

I/1000

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE
ESPAÑA



NÚMERO 8

MADRID
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 108
1941

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

LOS CRIADEROS DE TALCO DE LILLO (LEÓN)

GEOLOGÍA

Los criaderos de Lillo están distribuidos en la parte Norte y montañosa de la provincia de León, en una superficie que no pasará de 10 kilómetros, de E. a O., por uno escaso de N. a S.; es decir, en una pequeña parte de la cordillera pirenaica que corre de Levante a Poniente.

Las líneas y superficies del terreno: ríos, sierras y montes, son coincidentes con los rasgos de las diferentes rocas, como derivados esencialmente de su erosión.

La curva 1.200 sobre el mar señala, en mancha paralela a la directriz de los Picos de Europa, la gran corrida de la cordillera, desde Reinosa a Murias, con las alturas de Mampodre, Susarón y los Picos del Ausente, en nuestro caso, que llegan a los 2.000 metros.

Las Sierras de Lillo, enhiestas y duras, toman el rumbo algo sesgado al O.-NO., y los cursos de agua, con la ley natural del mínimo trabajo, cortan las barreras de piedra por el camino más corto, de N. a S., como los ríos de León: Curueña, Porma, Esla, cuando no pueden vencerlas de otro modo, o se meten a lo largo de los estratos duros y paralelos, aunque suban con ellos, con tal de ir en capas blandas, como ocurre con los barrancos buscadores del talco.

En el criadero las aguas son del Porma, el río de N. a S., el Silvano y los barrancos, que siguen los estratos duros, los que van con el criadero.

Geológicamente, los yacimientos se alojan en los terrenos paleozoicos, del Siluriano al Carbonífero, plegados apretadamente en pliegues de un geosinclinal acumulativo (O.-NO.), en los cuales parecen apreciarse tendencias diapíricas. Esta definición se comprenderá mejor si recordamos que los terrenos silurianos, que principian por la cuarcita armoricana de la base, se continúan en los países de levantamiento herciniano, por el grupo pizarroso de *Calymene*, potente de 300 a 500 metros; sobre él, y siempre considerando el caso de columna estratigráfica normal, debía descansar el Siluriano superior, con uno a varios centenares de metros de espesor (Carrucedo-León). De modo rigurosamente geológico encima del Siluriano se superpone el sistema Devoniano, que falta por completo en nuestro caso hasta sus hiladas más altas, llamadas mármol griotta, y que tan constantemente acompañan a la caliza carbonífera, que pueden suponerse del sistema de sus capas. Es decir, que en Lillo y toda esta comarca leonesa, faltan las capas desde el Siluriano inferior al Devoniano superior, más de un millar de metros. ¿Cómo se puede explicar esta falta? Sólo hay dos maneras, a nuestro entender: por oscilaciones epicontinentales o por diapirismo.

En el primer croquis, vemos como los terrenos Siluriano y Devoniano han ido regresando, es decir, alejándose del crestón de cuarcita, y después del paulatino levantamiento que esto representa, ocurre una gran transgresión, la consecuencia de la cual, es poner en contacto la caliza carbonífera marina con la cuarcita antes levantada, sin que hayan faltado en el geosinclinal los demás terrenos que no aparecen en la unión anormal.

Otro modo de explicar ese hiato aparente es recordando

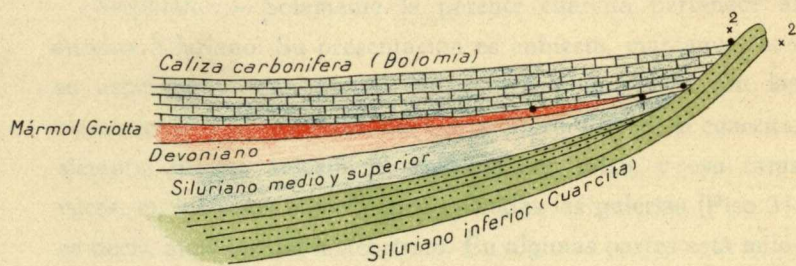
ENTRADA EN EL MONTE DEL CRIADERO

(Sentido minero de las labores)



OSCILACIONES EPICONTINENTALES

(Capítulo de Geología)



- 1 Posiciones regresivas
- x 2 Posiciones transgresivas

los pliegues diapiros, según los cuales un elemento litológico interno, resbalando en su plegamiento con otros más suaves y blandos, puede ponerse en contacto con alguno más alto, dejando ocultos a los suavizadores del movimiento; en nuestro caso, el elemento perforante sería el anticlinal de la cuarcita, resbalando sobre las pizarras silurianas y devonianas, hasta llegar, con su brecha ascendente, a ponerse en contacto con la caliza carbonífera. Lo seguro es que la versión cierta deba acomodarse un poco a cada una de las hipótesis; la transgresión de la caliza de Montaña es evidente sobre el Siluriano medio y superior, ocultos desde Galicia y Ponferrada, y también son clarísimas las salidas de los anticlinales de la cuarcita ordoviciense, a través de las ventanas tectónicas en la caliza carbonífera, con la violencia del esfuerzo mostrado en las *milonitas*.

Subrayamos, antes de continuar el rápido vistazo de geología, que la colocación de los talcos se precisa entre los primeros estratos carboníferos y la cuarcita, corrida infranqueable en esta clase de yacimientos.

Las rocas que, por consiguiente, tienen relación con la esteatita son: la cuarcita siluriana, la caliza o dolomia, y algunas veces la pizarra, dentro del Carbonífero.

SILURIANO. — Solamente la potente cuarcita pertenece al sistema Siluriano. Su presentación es enhiesta, marcando, con su aspereza y tono oscuro, un contraste llamativo con las claras rocas, carbonatadas, del Carbonífero. Ofrece la cuarcita, siempre, grietas únicamente rellenas con talco, y eso raras veces, en los pisos bajos y bien entradas las galerías (Piso 3), es decir, alejadas del meteorismo. En algunas partes está milonitizada, particularmente cerca de los dos lados de la carretera, donde parece mostrarse más claramente el anticlinal. En sus crestones altos, hacia los Ejidos, sufre alteración meteorítica muy manifiesta, concentrándose en sus trozos el óxido

férrico, en envoltentes que van formando a modo de cáscaras o nervios salientes ferruginosos, mientras que la parte central de la roca (arenisca más bien hacia Ejido y Runci6n) se ha desgastado en hueco.

Como f6siles de su edad, he encontrado bastantes *scolithus* perforantes y en los detritus de Runci6n, he podido recoger una diminuta *cruziana goldfussi*, absolutamente caracteristica de la base del Siluriano (Arenig), y que sirve para formular edad a todos los dem6s asomos de la cuarcita armoricana.

Esta cuarcita del Siluriano inferior est6 representada en la mina por dos bandas: la meridional, que es la de Pe6a L6zara, corre hacia el E. a lo largo de toda la mina, limitando el fil6n o zona A; sube a La Rasa por los cantiles almenados de los Ejidos y por el monte Cor6n llega a Cofi6nal, pasando a la Sierra sobre ese pueblo (Monte negro), donde se contin6a el pliegue hacia Levante.

Siguiendo ahora desde Pe6a L6zara hacia Poniente, las cuarcitas llegan a enlazarse con las del Ausente, sin torcer su rumbo O.-NO. en los 10 kil6metros de la corrida total. Al N. de la mina la cuarcita se ofrece m6s discontinua; asoma en Runci6n, en anticlinal bastante claro, y luego no se vuelve a ver, a Saliente, hasta m6s all6 de Cofi6nal, paralela a la anterior. Hacia el O. no se aprecia la salida de la cuarcita hasta llegar a las del Ausente; es decir, que en la banda septentrional s6lo asoma el anticlinal de Runci6n, pero el motivo tect6nico, en las dos bandas, es de dos anticlinales, comprendiendo los criaderos de la Mina y La Rasa.

CARBONIFERO. — Las primeras hiladas de este sistema, conocidas por m6rmol griotta, s6lo en Respina, al pie del Lago del Ausente, las hemos visto tocar con el talco. En realidad, s6lo asoman en borde sobre las cuarcitas de Runci6n, curvadas en anticlinal, y en los bordes de Nevares. Tiene *crinoides*, de aspecto *Poteriocrinus mayor*, Mill (Piso 5-Respina),

con el disco finamente radiado y lisos en columna, que no solamente se encuentran en las capas calizas muy rosadas y planas, que constituyen el griotta, sino en unas pizarrillas, algo violadas, por bajo de las placas calizas; aunque m6s raro, hemos encontrado alg6n *clim6nido* impreciso, pero bien caracteristico por su forma redonda (Respina). Las trazas planas de los estratos ros6ceos del griotta son, con mucha frecuencia, dentadas u onduladas.

DINANTIENSE, CALIZA DE MONTA6A. — Encima de esas hiladas calizas, que hoy oscilan, con los argumentos de especialistas, del Devoniano al Carbonifero, se encuentra, como norma, la caliza carbonifera gris, casi negra en algunas capas inferiores, y f6tida a la percusi6n en su fractura, la cual, poco estratificada y en grandes masas, forma los rasgos m6s llamativos de la comarca; sus alturas son las mayores, sus torceduras y pliegues son aparentes y destacan por el color *externo*, muy claro, casi blanco, de la caliza alta, en contraste con las cuarcitas, inferiores a ella, y con las pizarras que a ella se superponen. Sus f6siles siguen siendo *crinoides* y su presentaci6n escasa, pues, en nuestra zona, por metamorfismo, est6n las calizas transformadas en dolomias, y de estas rocas nos ocuparemos despu6s. Caliza sana, junto al talco o en su proximidad, no recordamos haberla encontrado, sino en Respina, al final, y en el Cabano bajo; en los dem6s sitios del criadero se releva por dolomia. Su papel orog6nico es actual en los sinclinales agudos del Culm, que forman las cimas.

