo que no existen ejemplos conocidos de diseminaciones de cinc, plomo o barita, como sería de esperar en el caso de sustitución hidrotermal por disoluciones de este tipo."

(2) "No aparecerían contactos netos entre la pirita y el mineral complejo si las dos soluciones sulfuradas actuaran simultáneamente. Si éstas no fueron contemporáneas, el límite brusco de la primera sustitución solamente podría atribuirse a cambio marcado en las condiciones físicas o químicas de la roca original. No existe evidencia ninguna de cambios tan abruptos ni en el pórfido ni en la pizarra, y no hay tampoco indicación de que el mineral complejo muestre preferencia por cualquiera de las paredes de la masa, de lo cual pudiera deducirse que la brusquedad del cambio fuese debida al antiguo contacto entre la pizarra y el pórfido intrusivo. Este factor actúa también en las zonas de mineral fajeado."

(3) "La presencia de gran cantidad de barita en el mineral complejo y su ausencia de los otros dos tipos de mena indica una disolución completamente diferente. Cabe sugerir que la barita hubiese sido depositada por disoluciones ascendentes anteriores o posteriores. En todo caso serían de esperar zonas definidas ricas en barita. Cualquiera que haya sido el origen de la barita, no hay más remedio que llegar a la conclusión de que este mineral fué depositado del mismo modo que los sulfuros de cinc y plomo y más o menos simultáneamente con ellos."

"Uno de los puntos en que hacen más hincapié los partidarios de la sustitución hidrotermal es el argumento de que el mineral fajeado representa la estructura original de la roca

sustituída. Según Collins, en todas las minas situadas en la parte norte de lo que él llama *cinturón de masas*, existe evidencia indudable en favor de la génesis por sustitución en el cambio gradual sucesivo de pizarra a pirita sólida. Para el Dr. D. Williams es evidente, y puede observarse incluso en muestras a simple vista, el cambio gradual desde el mineral al pórfido y pizarra inalterados."

"Newhouse, al referirse a los yacimientos de Buchans, dice que localmente aparece el mineral fajeado, y esas mismas bandas pueden apreciarse también en las capas fajeadas de la roca volcánica que el mineral ha sustituido."

No obstante, J. C. Allan llama la atención en su informe acerca de que en la masa Santa Bárbara (pág. 11) "no se conoce ningún caso en que se aprecie transición gradual entre los sulfuros fajeados y las pizarras. Todas las fajas se presentan dentro de la masa. Las zonas fajeadas varían de fajas de pirita y complejo en una dirección a pirita maciza, y en la otra, a mineral complejo macizo. Estas porciones macizas continúan hasta el contacto brusco entre la pirita y el complejo".

Mr. Allan estima que si la génesis hidrotermal hubiese sido la única, habrían tenido que intervenir los siguientes factores:

a) En el espacio ocupado ahora por la masa Santa Bárbara, las disoluciones piritosas tendrían que haber sustituido zonas favorables a la deposición de pirita.

b) En ciertos lugares, dicha sustitución produjo fajas alternantes de pirita y roca inalterada. La pirita sustituyó así en la roca ciertas bandas favorables a la sustitución y dejó inalteradas bandas rocosas menos propicias a ello.

c) Una disolución posterior, portadora de Ba, Zn y Pb depositó la barita y los sulfuros de cinc y plomo en diversas zonas propicias, considerándose entre ellas también como fa-

vorables las bandas de roca inalterada no sustituidas previamente por la pirita.

(1) Por otra parte, los partidarios de la teoría de inyección en estado plástico o fluido consideran difícil explicar por génesis hidrotermal el hecho de que los contactos de la masa mineral aparezcan casi siempre limpios y bien definidos. Según las observaciones de Mr. Allan, en la masa Santa Bárbara aparece la misma nitidez en los contactos entre el mineral complejo y la pirita. Esto induciría a desechar las posibilidades de segregación en estado fundido de verdaderas matas sulfuradas. Evans, Edge, Dr. G. Williams y otros atajan la dificultad a este respecto, suponiendo en tales matas un contenido del 20 por 100 de agua. Suponiendo, dice J. C. Allan, esta mata hidropirítica y como derivado de la misma un producto cupro-plumbífero-cincífero de diferenciación, todavía resulta difícil explicar en ese caso la presencia como tal del sulfato de bario en la consolidación final.

Boydell (1), para explicar la regular homogeneidad del mineral complejo, supone condiciones análogas a las de las disoluciones coloidales, y Newhouse (2), al describir el mineral de Buchans, también concede importancia a los coloides.

Collins, a su vez (3), llama la atención acerca del hecho de que en Rammelsberg el mineral fajeado, que presenta invariablemente orientadas las bandas en dirección paralela a la exfoliación de las pizarras, aparece, sin embargo, algunas veces *atravesándola*.

Simon, después de investigación detallada, atribuye la estructura fajeada de Rammelsberg a movimientos bajo gran presión.

(1) "The Rôle of Colloidal Solutions in the Formation of Mineral Deposits." Trans. I. M. M. Vol. 34. 1925.

(2) "Geology and Ore Deposits of Buchans, Newfoundland". Ec. Geolog. Vol. 26. 1931.

(3) "The Igneous Rocks of the Province of Huelva and the Genesis of the Pyritic Orebodies." Trans. I. M. M. Vol. 31. 1922.

Para Edge (1), las fajas se deben a precipitación rítmica de origen análogo al de los conocidos "anillos de Leisegang" en ciertas disoluciones coloidales. El sulfuro de bario que habría formado el sol, según Freeman (2), se convirtió en sulfato (barita).

Según J. C. Allan, la estructura fajeada y la presencia de barita en los minerales complejos de San Telmo son fenómenos a los que debe atribuirseles origen coloidal. A este respecto, el propio autor hace notar que en el examen microscópico del mineral complejo de Santa Bárbara *no se han visto aún ejemplos de la estructura concéntrica descrita por Newhouse en Buchans y por D. Williams en Riotinto*, a lo cual el primero atribuye origen coloidal y el segundo la juzga resultado de precipitación rítmica.

El proceso de cómo puede convertirse en cristalina la materia coloidal ha sido ampliamente tratado por Boydell, y apoyándose en dicha teoría, J. C. Allan dice: "Masas del tamaño de los citados yacimientos piritosos tendrían que haber permanecido durante largo periodo en condiciones de temperatura favorables al desarrollo de estructura cristalina. La ausencia de estructura geliforme (*colloform structure*) no significa, por tanto, que la génesis no haya sido coloidal. Sin embargo, si se admite para el mineral complejo génesis coloidal, suponiendo que el sulfuro de bario fuese el posible sol, el panorama resulta menos claro para explicar el origen de la pirita. Por otra parte, si la pirita de estructura fajeada y el mineral complejo fuesen debidos a condiciones análogas a las de un sol coloidal, la pirita se habría conducido también como coloide, y entonces la estructura concéntrica señalada por el

(1) "Observations on the Pyritic Orebodies of Southern Spain and Portugal." XIV International Geological Congres. 1922.

(2) "The Genesis of Sulphide Ores." Eng. Min. Jour. Vol. 120. No. 25, p. 973. 1925.

Dr. D. Williams tendría mucho mayor significación que la atribuida por este investigador."

"Sin embargo, queda en pie la dificultad de explicar la transición entre la pirita maciza al mineral diseminado, hecho acerca del cual insisten Collins, D. Williams y Newhouse. Se suele admitir, por lo general, que el tránsito del sulfuro macizo al diseminado se hace por una línea neta de separación. El mismo Dr. Williams apunta que el paso gradual entre ambos significa una excepción más bien que una regla, y Newhouse señala también que en Buchans el paso gradual entre la mena fajeada y la toba volcánica inalterada sólo se observa en algunas zonas."

"Boydell ha discutido extensamente la posibilidad de una sustitución por suspensiones coloidales, y no hay razón para suponer que no se haya producido fenómeno de este tipo en extensiones limitadas bajo condiciones excepcionalmente favorables, enmascarando así en esos apuntes la línea de separación entre el sulfuro sólido y el mineral diseminado."

"Esto podría muy bien haber sucedido allí donde el sol coloidal invadiera una zona de pizarra o, como en Buchans, de toba volcánica, en dirección groseramente paralela a los planos de estratificación o de exfoliación. Sin embargo, los soles coloidales pueden producir estructuras fajeadas debidas a causas completamente diferentes. El que, bajo ciertas condiciones, la estructura fajeada pueda derivar de la pizarra no es prueba suficiente para afirmar que toda estructura de esa naturaleza se haya producido de ese modo."

J. C. Allan considera que "el tamaño y forma de la masa Santa Bárbara y la distribución en ella de los tres tipos de sulfuro puede solamente explicarse por intrusión de material en estado plástico o líquido a presión. Se ha visto que los complejos han cortado a la pirita cuprífera y la pirita de hierro de un modo que, como dice Collins en su respuesta a

Broughton Edge, resulta idéntico al que se observa en los diques eruptivos ordinarios".

"Parece probable que esta intrusión se produjera en tres fases: Primera, pirita; segunda, mineral complejo, y tercera, pirita cuprífera, como productos de diferenciación de común origen, y que, debido a la presión o a otras condiciones, resultase cierta relicuación en zonas de la masa en que fueran posibles absorciones marginales entre las fases, resultando características similares a las exhibidas por los soles coloidales."

Por último, Mr. Allan deduce de sus observaciones en la masa Santa Bárbara que "el modo de génesis debe ser otro que el de sustitución hidrotermal". Añade que "las indicaciones de origen coloidal en San Telmo, Buchans y Rammelsberg, donde la barita es el principal mineral de la ganga, no deben ser tenidas como de poca importancia".

"Todas las opiniones autorizadas están de acuerdo en que la mineralización se produjo por diferenciaciones magmáticas ascendentes, pero parece posible que los productos de diferenciación abarcasen desde una mata hidro-pirítica rica en sulfuros a disoluciones hidrotermales corrientes. En una región metalogénica tan extensa como la del sur de la Península Ibérica, y bajo tan amplio intervalo de presión y temperatura no parece probable una invariabilidad en la relación agua-sulfuro para toda la comarca."

"Mientras las matas hidrotermales estaban aún líquidas, se produjo ulterior diferenciación resultante de la cristalización parcial del contenido en sulfuros."

"En el incremento progresivo del contenido en agua del residuo llegó a producirse condición análoga a la de un sol coloidal."

"No hay razón para suponer que, bajo ciertas favorables condiciones, en esa fase no haya podido operarse una sustitución metasomática que enmascarase así la línea neta normal

de separación entre la pirita maciza y el mineral de origen hidrotermal indudable."

"La relación agua-pirita de los productos de diferenciación puede haber variado no sólo, como Edge sugiere, durante la cristalización de la masa, sino también durante el período en que las disoluciones emanaban del origen común. Esto podría haber ocurrido también aquí y allá en la provincia metalogénica."

"Es probable que no existiría límite definido entre matas hidropiríticas, disoluciones coloidales y disoluciones hidrotermales. En una provincia metalogénica tan extensa como la que aquí se considera, las condiciones fueron tan variadas que han sido posibles mineralizaciones producidas por intrusión de matas hidropiríticas, por coloides y por sustituciones de disoluciones hidrotermales, según las condiciones reinantes, aun cuando el magma original fuese el mismo para toda la región."

CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DE LA METALOGENIA DE LAS MASAS PIRITOSAS DE HUELVA Y SEVILLA, DEDUCIDAS DEL ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LAS MENAS AL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA EMPRENDIDO EN EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

El trabajo que comento de J. C. Allan pone una vez más sobre el tapete la tan debatida cuestión del origen de esas grandes masas de piritas del sur de la Península Ibérica. A este respecto, y como avance de estudio más detallado, creo oportuno hacer algunas consideraciones generales.

Desde que se organizó en el Instituto Geológico la Comisión del Cobre, de la que formo parte con mis queridos compañeros Sres. Mesequer, Prieto y Pérez Regodón, vengo ocupándome con especial interés en el estudio sistemático al microscopio, con luz reflejada, de las menas de todas las masas y corridas piritosas de las comarcas que vamos visitando, lo cual, unido a las observaciones directas en el terreno y en las minas, me suministran datos para ir desentrañando por menores de la génesis de los yacimientos de esa importante provincia petrográfico-metalogénica del sur de la Península Ibérica.

Una vez que el proceso de consolidación de un magma ha podido estudiarse a la luz de la fisicoquímica y ha sido demostrado que las leyes que lo gobiernan son las mismas que en un sistema binario formado por un componente refractario y otro volátil, sometido a distintas condiciones de presión y temperatura según la profundidad a que la consolidación se realice, no tienen ya razón de ser las disputas y divergencias que respecto al origen de las masas piritosas andaluzas

vienen manteniendo las dos escuelas clásicas: la que afirma el carácter hidrotermal de la génesis de estas grandes concentraciones minerales y la que sostiene su origen magmático-intrusivo o, en fin, la seguida por algunos investigadores de atribuirla a deposiciones coloidales.

De las observaciones y datos que llevo reunidos, y que serán publicados oportunamente, me cabe afirmar que *en la metalogenia de nuestras piritas andaluzas ha habido de todo: génesis líquido-magmática, génesis hidrotermal y deposiciones coloidales, alta y baja temperatura*. Las controversias entre los investigadores, extranjeros en su mayoría, vienen, las más de las veces, de haber observado cada cual un aspecto parcial del problema. Todos ellos han observado bien y suelen tener razón en las conclusiones que deducen de lo observado, pero quizá no debieron generalizar, sin más, para toda la Andalucía piritosa, lo que les pareció evidente en uno o varios yacimientos.

Allan está en lo cierto cuando supone que en una provincia metalogénica tan extensa como la citada las condiciones hayan sido tan variadas que pudieran originar la posibilidad de mineralizaciones magmáticas, hidrotermales y coloidales, según las condiciones reinantes. En el estudio sistemático de las menas voy confirmando este hecho más y más.

Ya en el *Boletín LVIII del Instituto Geológico y Minero*, y como avance de estudio más completo cuando haya recogido datos de las menas de todos los yacimientos, indiqué, en las páginas 81 a 95, mi punto de vista respecto a la génesis de los criaderos de esta importante provincia metalogénica, y que si nuevos datos no lo modifican, puede, por ahora, sintetizarse así:

(1) Como secuela de una tectónica de plegamiento se formaron uno o varios focos magmáticos en la región. En la

composición de este magma progenitor entraron ciertas cantidades de sulfuros.

(2) Por diferenciación de primer orden del citado magma produjéronse diversos litomagmas parciales, unos básicos, otros de carácter intermedio y otros ácidos. Los sulfuros disolvieron de preferencia en los básicos, aunque también lo hicieron en menor escala en los intermedios y en los ácidos.

(3) En los comienzos del enfriamiento de dichos magmas parciales se originó la separación en estado fundido de los sulfuros, formándose así en cada magma parcial una fase silicatada y otra sulfurada. Los sulfuros quedaron en un principio en emulsión fundida, suspendidos en gotillas en la fase magmática silicatada.

(4) Por proceso combinado de emigración tectónica, consolidación y diferenciación de los magmas parciales, las gotillas de la fase fundida sulfurada pudieron irse concentrando y al mismo tiempo reteniendo las materias volátiles que, al irse consolidando, iba dejando la fase silicatada de los mismos. De este modo, el mineromagma sulfurado se enriquecía gradualmente en volátiles, ganaba fluidez y podría acompañar en su desplazamiento a los litomagmas más o menos remisos en consolidarse.

(5) En sus últimas emigraciones viéronse, por tanto, juntos, fundidos en un mismo espacio, los litomagmas parciales aun no consolidados y el sulfomagma. Hubo lugares en que el litomagma era de carácter más bien básico (gabroideo) y otras marcadamente ácido (granitoideo).

(6) El proceso de consolidación en dichos espacios comenzó por la solidificación del litomagma o fase silicatada. Las materias volátiles del conjunto fueron concentrándose más y más en la fase sulfurada aun fundida. Al mismo tiempo que la fase silicatada se iba haciendo roca (diabasa o pórfido cuarífero), la sulfurada pudo concentrarse (por gravitación, por

el principio de la pared fría, etc.) al borde de la masa pétreo acabada de formar, en el contacto de ésta con las rocas encajantes o cerca del mismo.

(7) El sulfomagma, rico no sólo en las materias volátiles propias, sino también en las que iba adquiriendo de los magmas silicatados que le acompañaron al irse éstos consolidando, estuvo en condiciones de solidificarse a su vez por disminución de temperatura.

(8) El hecho de la íntima asociación de las masas piritosas andaluzas bien a pórfidos cuarcíferos o a diabasas, así como la ausencia de minerales de génesis pegmatítico-pneumatolítica, permite afirmar que la consolidación de dichas masas tuvo lugar al nivel subvolcánico, es decir, a aquel en que el período ortomagmático es breve y suficientemente amplio al hidrotermal (1). Existe, por tanto, posibilidad teórica de deposición líquido-magmática y de sustitución hidrotermal. La observación microscópica de las menas con luz reflejada confirma la existencia de ambas génesis. En muchas muestras se ven también pruebas concluyentes de deposición coloidal.

(9) De los tres grandes procesos que utiliza la Naturaleza para la formación de sustancias y asociaciones minerales, magmático, metamórfico y sedimentario, hay que descartar los dos últimos en la génesis de las masas piritosas andaluzas. Dentro del gran ciclo magmático y sus tres periodos (ortomagmático, pegmatítico-pneumatolítico o hidrotermal), el intervalo físico-químico de deposición de los tres principales minerales que en las citadas masas se encuentran es como sigue:

Pirita.—Puede engendrarse en los tres períodos.

Calcopirita.—Puede engendrarse desde los últimos estadios

(1) Ver "La Metalogenia", por I. Roso de Luna. Conferencia pronunciada en el Instituto de Ingenieros Civiles, en 1945. Publicada en la *Revista de Minería y Metalurgia*.

del período ortomagmático, en todo el pegmatítico-pneumatolítico y en el hidrotermal.

Blenda.—Idem. Por lo general, el máximo de deposición corresponde al período hidrotermal.

Galena.—Rarísima como ortomagmática. Rara vez pegmatítico-pneumatolítica. Típicamente hidrotermal.

Barita.—Rarísimas veces ortomagmática o pegmatítico-pneumatolítica. Casi siempre es hidrotermal.