PIZARRAS CULM. — Encima de la caliza y en rasgo totalmente contrario, de topograf6a plana, obligada ante su f6cil erosi6n, se colocan unas pizarras algo sam6ticas (mic6ceas), negras cuando m6s internas y menor su meteorismo, las cuales, por su blandura a la ablaci6n forman los valles planos, las rasas y hasta las depresiones agudas que, en el monte, dan lugar a gargantas entre rocas m6s altas y duras, como calizas

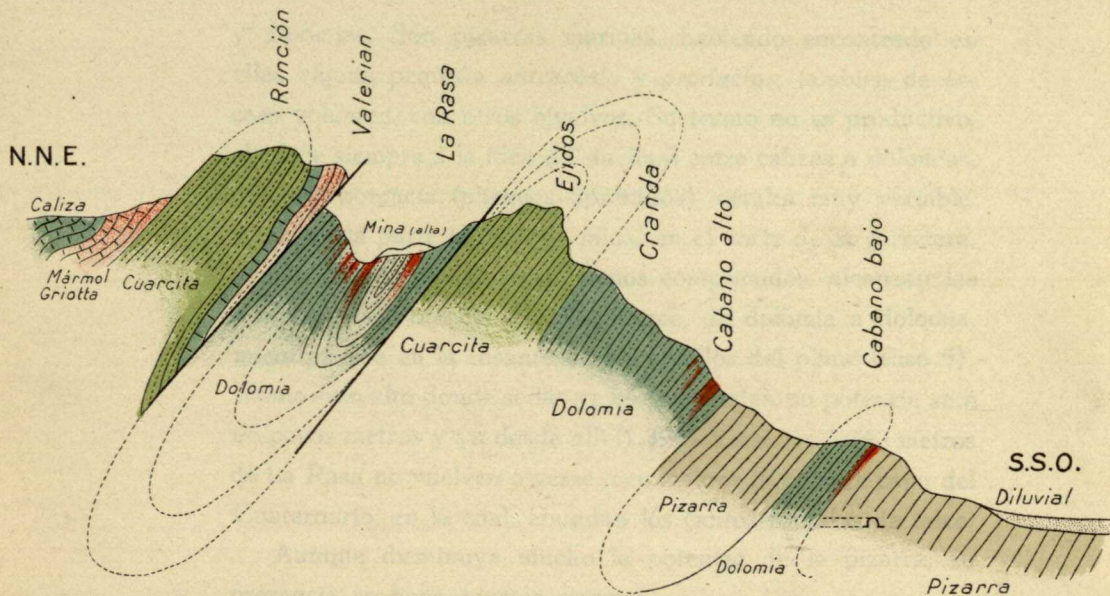
y dolomias. Son pizarras marinas, habiendo encontrado en ellas alguna pequeña *antracosia* y *productus*, también de escaso volumen, con otros bivalvos. Su tramo no es productivo, obedece siempre a la idea de sinclinal entre calizas o dolomias, pero su potencia (pliegues apretados) resulta muy variable, y así, en la parte baja de la mina, en el corte de la carretera, donde los pliegues parecen menos comprimidos, alcanzan las pizarras una potencia de 100 metros, de dolomia a dolomia, mientras que en la rasante de los codillos del plano (Piso 5), último sitio alto donde se las ve bien afloradas, su potencia será de pocos metros y ya desde allí (1.394) hasta los 1.740 metros de La Rasa no vuelven a verse, ocultas por la potente capa del Cuaternario, en la cual, abundan los cantos rodados de talco.

Aunque disminuya mucho la potencia de la pizarra, su presencia se hace constar siempre.

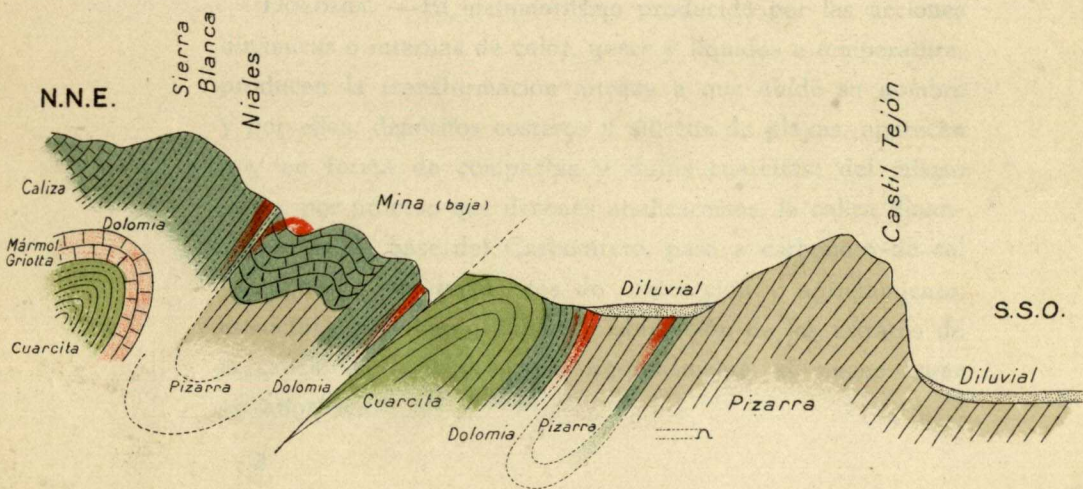
Por fin, merece mencionarse el contacto del talco con las pizarras carboníferas, lo que ocurre en las plantas 4, 5 y 6, dentro de las galerías o fuera, en el barranco que sube a La Rasa. La formación talquifera junto a la pizarra toma el mimetismo que le impone esta roca anterior a su génesis y la esteatita de contacto se ofrece gris, negra y hasta parece tener aspecto estratificado.

DOLOMIA. —El metamorfismo producido por las acciones dinámicas o internas de calor, gases y líquidos a temperatura, producen la transformación intensa a que alude su nombre y por ellas, depósitos costeros y silíceos de playas, aparecen hoy en forma de compactas y duras cuarcitas; del mismo modo, por proceso que después analizaremos, la caliza dinantiense, de la base del Carbonífero, pasa a carbonato de cal y magnesia, con fenómenos de contracción y agrietamiento, estructura cristalino-granular y ofuscación de los estratos de la caliza, de la cual ocupa, rigurosamente, el mismo lugar estratigráfico.

CORTES GEOLÓGICOS DEL CRIADERO DE LILLO



CORTES PARALELOS



Puntualizamos la dolomia como elemento geológico, por su extensión y normal presentación y porque, genéticamente, equivale al fundamento de la esteatita.

En el criadero la dolomia corre en tres bandas alargadas: das entre las cuarcitas (Runci6n-Ejidos), como vemos en el plano, y otra como prolongaci6n de la dolomia del Cabano.

La transformaci6n de la caliza en dolomia es total.

El Cuaternario en las partes bajas, carretera, valle, es aluvial, con algunos cantos rodados de talco sobre los crestones, aunque 6stos se encuentren ocultos.

Interesa se~alar que poco m6s arriba de la mina empiezan una serie de hoyos glaciares excavados en las cuarcitas silurianas y que seg6n estudios recientes podr6n definirse as6: 1.600 (altura), morrena, frontal; 1.770, Lago del Ausente; 1.865, Charca; 2.020, Pico del Ausente. El arrastre, en pseudo glaciario de estos barros y acumulaciones, llega hasta el r6o de Lillo.

CORTE GEOL6GICO. — De modo resumido hemos deseado concretar, en dos cortes *esquem6ticos*, nuestras ideas acerca de la geolog6a y tect6nica, y sobre ellos nos limitaremos a peque~as aclaraciones.

Ante todo, los buzamientos, aunque de preferencia hacia el N., son variables, dominando al N., en las grandes corridas, tendencia isoclinal.

La mina, por su macizo de pizarras entre las dolomias productivas, suponemos expresa un sinclinal, pero en el tramo inferior el pliegue pizarroso se complica con una caliza delgada (Piso 3) y marca una inflexi6n, quiz6s contenida tambi6n en el sinclinal apretado de La Rasa y oculto por el grueso manto de detritus de montaa.

En las labores del Cabano bajo parece se~alarse la existencia de otro sinclinal, sin que nos atrevamos a dar este pliegue por tan seguro, ya que se desenvolver6a entre la do-

lomia de la Granda y la *caliza* que se encuentra en las labores del Cabano bajo y que, por su escasa potencia, parecen poco apropiadas para representar, por sí sola, un anticlinal. Quizás se trata de una caliza del tramo de las pizarras como la que acabamos de indicar en el (3); no tiene importancia desde el punto de vista genético.

La relativa simetría de las zonas de talquización no significan, de modo alguno, su enlace inferior en los pliegues sinclinales.

II

Formación

En el caso de las minas de Lillo es evidente que el talco y la esteatita guardan íntima relación con la dolomia o, de otro modo, que "la dolomia es la madre del mineral".

Pero como, a su vez, la dolomia es un producto del metamorfismo de la caliza carbonífera, se desprende que para formular lógicamente la génesis del criadero deberemos estudiar, primero, la formación de la dolomia, y después, la de la esteatita en ella alojada.

ORÍGEN DE LA DOLOMIA. — La dolomia es un carbonato de cal y magnesia ($MgCaC_2O_6$ y $CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Cuando se considera el origen de la dolomia se alza la pregunta siguiente: ¿Las calizas magnesianas y las dolomias son depósitos originales o son el resultado del reemplazo del calcio por el magnesio?

Y si se trata de reemplazamiento, ¿cómo se ha efectuado el proceso?

Que los carbonatos de magnesia, en los antiguos estratos marinos, sean debidos a la sustitución del calcio por el magnesio y, por consecuencia, a la dolomitización, parece indudable por las consideraciones siguientes:

(1) El análisis de los animales marinos ha demostrado muy escasa cantidad de magnesia y no es de suponer que contuviesen más los animales antiguos, pues se acusaría en otras calizas o en diferentes rocas.

(2) Algunos autores han supuesto que las aguas que formaron los estratos considerados podían proceder de mares

muy cargados de magnesia, pero experimentalmente se ha visto que cuando se tienen disoluciones saturadas de carbonatos de calcio y magnesio se precipita mucho antes el carbonato de cal, produciéndose capas separadas de cada carbonato y no la mezcla (dolomia), sino como excepción. En los lagos antiguos las calizas depositadas son poco magnesianas y ese sería el mayor parecido con los mares paleozoicos, por el grado de concentración salina.

(3) Como hecho importante, se ha comprobado el dominio de la dolomia en fallas de las calizas, en el interior de las cuales se altera la estratificación y hasta los fósiles tienen destruida su textura, restablecida, así como la caliza, a distancia de las fallas de circulación. Es de conocimiento general la presencia de la dolomia en los criaderos de cinc y otros metales, dentro de las calizas, y ejemplos de rápida dolomitización se encuentran en los mármoles y calizas cortados por rocas eruptivas. Como regla, puede asegurarse que: las calizas de las regiones muy trastornadas por fuertes movimientos orogénicos, o sea, por fracturas, son mucho más fuertemente magnesianas que las calizas, de edad equivalente, en zonas de mayor tranquilidad tectónica, del Terciario (Alpes, California) al Paleozoico (León-Asturias).

(4) De modo general, sin mirar país determinado, las formaciones calizas se ofrecen como avance de las dolomíticas. Así, las calizas antiguas del Cambriano y Siluriano son, en general, bastante magnesianas y aun más las precambrianas, o sea, en proporción a los movimientos y fracturas soportados por su edad, pero por otras condiciones (eruptivas, dinámicas) pueden estar las calizas dolomíticas sobre otras más viejas no metamorfizadas.

(5) El cambio de la calcita a dolomia envuelve una contracción de 12.30 por 100 en volumen, lo cual se traduce en grietas o porosidad, pero si la transformación ha ocurrido

en la zona profunda de anamorfismo (alejada de las grietas y oxidaciones), entonces, nuevas recristalizaciones pueden cerrar las aberturas de contracción.

En resumen, la mayoría de las dolomias son producidas por reemplazo.

PROCESO DE LA DOLOMITIZACIÓN. — En teoría clásica, la magnesia, para formar la dolomia, se supone derivada de rocas ígneas originales (micas, piroxenos, anfíboles y olivinos) o de minerales secundarios: granate, estauroлита, turmalina, clorita, etc., o quizás de dolomias más profundas y viejas.

La dolomitización se admite pueda formarse bajo el mar, en las calizas, o después que éstas han aflorado a tierra. Para nuestra discusión y conclusiones dejamos a un lado el caso de formación marina, inapropiado respecto a nuestros criaderos, y nos limitaremos a la dolomitización en calizas emergidas del mar, donde, en realidad, apenas se inicia la dolomitización, completada por fuerzas de metamorfismo.

Principalmente se presenta la dolomia en la zona de katabolismo o fractura, y dentro de ella la transformación de caliza a dolomia ocurre más en la banda de cementación que en la de meteorismo.

Hay rocas que contienen silicato o carbonato de magnesia; si es silicato, el proceso de carbonatación le cambia a la forma de carbonato y le arrastra hacia las aguas internas; si es carbonato, no hace falta la carbonatación. Las aguas meteóricas llevan desde la zona de meteorismo a la de cementación aguas con carbonatos de cal y magnesia.

Cuando la disolución pasa a calizas que contienen poco magnesio empieza el reemplazo metasomático. Este reemplazo es controlado por varios factores, entre otros, por el tiempo y cantidades relativas de cal y magnesio; son importantes también los cambios de volumen y la dirección del movimiento de la disolución. Hace falta mucho tiempo para la dolomiti-

zación, pues hay que reemplazar mucha caliza con poco volumen de soluciones magnesianas.

Es factor muy importante el de la relación del magnesio y calcio en las rocas. Cuando hay un reemplazo de la mitad del calcio por el magnesio, se produce una contracción de volumen del 12,30 por 100. A mayor profundidad, o sea, a presión, mayor reemplazo por el magnesio; la dolomia se encuentra frecuentemente en las rocas profundas y muy deformadas.

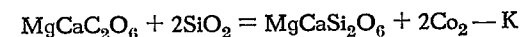
Como proposiciones evidenciadas por estudios de laboratorio y de otros criaderos metalíferos se pueden citar: (a) La circulación de aguas activas y magnesianas en las calizas, sea cualquiera el sentido que se produzca, origina dolomitización. (b) Las aguas pueden invertirse y en canal o grieta ascendente, cuando la caliza se encuentre en zona profunda, podrían pasar a marchar en descenso, por la misma grieta o canal, al producirse la emergencia de la caliza en vías de transformación. (c) Las rocas volcánicas, intrusivas o efusivas, lo mismo que los violentos dinamismos en las rocas estratiformes plegadas, levantan la temperatura y promueven la actividad de las disoluciones. (d) Es evidente que el calor produce más carbonatación en la zona de meteorismo y, en resumen, puede sentarse que: en las áreas calizas, el volcanismo reciente y los movimientos orogénicos dan lugar a condiciones esencialmente favorables para el paso del magnesio de la zona de meteorismo a la de cementación, con dolomitización como resultante.

En Lillo no se hacen presentes los batolitos eruptivos que han de estar introducidos en el interior de los pliegues, produciendo el intenso metamorfismo regional, pero desde luego es evidente el efecto mecánico de arrastre que marcan los contactos anormales del Siluriano con el Carbonífero, impresos por las milonitas y espejos de resbalamiento, hacia la unión de ambos terrenos (cuarcitas y dolomias).

Una vez admitida la dolomia, ésta se ofrece con las grietas y porosidades producidas por la contracción que origina el paso de la caliza a la dolomia.

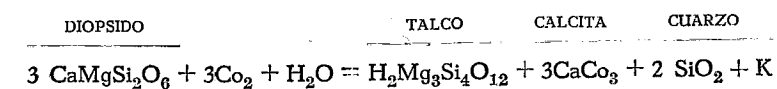
En este punto, y antes de abordar la formación del talco, debemos declarar que los autores clásicos, sin haber estudiado criaderos como el de Lillo, suponen muchos manantiales como origen de esteatita y aun admiten que abunde en las dolomias, pero los minerales principales de que hacen derivar el talco son los piroxenos y anfíboles, no aluminosos, sean o no monoclinicos.

La alteración más importante de la dolomia es a diopsido (monoclinico, $d = 3,2-3,38$), reacción que representa un ejemplo típico de silicatización. La ecuación más probable es:



Con una disminución de volumen de 40,11 por 100, con tal de que la presencia de la sílice entrando en la combinación sea sólida.

Después, de modo inmediato, sólo hay que suponer la intervención de corrientes de agua para que la ecuación se prolongue así:



Es decir, que con ese desdoblamiento de la reacción, silicatización primero e hidratación inmediata, en presencia del anhídrido carbónico, se llega perfectamente a los tres minerales que, naturalmente y de modo repetido, se encuentran en nuestro criadero: talco, calcita y cuarzo. La reacción es de aumento de volumen, compaginable con las contracciones y grietas anteriores en la dolomia.

I. Debemos observar que la total ausencia del piroxeno monoclinico no representaría argumento en contra, pues las

dos reacciones son seguidas y simultáneas, ya que los tres agentes: sílice, anhídrido carbónico y agua se encontrarán a todo lo largo del contacto agrietado (H_2O) entre el Carbonífero (CO_2) y el Siluriano (SiO_2).

II. Se desprende también que la mayor amplitud para las reacciones se encuentra en la zona de meteorismo, partes altas y superficiales de la mina, donde el espacio es mayor y más activa la actuación de los agentes.

III. Siempre que se sostengan en la dolomia las grietas de contracción hay posibilidad de criadero, pero éstas es de suponer se encuentren más oprimidas hacia el interior del monte, donde vimos que agrietan los pliegues y donde las aguas hidrostáticas, hoy, dificultarían la circulación, la cual, no obstante, pudo efectuarse durante el cumplimiento de los movimientos orogénicos.

III

Clases de minerales

El talco (1), silicato de magnesia ortorrómbico o monoclinico se formula $H_2 Mg_3 Si_4 O_{12} [H_2 Mg_3 (Si O_3)_4]$.

Tiene las siguientes cifras características (2):

		COMPOSICIÓN
Dureza	1 - 15	62-63 por 100 SiO_2
Peso específico.....	2,75	
Peso molecular.....	377,58	32-33 por 100 Mg
Volumen molecular.....	137,302	4,7-4,9 por 100 H_2O

En realidad, la mena de Lillo es esteatita (3) o talco en masa, casi puro, pero la composición y las propiedades son las mismas del talco.

Los diferentes tonos y colores de la esteatita de Lillo representan la base de la distinción de clases. La blanca es el producto de primera, con diferencia de precio en más del doble respecto a todas las demás separaciones que se van haciendo: amarillentas, rosáceas, vinosas, grises y negras. En mayor o menor cantidad, y fuera de los tonos blanco y algo verdoso del talco noble, todos los demás matices proceden de impurezas. Se echa de ver esta dependencia de las impurezas en el tono al apreciar cómo la dolomia, en roca lateral del criadero, se ofrece casi siempre zoneada finamente—*cebrada*, dicen los mineros—por banditas paralelas de porosidad o di-

(1) De Tal = Sebo, en lengua árabe.

(2) Dana, Clarke, Groth, Van Hise, etc.

(3) De Steap = Sebo, alemán antiguo.

minutos puntos de pirita de hierro, disposición que llega a repetirse en la esteatita de contacto y que más dentro de la masa de talquización se resuelve, en algunos casos, como en las galerías 4 y 5 del N., en nódulos y cristales de piritas de hierro (piritoedros).

Este contenido en hierro de la esteatita tiene que provenir de la alteración a talco y óxido de hierro de algunos silicatos de magnesia y hierro producidos en la dolomia por silicatización con minerales o aguas ferruginosas. En el caso de la pirita habría que pensar en reducciones, por los gases carbónicos que vimos obraban en la génesis, sobre las disoluciones sulfatadas circularan en algunas grietas grandes.

Los talcos blancos, llegando hasta el 10 por 100 de la producción, han dominado particularmente en las proximidades de la dolomia clara, en el filón A y en la parte alta de los C y D. El blanco, con cristales de pirita, tan apreciado por los coleccionistas, en las galerías y 5, filón C, es decir, hacia el N.; los cristales, muy brillantes y llamativos, han sido, sobre todo, dodecaedros pentagonales (sin que haya visto nunca la forma holoédrica correspondiente a la hemiedria), octaedros, algún icositetraedro y otras formas compuestas.

La esteatita amarillenta se deriva de la oxidación de la pirita contenida; particularmente se aprecia el teñido del hidróxido en los minerales de La Rasa, que descienden hacia el barranco de Cofiñal, donde el meteorismo ha debido cumplirse con intensidad. Las variedades grises son las dominantes, y tanto éstas como las negras, reciben su color de las pizarras oscuras del Carbonífero, al tocarlas la talquización contenida en su grieta. Este fenómeno de mimetismo es frecuente en los minerales de fácil formación meteórica, dóciles a cuajarse en las proximidades del hueco donde penetran las disoluciones, como a ser vehiculizadas y trasladadas en disposiciones esta-

lactíticas o travertínicas, bien acusadas en las zonas altas de los sopladros: rasantes 6 y 7, zonas C y D, con calcita y aun con talco blanco.

Por fin, los talcos rosáceos y vinosos, que se encuentran en el Cabano alto, parecen deber su tono a sales de manganeso.

Debemos citar dos texturas, ya examinadas al hablar de las labores mineras: la plaqueada del Cabano bajo y la granulada de La Rasa. La variedad plaqueada del Cabano obedece a un esfuerzo impreso por el dinamometamorfismo de un pliegue que parece ser sinclinal. Toda la división de la esteatita es fácil y en placas grises, que van siendo cada vez más pequeñas y finas a medida que se golpean ligeramente, o aun se pueden desmenuzar con la presión de la mano hasta llegar a polvo de laminillas. La estructura granular de La Rasa tiene con la del Cabano la semejanza de fácil desmenuzamiento, con la diferencia de que se llega a granos blancos y poco manchadizos. Este comportamiento, algo diferente del talco, nos ha llevado a poner atención en estudio, que tenemos por terminar, y desde luego vemos que en el tubo abierto produce más agua que la esteatita corriente.

Suponemos que, lo mismo que les ocurre a alguna de las rocas que le acompañan, ha sufrido una milonitización que le ha transformado en masa granular y porosa, susceptible de absorber más agua y probablemente más sílice sólida entre sus poros, ante las acciones meteóricas; quizás represente, esta tierra de La Rasa, una variedad del talco.

Por fin, debemos citar, en alguna de las grietas de la dolomia bien definida, los filones en que se destacan, bien cristalizados, los distintos minerales definidos en su pureza: el talco, en trozos verdoso claro casi traslucientes; la dolomia y la calcita, en gruesos romboedros, y el cuarzo, en agujas convergentes en tendencia de formar un gran esferulito (Ca-

bano alto, Respina); son magníficos ejemplos en apoyo de la teoría de formación que proponemos.