De lo anterior se desprende que, exceptuando la pirita, los otros minerales, calcopirita, blenda, galena y barita, tienen, en condiciones normales, su centro de gravedad de deposición en el período hidrotermal, y dentro del mismo, en las más variadas condiciones de temperatura. Las observaciones microscópicas que llevo realizadas en varios centenares de muestras de esta provincia petrográfico-metalogénica confirman plenamente las anteriores consideraciones físico-químicas.

(10) Respecto a la deposición coloidal a que alude Allan en su trabajo, opino que está en lo cierto al atribuirle mayor extensión e importancia que la que otros autores le concedieron. Ya en un estudio micrográfico hecho en 1941 tuve ocasión de señalar cierta frecuencia y extensión en la deposición coloidal de la pirita de Riotinto (1). Posteriormente, también he encontrado pruebas de fenómenos coloidales en muestras de San Telmo (pruebas que echa de menos Allan) y otros yacimientos. En San Telmo he podido apreciar fenómenos de sustitución de blenda hidrotermal de elevada temperatura por suspensiones coloidales piritosas de temperatura menor, confirmando con ello la creencia de algunos autores, como Lindgren y Boydell, que atribuyen a las suspensiones

(1) "Algunas características mineralógicas de la pirita, calcopirita y blenda de Riotinto", por I. Roso de Luna. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*. Tomo LV. 1941. (Págs. 1 a 28.)

coloidales capacidad de efectuar sustituciones o metasomatismo análogos a los realizados por disoluciones hidrotermales ordinarias.

(11) Resumiendo: las observaciones y estudios que voy realizando me inducen a suponer que en la provincia metalogénica piritosa del sur de la Península Ibérica han intervenido procesos genéticos ortomagmáticos, hidrotermales y coloidales, todos ellos simples estadios del proceso general de diferenciación y consolidación de dos clases principales de magmas (gabroideo y granitoideo), hermanos derivados de un magma común y que al consolidarse al nivel subvolcánico originaron las dos principales clases de rocas de la región (diabasas y pórfidos cuarcíferos). Hay yacimientos (masas, corridas, filones) en los que predomina una de dichas clases de génesis primaria. En la mayoría, sin embargo, se superponen y enmascaran mutuamente las paragénesis ortomagmática, hidrotermal y coloidal. Otras veces se sigue bastante bien en el terreno la distribución y conexión que tuvieron entre sí estas tres clases de asociaciones de minerales de diferente temperatura de deposición. *Para desentrañar los pormenores genéticos de cada yacimiento es imprescindible el estudio sistemático de las muestras al microscopio de luz reflejada polarizada.* Esta interesante tarea metalogénica es una de las que me han sido encomendadas dentro de la Comisión del Cobre formada en el Instituto Geológico y Minero. En notas sucesivas iremos dando a conocer los problemas planteados y los resultados que vayan obteniéndose.

PETRÓLEO EN INGLATERRA

BREVE RESUMEN DE SU INVESTIGACIÓN Y CONDICIONES GEOLÓGICAS

ADAPTADO POR J. M. RIOS

Según trabajos de G. M. LEES, A. H. TAITT y E. S. GREW

PETRÓLEO EN INGLATERRA
BREVE RESUMEN DE SU INVESTIGACIÓN
Y CONDICIONES GEOLÓGICAS

ADAPTADO POR J. M. RIOS

SEGÚN TRABAJOS DE G. M. LEES, A. H. TAITT Y E. S. GREW

En este artículo se condensan dos trabajos muy interesantes y de muy distintas características. Uno de ellos, cuyo autor es E. S. Grew, apareció en el número de 14 de octubre de 1944 del *Illustrated London News*; es de tipo periodístico y dió a conocer al mundo el hallazgo de campos petrolíferos de interés comercial. Es de carácter muy general, pero su interés residía no sólo en la importante novedad, sino en que los datos aparecen expuestos con gran sencillez y claridad. El segundo es un extenso trabajo de información para técnicos y especialistas, publicado en el volumen CL, partes 3 y 4, de *The Quarterly Journal of the Geological Society of London* del 28 de febrero de 1946, cuyos autores son G. M. Lees y A. H. Taitt. La información que suministran es completísima. Tantos y tan variados son los puntos que tocan y el detalle con que son expuestos, que este trabajo equivale a una verdadera monografía sobre las condiciones de yacimiento, características, métodos de investigación e incluso de explotación de yacimientos de petróleo de tipo clásico, es decir, de acumulación anticlinal. Aparece ilustrado con detallados mapas, cortes geológicos y columnas estratigráficas, cuadros de análisis, etc.

Hemos respetado las líneas esenciales del trabajo; pero no puede decirse que se trate de una traducción, aunque algunas partes lo han sido casi literalmente. Pero, en general, hemos alterado el orden, suprimiendo unos datos y condensando otros, tomando algunas veces la iniciativa para exponer en forma resumida todos los hechos importantes.

También se ofrecen datos interesantes sobre la serie del Carbonífero central de Inglaterra. Los geofísicos podrán obtener referencias de interés, no tanto por su detalle como por la eficacia de los resultados. Finalmente, a los sondistas les llamará la atención los adelantos alcanzados en tan difícil arte, puestos de manifiesto en la velocidad de perforación lograda.

I.—ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

Inglaterra es uno de los países del mundo que tienen más vieja y activa experiencia minera y geológica. La historia de su minería, como la de la minería española, se remonta a los borrosos tiempos de los umbrales de la historia, y sobre todo desde la era del vapor, ha conocido un desarrollo prodigioso. Desde los tiempos de Smith (1769-1839), uno de los padres de la geología, innumerables geólogos, entre los que no han dejado de figurar con brillante papel los aficionados, se han dedicado al estudio del suelo y subsuelo del territorio de las islas británicas. La investigación geológica inglesa ha sido siempre uno de los más firmes puntales de esta ciencia, así como también una de las más vigorosas ramas, cuya renovada vitalidad ha asegurado el crecimiento del árbol de las ciencias geológicas.

Por este motivo, así como por la gran densidad de población del país, su suelo se conoce tan al detalle que parece que las sorpresas geológicas o mineras hubieran de ser excluidas del piso británico.

Hace muy pocos años, sin embargo, los periódicos ingleses dieron la noticia de que se habían descubierto importantes capas de carbón en no recuerdo qué región de la Gran Bretaña, y, lo que es aún mucho más sorprendente, estas capas eran tan superficiales que, al menos durante algunos años, su explotación se haría a cielo abierto. Esto resulta casi increíble en un país donde se puede decir que cada palmo de terreno parece haber sido minuciosamente explorado y reconocido.

El que conoce bien el país sabe que, en el aspecto turístico, casi cada accidente, cada detalle del paisaje de no importa cuál rincón de estas bellas islas, tiene su nombre, y es comentado y discutido por los excursionistas en sus conversaciones, descrito en las guías, reseñado en las revistas que se ocupan del campo y deporte.

Algo parecido ocurre en el terreno geológico. De este modo resulta casi increíble que después del año 1940 pudieran encontrarse en alguna parte de las islas riquezas minerales en afloramiento.

Inglaterra es un país muy sondeado. Tanto para la investigación de riquezas minerales como para la captación de aguas, y a veces con una finalidad meramente científica, se han perforado en aquel país muchos millares de metros de sondeo. Es de sobra conocido que desde el sondeo de Tittusville, Pennsylvania, en Estados Unidos, que practicado en 1859 por el coronel Drake en busca de agua, movió la inmensa riqueza industrial, económica y política que constituye hoy en día el mundo del petróleo, la historia de su hallazgo en muchos países y zonas tiene su origen en su encuentro accidental al sondear en busca de otras materias, y sobre todo del agua,

que en cierto modo resulta así muchas veces la madre del petróleo.

El origen histórico de la explotación de hidrocarburos en Inglaterra parece remontarse a 1893, cuando no sé si casualmente, aunque es de suponer que fuera así, se encontró gas natural en Heathfield, Sussex, que fué aprovechado durante buen número de años para iluminar la estación del ferrocarril. Esto dió lugar a que se hicieran investigaciones en varias localidades de Lancashire, Staffordshire, Septon-Mallet, Chesterfield y King's Lynn. La perforación más fructífera parece ser que dió diariamente unos once barriles.

De esta manera, Inglaterra ha sido considerada siempre, dado que era un país muy conocido geológicamente y bastante perforado, como país muerto para el petróleo natural, y la actividad petrolífera se encaminó a la síntesis por hidrogenación del carbón. Se montó la famosa factoría de Billingham; pero al comenzar la guerra mundial, la producción total de hidrocarburos no rebasaba la cifra de 25.000 toneladas.

A finales del año 1944, los periódicos ingleses dieron a conocer al mundo una noticia sorprendente: en Inglaterra se explotaban campos petrolíferos, y su producción alcanzaba ya la cifra de 118.250.000 litros.

En realidad, la investigación de hidrocarburos naturales no se paralizó nunca de una manera total. Una Compañía la había proseguido durante bastantes años con ciertas esperanzas, pero con muy poco provecho. Sus actividades fueron asumidas poco antes de la guerra (1936) por la D'Arcy Exploration Company, subsidiaria de la Anglo Iranian Oil Company, la cual se hizo cargo de veinte zonas ya investigadas y de una producción total de menos de 1.000 toneladas.

La necesidad de hacer frente al inmenso consumo de la máquina de guerra, y el peligroso sesgo de la guerra submarina, obligaron a extremar al máximo las actividades de in-

vestigación; el plan era llegar a agotar la más remota posibilidad, cualquiera que fuese su costo y en contra de todos los cálculos de probabilidades.

Sólo estas circunstancias especiales pueden justificar un riesgo tan considerable para el capital invertido en investigaciones de resultado tan aleatorio. Los azares de la exploración petrolífera son bien conocidos por el capital público o privado que busca una inversión. Cuando una región, después de toda clase de estudios geológicos y geofísicos, se ha clasificado como posiblemente petrolífera, el promedio de los resultados favorables de un sondeo de exploración era, según las experiencias del pasado, de un éxito por cada diez intentos. La experiencia reciente de Inglaterra ha confirmado esta cifra.

Pero la necesidad de reforzar la producción inglesa puso la ayuda oficial al lado de la iniciativa particular. Técnicos británicos fueron llevados de Persia a las Islas, y se contó con la ayuda de importantes casas americanas especializadas y con gran experiencia en sondeos. La producción subió a 100.000 toneladas al año, y esta cifra ha seguido ascendiendo.

De este modo se llegaron a producir durante la guerra 355 millones de litros, obtenidos de 238 pozos en varias zonas, la principal de las cuales, situada en la vecindad de Eakring, Nottinghamshire, constituye una unidad geológica que mide unos cuatro kilómetros por 800 metros. Los productos obtenidos son de excelente calidad; son crudos de tipo parafínico, de los que se obtienen lubricantes de alto grado, incluso de calidades "aviación", así como ceras parafínicas.

El horizonte petrolífero principal se encontraba entre los 610 y los 762 metros; pero en la exploración se llegó hasta los 2.134 metros. Más adelante expondremos los detalles geológicos de los diversos campos.

La perfección mecánica alcanzada fué tan grande que en algunos casos los pozos producían petróleo una semana des-

pués de comenzar la perforación. Los traslados de maquinaria de uno a otros emplazamientos se han llegado a hacer en doce horas, gracias al empleo de torres y aparejos, desmontables en tres grandes elementos. Hubo también que prever, y se logró con gran éxito, la ocultación a la observación terrestre y sobre todo a la aérea.

En 1944 se habían perforado 1.600 sondeos en un área total de 3.330 kilómetros cuadrados. Los transportes de crudos se hacían por conducciones de tubos ("pipelines").

En el difícil arte de perforar se llegó a notables records. No tanto en la profundidad máxima, ya que la cifra de 2.134 metros ha sido duplicada en otras localidades, pero sí en la velocidad. Con sondas rotativas y en terrenos blandos se perforaron 701 metros en veinticuatro horas. La velocidad media de perforación es de una a tres revoluciones por segundo.

II.—LOS PLANES DE EXPLORACION Y SUS RESULTADOS

Expuestas estas ideas generales, vamos a detallar cuáles fueron los planes y resultados de las investigaciones de la D'Arcy Exploration Company. Las investigaciones para petróleo en Gran Bretaña se han realizado en cinco regiones geológicas distintas (ver mapa): Mesozoico del S. de Inglaterra, Carbonífero de los Midlands orientales, Triásico y Carbonífero de Lancashire y las series de areniscas calcíferas del Midland Valley escocés, y dieron como resultado la localización de cuatro campos petrolíferos en Nottinghamshire (comprendidos todos ellos en el área de Eakring), y otro, pequeño, en Lancashire. No han sido éstos los únicos resultados.

Valiosísima información geológica ha sido obtenida, tanto de los estudios de superficie como de los sondeos e investigaciones geofísicas, localizándose, además, varias capas de carbón. En el N. de Yorkshire, un sondeo mostró que el Permiano contenía sales potásicas, resultado muy interesante por la analogía que demuestra en su composición con el del NO. de Alemania.

El plan de investigación de la D'Arcy E. C. se inició en mayo de 1936 con un sondeo, en Hampshire (Portsdown) (1 en el mapa), y otra serie de sondeos y calas en la costa sur de la isla. Allí existen diversas manifestaciones petrolíferas en el Wealdense (y también en el Coraliense y Purbeckense), consistentes en la existencia de arenas aceitosas. En aquella zona enclava también la primera fuga de gas natural (Heathfield Sussex, 1893) (2 en el mapa). Pero los resultados fueron negativos.

En 1937, un sondeo en Cousland (Escocia) (3 en el mapa) mostró la existencia de gas natural en una zona donde hay pizarras y areniscas bituminosas de edad carbonífera. En 1939, un pozo practicado en Eskdale, Yorkshire (4 en el mapa), dió gases en una zona donde hay afloramientos de calizas permianas con olor a petróleo, aparte de que en el valle del Tees existen otros datos de petróleos y gases en afloramientos naturales. Fallaron unos sondeos poco profundos en la zona de Coalbrookdale (Coalport), en Shropshire (5 en el mapa), y un sondeo profundo en Leek, Staffordshire, localidad situada en la proximidad de los Penninos, donde son frecuentes los restos de hidrocarburos, tanto en los afloramientos de calizas así como en las minas de carbón en ambos flancos. En junio del mismo año se practicó un sondeo superficial para investigar el origen de las impregnaciones de hidrocarburos en las turberas de Formby, Lancashire (8 en el mapa). Este sondeo cortó petróleo a 37 metros bajo una cobertura de arcillas gla-

ciaras. La producción inicial fué de tres toneladas diarias. Al mismo tiempo se realizó una campaña de investigaciones geofísicas en los condados de Nottingham y Lincoln. Allí el Permiano yace discordante sobre un carbonífero plegado. Se trataba de determinar en este último la existencia de anticlinales, en los que una suficiente cobertura de Carbonífero superior (Coal Measures) cerrase sobre las arenas de Millstone Grit y sobre la caliza carbonífera.

Primero atrajo la atención una gran anomalía positiva de la gravedad localizada al S. de la ciudad Lincoln; pero además el estudio de los datos suministrados por la minería del carbón no sólo en sus labores, sino también de los sondeos, llevó a la idea de que en Eakring (15 en el mapa), condado de Nottingham, existía un anticlinal de estas condiciones, hipótesis que fué confirmada en investigaciones sísmicas de refracción y reflexión. Se localizó un sondeo en Eakring, y el 19 de junio de 1939 se obtuvo petróleo en el horizonte de areniscas de Rough Rock de la serie del Millstone Grit. La producción en el sondeo de ensayo mostró ser capaz de 12 toneladas por día.

Las necesidades planteadas por el comienzo de la guerra recomendaron concentrar la atención en la zona de Eakring a expensas de las investigaciones en otras menos prometedoras. Se fueron descubriendo progresivamente en aquella zona nuevas acumulaciones petrolíferas, y mientras se explotaban éstas, investigaciones sísmicas seguidas de sondeos extendían el área explotable por el NE., E. y S.

Los datos estadísticos de estas exploraciones son como siguen:

ESQUEMA GEOLÓGICO DE GRAN BRETAÑA

M	Terciario
CS	Cretáceo sup.
C.I	id. inf.
J	Jurásico
T	Triásico
P	Permiano y Carbonífero
PA	Paleozoico Antiguo
P.P	Pre-Paleozoico
	Campos petrolíferos

- Manifestaciones y explotaciones petrolíferas
1. Portsdown.
 2. Heathfield.
 3. Cousland.
 4. Eskdale.
 5. Coalport.
 6. Henfield.
 7. Kingsclere.
 8. FORMBY.
 9. Poxwell.
 10. Balfour.
 11. Salsburgh.
 12. EAKRING.
 13. EAKRING.
 14. EAKRING.
 15. EAKRING.
 16. Nocton.
 17. Dunston.
 18. Stixwold.
 19. Spital.
 20. Hardstoft.
 21. Gun Hill.
 22. Ashby.



SONDEOS DE EXPLORACIÓN	PROFUNDIDAD GLOBAL	
Sondeos para información estructural.....	43	8.800 mtrs.
Sondeos infructuosos de investigación.....	52	50.759 —
 SONDEOS DE PRODUCCIÓN		
Total de sondeos profundos perforados.....	293	170.433 —
De los cuales fueron productivos...	237	
Sondeos someros en el área de Formby.....	45	3.809 —
De los cuales fueron productivos...	19	

En total se sondearon 233.788 metros; el rendimiento hasta septiembre de 1944 fué de 317.612 toneladas.

III.—RESULTADOS GEOLOGICOS

a) INGLATERRA MERIDIONAL

Las manifestaciones petrolíferas que originaron las investigaciones de petróleos en Inglaterra meridional consistieron en: 1.º Impregnaciones muy ricas en areniscas wealdenses; 2.º Residuos de hidrocarburos en las calizas purbeckienses, y 3.º Exudaciones de petróleo manando de areniscas; todo ello en diversas localidades a lo largo de la costa meridional.

La tectónica de esa zona incluye una serie de pliegues bien desarrollados en formaciones mesozoicas; esto, unido a

las interesantes manifestaciones de hidrocarburos, justificaba una amplia campaña de exploración.