La esteatita extraída de la mina, aunque no pueda considerarse como una roca, tiene con frecuencia pequeñas cantidades de arcilla, hidróxido de hierro, sílice, calcita y dolomias.

En los espejos de resbalamiento se aprecia muy bien la esteatita casi pura.

El Sr. López Azcona, del Instituto Geológico y Minero de España, determinó en el espectro la existencia del sodio y menor cantidad de potasio en el talco de La Rasa; se repitió la película con dos esteatitas, una corriente y otra de la Rasa, y los resultados fueron idénticos, acusándose en los dos casos las rayas de sodio y potasio.

IV

(a) Labores de explotación en las minas

Las labores de estas minas trepan y se encaraman por la aguda unión de dos rocas que se alzan, ingentes o en pendiente áspera, desde el valle del arroyo Silvano. Esas dos moles pétreas son la cuarcita de la base del Siluriano y la dolomia carbonífera, ambas contiguas, en rumbo O.-NO. y en desafío de alturas y corridas paralelas. El criadero, nacido al contacto de las dos, suave y originado por alteración, se ofrece en el agudo vallejo que se labra en su contacto, a modo de diedro. Los afloramientos casi ocultos, a fuer de blandos, en la unión deprimida de las rocas, antes que por asomos se anuncian por cantos rodados de talco o manchas blanquecinas y untuosas; los criaderos se diversifican a lo largo de la cuarcita, siguiendo la irregular alteración de las dolomias, y esta génesis y forma dan lugar a labores que sólo ofrecen, como norma media, la verticalidad y el rumbo O.-NO. de las rocas corridas que las mandan.

La sucesión de las labores se supone de S. a N., que es el sentido de acceso desde la carretera y valle Silvano al agudo vallejo del criadero; los filones, corridas irregulares o talquizaciones, se nombran A y B, C y D, en el orden que, hacia el N., se van encontrando; siempre en un rumbo que difiere poco de E.-O.

Las primeras gradas 1, 2 y 3 fueron originadas, como era natural, por las piedras *mollaras* o rodadas de fácil labra (1), en coincidencia con el paso del fondo del valle Sil-

(1) Así se nombraban las piedras rodadas de talco, conocidas desde antiguo en Lillo y Boñar.

vano, por donde hoy están el puente y la carretera. Desde el principio, el encuentro de las vetas irregulares, no muy potentes y acompañadas de rocas duras, impuso la galería estrecha y hasta flexuosa, hábilmente buscadora en la persecución de las vetas talcosas y zonas de esperanza, al ofrecer síntomas precursores, pues como tales se apreciaron, sin conocer clase ni nombre de las rocas, a la *pedra cebrada* y a la pirita suelta.

Salvo la grada 3, reanudada después, ninguna de estas primeras labores llegaron a serlo de explotación, sino que ésta fué subiendo hacia el barranco del NE., para formalizarse al encuentro de varias vetas seguidas, casi de Levante a Poniente.

La galería número 1 (1.306,50) fué emboquillada primero al O., a unos 60 metros de la carretera, en la angostura donde se encuentra la casa de la mina, poco antes de llegar al puente. Este registro avanzó unos 70 metros en dos ramas en Y griega, pero mal dirigida, cortó mucha dolomia al N. y se paró; otro nuevo emboquillamiento (bastante más moderno y 20 metros al S. de la verdadera número 1) siguió al talco en investigación y se suspendió al haber confirmado la marcha normal de la mena.

La galería número 2 (1.340), unos 30 metros más alta y en la misma parte al O. de la carretera, se arrumba 20 metros también a Occidente, bastante pegada a la cuarcita de Peña Lázara y confirma la continuación de la veta *mollara*.

Ya en la galería 3, situada por el contrario a Levante de la carretera y pasada la angostura hacia el N., fué emboquillada próximamente a la misma altura del puente; se siguió pegando a la cuarcita unos 50 metros y fué suspendida después, probablemente por buscar con rapidez cotas que produjesen desniveles más productivos, como ocurrió pronto con la galería 4 y las que le siguieron en serie paralela hacia el Norte.

La galería 3, por ser la más pegada al afloramiento de cuarcita, debe corresponder al filón llamado A, el más meridional del criadero en explotación; esta galería 3 se emboquilló en una dolomia muy erosionada y silicificada en contacto con la cuarcita, prolongación oriental de Peña Lázara, y muy cruzada, en esta entrada de la galería, por filoncillos y vetas de cuarzo. A los 30 metros, después de marchar por el llamado filón, o sea, la veta talcosa en dolomia bien alterada, se alcanzó una magnífica labor de arcilla y talco triturado, por arrastre, en láminas blandas, que los mineros denominan *pastión*, por analogía con los arrastres en las minas de carbón; los resultados continuaron sin gran brillantez en este nivel, de 1.300 de cota, hasta los 150 metros que hoy tiene de longitud, cortando, durante nuestra visita, de 0,80 a 0,90 metros de talco blando (*pastión*) con dolomia zoneada por punteados carbonosos o de pirita, roca que, con acertado grafismo, llaman los mineros *cebrada*. Antes de llegar al extremo, y con un desnivel aproximado de unos 45 metros, se perforó un pozo casi vertical, que llegó al piso 4 (filón A), dentro de la dolomia, con indicios, pero sin encontrar filón verdadero.

Al ascender, desde la grada 3, se entra en la parte principal de la explotación minera, formada por los niveles del 4 hasta el 7, en lo alto del barranco que conduce a La Rasa.

Es momento de recordar que las vetas de mineralización, aunque flexuosas y muy irregulares en potencia, se arrumban, en bandas pseudoparalelas, de O.-NO. a E.-SE., ocupando, en sentido normal (N.-NE.), una potencia de unos 200 metros de superficie de talquización, medida en horizontal, desde la cuarcita al S., hasta bien entrada la dolomia alterada al N.

Estas vetas o zonas de fisuras en un sentido, aunque numeradas en cuatro series o zonas de talquización; A, B, C y D, desde el punto de vista de riqueza minera, tienen un

motivo serio estratigráficamente, de separación en dos zonas, y nos referimos a las pizarras del mismo rumbo. Este elemento litológico de separación lo constituyen las pizarras carboníferas que, afloradas con el diastrofismo corriente, en la rasante 5, hacia los codillos del plano inclinado, se aprietan y disminuyen en la subida del barranco y se ensanchan y amplían en suaves plegamientos hacia el O., donde pueden apreciarse perfectamente en las cunetas y escombreras de la carretera; en ellos hemos recogido algunas conchas marinas, demostrativas de que marcan un pequeño sinclinal, dentro del criadero, el cual separa el filón o banda A de las otras tres, B, C y D, que quedan hacia el N.

Esta observación, importante respecto al criadero, no afecta al aspecto explotación, y así las rasantes se han referido, en lo posible, es decir, mientras la topografía y afloramientos lo han permitido, a las dos separaciones de talquización, indistintamente. Las rasantes, con sus cotas, son:

GALERÍAS	RASANTES	ZONAS
Galería 3.....	Cota 1.303	A
Id. 4.....	Id. 1.367	B
Id. 5.....	Id. 1.404	B, C
Id. 6.....	Id. 1.440	C, D
Id. 7.....	Id. 1.469	D
Rasa.....	Id. 1.700	(Quizás todas)

Procederemos a señalar algunos detalles de las distintas labores que nos sirvan de datos para la exposición del criadero.

La galería 4, entrada en la dolomia a través, o sea, en dirección algo al NE. y así se prolongó hasta poco más de los 30 metros, donde se cortó una bolsada o zona de talquización que llegó a marcar anchuras de más de 30 metros; esta masa, que en algún momento se llamó filón Moro, del nombre del contratista, al NO. se prolongaría en 50 ó 60 metros con bandas anchas en 30 a 55 metros y en las ga-

lerías curvadas de rebusca, siguiendo las vetas más claras, salieron a la superficie. Hacia el E.-SE., o sea, en dirección contraria a la traviesa de entrada, desde el gran anchurón, la banda de talquización varió mucho, pero en ocasiones abarcaba anchura de 40 metros en total; el talco fué negro dominante y con alguna pirita; las labores se concentraron en 10 ó 15 metros de anchura y en seguimiento del talco blanco se salió a la superficie en varios pozos, llegando en otros hasta el agotamiento del mineral. Al final, todas estas labores orientales del nivel 4 (1.367) se abrieron en gran horquilla, con sus extremos distales separados por más de 60 metros, y en los dos se encontraron talquizaciones importantes en negro y después acabaron en dolomias estériles.

El éxito de las concentraciones más o menos oscuras del 4 animaron, sin duda y razonablemente, a los explotadores, que prolongaron la traviesa hacia el N. hasta alcanzar hoy unos 200 metros, representando la máxima labor de la mina. La suerte en este gran recorrido investigado, ha sido variable; en unos 40 metros se cortó la dolomia *cebrada*, pero compacta y *estéril*, no obstante los indicios favorables; después se llegó a una zona de talco blanco que, en pozo, se subió hasta el piso 5 (1.403), y al avanzar, se cambió en talco negro piritoso, ya en la banda C, a unos 125 metros de la entrada. Los recorridos y resultados ya no fueron como en el filón o talquización B; hacia el Poniente se pasarían 50 metros, que terminaron en la dolomia estéril, y en sentido a Levante se avanzaría algo menos en dos ramales, el meridional de los cuales cortó una gran bolsada de talco gris, blanco y negro, con muchos cristales de pirita, después de una potencia de cinco metros, que obligó a subir hasta el piso 5, con suerte variable. La traviesa hacia el N. y desde el C siguió otros 60 metros en estéril y después anchurones de 10 y 15 metros, hasta subir en un pozo (filón D, calando a 5), ya en la banda

D por lo menos avanzó hasta un gran soplado con bolsada de arcilla y agua y superficies rugosas, travertínicas, que en conjunto parecen representar grietas o quiebras que, revestidas unas veces y rellenas de talco, alcanzan la superficie (final N. de la galería 4), demostrando el origen de fractura de las brechas talcosas y los pastiones y espejos blancos de esteatita; y del mismo modo la permanencia del conducto cárstico queda evidenciada por los revestimientos estalactíticos y los productos arcillosos residuales, al decalcificarse la dolomia.

La rasante B (4), que sin duda representó la base de la mina y dió lugar a la constitución de la actual Sociedad, agotó las explotaciones e investigaciones posibles en su banda, por lo cual, y virtualmente separadas de las labores antes indicadas, hay otras sobre la zona de talquización A, comenzadas después. La longitud de la galería sobre la zona A, será de unos 150 metros en dirección y anchura de las bandas que variaron de 20 a 50 metros, pues llegaron a enlazarse con las calicatas, situadas a cielo abierto y al S. de las galerías, unos 20 metros más altas, de modo que de 1.367 que tiene la galería 4 bis, se puede pasar, con pocillos de los antiguos ensanches, a las calicatas (1.381-1.391), que puede decirse que se enlazan con la rasante 5 sobre A. Por fin, tanto las labores sobre la zona A como las corridas sobre las B y C están enlazadas por una travesía de unos 70 metros, que corta dolomia muy consistente, parte de ella dispuesta en bolas y, aunque en poca potencia, corta también a las pizarras, que luego veremos en los codillos del plano inclinado.

Para terminar con las labores situadas en el talco, al SO. de las pizarras carboníferas, nos referiremos a las explotaciones de la rasante 5 (1.400-1.404), situadas sobre la banda A de talquización, es decir, la contigua a las cuarcitas de los Egidos.

En realidad, sobre esta banda, además de las galerías

4 y 5 bis, hay otra intermedia de unos 50 metros que, emboquillada cerca de las pizarras psamíticas, encuentra, con una travesía hacia el NE., la zona de talco negro, ya asomada en los codillos del plano, junto a las pizarras señaladas en la galería 4; la potencia talquifera, en esta galería intermedia de la 5 es de 8 a 10 metros, aunque escaso, también se encontró alguna esteatita blanca.

Por fin, la galería 5 bis, a la misma altura de 1.400 tiene una longitud aproximada de 150 metros y al empezar, y en alguna calicata próxima, abarca la zona de talco gris y oscuro, la misma zona descubierta por el extremo S. de la gran transversal de la rasante y galería 4 bis, es decir, que ese talco, próximo a la cuarcita, tiene su color mimético.

Es decir, remachando conceptos, que en la porción S. de la cabeza del plano (5-1.400) el talco gris se arrima a la cuarcita (filón A), mientras que el negro se encuentra a los lados de la pizarra carbonífera (filón B), en potencia hasta cerca de 20 metros, como ocurre a la entrada de la gran travesía del piso 5.

La transversal del 5 (1.403), arrancando de la masa negra del B para ir a buscar las talquizaciones C y D fué, después de la 4, la más importante labor de la mina. Esta travesía, de unos 125 metros, salió del filón negro de B, en su boquilla; a los 40 metros encontró una talquización blanca que fué atribuida a la banda C; sin embargo, la galería, de unos 80 metros, que se prolongó a Saliente, hacia donde ascendían las vetas de talco del barranco, atravesó la masa talcosa C con mucha pirita, como ya se había cortado con la galería intermedia del 4, pero, del mismo modo, se fué esterilizando en dolomia *cebrada*, al enlazarse con otras labores de la 5, llevadas en talco hacia el E.-SE. en dirección del filón D, por bajo de la actual galería 7. A los 100 metros, aproximadamente, ocurrió otro soplado de buen talco, correspondiente a la serie de grandes

conductos, con revestimientos estalactíticos y de travertino, en la dolomia de los cuales se han producido las importantes concentraciones de la zona D, continuadas en unos 70 metros de longitud a partir de la entrada de la galería 6 y en los pozos de la 5; estos sopladados, que llegan hasta la superficie en grietas o conductos poco aparentes, alcanzan a veces conductos con longitudes de 40 y quizás hasta 70 metros, parecen jalonar una serie de fracturas, lo cual explicaría los resbalamientos impresos como espejos en la dolomia y con más facilidad en los pastiones de talco y arcilla y en las brechas y milonitas contenidas. La planta 5, ya en la dirección N.-NO. del filón D, recorrerá unos 100 metros, pero salvando la zona de los sopladados en la porción correspondiente al plomo de la galería 6 en su primera parte, todas las demás galerías de avance han ido resultando estériles dentro de la dolomia con más o menos indicios; en realidad, la talquización C apenas se ha podido explotar en la planta 5 y la D ha resultado agotada en sus dos extremos.

GALERÍA 6 (1.440).—Tiene unos 280 metros de larga y toda ha seguido el filón D únicamente. A los 20 metros de la entrada se encontró un sopladado que comunicó desde la superficie por encima de la galería 6 hasta el nivel 7; quizás más de 70 metros de conducto y grietas amplias hoy practicables en pozo preparado con escaleras inclusive y en el trayecto tortuoso del cual, lleno de anfractuosidades, se percibe perfectamente el paso persistente de las aguas, demostrado por las formaciones estalactíticas, muchas veces recubiertas de corteza de esteatita blanca; después de esa fase, y en diferentes trozos del fantástico conducto, se comprueba una segunda de movimiento de la dolomia en esta parte débil de la roca, evidenciado por los espejos de resbalamiento y pastiones de talco blanco y muy blando. Por fin, y hacia la calle, por encima de la corona 6, ocurren las arcillas brechoides de dolomia y

hasta talco, pruebas residuales de recristalización o corridas de la superficie e introducidas por la parte superior. En general, estos sopladados de estas partes altas de la mina han sido bastante productivos en talco blanco. El más maravilloso de los sopladados se encontró en esta galería 6 a los 95 metros de las entradas y fué bautizado y se conoce con el nombre de "La Ermita"; es una gruta no de grandes dimensiones, pero en la que se penetra varios metros, con paredes, techo y suelo revestidos de estalactitas y estalagmitas, preciosa ornamentación, hoy mutilada parcialmente; desde su tercio más bajo comienzan unas formaciones travertínicas, variadas en su ritmo de cascada, que realzan espléndidamente la caverna.

El rumbo de estas fracturas cársticas es, aproximadamente, como el de la estratigrafía de la comarca O.-NO. a E.-SE., con algún buzamiento al SO.

En el filón D, a unos 170 metros de la entrada, vemos una explotación que estará levantada unos nueve metros sobre la rasante de la galería 6; en la parte alta del frente se veía una brecha de arcilla y trozos de dolomia y talco, alguno negro, entre arcillas más oscuras, hastial, con algo de pastión sobre la dolomia, en el techo, y dos metros de potencia talquifera, en cuya masa se imprimen repetidamente los espejos de resbalamiento destacados en el blanco brillante. Las talquizaciones finales, las más meridionales, escasamente tocarán la zona C.

Por fin, no queda sino citar la planta 7 (1.470) para completar las labores de las minas de Lillo, comprendidas en el barranco de Fuente Hermosa, pues las otras se encuentran en las prolongaciones de La Rasa, hacia Levante, o en la ladera SE., hacia Castil-Tejón. Las labores de la 7 consisten en una traviesa, casi N.-S., de 30 metros sobre la dolomia y otra galería de 20 metros a lo largo de la talquización sobre el filón D.

V

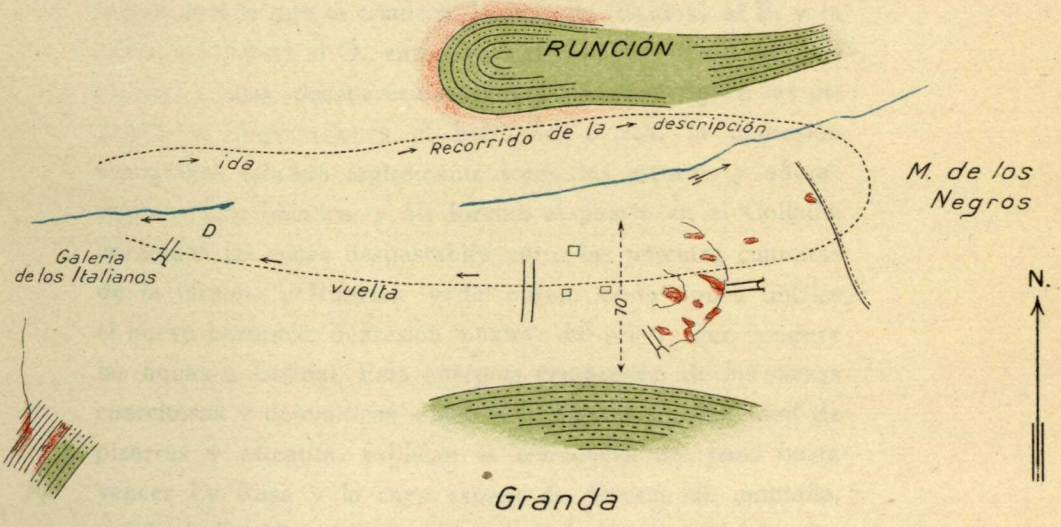
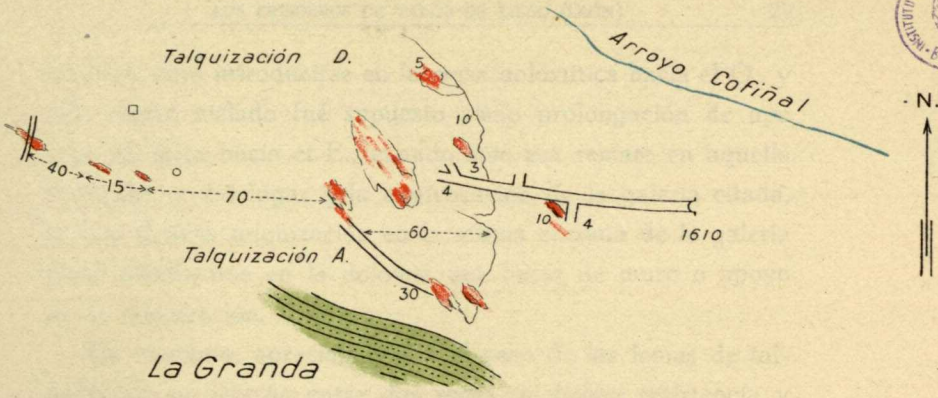
(b) **Labores de La Rasa**

Desde la rasante 7 (1.470 metros) se puede decir que terminan las labores formales de la mina y empiezan las llamadas altas, que unos 1.000 metros al E., continuando el barranco y el collado o puerto, conducen, siguiendo indicios y reconocimientos, a los trabajos de La Rasa, ya hoy en orden de explotación.

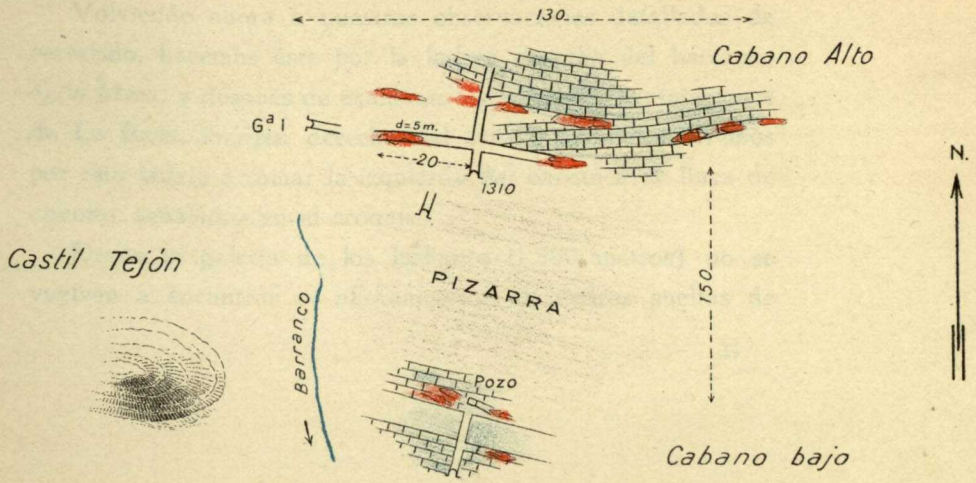
Desde el punto de vista geológico, y para deducir las prolongaciones y continuidad de las capas, es muy interesante exponer la morfología del criadero en el enlace de ambas explotaciones: la mina y las de La Rasa.