Se eligieron las siguientes estructuras para sondeos profundos de exploración: un anticlinal bien marcado, de 32 kilómetros de longitud, cerca de Portsmouth (1 en el mapa); un anticlinal en Henfield (6 en el mapa); un braquianticlinal en Kingsclere, al NO. de Hampshire (7 en el mapa), y un anticlinal pequeño en Poxwell (9 en el mapa), en la proximidad de interesantes exudaciones petrolíferas.

Como ejemplo típico de estas exploraciones, mostraremos los resultados del sondeo de Kingsclere, Hampshire.

Se inició en el Upper Green Sand (Cenomanense) hasta los 34 metros; se atravesaron 85 metros de Gault, 193 de Wealdense, 165 de Purbeckiense, 43 de Portlandés, 284,5 de Kimeridgiense, 54 de Coraliense, 96 de Oxford Clay, 18 de Caloviense y Cornbrash, 76 de Great Oolite, 110 de Inferior Oolite, 413 de Liásico y se paró el sondeo a los 18 metros en las margas rojas del Keuper, después de atravesar 1.563 metros.

Se empleó el sistema "Rotary", movido por motores Diesel con torre de 41,5 metros; iniciado el sondeo el 25 de mayo del 37, se completó el 17 de enero del 38. Se obtuvieron testigos.

El sondeo de Poxwell bajó a 509 metros; parece ser que allí interesaba explorar la arenisca coraliense, que igualmente se investigó en otras localidades, siempre con resultados negativos. Es que las margas kimmeridgienses son bituminosas, y en algunos testigos se encontraron, además, exudaciones líquidas.

Otras investigaciones someras iban encaminadas a la exploración del Wealdense, que muestra en sus arenas impregnaciones petrolíferas.

Todas las investigaciones de la D'Arcy E. C., así como

un sondeo profundo de la Anglo-American Oil Cy., en Hellingly, y otro de la Gulf E. C., en Peshurst, ambos enclavados en el Wealdense, llegando al Carbonífero, dieron resultados negativos. Si bien se cortaron algunos horizontes con manifestaciones de hidrocarburos, ninguno fué de importancia suficiente para justificar nuevas investigaciones. El más importante fué el que se cortó en Portsdown, en el Purbeckiense, cuyas grietas contenían un aceite denso, oscuro. La poca porosidad de las rocas que van apareciendo bajo el Wealdense quizá sea suficiente motivo para explicar los fracasos; pero además, si existen rocas petrolíferas, debería encontrarse algo más que esas débiles trazas.

b) SHROPSHIRE

De muy antiguo son conocidas las manifestaciones petrolíferas de Shropshire que dieron nombre a la localidad de Pitchford (Pitch = pez), y que consisten en residuos asfálticos que impregnaron rocas precambrianas justo bajo la cobertura de Carbonífero (Coal Measures). Su sequedad excluye la posibilidad de un origen próximo, y sin duda provienen de una inmigración, justificada, además, por las circunstancias tectónicas. Pudieran provenir de las mismas capas carboníferas, o bien de las formaciones que tiene debajo: Siluriano, Carbonífero inferior o Millstone Grit.

No es la única manifestación regional; por el contrario, éstas son abundantes, y tan importantes como la del Coalport (5 en el mapa), en que una galería dió en tiempos 4.500 litros semanales de un aceite espeso. Todas ellas enclavan en areniscas del Carbonífero productivo (Upper y Middle Coal Measures), aparte de otras en calizas wenlockienses (Siluriano).

En resumen: esta región ofrece una serie de manifesta-

ciones petrolíferas muy interesantes por la gran área que cubren, así como por su calidad, y se presentan en rocas precambrianas, silurianas y carboníferas; pero la estructura tectónica, estudiada en relación con la repartición de las huellas de hidrocarburos, no muestra ninguna disposición favorable. El Siluriano está poco inclinado, y el Carbonífero es transgresivo sobre él. El petróleo puede haberse originado en el Siluriano o en el Carbonífero inferior y haber emigrado al superior, o en el mismo superior (Coal Measures). El problema no se ha podido resolver, pero sí se ha llegado a la conclusión de las rocas de depósito que ofrecen interés: son las areniscas del Carbonífero superior.

La tectónica es sencilla; capas débilmente inclinadas y escasamente plegadas, segmentadas en dovelas por diversas fallas de pequeño salto.

Esta disposición, poco favorable, impidió localizar sondeos profundos. Se practicaron diversos sondeos someros (hasta 294 metros el más profundo), cortando el Carbonífero superior y llegando al Siluriano.

Los horizontes petrolíferos encontrados dieron productos tan viscosos que no se consideró aconsejable proseguir las investigaciones.

c) ESCOCIA

El interés de la zona escocesa se centró en el anticlinal de Cousland (5 en el mapa). Existe en él un domo, que es la culminación de una de las inflexiones del eje de un anticlinal bien definido de dirección NNE.-SSO., el cual forma a su vez el flanco oriental de la depresión carbonífera (Coal Measures de Dalkeith). Su sección tiene una anchura de casi tres kilómetros; sus flancos son muy tendidos y rebasan apenas los 10 grados de inclinación; el anticlinal sería casi simétrico

de no estar subdividido en dos, de modo que en su flanco occidental una leve sinuosidad marca un pequeño anticlinal accesorio, cuyo flanco occidental, roto por una falla, tiene una inclinación de 27 grados.

Es, pues, de una estructura regular, casi simétrica y de poco relieve, ofreciendo condiciones de depósito muy favorables. Se estudió geológicamente con gran detalle, complementando los datos existentes del Geological Survey con nuevos trabajos de campo e incluso con sondeos poco profundos.

Las capas más bajas que afloran lo hacen en la charnela del anticlinal y son calizas carboníferas. Debajo existe una serie denominada "grupo de areniscas calíferas", que contienen margas bituminosas y cuyos horizontes de calizas y areniscas puras eran el objetivo de la exploración por sondeos. El primero se colocó ligeramente desplazado a un lado de la charnela. La parte alta del tramo se encontró a 75 metros, y de allí en adelante todas las areniscas que se atravesaron contenían alguna impregnación más o menos importante, si bien en conjunto sólo se obtuvieron grandes cantidades de gas, pero con pocos litros de aceite. Al llegar a los 671 metros, la formación era más margosa y las areniscas más finas. Consecuentemente, las huellas de hidrocarburos se redujeron a meras trazas. El sondeo se paró a 890 metros.

El segundo sondeo de exploración se situó a media ladera, más bien hacia la base, de uno de los flancos (el occidental, mientras que el número 1 estaba situado en la cabecera del flanco oriental).

El objetivo que se perseguía era cortar las mismas capas unos 75 metros más abajo que en el sondeo número 1, con objeto de tratar de llegar al posible petróleo, situado lógicamente bajo los abundantes gases cortados en el primer sondeo. Este sondeo se bajó hasta 742 metros, y las areniscas dieron únicamente agua salada, y aunque existía la posibi-

lidad de que el petróleo estuviera precisamente entre ambos emplazamientos, el estudio cuidadoso de las presiones de agua y gas indicaba que la posibilidad era muy remota.

Se hicieron otras tentativas, igualmente con resultados negativos. Es posible que existan unas pequeñas acumulaciones de gas en las partes altas de los anticlinales, pero los flancos sólo dan trazas de aceites, y agua salada.

La información geológica que se obtuvo fué muy interesante. De casi todo el sondeo número 1 se obtuvieron buenos testigos. Se demostró que las areniscas muchas veces presentaban un falso buzamiento que rebasaba de 23 grados; más frecuentes, como valores altos, eran hasta de 18 grados. En las margas se encontraron restos de plantas y conchas, pero su naturaleza fragmentaria hizo su identificación muy incierta.

El gas consistía, sobre todo, en metano (89 a 96 por 100, según las profundidades); en proporción seguía el etano (1,80 a 3,10); los demás productos de la serie venían representados en proporciones aun más débiles.

Estas mismas formaciones han atraído la atención, en otras localidades escocesas, por sus manifestaciones petrolíferas.

En Pentland (al SO. y muy cerca de Cousland) hay exudaciones de aceites presentes en St. Catheriné's Well, y en las canteras de Straiton las areniscas están impregnadas. En cambio, la estructura geológica es muy distinta. La serie petrolífera está truncada por una gran falla: la fractura de Pentland; pero si esta falla está sellada pudiera constituir un buen depósito. Además existe un anticlinal pequeño situado justo al E. de la fractura. La falla es inversa, y no se tenía la menor idea de su ángulo de inclinación. Investigada por medio de tres sondeos someros, se vió que era 22 grados. Se consideró esta inclinación como exagerada para poder suministrar suficiente cierre, y, como consecuencia, se abandonaron estas investigaciones.

Otra estructura que fué objeto de atención en Escocia fué el anticlinal de Balfour (10 en el mapa), que puede seguirse desde la costa del condado de Fife al NNO., hasta Kennoway. Su eje, hablando en líneas generales, se alza de manera gradual hacia el N.; pero no se pudo determinar en ningún sitio la existencia de un máximo total de altura que ofreciese un cierre hacia el N., el cual podía haber ocasionado una acumulación de petróleo en las series de areniscas calcíferas (carboníferas), o quizá en lechos más altos. Sin embargo, un estudio detallado de todas las circunstancias reveló que en determinada área era posible la existencia de un domo.

Los flancos del anticlinal se conocían bien por asentar en ellos abundantes explotaciones mineras. Aparte de sus labores, se habían practicado muchos sondeos. En cambio había muy pocos datos referentes a la cresta anticlinal. Por medio de sondeos someros se pudo comprobar que, en efecto, existía una estructura en domo con un cierre al N. superior a los 120 metros. Este área está lista, pues, para su exploración, pues la concentración de actividades en la zona de Eakring desvió momentáneamente la atención de este anticlinal de Balfour.

El coto central carbonero (Central Coalfield) de Escocia y el de pizarras bituminosas (Oil-Shale Field) ofrecen muchos anticlinales, si bien pocos de ellos presentan condiciones favorables a la acumulación de hidrocarburos.

Los del Oil-Shale Field están demasiado intensamente plegados y las capas situadas por encima de las formaciones de posible depósito aparecen excesivamente fracturadas para funcionar como una buena cubierta. En cambio, el Central Coalfield ofrece una gran complicación estructural, debida a series de fallas y a diques e inserciones intrusivas. No obstante, se ha señalado una posible estructura en Salsburgh (11 en el mapa).

d) REGIÓN CENTRAL (CHESHIRE-STAFFORDSHIRE)

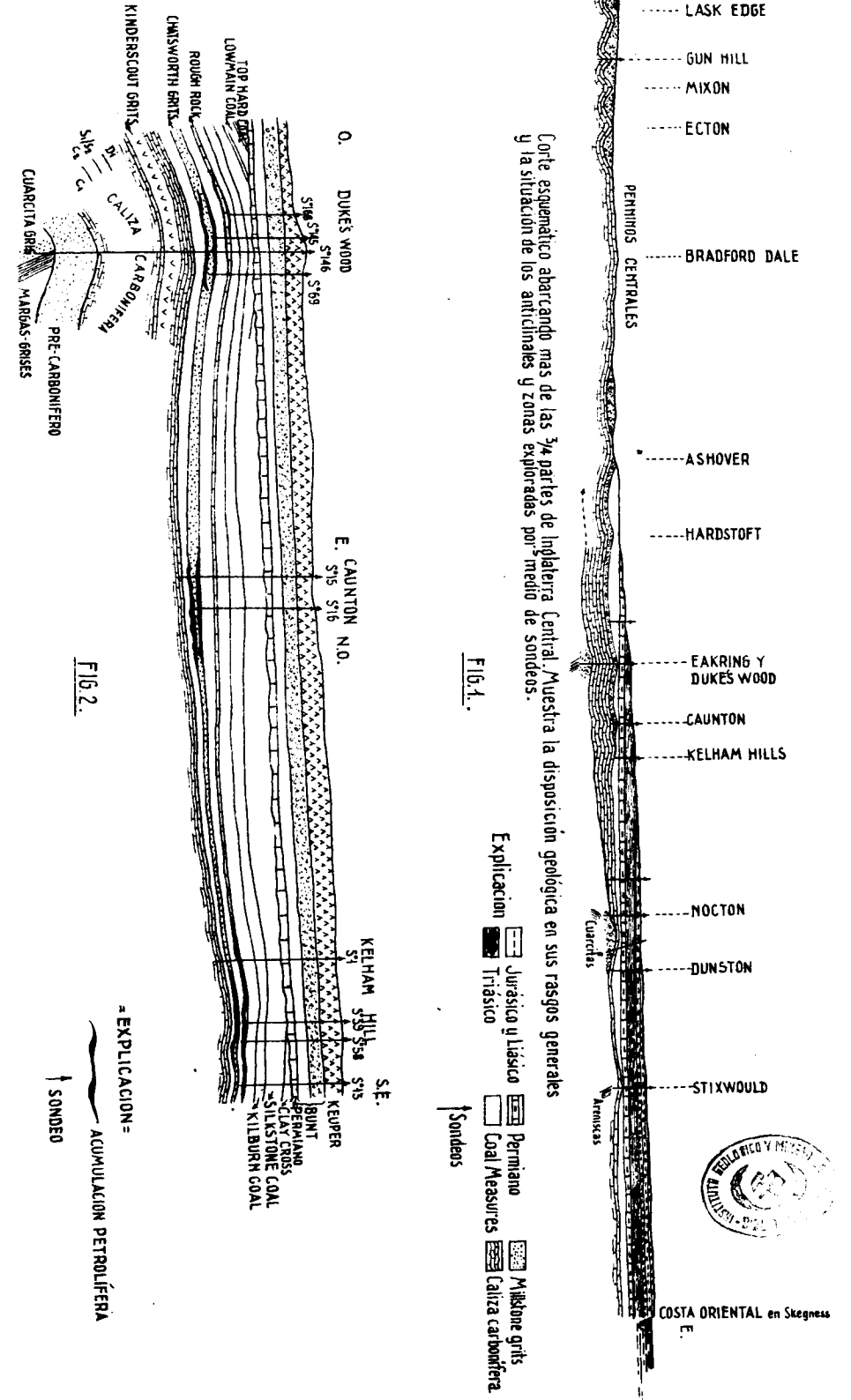
La región central es la más interesante por enclavarse en ella el área de Eakring, que ha resultado muy productiva.

En líneas generales, la estructura geológica en la parte que nos interesa es como sigue: Un alzamiento suave de caliza carbonífera constituye en los Penninos Centrales un amplio y aplastado abombamiento (fig. 1). Hacia el E., estas capas se hundén, con suave inflexión, y son recubiertas por el Millstone Grit y más adelante por el Carbonífero productivo (Coal Measures). Las capas están siempre apenas inclinadas, pero ofrecen suaves inflexiones, levisimos anticlinales (1), que adquieren grandísima importancia, pese a su escaso relieve geológico, en la investigación del petróleo. A la altura de Mansfield, todo el Carbonífero queda recubierto por capas transgresivas y discordantes del Permiano y formaciones más modernas.

Por consiguiente, al E. de aquella localidad el Carbonífero queda oculto a la observación. No obstante, se conoce ahora su disposición tectónica, y se sabe que consiste (hablamos todavía del Carbonífero) en capas muy tendidas, pero con varias leves inflexiones, de las cuales la más marcada es un pliegue muy asimétrico, hasta el punto que más bien es una inflexión monoclinal, bastante acentuada, situada entre Noc-ton y Dunston (15 y 16 en el mapa).

A alguna mayor profundidad, como consecuencia de este pliegue, siempre muy tendido, llega el Carbonífero, invisible bajo la cobertura permiano-jurásica, hasta la costa (en Skegness).

(1) Los denominamos levisimos por su pequeña altura, no por su amplitud, pues se trata de estructuras relativamente grandes.



Por el contrario, al O. de los Penninos (fig. 1) existen unos cuantos pliegues bien marcados, que arman en el Millstone Grit, y en cuyas charnelas afloran a veces las calizas carboníferas; más al SO., sobre el Millstone Grit, descansa, además, el Carbonífero productivo, que aparece simultáneamente plegado.

En resumen: al O. de la zona central penninica, el Carbonífero, constituido por las calizas carboníferas y Millstone Grit, aparece plegado con cierta intensidad, que determina pliegues regulares y bien marcados. Estos se extinguen hacia el E., y en la zona penninica central las calizas carboníferas se elevan a la superficie del terreno en un abombamiento levisimo de capas casi horizontales. En dirección a la costa oriental de Inglaterra, estas capas van descendiendo por una serie de pliegues o en inflexiones poco acentuadas, de modo que en la superficie del terreno les van sustituyendo sucesivamente el Millstone Grit y el Carbonífero productivo. A la altura de Mansfield es el Permiano el que con leve discordancia sustituye al Carbonífero en la superficie, y en dirección a la costa van apareciendo sucesivamente sobre él el Triásico, Liásico y Oolítico, que corona los acantilados costeros. Bajo ellas se conoce, por los estudios sísmicos que han precedido a la exploración por sondeos, así como por éstos, la disposición del Carbonífero. Se sabe que el Millstone Grit se acuña casi por completo a la altura de Kelham Hills, de modo que al E. de esta localidad los Coal Measures descansan sobre la caliza carbonífera, por intermedio de un espesor muy pequeño de las areniscas del Millstone.

Por su discordancia, el Permiano, cuya base es prácticamente horizontal, va tajando los leves pliegues del Carbonífero, eliminando parte de los Coal Measures, y en alguna localidad llega casi a alcanzar, en las charnelas de las inflexiones, la caliza carbonífera.

Ahora bien: las calizas carboníferas de la zona penninica central son ricas en manifestaciones de hidrocarburos, que tan pronto son restos sólidos o pastosos como exudaciones líquidas, algunas muy importantes, como las que se encontraron al explotar el carbón en la cuenca de North Staffordshire. Era interesante, por consiguiente, investigar tanto los pliegues más agudos del O. como las más leves inflexiones del E. Contra lo que se pudiera pensar en un principio, fueron éstas las que dieron resultado positivo.

En 1918 se practicaron dos sondeos cerca de Hanley, de 820 y 1.300 metros. El primero se abandonó por dificultades mecánicas sin llegar a la caliza carbonífera. El segundo cortó una chimenea volcánica desde los 445 hasta los 1.300 metros, en que se abandonó. Ninguno de los dos pudo aclarar nada en relación con la posibilidad de existencia de petróleo.