Desde la rasante 5 (1.400), y en la explanación conocida por "Codillos del plano", se aprecia perfectamente el corte de las rocas del criadero que de E. a O. marcan; cuarcita de los Muros o Egidos; talquización A, pizarra, talco negro (B), y desde ese punto, para seguir el corte, hay que entrar en el barranco, donde se aprecia la esteatita maciza y gris de la zona (C) y ya en la ladera derecha del barranco la talquización D, que viene del 7 y fué infructuosamente investigada por una galería alta denominada de los Italianos, desde donde se pierden los afloramientos hasta pasado al E. el collado de La Rasa. Analizando la desaparición de las talquizaciones, observamos que la A se aproxima y casi funde con la cuarcita que asciende por los Egidos a la Granda, la pizarra y la (B) inician con su mayor blandura la vaguada del arroyo, desde la rasante 5, y en ella, cortada al sesgo por la traza del barranco, se descubre la (C); la zona (D), asomaba en la ladera

DETALLE DE LAS LABORES DE LA RASA



DETALLE DE LAS LABORES DEL CABANO



derecha, para introducirse en la masa dolomítica hacia el O., y este asomo aislado fué supuesto como prolongación de una capa de talco hacia el E., cuando sólo era remate en aquella dirección, y dió lugar a la equivocación de la galería citada, la cual dejó la talquización en la misma entrada de la galería para introducirse en la dolomia que hacía de muro o apoyo de la talquización.

En conjunto, apreciamos que el paso de las lomas de talquización se efectúa entre dos rocas de buena resistencia y mayor dureza que el criadero, la cuarcita (Egidos) al E. y la dolomia (Niales) al O., entre las cuales, y apretadas por compresión y luego desaparecidas superficialmente, siguen las pizarras y talquizaciones el barranco, o sea, la depresión topográfica labrada lógicamente sobre los estratos y afloramientos más blandos, y así forman el puerto en el Collado, apretadas las rocas desgastables entre las potentes cuarcitas de la Granda y Runción, y del mismo modo siguen dóciles el nuevo barranco, depresión máxima del relieve que conduce las aguas a Cofiñal. Esta enérgica compresión de las masas cuarcitosas y dolomíticas, unida a la blandura y suavidad de pizarras y esteatita, explican la estrechura del paso hasta vencer La Rasa y la capa espesa de detritus de montaña, quizás de 7 a 10 o más metros en toda la altiplanicie del puerto y ladera plana y derecha del arroyo que en ella se inicia hacia Cofiñal.

Volviendo ahora a nuestras observaciones detalladas de recorrido, hacemos éste por la ladera derecha del barranco de la Mina, y después de examinar las labores y explotaciones de La Rasa, margen derecha del arroyo Cofiñal, volvemos por esta ladera a tomar la izquierda del barranco en línea de circuito, señaladas en el croquis.

Desde la galería de los Italianos (1.500 metros) no se vuelven a encontrar ni afloramientos ni piedras sueltas de

esteatita; los detritus son dolomíticos y en seguida de cuarcita y más escasamente de mármol griotta rojo, pues estas dos rocas son las que asoman bruscamente en una magnífica ventana anticlinal, para formar la enhiesta altura de Runció, y es la rotura de esas rocas las que producen las torronteras en el camino que nos conduce a La Rasa, en un kilómetro aproximadamente. El orden de rocas en esa destacada altura occidental es así: brusca aparición del anticlinal de cuarcita, delgadas tablas de griotta, que forman a modo de collar curvado sobre la masa de la cuarcita y la pesada dolomia de Los Niales encima, interrumpida en cuanto asoma el Runció. Entre los trozos del pedregal cuarcitoso encontramos *scolithus* y *pequeñas cruzianas* que demuestran la edad ordoviciense inferior para los bancos de cuarcita. El talco no se ve hasta llegar a las labores; de éstas, las antiguas, fueron labradas en pocitos por la parte alta, ensanchadas sin duda por la extracción del talco, pero, en cambio, las labores modernas son galerías en dirección aproximada de las venas de esteatita, con la finalidad de extraer la masa de talco descubierta por las labores antiguas, propósito bien planteado y desenvuelto, pues a medida que se saca el producto talcoso, más o menos suelto, se hace mayor el hueco superior en forma de embudo y es más fácil la extracción de los detritus y trozos de talco por medio de las galerías inferiores.

Estas labores, llamadas de La Rasa, están situadas en la pendiente de la ladera derecha del profundo barranco que conduce a Cofiñal y todas por bajo de los altozanos de los pozos antiguos que marcan la rasante más alta de los talcos (1.700). Los niveles son dos: la galería más inferior (cota X), de unos 53 a 54 metros en rumbo O.-NO., normal de la estratificación, es la que llega a la masa de talco de las labores viejas, demostrando antes, en una pequeña travesía al S., una potencia de unos 10 metros, según nos parece recordar. La

extracción era fácil y hasta abundante, el talco blanco, pero tomado cualquier trozo en la mano y oprimido se desmenuza en granos casi calibrados y, con insistencia, en polvo casi impalpable, suave, pero sin la untuosidad del verdadero talco; recuerda la propiedad de desmenuzamiento laminar del tajo gris del Cabano, pero llevado a un grado mucho mayor y no marcando laminosidad, sino granulación o polvo; en ambos casos, esta propiedad divisionaria la referimos, esencialmente, a esfuerzos dinámicos soportados en los movimientos orogénicos.

En una rasante pocos metros más alta y en una senda ancha o explanación según la curva de nivel, se aprecian hasta cuatro entradas de otras sendas talquizaciones, marcadas aproximadamente en el croquis; quizás representan las zonas de A a D que vienen desde la mina adosadas al S. de la cuarcita; en cada uno de los pequeños registros se aprecia el talco gris o pulverulento entre masas de tierra y trozos de dolomia; no obstante este aspecto poco fijo de los asomos, entendemos que representan los crestones de los llamados filones de esteatita, sin que se pueda fijar sus potencias, ni continuidades. La labor más importante es la galería meridional; la más próxima a la cuarcita y, en consecuencia, la que debe representar la corrida de la zona A, tendrá unos 30 metros de larga hacia el O., y al principio y al final, entrando en dolomia, se aprecian buenas potencias del talco; esta galería, lo mismo que la principal del nivel inferior, llega a los removidos de las antiguas labores, probablemente iniciadas sobre la zona B por medio de torcas o hundimientos en la dolomia alta, por bajo del grueso manto de detritus.

Dominado el alto (1.650-1.700), hacia los plomos o finales de las galerías, vemos los hundimientos con trozos grandes de talco, correspondientes al filón, entre la masa de detritus de montaña que pasará de cuatro a seis metros de potencia media y quizás alcance más metros (10) en el mayor espesor



del manto cuaternario. En cualquiera de los pocitos o zanjas el aspecto es el mismo: talco entre los detritus rodados de dolomia, calcita y cuarzo; como regla, los talcos van esca-seando y tomando aspecto redondeado a medida que se avanza hacia la mina y ya en la zanja y superficie, hasta llegar por la ladera izquierda del barranco de la mina al filón D (Italianos), lo que se encuentra es chirta gris o blanquecina rodada.

A falta de crestones rocosos en la zona de los detritus, bajo la cual pasa el talco, se pueden hacer algunas deducciones, fundándose en los trozos encontrados; así, vemos que en las excavaciones altas alineadas con la galería inferior, aparecen pizarrillas pardas, con el color negro perdido por oxidación, que van aumentando en representación hacia la mina, donde ya sabemos que se seguían aumentando de potencia hasta la rasante del 3. También apreciamos, en las laderas que vierten al Silvano, calizas oscuras y algunas muy trituradas en brecha, como demostrativos de los movimientos miloníticos a que atribuimos la alteración de la mena talcosa en La Rasa.

Las suposiciones mineras que hacemos sobre las menas de esteatita de esta Rasa son:

1.^a Los filones de talco, oprimidos y laminados por encima de la rasante 5, hasta pasado el asomo cuarcitoso de Runci6n, vuelven a expansionarse en la altiplanicie contigua a la Granda, donde la dolomia alterada debió ofrecer torcas tubuliformes que, como en la zona D de la mina, debieron estar rellenas de talco, sufriendo después fricciones, evidenciadas en los espejos, trozos de brecha y textura granuda del talco.

2.^a La talquizaci6n A es la que corre al N. y próxima a la cuarcita; la talquizaci6n de la galería inferior y embudos superiores en los hundimientos, por las pizarras de las zanjas

y el tono gris parece corresponder a las B y C, y, por fin, la D debe ser la última al N. de la rasante y la encontrada en el pocillo más alto.

3.^a La gran masa de detritus originada en las suaves laderas de la altiplanicie por los violentos agentes atmosféricos, permanencia de nieves y pseudoglaciario, es susceptible de explotarse en tajo a cielo abierto y un escogido de los cantos talcosos.

4.^a En tiempo bueno convendría hacer un reconocimiento por medio de pozo vertical o plano, siguiendo las talquizaciones superiores, con registros en direcci6n y hacia la profundidad donde la potencia del talco fuese máxima para apreciar dónde corría la mayor cantidad y dar salida hacia la mina o hacia Cofiñal.

Por ahora, parece que el transporte lógico de los talcos de La Rasa sea hacia la mina por medio de una vía, proyecto ya meditado por los actuales directivos.

Por fin, la prolongaci6n de los talcos de La Rasa es, naturalmente, hacia las laderas bajas del Cor6n y Monte de los Negros, antes de Cofiñal, en donde se ha encontrado rodada alguna *mollara*; las labores comprobatorias más adelantadas consisten en un pocito y dos registros, unos 50 metros más bajo que la galería principal de La Rasa, en la ladera derecha del barranco y sobre un camino a Cofiñal; los resultados, no muy brillantes.

VI

(c) Criadero del Cabano

Paralelamente y al S. de toda la corrida minera se ha investigado recientemente, después de la guerra civil, un criadero hasta ahora de no mucha corrida, pero con ensanchamientos de potencia y dispuesto en orden estratigráfico semejante; de directriz general (O.-NO.) funciona el dique cuarcitoso de Peña Lázara, los Ejidos, la Granda, Corón, etcétera, hasta perderse la línea hacia el E.-SE. Las dos ramas o corridas del criadero no distarán más de 200 metros entre sí; corren en sendas dolomias y en banda contigua y meridional a la cuarcita, pero separadas, de modo estratigráfico y con el diastrófismo normal en la región, por un tramo de pizarras del Carbonífero inferior marino que domina después en todo el valle hasta enlazarse con las grandes calizas de montaña que, al E. y al S., dan los rasgos culminantes en la orografía: La Silva, Peña Aguila, Susarón, etc., pasando a pliegues que pueden ser de Carbonífero productivo.