Entonces se eligió el anticlinal de Gun Hill (20 en el mapa), uno de los pliegues de la región al O. de los Penninos (fig. 1), y en 1938 se comenzó la perforación. El anticlinal de Gun Hill es algo asimétrico (flanco oriental, unos 15 grados; flanco occidental, unos 40-45 grados), con charnela suave. Su máxima amplitud en la base llegará quizá a los 15 kilómetros. Se empezó el sondeo al E. de la charnela y cerca de ella, en el Millstone Grit. A los 473 metros se cortó la caliza carbonífera, y debido al desplome del anticlinal el sondeo la cortó ya en la charnela. El sondeo se paró a los 1.412 metros en la caliza carbonífera, y la sonda alcanzaba ya la caída del flanco occidental, pero muy cerca de la charnela. La inclinación del plano del pliegue era de unos 28 grados O. con respecto a la vertical.

El resultado fué negativo. Se encontraron trazas de aceites en las capas límites superiores de la caliza carbonífera, consistentes en banquitos finos de areniscas y calizas; pero los ensayos de producción sólo dieron agua salada.

e) EL CAMPO PETROLÍFERO DE EAKRING, SU GEOLOGÍA Y LAS ÁREAS ADYACENTES

1. *Historia de los reconocimientos.*

Ya hemos visto cómo al E. de los Penninos las formaciones carboníferas van descendiendo mediante suaves inflexiones, presentándose como grandes unidades de débil inclinación, separadas por pliegues muy leves (1).

La primera inflexión (fig. 1), que limita al E. los Penninos, es el anticlinal de Ashover, tras el cual comienza un amplio sinclinal de unos 72 kilómetros de anchura por unos 1.200 metros de máxima depresión. En su fondo aparecen varias débiles inflexiones anticlinales constituidas de O. a E. por los pliegues de Hardstoft (19 en el mapa), Eakring (Duke's Wood) (15), el levisimo pliegue de Caunton (15) y el también muy leve de Kelham Hills (15). El sinclinal está limitado al E. por el anticlinal de Nocton-Dunston (16), que por su marcada asimetría coloca las capas en su flanco oriental mucho más bajas con respecto al occidental. Estas prosiguen hacia el E. con pequeña pendiente y gran uniformidad, apenas interrumpida por los leves pliegues de Stixwold (17) y otros innominados.

Ya hemos dicho que a partir de Mansfield, pocos kilómetros al E. del anticlinal de Hardstoft (19), último visible en superficie, la transgresión permiana, oculta hasta la costa los sedimentos carboníferos. El Carbonífero, a su vez, descansa con gran discordancia sobre un yacente muy violentamente plegado. Pero precisamente en esa zona se desarrolla la cuenca

(1) Advertimos nuevamente, porque es importante, que se trata de estructuras de poco relieve, pero no de escasa amplitud.

hullera de Nottinghamshire-Derbyshire, y por las explotaciones hulleras, así como por los sondeos practicados en busca de carbón, se había llegado a conocer bien la disposición tectónica del Hullero, bajo su tapadera de Permiano, hasta 12 millas al E. del borde de aquél. Desde allí hasta la costa, la estructura era absolutamente desconocida, y todo lo que se sabe ahora se debe a las investigaciones en busca de petróleo.

Ya dijimos cómo las manifestaciones petrolíferas en las calizas carboníferas de los Penninos llevaron a investigar sus márgenes tanto al O. como el E. Las investigaciones del O., ya descritas, fueron infructuosas. Desde 1918 a 1922 se exploraron varios anticlinales al E. (solamente en la zona de afloramientos carboníferos), pero únicamente en el de Hardstoft se obtuvo una pequeña producción de petróleo. En la década siguiente, el desarrollo de los métodos geofísicos hizo posible la exploración bajo la cobertura permiana discordante, y como todo parecía indicar que la zona del plegamiento suave en el Carbonífero se extendía hasta más al E. del río Trent, quizá hasta la costa, toda esta región se consideró como un posible campo petrolífero, y la D'Arcy E. C. tomó grandes concesiones de exploración para realizar en ellas investigaciones geofísicas. Se emplearon los métodos sísmicos, magnéticos y gravitatorios. Ya los datos de los sondeos hulleros permitieron sospechar la existencia de accidentes en Eakring; pero hasta entonces, el descenso del hullero hacia el E. se había interpretado por fallas y no por pliegues. Para investigar este accidente se verificó una exploración sísmica por reflexión y se trazaron dos arcos de refracción a través del área crítica, que permitieron determinar y localizar el anticlinal de Eakring, con su charnela situada justo al S. de la población.

El sondeo se comenzó el 26 de marzo de 1939. El petróleo fué cortado el 19 de junio a profundidad de 584 metros en la arenisca Rough Rock de las series del Millstone Grit. Pro-

bada su capacidad productiva, dió 12 toneladas por día, indicando la existencia de un depósito de interés comercial. El sondeo número 2, a 300 metros del primero, se mostró capaz de dar 20 toneladas diarias.

Al estallar la guerra, el interés de la zona de Eakring estaba establecido fuera de toda duda, y se decidió concentrar allí toda la atención de la D'Arcy E. C., tanto en la exploración geofísica como en sondeos. Al final de 1940, el estudio de otros dos anticlinales, los de Caunton y Kelham Hills, estaba suficientemente adelantado para permitir la ubicación de sondeos.

El de Caunton, muy leve, presenta Millstone Grit y caliza carbonífera bajo los Coal Measures, a un nivel relativamente alto. El primer sondeo de Caunton fracasó, aunque se encontraron abundantes manchas de petróleo y gases; pero en 1943, un sondeo mejor emplazado encontró petróleo en la serie del Millstone Grit. El primer sondeo de Kelham Hills, que no se terminó hasta 1941, encontró agua y petróleo en la arenisca más alta del Millstone Grit.

El eje del anticlinal de Eakring presenta inflexiones que determinan en él varios máximos de altura. En 1941, la investigación somera indicó la existencia de un segundo máximo en Duke's Wood, al S. de Eakring, y el primer sondeo plantado allí (número 26 del área de Eakring) encontró petróleo en los niveles basales del Coal Measure y en los más altos del Millstone Grit. La experiencia ha demostrado desde entonces que a lo largo de la línea que une los dos máximos hay petróleo siempre en las capas basales del Coal Measure, pero en el Millstone Grit no es continuo, de modo que presenta campos aislados. Las curvas de nivel del modelado geológico subterráneo han permitido delimitar estos campos con suficiente perfección.

En definitiva se comprobó la existencia en el área de Eak-



ring de cuatro campos petrolíferos: Eakring, Eakring-Duke's Wood, Caunton y Kelham.

De estas áreas, la más productiva fué la de Eakring-Duke's Wood, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

	Número de sondeos	Número de sondeos abandona- dos	Total sondeado — Metros	Producido hasta septiembre 1944 Toneladas
Eakring Duke's Wood.....	175	5	114.570	236.821
Caunton	16	5	11.342	6.397
Kelham Hills	62	6	44.525	67.015

Estos resultados tan esperanzadores y la idea de que al NE.-E. y SE. existían probablemente las mismas condiciones estratigráficas y tectónicas hicieron extender por esa zona las investigaciones geofísicas.

Estas consistían siempre en líneas dromocrónicas (refraction arcs), buscando la caliza carbonífera como medio de gran velocidad (6.100 metros por segundo). Así se llegó a obtener un mapa con curvas de nivel de los relieves geológicos profundos, que señaló que el área era interesante por lo menos hasta 56 kilómetros al E. de Eakring, por conservar la misma estructura de pliegues. Los sondeos habrían de localizarse por estudios geofísicos más detallados, usando los métodos de reflexión; pero desgraciadamente éstos fracasaron, quizá por no presentar las formaciones, condiciones favorables a su empleo. Como consecuencia se forzó a los geofísicos a desarrollar el método de refracción a un grado de precisión inimaginable al comienzo de las investigaciones.

Por estos métodos se fueron determinando nuevos anticlinales, y se llegaron a señalar veinte nuevas áreas, de interés como posibles estructuras. Estas han sido investigadas por 39 sondeos, y aunque en algunos casos dieron trazas de hidrocarburos, sólo el sondeo de Nocton (16 en el mapa) dió

una pequeña producción de tres toneladas por día, que al poco tiempo bajó a media tonelada con cantidad incrementante de agua. En esta zona, el Millstone Grit ya no existe; la transgresión permiana ha dejado un espesor débil de Coal Measures, y éstas descansan directamente sobre la caliza carbonífera, que es la que dió esta pequeña producción.

De estos 39 sondeos, el más profundo (Stixwould, 17 en el mapa) bajó a los 1.455 metros, atravesando la caliza carbonífera y llegando a unas areniscas más antiguas dotadas de gran inclinación (el Carbonífero, como en toda esa zona, está muy tendido). Antes había atravesado 438 metros de terrenos más altos que el Keuper: 266 metros de Keuper, 195 de Bunt, 146 de Permiano, 298 de Hullero (Coal Measures), 38 de Millstone Grit y 54 de caliza carbonífera antes de llegar al pie de esta formación.

En 1943 se trajeron de Estados Unidos cuatro equipos nuevos de sondeo, que operados durante el primer año por personal americano elevaron notablemente la velocidad de perforación y aún más la de los traslados de los equipos. Antes, el promedio de perforación de un sondeo hasta 670 metros se había reducido (en 1942) hasta tres semanas, y el tiempo de desmontaje, transporte y nuevo montaje, a dos semanas. Con los nuevos equipos, los sondeos se practicaban en cinco o siete días, y los transportes, en un día e incluso menos.

Todas las perforaciones fueron hechas con sistema "Rotary", de emulsión de lodo, y a intervalos cortos se examinaban los fragmentos de rocas arrastrados por el fluido. Sólo se obtuvieron testigos cuando lo requería un objetivo específico, y generalmente éste era el examen del posible contenido de aceite en las areniscas. Los equipos de sondeo estaban dotados de registradores de penetración, que al suministrar un buen registro de todos los resultados de profundización permitió controlar con exactitud todos los cambios litológicos,

lo que fué de interés muy especial para la localización de los lechos de carbón.

2. Características estratigráficas.

Vamos a describir las características estratigráficas de la serie atravesada para llegar a las formaciones petrolíferas, comenzando por reseñar en breves rasgos su disposición general.

Para darnos cuenta de la amplitud del área de la zona que nos interesa examinar, véase en el mapa que abarca más de la mitad del corte transversal de la isla, a la altura de Skegness, en la costa oriental.

Las formaciones más altas están constituidas por una serie que abarca desde el Permiano hasta el Kimmeridgiense. Yace con una uniformidad casi perfecta y tiene una ligera inclinación, hundiéndose hacia la costa. Es en ella donde la serie estratigráfica es más potente y alcanza hasta las arcillas kimmeridgienses (Kimmeridge Clay). (En Stixwould, la serie jurásica mide 446 milímetros.) La superficie del terreno corta con un ligero ángulo al paquete estratigráfico, de modo que los tramos inferiores van desapareciendo hacia el interior y apareciendo sucesivamente los tramos más bajos de una serie jurásica muy completa (1).

El tramo liásico, más bajo; el Rético desaparece a muy poca distancia al E. del río Trent. Al O. del río Trent aflora ya el Triásico, cuyo tramo superior, el Keuper (Keuper Marls), es el que constituye la formación de superficie en toda el área de Eakring. Debajo aparecen ya las areniscas del

(1) Estos tramos son: el Kimmeridge Clay, Coraliense, Oxford Clay, Kelloways beds, Cornbrash, Great Oolite Clay, Great Oolite Limestone, Upper Estuarine Series, Lincolnshire Limestone, Northampton Sand, Lías superior, Lías medio, Lías inferior y Rético.

Bunt. Varían poco los espesores de estas formaciones. El conjunto del Triás en Spital mide 565 metros.

Aparece luego el Permiano, que llega por el O. hasta la altura de Mansfield. Su espesor, nunca muy grande, disminuye ligeramente hacia el O. En la zona de Eakring, el Permiano se compone de 30-45 metros de margas rojas y areniscas que cubren unas arenas blancas o rosadas de granos de cuarzo bien redondeados, y debajo de ellas están las calizas basales, con espesor de unos 60 metros, siendo la mitad superior dolomítica, y la inferior, de calizas arcillosas grises, pasando a margas calíferas gris verdosas. En la base existen 60 centímetros de la típica brecha permiana. En cambio, hacia el E., es decir, hacia la costa, aparece, encima de las margas rojas, un tramo alto de calizas, a las que va sustituyendo hasta apoyarse en las calizas de la base, de modo que en Stixwould aquéllas miden 20 metros, y en cambio, las de la base se adelgazan por pasar en su parte inferior a areniscas y margas rojas. En Spital, el Permiano entero mide 848 pies, con la caliza basal muy desarrollada.

No se cortaron sales en este Permiano.

Esta serie postcarbonífera constituye una unidad estratigráfica que es transgresiva, y discordante sobre el Carbonífero. Ya hemos descrito los rasgos generales de la tectónica de éste, que a su vez constituye otra unidad estratigráfica independiente, por ser transgresiva y discordante sobre el Paleozoico.

Pero mientras que los pliegues del Carbonífero son leves (en la zona E.) y, por consiguiente, las discordancias con el Permiano poco acusadas en general, aquél yace muy discordante sobre el Paleozoico antiguo, el cual está muy violentamente plegado.

El Carbonífero aparece representado por sus tres pisos: Coal Measures, Millstone Grit y caliza carbonífera. Tajado

L A M I N A I I I
E L H U L L E R O P E T R O L I F E R O D E I N G L A T E R R A C E N T R A L

PERIODOS Y PISOS	TRAMOS	DATOS PALEONTOLOGICOS	DATOS PETROGRAFICOS CAPAS CARBONERAS Y PETROLEOS
↑ PERMIANO	CALIZA MAGNESIANA INF. DISCORDANCIA		Caliza magnesiána.
			Brecha.
CARBONIFERO SUPERIOR (COAL MEASURES)	Banda marina de MANSFIELD Banda marina de CLAY CROSS	Spirorbis, Spiriferina sp. C. aquilina. Lingula sp. Carbonicola sp. Carbonicola sp.	Top hard coal. Carbón. Banda marina de CLAY CROSS. Carbón. DEEP HARD y PIPER. Carbón. TUPTON LOW MAIN. Carbón. YARD. Carbón. SILKSTONE TUPTON LOW MAIN. Carbón.
	DEEPHARD y PIPER TUPTON LOW MAIN YARD SILKSTONE TUPTON LOW MAIN	Asterophyllites.	KILBURN. Carbón. Areniscas. PETROLEO.
	KILBURN WINGFIELD SANDSTONES	A. subovata, N. flexuosa.	Areniscas. PETROLEO.
	'B. SANDSTONE GROUP	Dunbarella papyracea, Gastroceras cf. sub-crencellatum. Antrachoceras sp. Lingula sp.	Areniscas en bancos lenticulares. PETROLEO. Margas.
	ROUGH ROCK	Gastroceras crencellatum. Antrachoceras carinatum, Lingula sp.	Areniscas. PETROLEO, margas y arcillas terrosas.
MILLSTONE GRIT	LONGSHAW GRIT	Nucula sp. Lingula sp. Gastroceras crencellatum. Antrachoceras sp. Gastroceras ruræ G. cf. carinatum. Elonichthys sp. Lingula sp.	Areniscas tableadas de grano fino, arcillosas y micáceas. Areniscas bastas, de gravilla. Bien cementadas. PETROLEO.
	CHATSWORTH GRIT		Areniscas compactas de grano fino.
	KINDERSCOOT GRITS	Dunbarella sp. Goniatites, Homoceras sp. Reticuloceras reticulatum mut. α. Antrachoceras sp. Dunbarella ? rhythmicus. Homoceras striolatum, Posidonella laevis, Lingula mytiloides.	Arcillas terrosas micáceas gris oscuras.

PERIODOS Y PISOS	TRAMOS	DATOS PALEONTOLOGICOS	DATOS PETROGRAFICOS CAPAS CARBONERAS Y PETROLEOS
CARBONIFERO INFERIOR	Z O N A D ₂	Reticuloceras sp. Homoceras sp. ? Cravenoceras sp. Posidonía corrugata, P. cf. costata. Griffithides cf. mailleuxi, Goniatites diminutus. Orobias ornata, Endothyra sp. Glomospira sp. Tetrataxis sp.	Areniscas de grano fino. Calizas, tierras grises oscuras y capas finas de roca brechoide completamente silicificada. Intensa mineralización con flúor, baritas, calcita en géodas y cavidades irregulares. PETROLEO. Calizas claras, blancas o pardas en parte aporcelanadas.
	Z O N A D ₁	Orobias ornata, O. radiata, Cribostomum bradyi, Athyris expansa, Spirifer bisulcatus, Girvanella, Pernopecten sowerbyi, Pugnax cf. pugnax, Productus hindi.	Roca ígnea verde. ↑ Calizas cristalinas en masas blancas a pardas, conchíferas. ↓
	Z O N A S ₂ /S ₁	Endothyra (bowmani), Palaeotextularia sp. Koninckopora. Endothyra circumplicata, E. crassa, Septamina sp. Carcinophyllum vaughani. Lithostrotion junceum, Syringopora. Fenestella, Hemitrypa ?, Composita ambigua, Productus aculeatus, P. elegans, P. spinulosus, P. minutus, Spirifer duplicicostatus, Igoceras sp.	↑ Calizas silíceas compactas, gris parduscas, con bandas de pedernal y carbones, arcillas y arenas carbonosas. ↓
	Z O N A C ₂	Septamina. Schizostoma catillus. Composita aff. ficoidea, Lithostrotion cf. lateseptatum, Productus hemisphaericus, P. punctatus, P. striatus, Paraparchites inornatus.	Areniscas rojas con cantos y bandas de conglomerados y algún canto calizo. Alguna caliza.
	Z O N A C ₁	Lithostrotion cf. caswellense, Productus aff. bioniglobosus, Chonetes cf. cumbriensis, Chonetes cf. papilionaceus, Spiriferellina.	↑ Calizas finas y compactas gris parduscas o moteadas de rojo, con banditas de conglomerado verde y rojo. ↓
	↓ PRE-CARBONIFERO	Septamina, Ortonella furcata, Garwoodia gregarea, Composita aff. gregarea, Glyptopleura costata. Septamina. Solenopora garwoodi, Thysanophyllum pseudovermiculare, Camarotoechia proava, Composita aff. ficoidea.	Arenisca de grano fino rojo parduscas y conglomerados brechosos de cantos irregulares de calizas, cuarcitas, rocas granitoides, rocas verdes, etc.

como está por la transgresión permiana, no muestra generalmente su espesor normal, y el respetado por aquélla varía considerablemente. El Millstone Grit es discontinuo; su espesor, sin embargo, aumenta hacia el interior y se acuña en dirección E. para reaparecer con débiles espesores hacia la costa. La caliza carbonífera, muy potente hacia el interior, disminuye gradualmente hacia el E., y en la costa su espesor es muy pequeño.

COAL MEASURES (véase simultáneamente la lám. III).

Es el Carbonífero productivo de edad westfaliense-estefaniense.

La composición de este tramo es muy variable, de modo que las correlaciones no siempre son fáciles, y muchas veces, imposibles. Se presenta como un conjunto muy heterogéneo de paquetes de variada composición que cambian lateralmente.

Los elementos litológicos que lo constituyen son margas carbonosas grises, areniscas verdosas, margas grises y oscuras con nódulos ferríferos, areniscas de grano fino y margas arenosas, etc., con intercalaciones más o menos gruesas de lechos de hulla.

El cuadro de la lámina III muestra los horizontes más importantes que, conocidos por las explotaciones mineras, ha sido posible identificar en los sondeos, junto con el material paleontológico obtenido. El estudio de las microsporas contenidas en los carbones (1) facilitó mucho las identificaciones.

El tránsito del Millstone Grit a los Coal Measures es poco preciso, y está situado entre el B. Sandstone Group y las areniscas de Rough Rock.

Es interesante dar a conocer los resultados suministrados

(1) *The nature and origin of Coal Seams*, RAISTRICK and MARSHALL; Londres, 1939.

por las investigaciones petrolíferas en lo que respecta a la riqueza carbonera.

Se ha comprobado que capas importantes de carbón se extinguen en grandes áreas donde cabía esperar su existencia, y que existen capas explotables en otras hasta ahora desconocidas.

El equipo de sondeos para petróleos se mostró poco apropiado para la obtención de testigos de las capas de carbón. La hulla se rompía dentro del tubo sacatestigos, y sólo una parte de la capa era extraída, excepto cuando se trataba de carbones canneloides. Su perforación es muy sencilla: la sonda "cae" a través de la capa, y un buen sondista puede apreciar el espesor por la velocidad de penetración; pero los registradores automáticos obtenidos de Estados Unidos hicieron posible la eliminación del factor personal.

De todas maneras, al atravesar un lecho hullero, los lodos se hacían pasar a una tela especial vibratoria; el volumen de carbón separado coincidía con gran exactitud con el apreciado según el registrador de profundidades.

En la zona meridional, rocas de tipo dolerítico forman una gran parte del Coal Measure. El metamorfismo parece haber sido escaso. La actividad ígnea tendría aspecto de ser en gran parte intrusiva.

MILLSTONE GRIT

Esta serie comprende las areniscas que contienen los principales depósitos de petróleo. Es extraordinariamente variable en su desarrollo, y tanto su composición como los espesores varían rápida y considerablemente. Estos últimos presentan cambios marcados incluso en distancias pequeñas. En Eakring mide 23 metros; en Caunton, sólo nueve kilómetros y medio al E., baja a 91,5 metros, y en Kelham, a diez kilóme-

tros, a 61 metros. Pero puede llegar a medir 480 metros (Long Clawson).

La descripción litológica y paleontológica de esta serie sería, por razones de sus cambios y variedad, larga y confusa. En el cuadro de la lámina III puede obtenerse una idea del tipo general de su composición.

CARBONÍFERO INFERIOR

Está constituido, sobre todo, por calizas, aunque no falten otros elementos litológicos subordinados, como areniscas, lechos de conglomerados y arcillas. También existe alguna banda de rocas ígneas.

Está señalado por abundante fauna, que se expone en el cuadro de la lámina III.

FORMACIONES PRECARBONÍFERAS

Sólo fueron cortadas en tres sondeos: los de Foston, Nocton 1 y Duke's Wood 146.

En Foston, las calizas carboníferas se acabaron de atravesar a los 614 metros, entrando en pizarras filíticas purpúreas y verdes, muy trastornadas y veteadas de cuarzo, que parecen pertenecer a la serie Charnian Brand. No se pudo comprobar la existencia de brecha basal.

En Nocton, el Carbonífero inferior se dejó arriba a los 1.175 metros, entrándose en cuarcitas fajeadas, de grano fino y color gris claro, casi verticales. Quizá sean del tipo de las de Nuneaton.

En Duke's Wood, el sondeo 146 fué emplazado en la misma culminación del anticlinal, con objeto de explorar no sólo el Carbonífero, sino las rocas más antiguas, por si presentasen algún depósito petrolífero.

El Carbonífero basal mostró un espesor inesperado de conglomerado brechoide, así como areniscas de color rojo y tipo poco corriente. No es seguro que todos aquellos sean carboníferos; quizá en parte son ya devonianos. Con la profundidad aumenta el buzamiento, que llega a ser de 50 a 70 grados, siendo así que en la parte alta es considerablemente menor. Pudiera deberse a una discordancia dentro de los conglomerados, pero es muy poco probable. Más fácil parece que deba ser atribuido a estratificación cruzada. A 2.196 metros se pasó del conglomerado a pizarras gris oscuras, brechoides, con 60 grados de inclinación y edad desconocida, en las que se encontraron restos fósiles aun no clasificados. A 2.251 metros entró la sonda en cuarcitas grises, de grano fino, con buzamiento de 60 grados, y continuaban cuando se abandonó a los 2.632 metros.

ESTRUCTURAS

Los datos obtenidos por las investigaciones sísmicas (refracción) y los sondeos han permitido trazar el mapa del relieve geológico subterráneo con curvas de nivel cada 30 metros, lo que significa un detalle considerable.

El mapa de conjunto que se obtuvo (1) muestra los campos petrolíferos de Caunton y Kelham Hills, situados entre Nottingham y Lincoln, y los de Eakring y Duke's Wood, al NNE. de Nottingham, y además el relieve subterráneo de estructuras cuyos resultados fueron negativos o que aun no han sido investigadas.

Presentan aparentemente un relieve complicado, casi tan complicado como el de una región movida sometida a intensa erosión, con marcados e irregulares barrancos; pero, en rea-

(1) Este mapa se reproduce en la publicación original.

lidad, es una falsa apariencia, porque la equidistancia es muy pequeña con relación a la escala.

Ofrece, pues, una serie de culminaciones o cúpulas, en las más salientes de las cuales se han colocado uno o más sondeos. Corresponden a una serie de anticlinales suaves, cuyos ejes se dirigen del NNO. al SSE.; hacia el borde S. esta orientación cambia, y se hace más confusa debido probablemente al cambio de facies que experimenta el Carbonífero.

Se han interpretado estos resultados como correspondiendo a una región plegada y sin fallas; pero es que los métodos de refracción son, por su naturaleza, incapaces de registrar fallas pequeñas, e incluso las grandes podrían aparecer como monoclinales de gran inclinación. Así, pues, es posible que existan otras fallas, además de las determinadas en los sondeos.

El relieve, como hemos dicho, parece complicado, pero es muy pequeño en realidad. En efecto, el buzamiento medio de las capas es menor de cinco grados en toda el área, y sólo localmente se registran otros mayores que no rebasen los 10 grados. Los cuatro campos petrolíferos de Eakring, Duke's Wood, Kelham Hills y Caunton constituyen culminaciones locales de un gran complejo anticlinal de 19 kilómetros de largo por siete a diez de ancho, que se extiende desde Ollerton en dirección al SE., pasando por Newark. El flanco occidental se inclina de 10 a 15 grados en más de 305 metros; formando el límite de la cuenca hullera de esta zona de Nottinghamshire. El flanco NE. tiene pendiente más suave y repartida.

Las areniscas petrolíferas del Millstone Grit estuvieron protegidas durante el período de erosión, anterior a la sedimentación del Permiano, por sólo unos 200 metros de Hullero superior en la cresta del anticlinal.

Los relieves superficiales de la caliza carbonífera y del Millstone Grit no coinciden del todo, por variar el espesor de esta última formación en más de 168 metros (de 230 a 60)

dentro del área de la zona. Si se tiene en cuenta que en Duke's Wood se han hecho hasta 175 sondeos se comprenderá que la comprobación del relieve subterráneo obtenido por geofísica ha sido muy perfecta.

En general, los tramos del Carbonífero superior disminuyen su espesor al acercarse la cresta anticlinal, y en cambio aumenta el contenido en volátiles de los crudos. En Duke's Wood, por el contrario, aunque las hullas son ricas en volátiles, las curvas de iso-volatilidad son muy irregulares y no concuerdan en absoluto con las del relieve geológico.

En Eakring hay un complejo de fallas normales que cortan la estructura con desplazamientos hasta de 12 metros; Duke's Wood está casi exento de fallas. Los gradientes de temperatura han resultado, de manera inexplicable, muy distintos, siendo sorprendentemente grande el de Eakring: un grado Fahrenheit para 26 pies; en Duke's Wood, para 35; en Kelham Hills, para 58.

LAS ROCAS ALMACENANTES

Las rocas depósito en la zona de Eakring son (ver sus características en el cuadro):

Carbonífero superior	} Wingfield Flagstones. B Sandstone Group.
Millstone Grit	
	} Rough Rock. Longshaw grit. Chatsworth grit.
Carbonífero inferior	
	Calizas y pizarras.

WINGFIELD FLAGSTONES

Completamente impregnadas en toda el área de las zonas petrolíferas; pero debido a su textura, finamente granuda, y baja permeabilidad, rinden poca producción. En uno de los sondeos de Duke's Wood llegaron a dar 90 litros diarios.

SANDSTONE GROUP

Son areniscas de estructura lenticular. En grandes áreas son muy finas y casi completamente impermeables. Hacia el Sur mejoran, pudiendo llegar su porosidad al 20 por 100. y su permeabilidad, a 600 milidarcios.

ROUGH ROCK

Es el horizonte que ha suministrado las cantidades más importantes de crudos. Se presenta también en masas lenticulares, pero casi siempre llega su espesor a los 15-21 metros y a veces hasta 30. Donde es menos potente es, en cambio, más basto y poroso. En Eakring es una arenisca de grado medio, algo cementada y con mucho material caolínico intersticial. Su porosidad es de un 15 por 100 y su permeabilidad es muy variable, pudiendo pasar de 20 a 150 milidarcios. En Duke's Wood, el promedio es de 200, aunque localmente llega a los 900 milidarcios.

LONGSHAW GRIT

Areniscas silíceas bastas de cuatro y medio a seis metros de espesor. En Eakring, por ser de grano fino y sucias, no tienen gran interés. En Duke's Wood, en cambio, son porosas y limpias, y su porosidad llega a los 750 milidarcios. Allí constituyen una fuente importante de producción.

KINDERSCOUT GRIT

Arenisca casi siempre muy compacta e improductiva; pero en Caunton es basta y porosa y además mide 18 metros; en cambio es acuífera.

CALIZA CARBONÍFERA

No ha llenado las esperanzas que se pusieron en ella, quizá porque su parte alta carece de porosidad normal y, por consiguiente, para que se forme un depósito ha de existir una fractura o cavidad. La producción es mucho menor; el porcentaje de sondeos estériles, mayor, por el azar que supone cortar una de estas grietas. Eakring, Caunton y Kelham Hills han sido estériles en la caliza carbonífera. Duke's Wood dió bastante producción en la zona mineralizada del límite superior, donde hay abundantes cavidades y geodas de cristales. Un sondeo llegó a dar 50 toneladas diarias, pero pronto bajó su producción, y el petróleo, casi en su totalidad, fué sustituido por el agua.

LAS ACUMULACIONES DE CRUDOS

Las áreas productivas miden las siguientes cifras: Eakring-Duke's Wood, 243 hectáreas; Kelham Hills, 72; Caunton, 20. Las diferentes areniscas funcionan con independencia, es decir, constituyen depósitos aislados, y las diferencias de características entre las aguas y aceites de los diversos horizontes y localidades, aunque pequeñas, son consistentes.

Vamos a dar sólo las características del campo de Eakring, el más importante:

Columna de crudos.....	B. Sandstone	61	mtrs.
Profundidad del petróleo (bajo el nivel del mar).....	—	530	—
Densidad esp. a 60° F.....	—	0,853	
Columna de crudos.....	Rough Rock.....	80	mtrs.
Profundidad del petróleo (bajo el nivel del mar).....	—	560	—
Densidad esp. a 60° F.....	—	0,848	

Columna de crudos.....	Longshaw Grit ...	54	mtrs.
Profundidad del petróleo (bajo el nivel del mar).....	— ...	580	—
Columna de crudos.....	Chatsworth Grit ...	59	mtrs.
Profundidad del petróleo (bajo el nivel del mar).....	— ...	598	—
Densidad esp. a 60° F.....	— ...	0,837	

La mayor profundidad de petróleo bajo el nivel del mar fué encontrada en la caliza carbonífera de Duke's Wood, a 707 metros. La mayor columna de aceite es la de Rough Rock, en Eakring, con 81 metros. La mayor densidad, la del Rough Rock, en Kelham Hills, con 0,892. Los diferentes depósitos estaban sometidos a la presión de equilibrio cuando se perforaron por primera vez, y reducida a un denominador común de 519 metros bajo el nivel del mar era, aproximadamente, de 70 kilogramos por centímetro cuadrado. La presión inicial de crudos en la superficie era de unos 17,5 kilogramos por centímetro cuadrado; pero al progresar la explotación bajó rápidamente. La producción se logra ahora por bombeo mecánico.

A su presión original, el crudo estaba de una manera natural bajo el punto de saturación; es decir, diluía menos gas que el que podía admitir a esa presión. Por ejemplo: la presión de saturación del Rough Rock en Eakring era sólo de 287 kilogramos por centímetro cuadrado. En Kelham Hills y Caunton, los aceites son más densos, y las presiones de saturación, considerablemente menores. En Kelham Hills, sólo de seis kilogramos.

La explicación de estas variaciones debe buscarse evidentemente en la historia geológica de los anticlinales. Así, la presión de saturación de gas en Eakring es próxima a la que correspondería a la presión hidrostática en las arenas al tiempo de la erosión pre-permiana, cuando sólo había una cubierta de 214-240 metros de Coal Measures sobre las arenas. No se puede aplicar el mismo argumento a Kelham Hills, pero puede

haber sido como consecuencia de las actividades ígneas en esa zona.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CRUDOS Y AGUAS

Vamos a dar las características analíticas de los crudos y aguas obtenidas en esa zona; pero mostraremos sólo las de las calizas más productivas, o sea las del Rough Rock, en Eakring. Este horizonte no ha suministrado asfaltos duros ni ceras. En general, el contenido en asfalto es casi nulo. La mayor cifra la da la caliza carbonífera de Nocton, con 1,71 (por ciento en peso). En ceras, la misma caliza en Hardstoft con 21,5 (a 0 grados F en peso) y punto de fusión de 118 grados F.

PRUEBAS DE DESTILACIÓN

I. B. P. (C°).....	51
A 50 grados C (%).....	—
" 75 "	3,5
" 100 "	4,5
" 125 "	7
" 150 "	12,5
" 175 "	16
" 200 "	21
" 225 "	24
" 250 "	27,5
" 275 "	32
" 300 "	35
" 350 "	36,5
Destilación a 300 grados C.	
Residuo (%).....	61,5
Pérdida (%).....	2
Dens. esp. del destilado a 300.....	0,778
Idem del residuo.....	0,892
Contenido en azufre (% en peso).....	0,18

Las aguas del Rough Rock, en Eakring, ha dado los siguientes análisis en partes por 100.000:

Sodio, 1.021; potasio, 48; calcio, 154; magnesio, 24,2; cloro, 1.952,2; sulfato, 7,8; carbonato, 10,2.

Las diferencias en los análisis de crudos son considerables para los diferentes campos, pequeñas dentro del mismo. Son, en general, del mismo tipo, salvo quizá en Kelham Hills. Se caracterizan por su bajo contenido en azufre y asfaltos, y contenidos altos en ceras, y su naturaleza puede ser calificada de esencialmente parafínica.

Las aguas marginales son muy distintas en tipo y concentración. Las del Coal Measure son definitivamente menos salobres que las del Millstone Grit, cuya concentración disminuye hacia abajo. El agua de las calizas carboníferas tiene un contenido total de sólidos relativamente bajo. Es evidente que ha habido una descarga de las aguas marinas originales, y entrada de agua dulce por los afloramientos de los Penninos.

RESULTADO DE LOS SONDEOS DE EXPLORACIÓN

Después del descubrimiento de las cuatro áreas productivas de la zona de Eakring se han practicado 37 sondeos exploratorios en busca de otras acumulaciones; pero no tuvieron éxito. Parece que la coincidencia de todas las condiciones necesarias que han de reunirse, y que resumidas a las tres fundamentales son estructuras apropiadas, rocas depósito, ocurrencia de petróleo, sea excepcional, y no obstante se encontraron signos animadores en muchos de los sondeos. Algunas veces se obtuvieron producciones de muy corta vida que, carentes de importancia en sí, indican, sin embargo, que las condiciones referidas se presentan en un área más extensa que la actualmente productiva. Algunos fracasos se explican por la erosión antepennina, que arrastró en estos sitios toda la cobertura de

Coal Measures y la mayor parte del Millstone Grit. Muchos de los fracasos se han de atribuir a las extinciones laterales de las areniscas del Millstone Grit, que han demostrado tener muy poca formalidad. Otras veces, las areniscas eran muy poco permeables. En algún caso, los crudos eran demasiado densos. En otros casos es posible que los sondeos no se colocaran con exactitud en la misma cresta anticlinal, y estos errores con una columna de crudos tan pequeña pueden ser fatales. Un error de 400 metros en la localización de la cresta es suficiente para no lograr alcanzar el depósito.

Se pensó al principio en utilizar la refracción sísmica únicamente como un método de exploración preliminar, para ser completado con investigaciones por refracción. Pero aquellas mostraron ser mucho más eficaces que éstas, y se logró dotar al método refractivo de gran perfección.