Como orientación rápida podemos proponer que si la esteatita se supusiese singenética o criada con la dolomia y ésta a su vez fuese capa en la estratigrafía, el criadero del Cabano tendría su colocación lógica como sinclinal meridional, simétrico con el yacimiento de la mina y ambos colgados a un lado y otro del anticlinal de cuarcita; el corte puede aclarar este concepto que damos de exposición provisional.

El nombre de Cabano, que lleva este grupo de investigaciones y tajos de arranque, se debe a un barracón, hoy arruinado, que, al borde del camino a Cofiñal, entre las galerías

altas y bajas, servía para guardar al ganado de las inclemencias del tiempo.

LABORES DEL CABANO. — Se separan en dos grupos: travesía y pozo de Cabano bajo y labores del Cabano alto; horizontalmente les separan unos 200 metros de pizarra, en vertical, la diferencia son 80 metros, de 1.220 de cota en Cabano bajo a 1.300 en Cabano alto.

La investigación primero y la explotación después, del Cabano bajo, se llevó sobre un pequeño montículo, poco elevado encima de la llanura del río Silvano y desde el que se apoya y eleva la cuesta de la Granda, en la ladera cuarcitosa. Ese montículo o pequeño contrafuerte, sobre el que se habían encontrado piedras rodadas de esteatita (mollaras), asomaba en su superficie algunos bancos de caliza carbonífera, no muy metamorfozados, apoyados en la pizarra, que con aquella roca toca al S., mientras que al N. lo hace con delgados bancos ya dolomitizados y desde los cuales se vuelve a pasar a la pizarra, conforme se marcha al N., y evidencia el corte geológico.

La prudencia en el aspecto económico, que debe ser norma en estos criaderos tan irregulares y eventuales, sugirió la labor en pocito sobre el talco blanco y negro con algún cuarzo, y al ofrecerse la bonanza, en aumento de potencia y con ella la mayor dificultad de arranque, se decidió la perforación de la travesía, unos 10 metros por bajo de la boca del pozo, en la rasante del valle.

La galería del Cabano bajo (1.200) emboquillada en rumbo NE., de pocos grados, corta, en unos 25 metros, los estratos que se orientan O.-NO.; primero, pizarrosos, después, calizas oscuras, delgadas, algo fétidas y, por fin, dolomias con grandes lentejones de esteatita. Ya desde que empiezan las calizas se inicia la talquización, seguida y abandonada prontamente por esterilización en pequeñas desviaciones de la galería; en

las calizas dolomitizadas empieza el talco en vetas muy comprimidas y lustrosas; por efectos dinámicos en la roca, va ofreciéndose en amígdalas alargadas y al final de la galería, en pequeño registro a Poniente, dando la vuelta a la masa de talco, se comprueban de siete a ocho metros de potencia de esteatita.

La masa de mena, que era blanca en los primeros lentejones de la dolomia en este fondo, se hace mezclada de blanco y gris, pero con una disposición mecánica tal, que demuestra un gran estiramiento y presión sufridos por la masa de esteatita, la cual, a poco que se oprima con la mano, se desmenuza en escamas, cada vez más pequeñas, hasta llegar a polvo laminar; es decir, que se ofrece como una brecha de fricción orientada según las dimensiones mayores de la capa talquizada, como si se tratase de un estrato de la sedimentación del Carbonífero, o sea, arumbado todo el depósito de O.-NO. a E.-SE., pero con atención se advierte y es muy importante hacerlo, que hacia el pie de la galería, en la parte baja de la capa de talco, la división laminar parece indicar una tendencia a las trazas horizontales, como si se tratase de la iniciación de un corchete de plegamiento.

La travesía general, al llegar al plomo del pozo, avanza poco lo mismo al E. que al O.; al E., después de unos siete metros, se ha suspendido el frente porque dominaba una masa de cuarzo lechoso mezclado entre el filón de talco, pero cuarzo en epigénesis de romboedros achatados, derivados, al parecer, de un metasomatismo en el cual la sílice coloide hubiese reemplazado a los cristales de dolomia.

El alto de la masa de talco, desde la rasante de la galería inferior hasta el afloramiento en la boca del pozo, será de unos 12 metros, y como la pequeña galería en dirección al O. descubre unos ocho metros, por lo menos, de potencia, resulta que se ofrecen dos dimensiones importantes de una bol-

sada que habrá que seguir en trancada o pozo plano, pues la topografía hacia el O. acusa una hondonada o barranco entre el montículo del Cabano bajo y el Cerro de Castiltejón que impiden la continuación de la capa de talco en ese sentido occidental, es decir, que la galería en dirección de ese rumbo saldría pronto a la calle.

Antes de terminar con las consideraciones que hacemos sobre estas labores del Cabano bajo, haremos notar dos aspectos interesantes genéticamente: uno, la disposición de la esteatita en lentejones muy comprimidos entre la dolomia, y otro, la escasez de sopladros o grandes huecos en las rocas carbonatadas, y en cambio, la profusión de espejos de fricción y resbalamiento señalados en la dolomia y en el talco.

LABORES EN EL CABANO ALTO.—Se encuentran sobre la empinada ladera de la Granda, en la dolomia alta, separada de la baja por la banda pizarrosa que va de E. a O. y con un desnivel entre ambas de unos 80 metros.

Las labores del Cabano alto principian por una galería en dirección de la dolomia, sobre el barranco que baja al Cabano bajo, y se reparten en la curva de nivel de la ladera (1.300), sobre una longitud de unos 130 metros hacia la Granda.

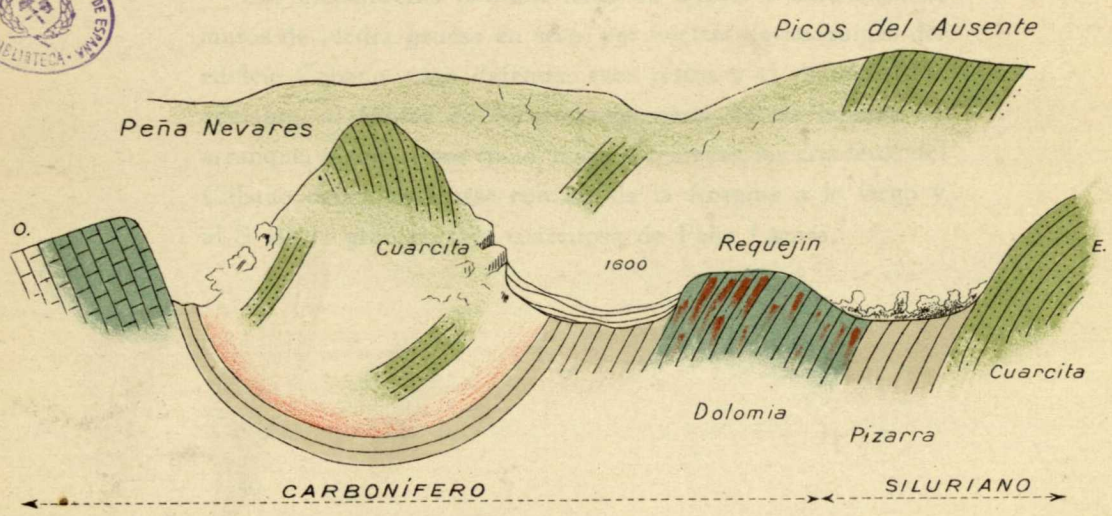
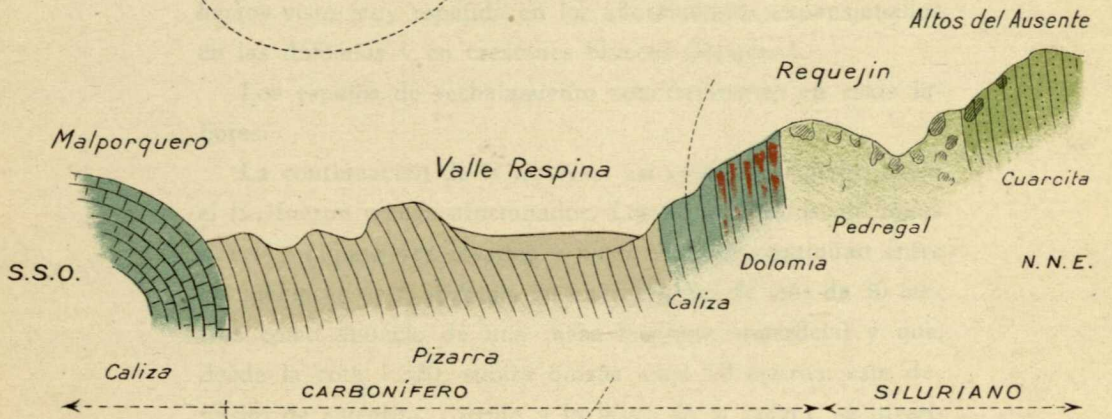
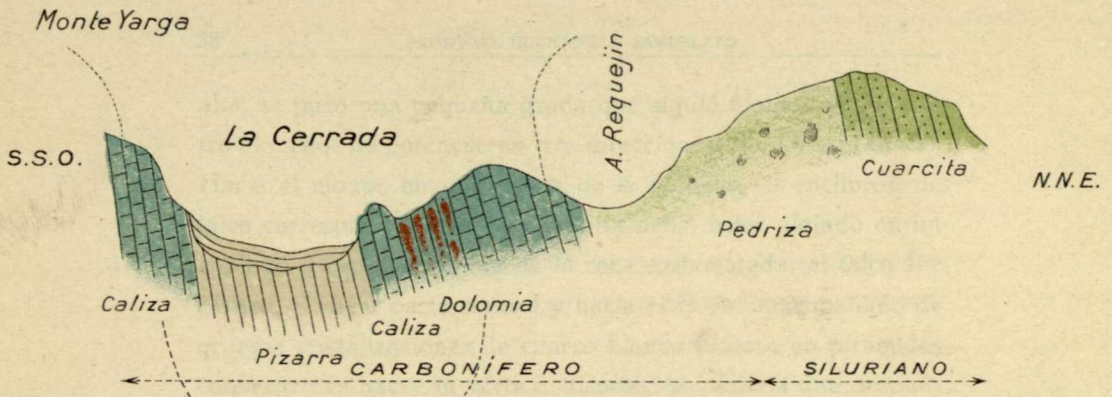
La galería 1 (1.300) se emboquilló sobre algo de talco en dolomia cebrada y se siguió en 20 metros hasta su empobrecimiento. Los importantes afloramientos blancos que se ofrecían en prolongación al E. fueron bien preparados y explotados por medio de un corte transversal (1.310), que inició galerías al hilo del criadero, en las dos direcciones; al O. se bajó en pozo plano, en seguimiento del talco, con 20 metros de largo y un desnivel de unos cinco a seis metros; las potencias no fueron menores de un metro aproximadamente, y el talco, bastante blanco, quedó en el frente. Al E. quizás la galería alcanzaría otros 20 metros, pero su final fué más estéril. Encima de esta galería, de cota 1.310, unos seis u ocho metros más

alta, se puso una pequeña grada que siguió filones, de un metro al menos de potencia, en tres direcciones: E., O. y al fondo. Hacia el monte, en una grieta de la dolomia, el anchurón de talco correspondiente a esta gradita debió estar alojado en un soplado o pequeña dolina de la roca carbonatada, el talco fué blanco, y en su parte central y hacia el E. iba acompañado de gruesas cristalizaciones de cuarzo blanco lechoso en pirámides convergentes hacia su vértice, disposición radiada que después hemos visto muy repetida en los afloramientos expansionados en las dolomias y en crestones blancos (Respina).