Finalmente, no hay por qué pensar que todo el petróleo se haya acumulado en los anticlinales bien marcados que han sido señalados. Parte puede estar en pliegues muy débiles, que escapan a los métodos de investigación usados. También puede haber acumulaciones en masas de areniscas tendidas en bancos de disposición totalmente lenticular, que pasan lateralmente a margas. Su localización es, en todo caso, muy difícil. Han fracasado las investigaciones en formaciones más altas, como el Jurásico o el Keuper, en donde podía haber acumulaciones de hidrocarburos escapados al Carbonífero. Es evidente que esto ha ocurrido en algún sitio, y entonces aquellas formaciones ofrecen manifestaciones petrolíferas, y aunque a veces se presentan, además, estructuras favorables, su exploración por sondeos dió resultado negativo.

EL SONDEO VETERANO

En Hardstoft, en los Penninos, se encuentra el sondeo que durante muchos años constituyó la única producción natural inglesa. Fué perforado en 1918-1919, y el petróleo, cortado a 939 metros (743 bajo el nivel del mar), manaba a su superficie por su propia presión. Provenía de la parte alta de la caliza carbonífera.

En 1938 había producido en total 2.600 toneladas de aceite crudo; pero su producción había bajado a tres cuartos de tonelada, y aparecía entonces acompañada por un gran volumen de agua. Se estimó que sólo una pequeña parte podía ser agua marginal, es decir, agua madre, y que la mayor parte provenía de lechos más altos. Se limpió el sondeo en 1938, y se cementaron las paredes para cortar los accesos; pero el éxito fué solamente parcial. Al profundizar se encontraron aguas juveniles, parándose el avance y taponando el fondo con cemento. Entonces se procedió a aumentar el acceso, creando una cavidad mayor por ataque de la caliza con ácidos. Al principio la producción aumentó a diez toneladas por día, pero rápidamente bajó a dos. Desde entonces se han obtenido 1.200 toneladas.

La producción sigue bajando, y ahora es de un tercio de tonelada diaria, con una proporción de agua procedente del Carbonífero, que aumenta sin cesar.

EL CAMPO PETROLIFERO DE FORMBY

Aunque de mucha menor importancia, por el volumen de su producción, que el de la zona de Eakring, constituye la única otra zona petrolífera de Inglaterra. Está enclavado en el SO. de Lancashire, junto a la costa, y presenta manifestaciones petrolíferas conocidas de muy antiguo y que son citadas en lenguaje y conceptos pintorescos en las ediciones del *Britannia*, de Camden, de 1637 y 1722, que transcribimos como curiosidad, en un apéndice, en su forma original.

Su carácter petrolífero y analogía con las naftas de Persia fué señalado por Binney y Talbot, en 1843, ante la Sociedad Geológica de Mánchester; pero parece que estas interesantes señales fueron perdidas de vista después, a pesar de su carácter espectacular, hasta el punto que en el "Plan de Investigaciones" de 1918 parece haber sido ignorado por los geólogos, así como en las estadísticas del "Informe especial sobre aceites minerales y pizarras bituminosas", etc., del Servicio Geológico Nacional (Geological Survey).

Fueron nuevamente descubiertas en 1937 por F. Wolvenston Cope, quien las describió en 1939, atrayendo la atención de la D'Arcy E. C., que obtuvo los permisos de explotación.

Las manifestaciones se presentan en varios puntos diferentes de una extensa área turbera como a 2,5 kilómetros de la ciudad de Formby, así como en Flea Moss, cinco kilómetros más al S. Las más interesantes son las de Thirty Acre Lane, y de Downholland Brook. Los aceites se pueden recoger en abundancia rastreando el fondo turboso; pero además se encuentran en las zanjas de drenaje en estado libre. El olor de gas se nota a distancia de 200 metros. En un pozo practi-

cado en 1918 se acumulaban durante la noche de 30 a 35 litros de petróleo, a profundidad de unos siete metros, y se obtuvieron varios barriles.

El área está enteramente cubierta por la turba; pero se pudo deducir por los afloramientos marginales que bajo los depósitos Pleistocenos y Recientes existirían con seguridad las margas o areniscas del Keuper (Keuper Marl o Keuper Sandstones en su designación como tramos), y que una serie de fallas de dirección NNO.-SSE. cortarían esas formaciones.

La naturaleza de esos sedimentos del Keuper es tal que no se piensa que puedan ser rocas suministradoras de petróleo, y parecía razonable atribuir su origen al Carbonífero. En el área carbonífera cercana, de Wigan, las manifestaciones de petróleo y gas no son raras, y era lógico admitir que las del Keuper fueran escapes de una estructura anticlinal carbonífera soterrada bajo el Triás.

El plan de investigación consistió, primero, en practicar una serie de sondeos poco profundos para tratar de localizar el depósito inmediato (en oposición al primario u original) del aceite, y estudiar la disposición del Triás.

El primer sondeo atravesó los depósitos glaciales (Glacial Boulder-Clay) a la profundidad de 16 metros, entrando en las margas del Keuper, que pasó a los 99 metros, pasando a las del Keuper Waterstones (margas arenosas tableadas), sin encontrar nada de interés. Pero el segundo sondeo, en las mismas formaciones, cortó petróleo en las Keuper Waterstones, a 38 metros, en sus capas más altas. La producción inicial fué de 272 litros hora. Situado cerca de una falla normal con salto de 91 metros (por comparación con el sondeo anterior), era evidente que el petróleo estaba ligado a la falla. Las margas del Waterstone carecen prácticamente de porosidad y no se podían tomar en consideración como po-

sible depósito; pero una producción de 4.500 litros diarios a tan pequeña profundidad era muy digna de tomarse en seria consideración, tanto por sí misma como por su valor significativo. La perforación, practicada con sondas portátiles tipo "Failing", de las utilizadas para la inserción de cargas para explosiones sísmicas, era rápida y barata.

Se practicaron 45 de estos sondeos, delimitándose el depósito de Holland, tanto vertical como horizontalmente. Las investigaciones en la falla más próxima dieron resultado negativo.

La estructura es monoclinal, limitada por la falla, con una ligera culminación que ha ocasionado las acumulaciones petrolíferas. El cierre está suministrado por la cobertura arcillosa del Glacial Boulder-Clay; pero dados los escapes superficiales, no debe de ser muy perfecto.

Incluso el Boulder-Clay dió en un sondeo una producción inicial de 900 litros diarios a 18 metros, en unas hiladas de arena.

La altura vertical del aceite en los Waterstones es sólo de 12 metros y está limitada por debajo por un nivel bien definido de agua y aceites.

Las capas del Keuper Waterstone Sandstone son gruesas, blandas y porosas. Los niveles altos son petrolíferos; pero su ensayo en producción sólo dió 900 litros diarios con 15.500 de agua. Su saturación es de unos 31 metros; pero no tienen un nivel inferior de agua bien definido. La proporción de aceite-agua es de dos a uno en la parte más alta y decrece gradualmente hacia abajo, invirtiéndose los términos. La separación es incompleta, debido, con toda seguridad, a filtraciones permanentes de agua y aceite ascendentes a través de los Waterstones.

La mayor producción de este diminuto campo petrolífero se logró en junio de 1940, a razón de seis toneladas diarias

obtenidas en 11 pozos. Durante 1941 y 42, algunos pozos cesaron de dar aceite, suministrando abundante agua, y fueron abandonados; durante 1943 y 44, este proceso parece haber cesado, y se mantiene bastante bien la producción de dos y media toneladas obtenidas en nueve pozos. En total, y hasta el final de 1944, se han obtenido 6.015 toneladas.

El petróleo de Formby es bastante semejante al de Eakring.

SONDEOS PROFUNDOS EN LA ZONA DE FORMBY

Los sondeos superficiales no aclaran el origen primario que podrían tener los crudos. Es evidente que la acumulación se renovaba constantemente, a juzgar por la apariencia de producto fresco que presentan los crudos, su alto contenido de volátiles y contenido en gas.

El aceite podía provenir de migración vertical a partir de capas más profundas, o haber ascendido por la rama monoclinial a lo largo de la base del Keuper, proviniendo entonces de un depósito más profundo situado al O.

Las investigaciones efectuadas con la balanza de torsión fueron infructuosas, por ser los resultados tan indefinidos que no permitían obtener deducción alguna. Entonces se decidió investigar por medio de sondeos profundos. Los resultados fueron geológicamente muy sorprendentes, pero desgraciadamente estériles en lo que se refiere a producción.

Los espesores del Bunt y de la Collyhurst Sandstone permiana resultaron mucho mayores que los que se conocían por prospección superficial o sondeos en otras zonas. La columna estratigráfica se compone, en efecto, de una arenisca porosa que es casi continua desde la base del Keuper Waterstone, a 80 metros, hasta la parte alta de las capas duras a 1.795 metros. La única discontinuidad consiste en las margas de Mánchester (Permian Mánchester Marls) desde los 1.024 a los 1.057 metros, o sea 33 metros, y consisten en margas pardo-

oscuras y areniscas sucias con anhidritas y dolomías en capitas finas de 30 a 60 centímetros de grueso.

A los 1.795 metros se encontró una formación extremadamente dura, consistente en margas silíceas duras de color rojo púrpura, areniscas cuarcíticas y dolomías arenosas, que causaban un desgaste extraordinario en los trépanos.

Por su dureza, se pensó al principio que pudiera tratarse de alguna formación pre-cambriana; pero el Dr. Phemister pudo localizar fragmentos microscópicos de materia leñosa en una preparación fina. Se continuó con dificultad, con la esperanza de llegar a encontrar restos identificables, y a 1.835, y de nuevo a 1.849 metros, se encontraron bancos delgados de caliza con los foraminíferos *Endothyra* y *Agathammina* cf. *pusilla*, desgraciadamente de larga vida geológica, y no se pudo salir de la duda de si se trataba de Permiano o Carbonífero. Análisis mineralógicos de elementos pesados que fueron aislados en algunas areniscas algo más blandas dieron de nuevo resultados poco concluyentes. Al redactarse el trabajo de que esta parte es traducción casi literal, la profundidad alcanzada era de 1.946 metros, y la edad de la formación está aún en tela de juicio. Los 60 metros más bajos han cortado abundantes nódulos de pedernal, en que se han reconocido espículas de espongiarios. Pudiera tratarse del nivel de pedernales del Carbonífero inferior de North Flintshire, y entonces se estaría cerca de la caliza carbonífera.

Mientras se efectuaba este sondeo se llevó a cabo una investigación sísmica por arcos de refracción de toda el área. En el lado de la costa, la existencia de dunas y superficie arenosa suelta impidió obtener datos utilizables. Pero al E. y Nordeste de Downholland se alcanzaron buenos resultados. Se localizó un marcado anticlinal con varias culminaciones y orientación ENE.-OSO. Se localizaron varios sondeos, y se comenzó uno que hubo de ser abandonado por dificultades me-

cánicas a los 1.750 metros. Pero las capas halladas no tenían nada en común con las que se encontraron en el primer sondeo, al menos en la parte inferior, pues consistían en margas y areniscas rojas y verdes, arenas carbonosas y unos lechos verdosos que quizá son cenizas. Como se ve, estas capas, de las que se atravesaron 80 metros, no tienen nada en común con las capas duras y guijarrosas del primer sondeo; quizá se trata de los Upper Coal Measures.

Los resultados han sido muy desilusionadores. Ni se han cortado petróleos, salvo ligeras señales, y eso sólo en el sondeo primero, ni se ha podido evaluar el interés futuro de la zona en profundidad. De todas maneras, se sigue insistiendo.

IV.—CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

De los objetivos de partida, muchos se han eliminado como carentes de interés, como son la mayor parte de las zonas mesozoicas del S. de Inglaterra y el área de Coalbrookdale. En otras se está a la expectativa, y su enjuiciamiento está aún pendiente, por ejemplo, en Formby y en algunas zonas de Escocia. Pero, en cambio, la zona de Eakring se ha confirmado como muy interesante por su presente y quizá todavía más por su futuro.

Son explotaciones de escala modesta, pero se trabajan con provecho, y su importancia durante la guerra no necesita subrayarse. Su tamaño es comparable a las zonas americanas explotadas en el Mid Continent, y la prosecución de investigaciones para localizar áreas semejantes está justificada comercialmente, incluso sin el estímulo de la guerra.

Las investigaciones sísmicas han demostrado que importantes áreas hacia el E. tienen las mismas características es-

tratigráficas y estructurales incluso fuera del área reconocida. Aunque la coincidencia de todas las condiciones requeridas supone un gran grado de exigencia, de modo que puede considerarse como excepcional, no parece lógico que ocurra sólo en el área inmediata a Eakring, y se espera con confianza encontrar nuevos campos productivos en zonas extensas en Lincolnshire y regiones adyacentes.

Aparte de la investigación de nuevos "eakrings", al S., SE. y Nordeste, se ha demostrado que otras áreas ofrecen en Inglaterra características comparables. Y se ha deducido que las zonas de plegamiento suaves en los Coal Measures y Carbonífero inferior pueden extenderse por Norfolk y N. de Suffolk, formando cuerpo continuo con la zona ya explorada en Lincolnshire. Otra zona en que se ha pensado es la de Inglaterra central-meridional, especialmente al N. de la prolongación oriental de los Mendips, cuya estructura es de pliegues violentos y cabalgamientos. Allí pueden presentarse anticlinales suaves en la caliza carbonífera, y seguramente el Millstone Grit se ofrece con suficiente cobertura de Coal Measures.

Hasta ahora, estas formaciones son las que presentan más favorables perspectivas; pero no se descarta la posibilidad de encontrar petróleo en formaciones más antiguas, ya que el Siluriano de la región marginal galesa (Welsh Border) presenta interesantes manifestaciones, como son asfaltos sólidos y semisólidos. Se ha encontrado petróleo, en un sondeo, en el Devoniano de Willesden, que puede tener su origen en el Siluriano o quizá en el mismo Devoniano en la zona de transición entre las condiciones faciales del "Old red" y las marinas.

La vida del campo petrolífero actual se calcula que será, por lo menos, de ocho a catorce años.

A P E N D I C E

Transcribimos en el idioma original las diversas notificaciones de las manifestaciones petrolíferas de Formby, en las que se ve la evolución en el concepto y en la expresión:

Camden, en su *Britannia* (edición 1637), describe el área de Formby en Lancashire (pág. 747), como sigue:

"For, when their rootes were loosened through over much moisture, the trees could not chuse but fall, and in such soft ground sinke and bee quite swallowed up. They that dwell thereabouts, assay and try with poles and spits, where, they lie hidden, and when they light upon them marke the place, digge them out, and use them for fire wood: For they burne cleere and give light, as well as torch wood, which haply is buy reason of a bituminous and clammy fat earth wherein they lye; whence the common sort take them for Firres; which notwithstanding Caesar denieth to have growne in Britaine."

En la edición de 1722 se dice:

"Within a mile and a half of *Wiggin* (1) is a well: which does not appear to be a spring but rather rain-water. At first sight, there is nothing about it which seems extraordinary; but upon emptying it there presently breaks out a sulphurous vapour, which makes the water bubble up as if it boyl'd. When a candle is put to it, it presently takes fire, and burns like brandy. The flame, in a calm season, will continue sometimes a whole day, by the heat whereof they can boyl eggs, meat, etc., tho' the water itself be cold. By this bubbling the water does not increase; but is only kept in motion by the

(1) Wigan.

Halitus of the vapours breaking out. The same water "taken out" of the well, will not burn; as neither the mud upon which the Halitus has beat (Phil. Trans. N. 26); and this shews, that it is not so much the water that takes fire, as some "bituminous" or "sulphureous" fumes that break out there."

En 1843, Binney y Talbot leyeron una comunicación en la *Mánchester Geological Society* y describían las manifestaciones petrolíferas de Formby:

"On approaching the place where the peat containing petroleum occurs, from Down Holland, the authors soon became aware of its presence by an empyreumatic smell, resembling that yielded by Persian naphtha, and the water in the ditches was also coated with a thin film of an oily iridescent fluid that floated upon its surface. In walking over some oat-stubble fields, and thrusting their heels through the black decomposed peat forming the soil, they felt a hard pitchy mass of 3 or 4 inches in thickness, which yields no smell unless it is burned. On exposure to the atmosphere for a time, the pitchy mass lost the greater part of its inflammability, and was finally converted into black mould. This substance also occurred under the roots of the grass in old swardfields, but it then yielded an odour similar to the petroleum that floated on the surface of the water and pervaded the moist peat."

**APORTACION A LA BIBLIOGRAFIA
DEL ESTAÑO EN ESPAÑA**

POR

P. H. SAMPELAYO

P. H. SAMPELAYO

APORTACION A LA BIBLIOGRAFIA
DEL ESTAÑO EN ESPAÑA

- 1783.—ELHUYAR (FAUSTO DE).—“Análisis químico del wolfram y examen de un nouvo metal que entra en su composición”. Ex. R. S. Vascongada.
- 1799.—PROUST.—*Anal. Historia Natural*, tomo I, pág. 135.
- 1809.—MALTE-BRUN.—“Ann. des voyages”, tomo II, pág. 273.
- 1829.—KARSTEN'S.—“Archw.”, tomo I, pág. 463.
- 1837.—LÉVY.—“Descrip. d'une collect. de miner.”, tomo III, pág. 192.
- 1841.—DAUBRÉE.—*B. S. G. de Francia*, serie I, tomo XIII, pág. 393.
- 1844.—ANÓNIMO.—“Estaño fino de Galicia”. *Bol. Of. de Minas*, núm. 3, página 33.
- 1846.—ESCOSURA.—“Descripción de las minas de la provincia de Zamora”.
- 1847.—CÚTOLI (F.).—“Mem. sobre min. de estaño de las provincias de Pontevedra y Orense”.
- 1847.—CÚTOLI (F.).—“Mem. sobre las minas de estaño situadas en las provincias de Pontevedra y Orense”.
- 1849.—SCHULZ.—*B. S. G. de Francia*, serie II, tomo VII, pág. 16.
- 1850.—A. M. A.—“Aluviones estañíferos y descripción de algunos depósitos en la provincia de Orense”. *Revista Minera*, serie A, tomo I, pág. 148.
- 1852.—ESCOSURA.—*Revista Minera*, serie I, tomo III.
- 1857.—URUBURU (RICARDO DE).—“Estaño. Dos palabras sobre algunos criaderos de estaño en Galicia comprendidos en la región de Montes, Avión y Beariz en Galicia (Orense), 61.235”. *Revista Minera*, serie A, tomo VIII, pág. 678.
- 1857.—BRESTHAUPT (F.).—“Berg-u-Hüttern”. *Zeit.*, 270.
- 1857.—SERIAN.—“Sobre minas de S. de Deade y Beariz (Segovia-Ablenda)”. *Anales de Minas*. ?
- 1857.—URUBURU (N.).—“Criaderos de estaño de Orense”.
- 1858.—SCHULZ (G.) y PAILLETTE (A.).—“Notice sur une pyrite stannifère (Ballesterosite) et sur quelques gisements d'étain en Espagne. 61.203”. *B. S. G. de Francia*, serie I, vol. VI.
- 1858.—SCHULZ.—“Descrip. geol. prov. Oviedo”.—Madrid.
- 1859.—DUPRENOY.—“Traité de Miner. III y Atlas”, láms. 113-114.

- 1862.—NARANJO.—*Elementos de Min. gen.*, pág. 239.
- 1863.—LIEBE (F.).—“Nenes Jahrb”.
- 1864.—PRADO.—“Descrip. física y geológica de la prov. de Madrid”, página 106.
- 1864.—PRADO.—“Provincia de Madrid”, pág. 105.
- 1864.—RAMMELSBURG (F.).—*Mon. Ber. d. Akad. zu.*—Berlín.
- 1874.—A. M. A.—“Aluviones estañíferos y descripción de algunos depósitos de la prov. de Orense. 44.011”. *Revista Minera*, tomo I, página 148.
- 1874.—MARTÍNEZ DE ALCÍBAR (A.).—*R. M.*, tomo I, pág. 148.
- 1874.—MARTÍNEZ DE ALCÍBAR-QUIROGA.—Traducción “Tschermack”.
- 1874.—MARTÍNEZ DE ALCÍBAR (A.).—“Examen de algunos trabajos de explotación de minerales auríferos en Asturias y noticias sobre la Ballesterosita y la Plumbostanita”. *Revista Minera*, tomo I, página 33.—Madrid.
- 1876.—GARCÍA (M.).—“Algunos filones estañíferos de la provincia de Salamanca”. *Bol. Com. Mapa Geol. prov. de Salamanca*, serie I, tomo III, página 2.
- 1876.—MASSACT.—“Gisements metallifères du district de Carthagène (Espagne)”. *Ann. Soc. Geol. Belg.*, tomo II, pág. 58.
- 1877.—BECKE.—“Min-protogr. Mitth”, 243.
- 1878.—GROTH MINER (SAMML).—Univer. Strassb, 82.
- 1880.—GIL Y MAESTRE (W.).—“Descripción fisicogeológica y minera de Salamanca”.
- 1881.—NOGUÉS (A. F.).—“Notice sur les Mines d’Espagne”. *B. C. M. G. E.*—Madrid.
- 1882.—BARROIS.—“Asturies” (Les ancien Terrais de), pág. 137.
- 1883.—PUIG Y LARRAZ.—“Descripción física y geológica de la provincia de Zamora”, pág. 312.
- 1886.—SELIGMAUN-DÖLTER.—“Zestchr f. krystumin”, XI, 349.
- 1889-98.—ESPINA Y CAPO.—*Com. Ejec. Estad. Min.*
- 1893.—BREINDENBACH.—“Glückauf.”, 1.032 y 1.050.
- 1894.—QUIROGA (SCH.).—Traducción “Min. Fschermak”, 390.
- 1895.—KOLLMAN.—“Zeitsch. f. Kryst u Min.”, XXXV, 350.
- 1895.—MALLADA.—“Mapa Topográfico de España”. *E. M. G. E.*, tomo I, páginas 175-547.
- 1901.—CALDERÓN (SALVADOR).—“La casiterita y los filones estañíferos de nuestra Península”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Natural*, volumen I, 1901, págs. 231 a 240.
- 1902.—HERNÁNDEZ PACHECO (EDUARDO).—“Los filones estañíferos de Cáceres y su comparación con los de otras regiones”. *Sep. de Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*—Janero, 1902.
- 1902.—HERNÁNDEZ PACHECO.—“Los filones estañíferos de Cáceres y su comparación con los de otras regiones. 21.027”. *B. N. S. E. H. N.*, tomo II, pág. 72.

- 1903.—EVRARD (A.).—“El estaño en la Península Ibérica”, *Revista Minera*, serie C, tomo XXI, págs. 272 y 273.
- 1903.—HEREZA (J.).—“Los estaños de Cáceres situados al sudeste de la capital a 304 kilómetros de la misma”. *Revista Minera*, serie C, tomo XXI, pág. 323.
- 1904.—NAVARRO FERNÁNDEZ (LUCAS).—“Localidades españolas de minerales nuevos o poco conocidos”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Historia Nat.*, núm. 4, 1904, pág. 169.
- 1905.—NAVARRO FERNÁNDEZ (LUCAS).—“Noticias mineralógicas”. *Boletín de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, vol. V, 1905, pág. 256.
- 1905.—HERNÁNDEZ PACHECO (EDUARDO).—“Distribución de la wolframita en España y yacimiento de tungsteno del Cerro de las Cabezas, en Montoro (Córdoba)”. *Sep. de Bol. de la Real Soc. Esp. de Historia Nat.*—Mayo, 1905.
- 1905.—FERNÁNDEZ NAVARRO (W.).—*Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Natural*, tomo V, págs. 356-514.
- 1905.—FONT Y SAGUÉ.—*Butll. Inst. Catal. Hist. Nat.*, 37.
- 1905.—HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—*Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Natural*, tomo V, pág. 254.
- 1905.—HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—“Distribución de la wolframita en España y yacimientos de tungsteno del Cerro de las Cabezas, en Montoro. 26.050”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.* t. V.
- 1905.—HERNÁNDEZ PACHECO (W.).—*Bol. de la Real Soc. Esp. de Historia Natural*, tomo V, pág. 353.
- 1906.—CALDERÓN (SALVADOR).—“Sobre la wolframita de Peñasqueira (Serra de Estrella), con penetraciones de tungstita u ocre de tungsteno”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo VI, pág. 39.
- 1906.—DANA (F.).—“The System of mineralogy New York”.
- 1906.—SÁNCHEZ LOZANO (R.).—“Nota referente a varios yacimientos de estaño de la provincia de Pontevedra”. *B. I. G.*, tomo XXVIII, del *Bol. de la Com. del Map. Geol. de España*, serie II.
- 1906.—SÁNCHEZ LOZANO (R.).—Artículos sobre Galicia. *Revista Minera y Metalúrgica*, núm. 65.
- 1908.—CALAFAT (JUAN).—“Moles termo-luminiscentes de España—en 188 dice Casit de Cáceres—Fosforescencia débil”. *Bol. de la Real Sociedad Esp. de Hist. Nat.*, pág. 184.
- 1908.—ESPINA (L.).—*Estadística Minera*.
- 1908.—ESPINA (L.).—“Wolfram”. *Estadística Minera*.
- 1909.—ELEIZEGUI (A.).—“La Minería en el distrito de La Coruña-Lugo”. *Revista Minera*, serie C, tomo XXVII, págs. 521 a 533.
- 1909.—GRANELL (CONRADO).—“Estudio sobre los minerales de wolframio de España”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo IX, páginas 81 a 87.
- 1909.—MALLADA (LUCAS).—“Nota acerca de las minas de tungstato de hierro del término de Casayo, provincia de Orense, y del de

- Montoro, provincia de Córdoba". *Bol. del Inst. Geol. y Minero de España*, núm. XXIX.
- 1909.—GRANELL (CONRADO).—“Estudio sobre los minerales de wolfrámico de España”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*—Madrid.
- 1910.—CALDERÓN (S.).—“Los minerales de España. Casiterita”. *Bibliografía*, pág. 283.
- 1910.—TOMÁS.—“Miner. Catal.”.
- 1911.—SÁNCHEZ LOZANO (R.).—“El wolfram ibérico. Ingeniería ou em Congresso de Dusseldorf”. *B. I. G. E. T.*, serie II, tomo XI.
- 1912.—SACRISTÁN (J.).—“Los criaderos de wolfram de los términos de Oliva de Jerez y Zalimos, provincia de Badajoz”. *B. G. E.*, tomo XXXIII, págs. 199 a 204.
- 1913.—SACRISTÁN (J.).—“Criaderos de wolfram de los términos de Oliva de Jerez y Zalimos, de la provincia de Badajoz”. *Revista Minera*, serie II, tomo XXXIII, pág. 502.
- 1917.—CARBONELL (A.).—“Tungsteno en la provincia de Córdoba”. *Revista Minera*, págs. 28 y 41.
- 1917.—FALCÓ (J.).—*B. O. M. M.* (Inspección).
- 1918.—CUETO (R.) e IRIMO (A.).—“Estudio de los yacimientos de wolfram y estaño del Distrito de La Coruña”. Extracto-Catálogo descriptivo de Memoria y Estudios. Consejo de Minería y *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, núm. 19.
- 1918.—GARCÍA PUELLES (E.).—“Estudio industrial de los yacimientos de wolfram y estaño de la provincia de Salamanca”. *Bol. Oficial de Minería y Metalurgia*, núms. 11, 12 y 13.
- 1918.—GARCÍA PUELLES (E.).—“Criaderos de wolfram: Sayago (provincia de Zamora)”. *Bol. Of. de Minas*; sin publicar, pág. 50.
- 1918.—GARCÍA PUELLES (E.).—“Plano de conjunto de las zonas de wolfram de Navasfrías y el Payo”. *Bol. Of. de Minas*, núm. 13.
- 1918.—CUETO (R. DE) e IRIMO (A. M. DE).—“Yacimientos de wolfram y estaño. Lugar: Lousame, Nova (provincia de La Coruña)”. *Boletín Of. de Minas*, núm. 19.
- 1918.—GARCÍA PUELLES (E.).—“Yacimientos de estaño y de wolfram: Saucelle-Barruecopardo (provincia de Salamanca)”. *Bol. Of. de Minas*, núms. 11, 12 y 13, pág. 40.
- 1918.—GARCÍA PUELLES (E.).—“Yacimientos de wolfram y estaño de la provincia de Salamanca”. *Bol. Of. de Minería y Metalurgia*.
- 1918.—MARÍN (A.).—“Informe sobre la mina de wolfram “El Cejo”.
- 1918.—“Estudio industrial de la zona wolfrámica de Barruecopardo (Salamanca)”. C. M. de M. E. Consejo de Minería.
- 1919.—FÁBREGA (P.).—“Estudio industrial de los criaderos de estaño y wolfram en España”. Publicaciones Primer Congreso Nacional de Ingeniería, tomo II.
- 1920.—LABARTA (E.).—“Memoria correspondiente al estudio de los criaderos de minas de estaño y tungsteno del Distrito de Orense”.

- Boletín Of. de Minas y Metalurgia*, año IV, 1920: núm. 35, páginas 55 a 76; núm. 36, págs. 1 a 30, y núm. 37, págs. 13 a 30.
- 1920.—VIGIL (J.).—“Yacimientos wolframíferos y estañíferos. Zona del río Sellis (provincia de Salamanca). N. B., sin publicar, pág. 40.
- 1920.—VARELA RADIO (T.).—“Carbia y Arnoya (provincia de Orense). Criaderos de wolfram y estaño”. *Bol. Of. de Minas*; sin publicar, página 38.
- 1920.—LABARTA (E.).—“Criaderos de menas de estaño y tungsteno. Provincia de Orense”. *Bol. Of. de Minas*, núms. 35, 36 y 37; pág. 38.
- 1920.—IRIMO (A. M.).—“Criaderos de estaño: Maceda (Orense) y Boiro (La Coruña)”. *Bol. Of. de Minas*; sin publicar, núm. 38.
- 1920.—PÉREZ (P.).—“Casiterita en San Rafael (Segovia)”. *Bol. Of. de Minas y Metalurgia*, año IV, núms. 32 y 33.
- 1920.—LABARTE (E.).—“Estudio de los criaderos de estaño y tungsteno de la provincia de Orense”. (Véase 1933.) *B. O. N. F.*, pág. 55.
- 1920-21.—VARELA (T.).—“Estudios de criaderos de estaño”. Sección de Minas. Ministerio de Fomento. Jefatura de Minas de La Coruña.
- 1921.—MARÍN (A.).—“Informe sobre las minas de estaño “Avión” y “Beariz”.
- 1922.—IRIMO (A. M.).—“Estudio de criaderos del Distrito”. *Bol. Of. de Minas y Metalurgia*, núm. 62.
- 1924.—“Memoria correspondiente al estudio de nuevos criaderos de wolfram y estaño de las zonas de Carbia y Arnoya”. Sección de Minas. Ministerio de Fomento. *Bol. Of. de Minas y Metalurgia*.
- 1925.—ARROJO (L.).—“Azufre, fosfato, hierro, plomo, cinc, pírta de hierro, estaño”. *Estadística Minera*.
- 1925.—CARBONELL (A.).—“España, productora de tungsteno”. 61.047. *Ingeniería y Construcción*, pág. 102.
- 1926.—RUBIO (E.).—“Sobre una extraña asociación de minerales de bismuto y tungsteno en la Serranía de Ronda”. *Revista Minera*, página 77.
- 1926.—HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.).—“Informe sobre las minas de estaño de Lalín.
- 1926.—HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.).—“Informe sobre las minas de estaño de Carballino.
- 1926.—HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.).—“Informe sobre las minas de estaño de Villalcampo.
- 1926.—HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.).—“Informe sobre las minas de wolfram de Montoro.
- 1926.—MARÍN (A.).—“Informe sobre la mina de wolfram “El Gejo”.
- 1927.—BARRIENTOS (G.).—“Memoria correspondiente al estudio de un criadero de estaño y wolfram”. Sección de Minas. Ministerio de Fomento.

- 1928.—LÓPEZ SÁNCHEZ-AVECILLA (C.).—“Región estañífera de Lumbrales, en Salamanca”. *Revista Minera*, serie C, tomo XLVI.
- 1930.—PARGA PONDAL (I.) y ARANGO (A.).—“Contribución al estudio de los minerales de wolframio de Galicia. (III). Análisis de wolframitas de Juno, Monte Neme, Casayo, A. Veiga y Vilacoba”. *Anales de la Real Soc. Esp. de Fis. y Quím.* Notas y Memorias, tomo XXVIII, pág. 905.—1930.
- 1930.—PARGA PONDAL (I.) y VÁZQUEZ GARRIGA (J.).—“Contribución al estudio de los minerales de wolframio de Galicia: I. Análisis de las wolframitas de La Brea, Corpiño y Carboeiro, Lalin (Pontevedra).—II. Análisis de las scheelitas de Carbia y Villar de Cerbos. *An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.* Notas y Memorias, año XXVIII.
- 1931.—MARTÍN CARDOSO (G.).—“Espodurmena o trifana de Galicia (Lalin, Pontevedra)”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, pág. 471. Madrid.
- 1933.—LABARTA (E.).—“Extracto de los criaderos de estaño y tungsteno en la provincia de Orense”. Catálogo Descriptivo de Memorias y Estudios acerca de los Criaderos Minerales de España. Consejo de Minería, tomo I, fasc. I, pág. 63.—Madrid.
- 1933.—GARCÍA PUELLES (G.).—“Extracto-estudio-industrial de los yacimientos estañíferos de la zona de Saucelle (Salamanca)”. Consejo de Minería. Catálogo descriptivo catalogación minera.—Madrid.
- 1934.—IRIMO (A. M.).—“Criadero de estaño de Boiro”. Consejo de Minería. Catálogo descriptivo de Memorias y Estudios acerca de los criaderos minerales de España, tomo II, segundo fascículo, página 169.
- 1934.—ALVAREZ DE LA BRAÑA (E.) y VARELA RADIO (T.).—“Criaderos de estaño de Maceda”. Consejo de Minería. Extracto en el Catálogo descriptivo, tomo II, segundo fascículo.—Madrid.
- 1934.—ALVAREZ DE LA BRAÑA (E.) y VARELA RADIO (T.).—“Memoria correspondiente al estudio de nuevos criaderos de wolfram y estaño de las zonas de Carbia y Arnoya”. 47.001. Consejo de Minería. Sección de Minas. Ministerio de Fomento. Catálogo descriptivo de Memorias y Estudios acerca de los criaderos minerales de España, tomo II, segundo fascículo.
- 1934.—ALVAREZ DE LA BRAÑA (E.) y VARELA RADIO (T.).—“Memoria correspondiente al estudio de nuevos criaderos de wolfram y estaño de las zonas de Carbia y Arnoya”. 44.001. Consejo de Minería. Sección de Minas. Ministerio de Fomento.
- 1934.—FALCÓ (J.).—“Extracto-Informe de la visita de los Distritos de la primera región (Galicia, Asturias, León, Santander)”. Consejo de Minería. Catálogo descriptivo.—Madrid.
- 1936.—MANJORES.—“Minerales de tungsteno. Explotación de estos mine-

- rales en España”. 61.158. *Mem. Acad. Cien.*, tomo VII (tercera edición).
- 1946.—“El Distrito minero de La Coruña, etc.”, por la Jefatura del Distrito.
- 1946.—“Minas de estaño en Salamanca”. *Rev. Min. y Met.*, núm. 66. Madrid.

**APORTACION A LA BIBLIOGRAFIA
DEL MERCURIO EN ESPAÑA**

POR

P. H. SAMPELAYO

P. H. SAMPELAYO

APORTACION A LA BIBLIOGRAFIA
DEL MERCURIO EN ESPAÑA

MONOGRAFIAS Y MEMORIAS

- 1239.—Crónica del moro Rasis.
- 1543.—ANÓNIMO.—"Relación del sitio de la mina del azogue de Almadén, con la manera de destilarse el azogue y hacer el bermellón".
- 1565.—ANÓNIMO.—"Relación de la forma que se tiene de cavar, rozar y cortar los metales que se sacan del pozo del azogue de Almadén y enmaderarlo y desaguarlo y seguir la mina, y cómo se cuecen los metales para sacar el azogue". Copiado de la *Revista Minera*, tomo XXIII, serie A de la colección de documentos inéditos del Archivo de Indias.
- 1618.—Ministerio de Fomento, Agricultura y Comercio.—Legajos 460 a 590, con antecedentes hasta 1618.
- 1640.—ALONSO BARBA (A.).—"Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los del oro y plata por azogue". Bibliografía Escosura.—Madrid.
- 1717.—JUSSIEN (A.).—"Nota sobre Almadén". *Memoires de l'Academie des Sciences*.
- 1718.—ANDERMAN (T.).—"Memoria sobre las minas y fábricas de los Buitrones de Almadén" (inédita). Arquitecto Mayor.
- 1719.—JUSSIEN (A.).—"Habla de los hornos de la mina de Almadén". *Revista Minera*, tomo 13.
- 1755.—BOWLES (G.).—"Memoria sobre Almadén mineralogista".—Madrid (?).
- 1775.—BOWLES (G.).—"Introducción a la Historia Natural y Geografía física de España".
- 1776.—GENSANNE.—"Traité de la fonte des mines". *Rev. Min.*, tomo XIII.
- 1792.—LARRUGA.—"Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España."
- 1796.—HOPPENSACK (J. M.).—"Carte des filons d'Almadén."
- 1802.—SAMPER (A.).—"Investigación de minas". (Exposición A. S. M.) Mariscal de Campo.—Madrid.

- 1811.—LARRAÑAGA (D.).—“Memoria presentada al Gobierno de Cádiz”. *Anales de Minas*, tomo II.
- 1821.—CAVANILLAS (R.).—“Memoria sobre las minas de Almadén”.—Madrid.
- 1832.—GONZÁLEZ (T.).—“Relación de minas de la Corona de Castilla”. Tomado de Escosura.
- 1832.—GONZÁLEZ (T.).—“Registro y relación general de minas de la Corona de Castilla”, por el presbítero canónigo de la Catedral de Plasencia.—Índice minero del Archivo de Simancas, con muchos datos sobre pragmática y disposiciones administrativas.—Almadén.
- 1832.—“Escribanía de rentas y contadurías mayores. Arrendamientos de Calatrava. Primer incendio (1550) y Gastos de reparación”. Simancas.
- 1838.—EZQUERRA DEL BAYO (J.).—“Apuntes geognósticos y mineros sobre una parte del mediodía de España”. *Anales de Minas*, tomo I.
- 1838.—CAVANILLAS (R.).—“Memorias sobre las minas de Almadén”. *Anales de Minas*. Pub. por la Direc. Gral. del Reino. Tomo I.—Madrid.
- 1838.—EZQUERRA DEL BAYO (J.).—“Criadero de cinabrio de Almadén”. *Anales de Minas*, tomo I.
- 1838 ó 39 (?).—CAVANILLAS (R.).—“Memoria sobre las minas de Almadén”. *Anales de Minas*, tomo I.—Madrid.
- 1840.—LARRAÑAGA (D.).—“Memoria sobre las minas de Almadén”. *Anales de Minas*, tomo II.
- 1841.—ALDANA (L.).—“Acarreo de minerales y zafras en las minas de Almadén”. *Anales de Minas*, tomo III.
- 1841.—PELLICO (R.).—“Proyecto de nuevos hornos para el beneficio de los minerales de azogue”. *Anales de Minas*, tomo III.
- 1846.—PRADO (C. DE).—“Minas de Almadén: De la constitución geológica de sus criaderos, con una noticia del sistema de laboreo y beneficio de los minerales.”
- 1848.—PRADO (C. DE).—“Minas de Almadén: De las vicisitudes por que han pasado desde la guerra de la Independencia, y particularmente de los adelantos obtenidos en su conservación y fomento mientras estuvieron a cargo del autor.”
- 1850.—DE VERNEUIL.—“Indicaciones geológicas sobre Almadén y Almadenejos”. *Revista Minera*, tomo I.—Madrid.
- 1850.—“Cuadro de los beneficios de Almadenejos”. *Revista Minera*.
- 1851.—ALDANA (L.).—*Revista Minera*, tomo II, pág. 190.—Madrid.
- 1851.—“Observaciones sobre las pérdidas de azogue por las chimeneas de las cámaras en los hornos de Bustamante, en Almadén”. *Revista Minera*, tomo II.
- 1851.—“Apuntes históricos sobre Almadén”. *Revista Minera*, tomo II (por la Redacción).—Madrid.

- 1852.—*Memorias de la Academia de la Historia*, tomo VIII. Crónica del moro Rasis.—Madrid.
- 1852.—ALDANA (L.).—“Resumen de los resultados materiales del año minero de 1850 a 51 en la explotación de las minas de azogue de Almadenejos”. *Revista Minera*, tomo III.
- 1853.—HOPPENSACK.—“Carte des filons d'Almadén. Veber den Bergbau in Spanien”. *Revista Minera*, tomo IV.
- 1853.—VERNEUIL y COLLOMB.—Lista bibliográfica: “Ojeada sobre la constitución de muchas provincias de España”. *Bull. de la Soc. Geologique de France*, serie II, tomo X.
- 1854.—YEGROS (SERGIO).—“Departamento de Minas de Almadén”. *Revista Minera*, tomo V.—Madrid.
- 1854.—“Apuntes para el estudio y reformas que demanda el Establecimiento de Almadén”. *Revista Minera*, tomo IX.—Madrid.
- 1854.—PRADO (C. DE).—“Complemento del sistema de laboreo de las minas de Almadén”. *Revista Minera*, tomo V.—Madrid.
- 1854.—“Apuntes para el estudio y reformas que demanda el establecimiento de minas de azogue de Almadén”. *Revista Minera*, tomo V.
- 1854.—ANCIOLA (A. L.).—“Resultados de algunas innovaciones hechas por vía de ensayo en los hornos antiguos o de Bustamante, en el establecimiento de Almadén”. *Revista Minera*, tomo V.
- 1855.—PRADO y EZQUERRA DEL BAYO.—“Sobre el sistema de laboreo: dos cortes”. *Revista Minera*, tomo VI.
- 1855.—PRADO (C. DE).—“Sur la geologie d'Almadén d'une partie de la Sierra Morena et des Montaignes de Tolède”. *Bull. de la Société Geol. de France*, serie II, vol. 12.
- 1855.—PRADO (C. DE).—“Sobre el beneficio de los minerales de azogue de Almadén”. *Revista Minera*, tomo VI.—Madrid.
- 1856.—TARASSENKO (N.).—“De lór et de lárgeñt” (sobre el mercurio de la China). Paris. *Revista Minera*, tomo XIII.
- 1856.—HUMBOLDT.—“Ensayos políticos sobre el reino de la Nueva España”. *Revista Minera*, tomo XIII.
- 1856.—PRADO (C. DE).—“Mémoire sur la géologie d'Almadén, d'une partie de la Sierra Morena et des Montaignes de Tolède”.—Paris.
- 1856.—PRADO (C. DE).—“La geologie d'Almadén”.
- 1856.—PRADO (C. DE).—“Minas de Almadén: De la constitución geológica de sus criaderos”.—Madrid.
- 1857.—MORETE DE VARELA (J.).—“Descripción general de Almadén, Almadenejos, minas y demás de su territorio”. *Revista Minera*, tomo VIII.
- 1857.—MORETE DE VARELA (J.).—“Descripción general de Almadén, Almadenejos, minas y demás de su territorio”. *Revista Minera*.
- 1857.—NARANJO (F.).—“Discurso sobre la necesidad de una descripción completa de la cordillera de Sierra Morena”. *Revista Minera*, tomo VIII.—Madrid.

- 1858.—BERNÁLDEZ (F.) y RÚA FIGUEROA (R.).—“Apuntes sobre las enfermedades de los mineros”. De la Memoria. *Revista Minera*, tomo IX.—Madrid.
- 1859.—“Reales órdenes abriendo al público la venta de azogues de Almadén en los almacenes de las Atarazanas de Sevilla y anunciando la venta en Cádiz”. *Revista Minera*, tomo X.—Madrid.
- 1861.—“Reseña sobre la Historia, la Adifio y la producción de las minas de Almadén y Almadenejos”. Es prólogo de la Memoria de don Fernando Hernández y D. Ramón Figueroa; 1856 y 57. *Revista Minera*, tomo XII.
- 1861.—BERNÁLDEZ (F.) y RÚA FIGUEROA (R.).—“Memoria sobre las minas de Almadén y Almadenejos”.—Madrid.
- 1861 y 62.—LARRUGA.—“Memoria política económica sobre las minas de Almadén”, tomo XVII.—Madrid.
- 1862.—NOGGERATH.—“Nitteliling über die quecksilberwerke zu Almadén und Almadenejos in Spain nebst einem Ueberblick der Vorkommen von Queckilber im allgemeinen-Rei Zeits F. D. B. H. m. *Salinermessen in Preussen*, vol. I.
- 1862.—LAUR (P.).—“De la production des metaux precieux en Californie”. *Reviste Minere*, tomo, XIII.—Paris.
- 1862.—BERNÁLDEZ (F.) y RÚA FIGUEROA (F.).—“Reseña sobre la historia de la “Adifio” y la producción de las minas de Almadén y Almadenejos”.—Madrid.
- 1862.—BOULES.—“Introducción de la Historia Natural de España”. *Revista Minera*, tomo XIII.
- 1862.—LARRUGA.—“Memorias políticas y económicas”, tomo XIV. *Revista Minera*, tomo XIII.
- 1862.—“Informe de Villegas”, *Revista Minera*, tomo XIII.
- 1862.—BERNÁLDEZ (F.) y RÚA FIGUEROA (R.).—“Reseña sobre la historia de Almadén y Almadenejos, su administración y producción”.
- 1866.—“En el palatinado, el SHg como elemento fosilizante”. *Revue de Geologie*, tomo IV.
- 1871.—KUSS.—“Notice sur les Mines d'Almadén”. Nota de M. Henry resumiendo el trabajo de M. J. de Monasterio en la *Revue Universalle*.
- 1871.—MAFFEI (E.) y RÚA FIGUEROA (R.).—“Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos impresos; y
- 1871.—MAFFEI (E.) y RÚA FIGUEROA (R.).—*Bibliografía Minera*, tomo II. Madrid.
- 1872.—HENRY.—“Extrait d'une notice de M. José Monasterio y Correo sur les mines de mercure d'Almadén”. *Annales des Mines*, tomo I, serie VII.
- 1878.—ESCOSURA Y MORROGH (L.).—“Historia del tratamiento metalúrgico del azogue en España”.—Madrid.

- 1878.—KUSS.—“Memoire sur les mines et usines d'Almadén”. *Annales des Mines*, tomo XIII, serie VII.
- 1878.—VON DERHENN.—“Des Vorkommen der Queckulbererze in dem Pfalzinscher Koslengebirge”. *Archives de Karsten*, tomo XXII.
- 1878.—EGOZCUE (J.).—“Nota acerca de la Memoria del Ingeniero M. H. Kuss referente a las minas de Almadén. *B. G. E.*, tomo V, serie I, pág. 239.—Madrid.
- 1878.—B. VON COTTA.—“Descripción de los yacimientos del palatinado”, segunda edición. *Lchrevon den Crzlagertatten*.
- 1878.—ESCOSURA (L. DE LA).—“Historia del tratamiento metalúrgico del azogue en España”.
- 1880.—CORTÁZAR (D.).—“Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real”. *B. I. G. E.*, tomo VII, serie I, pág. 289.
- 1880.—KUSS (M. H.).—“Note additionelle sur La Metalurgique du Mercure a Almadén”. *Annales des Mines*, tomo XV, serie VII.
- 1880.—“Neber den Diabos des Almadenfeldes”. *Zeits F. d. B. H. u. Solinermessen in Pressen*, vol. XXVIII.
- 1886.—OYARZÁBAL (E.).—“Memorias sobre las minas de Almadén”. Presentadas al Ministerio por el autor.—Madrid.
- 1888.—BLÁZQUEZ (A.).—“Apuntes para las biografías de hijos ilustres de la provincia de Ciudad Real, procedidos del catálogo de libros que se ocupan de su territorio e historia”.—Avila.
- 1888.—BECKER (G. F.).—“Geology of the quicksilver Deposits of the Pacific Slope with Atlas of the U. S. Geological Sur.”
- 1888.—BECKER (G. F.).—“Bibliografía del Lindgren mercurin-Almadén”. *N. L. Geol. Survey*, tomo XIII, pág. 399.
- 1892.—HERVÁS (I.).—“Indice de documentos del Sacro Convento de la Orden de Calatrava (siglos XI a XIX)”. *Bol. de la Ac. de la Historia*, tomo XX, pág. 545.
- 1892.—MARQUÉS DE LAURENCÍN.—“Indices de documentos de las Ordenes Militares del año 1000 al 1899” (1.462 documentos). *Bol. de la Academia de la Hist.*, tomo XX.
- 1892.—HERRENS.—“Association française pour l'avancement des sciences Congrès de Pau”.—Almadén.
- 1893.—FUCHS. et L. DE LAUNAY.—“Traité des gites Mineraux metallifères”. Randy et Cie, éditeurs.—Paris.
- 1893.—BECKER (G. F.).—“Quicksilver ore deposits with statistical tables”. *Min. Resourc of. Ane. N. S.*—Washington.
- 1894.—FERNÁNDEZ NAVARRO.—“Comunicación sobre análisis microscópico de los minerales de Almadén”.—Sesión 2 de febrero.
- 1894.—BECKER (G. F.).—“Sobre la teoría de la sustitución de Almadén”. *Boletín de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo XXIII.—Washington.
- 1894.—CORTÁZAR (D.).—“Sobre el yacimiento de Almadén”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo XXIII.

- 1894.—FERNÁNDEZ NAVARRO.—“Más sobre la teoría de la sustitución en Almadén”. *Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo XXIII.
- 1894.—CALDERÓN.—“Sobre el yacimiento de Almadén.”
- 1896.—MALLADA (L.).—“Explicación del Mapa Geológico de España”. Tomo II. Sistemas cambriano y siluriano. *M. del M. G. E.*
- 1898.—MALO DE MOLINA.—“Memorias sobre las minas de Almadén para presentar al Ministerio” (inéditas).
- 1899.—UHAGON (F. R.).—“Índice formado por D. Manuel Tolsada y Gómez, archivero de la Delegación de Hacienda de Ciudad-Real”. *Boletín de la Real Ac. de la Hist.*
- 1902.—POWSEPNY (F.).—“The genesis of ore-deposits”.—Nueva York.
- 1905.—SIERRA (I.).—“Memorias sobre las minas de Almadén presentadas al Ministerio” (inéditas).
- 1906.—ADÁN DE YARZA (R.), RUBIO (C.) y VIDAL (L. M.).—“Informe de la Comisión para proponer reformas” (inédito).
- 1906.—LAPPARENT (A.).—“Traité de Géologie”.—Paris.
- 1909.—ADÁN DE YARZA (R.).—“Apuntes de Geología general” (explicados en la Escuela de Minas).—Madrid.
- 1909.—BECK (R.).—“Lehere von der Ery Lagerstätten.”
- 1919.—LINDGREN (W.).—“Mineral deposits”.
- 1921.—RANSOME (F. L.).—“The ore of the Almaden mine”, vol. XVI, números 4 y 5.
- 1921.—KALB (C.).—“The Almadén quicksilver mine”. *Economie Geology*, volumen XVI, núm. 485.—Nueva York o Washington.
- 1922.—MICHEL (L.).—“Etudes et notes de Geologic appliqué”.—Paris.
- 1922.—PEÑA Y F. DE BENITO.—“Yacimientos de azogue. Sierra Espadán. Torralba, Onda (prov. de Castellón). *N. B.* (sin publicar), página 16.
- 1922.—CARON.—“Nericht ribor eine Instructiones reise nach Spanien”. *z. f. B. u L. Deldech*, pág. 405.
- 1922.—EZQUERRA DEL BAYO.—“Details geologiques sur Almadén”. *B. O. G. F.*, tomo I, vol. X, pág. 107.
- 1925.—PEÑA Y F. DE BENITO.—“Yacimientos de azogue en Alicante y Castellón: Provincia de Alicante. Lugar: Orihuela, etc.” *N. B.*, sin publicar.
- 1925.—PEÑA Y F. DE BENITO.—“Yacimientos de azogue en Alicante y Castellón. Lugar: varios (prov. de Castellón). *N. B.*, sin publicar. Observaciones: afecta a Alicante, pág. 16.
- 1926.—SIERRA, MENÉNDEZ PUGET, MATA y H. SAMPelayo.—“Minas de Almadén” (Guía del XIV Congreso Geológico).
- 1926.—SCHUMACHER (F.).—“Übersicht Über die untzbaren Bodenschätze Spanines.”
- 1927.—L. PEREA (F.).—“Estudio de criaderos de azogue. Lugar: La Alpujarra (provincia de Granada)”. *N. Bol. Of. de Minas*, pág 118.

- 1931.—SCHUETTE (C. N.).—“Transactions of the american Institute of Mining and Metallurgical Engineers.”

REVISTAS

Revista Minera.

- 1850.—VERNEUIL.—“Indicaciones geológicas sobre Almadén.”
- 1851.—ALDAMA (L. DE).—“Algunas observaciones”. Redacción: “Apuntes históricos”. Redacción: “Sobre las pérdidas”.
- 1852.—ALDAMA (L. DE).—“Sobre la conveniencia de la adopción del sistema métrico en Almadén y precauciones que se deben tomar.”
- 1854.—PRADO (C. DE).—“Complemento del sistema de laboreo”. Redacción: “Apuntes para la reforma del Establecimiento”.
- 1855.—PRADO Y BAYO.—“Dos cartas sobre el laboreo.”
- 1855.—PRADO (C. DE).—“Sobre el beneficio del mineral.”
- 1856.—NARCES DE TARASSENKO.—“Nota sobre Almadén.”
- 1857.—NARANJO (F.).—“Un discurso.”
- 1859.—Redacción: “Real orden sobre la venta del mercurio”. Además de multitud de noticias sobre la marcha del Establecimiento, imposibles de detallar por su extensión.

Revue de Geologie.

- 1866.—Redacción: “El cinabrio como elemento fosilizante en el Palatinado.”

Revue Universal des Mines.

- 1871.—MONASTERIO Y CORREA (J.).—“Mines d'Almadén (Espagne)”.

Economie Geology.

- 1919.—PERRON (C.).—“Minerales de azogue en Almadén”.

Ingeniería Internacional.

- 1924.—VAN DER VEEN (R. W.).—“The Almadén mercury ores and their connection with igneous rocks.”