Los espejos de resbalamiento son frecuentes en estas labores.

La continuación de la travesía, así como un registro hacia el E., fueron menos afortunados. Los afloramientos, de tonos grises y alguna vez rosados y hasta vinosos, continúan entre las litoclasas de la dolomia en una longitud de más de 30 metros como anuncio de una masa bastante superficial y que, desde la cota 1.320, subirá quizás unos 10 metros; este depósito de esteatita, corrido a lo largo de la ladera, se arrancaría fácilmente a cielo abierto en grada 1.310 o inferior, y como frente, el largo de los afloramientos.

Las escombreras podrían tener su apoyo y detención en muros de piedra gruesa en seco, por encima de las ruinas del edificio Cabano, para defender esos restos y el camino. Más adelante, al hablar de las prolongaciones de las labores de arranque, razonaremos cómo, hacia Occidente, los criaderos del Cabano deben enlazarse con los de la Respina a lo largo y al S. de la gran corrida cuarcitosa de Peña Lázara.



VII

(d) Criadero de Respina

El paraje de Respina, donde radica el criadero que vamos a reseñar, se encuentra al pie (E.) de Peña Nevares, a unos cinco kilómetros al O.-NO. de las Minas de Fuente Hermosa, en explotación, y se llega a él con la guía fija de la cuarcita de Peña Lázara, pegando a sus caras y pedrizas meridionales. Como significación geológica, debe considerarse prolongación del criadero del Cabano y simétrico con el de la mina actual, en ambos lados del eje cuarcitoso (N. y S.).

El camino más cómodo es desde el valle Silvano por Valcerrada y Requejín, hacia los llamativos picos y lago del Ausente. La marcha es hacia el O., aproximadamente, y va entre la caliza carbonífera que sale de Lillo a formar las sierras Aguila y Silva (S.) y la corrida de cuarcitas de Peña Lázara al Ausente (N.). El corte geológico es ampliación hacia el S: del mismo que se ofreció en los Cabanos, presentándose pliegues pizarrosos sobre la caliza carbonífera; la dolomia, guía y orientadora del talco, sigue el rumbo y proximidad de la corrida de cuarcita, según los croquis adjuntos.

Es decir, que la dolomia, "madre del mineral", va siempre paralela y próxima a la cuarcita. Al llegar a la altura del monte Malporquero se descubre un precioso y sorprendente fenómeno: la brusca salida del Siluriano inferior en masa ingente que se eleva a unos 2.000 metros en Peña Nevares; pero esta masa oscura del gigantesco pliegue de la cuarcita rompe a través de una ventana de la caliza carbonífera que tiene debajo los estratos tableados, en rojo y negro, del már-

mol griotta y de las primeras pizarras devonianas de crinoides (*poteriocrinus*), y este borde rojo y oscuro, deprimido por su blandura, forma collar vistoso alrededor de la negra masa del Nevares, en contraste, casi perpetuo, con la blancura de la nieve que le nombra y cubre.

Hacia el Requejín, entre las dos moles de cuarcita de Nevares y el Ausente, cuando terminadas las praderas principian los altozanos de arbustos que llegan hasta los ásperos cortes de las praderas del Ausente, dos regueros, que descienden de N. a S., descubren las dolomias y rocas del griotta, dejando ver algunos filones de talco en dolomia cebrada, cauces que resaltan por su blancura sobre la superficie cubierta de maleza y arándanos, en la que se descubren solamente abundante chirta de cantos rodados de esteatita.

En el reguero más occidental, el que tiene su rumbo más N.-S., y en un largo de unos 150 metros, se descubren por lo menos cuatro corridas de talco (O.-NO. casi E.-O.), pero siempre con la escasa altura que va desde el fondo del cauce a la superficie de los montículos suaves que, con el vivo cordón del griotta, tienden al Carbonífero, de modo casi plano, sobre el Siluriano.

La potencia de las primeras talquizaciones, según se sube el arroyo, son de uno a dos metros, y en ellas se mezclan, en trozos bien separados, el talco noble, algo verdoso y blanco, con el negro; domina como roca la dolomia *cebrada* y casi blanca que contiene a las vetas de cuarzo en sus litoclasas. Cuando las grietas son mayores y muestran antiguas señales redondeadas de gruesos conductos de circulación de aguas, es muy frecuente encontrar formas radiales de cristales de cuarzo blanco lechoso, idénticas a las vistas en las labores del Cabano alto. Se han efectuado algunas pequeñas investigaciones en el cauce, pero las avenidas las ha ido ofuscando y esparciendo los trozos de esteatita que aparecen como cantos ro-

dados entre las pizarras del fondo y orillas. Algo más arriba, en el filón paralelo que quizás podríamos llamar 4.º, hay una calicata que descubre ocho a diez metros de potencia, con flores de cuarzo (1.630); entre las labores de los filones 3.º y 4.º, según subimos, habrá más de 20 toneladas arrancadas.

Pasados más de 200 metros de donde empezamos a descubrir el talco en el cauce occidental y ya cerca de un montículo o castro de concentración de vetas, encontramos otros dos filones, uno con buzamiento al N. y otro casi contrario, intercalados formalmente entre los bancos de dolomia y con una potencia de un metro; domina en ellos el talco blanco.

En el arroyo más oriental, sólo separado del anterior unos 80 a 100 metros, se distinguen los pasos talquíferos vistos en el primer arroyo, y hasta en el más alto del cauce se aprecia la diferencia de buzamiento en las dos orillas, que parece corresponder a un pequeño anticlinal indicado antes por los buzamientos contrarios.

En estos pliegues pequeños, casi tocando con el Siluriano en distancia y en profundidad, se descubren, sueltos o no, fósiles demostrativos de las formaciones: *artrophicus* silurianos y *poteriocrinus* de las pizarras del griotta.

Dejamos para el final el señalamiento de un montículo suave, de unos 80 metros de diámetro, que, colocado casi al borde la pedriza siluriana, ofrece su superficie colmada de cantos de talco; con atención se ve el paso de varias expansiones de esteatita (gris dominante) entre dolomias, calizas y pizarrillas del griotta; la masa debe ser ancha, pero de poca profundidad, a juzgar por su posición geológica, plana, sobre el Siluriano.

El regreso lo hicimos muy cerca de las pedrizas de Peña Lázara y aun sobre ellas, por descubrir la prolongación oriental de las corridas de Respina, que en esos montes tomarán probablemente más altura o cota; pero no encontramos can-

tos de talco, sino en la entrada del monte (1.670), zona que señala el porvenir de la futura explotación.

Como indicios, en la larga corrida que va hasta Peña Lázara, sólo señalamos el gran plano de La Laguna de Robledo y cuatro torcas, una de grandes dimensiones, llegando ya sobre la carretera próximas a Peña Lázara y Joyo del Asno. Esos huecos, que evidencian la dolomia debajo de la capa de terreno vegetal, son buen indicio de las formaciones talquíferas que hemos visto se expansionan en los gruesos conductos tubiformes (dolinas) y son buenos datos a favor de esa hipótesis: el registro que hay sobre la carretera, frente al Cabano, en la curva antes de llegar a la cuarcita; en el mismo sentido de restablecer la prolongación, se puede interpretar el encuentro de talcos sueltos en la falda occidental del Monte Castiltejón, en las praderas de la orilla izquierda del río.

Después de escritas estas cuartillas, se han encontrado las piedras rodadas de esteatita junto a las grandes torcas (Joyo del Asno).

VIII

(e) Sentido minero de las labores

Al terminar la exposición de trabajos efectuados en estas minas y antes de abordar las conclusiones del nuestro sobre el criadero, juzgamos necesaria, como orientadora, recordar que la génesis ha debido tener las fases siguientes:

1.^a Levantamiento antiguo (Herciniano) con el plegamiento original de las rocas paleozoicas, contacto anormal de la caliza con la cuarcita, en zona alejada de meteorismo y principio de formación de la dolomia.

2.^a Levantamiento alpino; fin de la dolomia (grietas) y silicatización en las zonas menos meteorizadas.

3.^a Casi simultáneamente, movimientos cuaternarios, con últimas grietas, hidratación y carbonatación, con formación de la esteatita.

Es decir, que las grietas, seguramente irregulares al provenir de contracción y empujes, habrían de seguir las directrices de los planos de arrastre, y, por consiguiente, las labores actuales, tanto en investigación como en explotación, siguen bien la dirección aproximadamente estratigráfica. En segundo lugar, las partes más compactas de silicatización, apretadas para la formación talquífera, son las más profundas, y, por fin, las grietas y dolinas de meteorismo, las más externas, parecen las más apropiadas para contener talco, y dentro de ellas quizá el más blanco, donde el reposo de cristalización haya sido mayor (talco, dolomia, calcita, cuarzo) y en partes *alejadas* de las rocas laterales, oscuras o ferruginosas.

En resumen, que la parte aprovechable (como cubicación)

de la mina no ha de considerarse en las tres dimensiones de largo desnivel y potencia acusadas, sino que el largo ha de ser ceñido a la curva externa de los afloramientos en la superficie, y como entrada la que resulta de las normales señaladas por conductos y grietas hasta la zona más silicatizada, más dura y creemos que de menor porvenir. Para una cubicación y augurios en este sentido, habría que conocer las estadísticas detalladas de arranque, con las cuales se podría evaluar la superficie de entrada en el monte ya explotada y la que, en consecuencia de sus datos, se suponga como porvenir.

IX

CONCLUSIONES

1.^a Nuestro estudio tiene un sentido estrictamente geológico y se refiere a criaderos del tipo Lillo.

2.^a Estos criaderos de esteatita se ciñen largamente a las líneas estratigráficas, pero son precarios en cuanto a cantidad en los sendos afloramientos. Para asegurar las explotaciones de talco, creemos necesaria la investigación de las formaciones geológicas semejantes en la cordillera, aun fuera del área demarcada, y en las de resultado positivo proponemos adelantar la investigación de muchos afloramientos, para disponer, en cualquier caso, de punto de arranque.

3.^a Los indicios más importantes para identificar las formaciones geológicas y los crestones son los siguientes:

Contactos anormales de cuarcitas y dolomias.

Depresiones topográficas y grietas al hilo de esos estratos.

Chirita rodada de talco gris y blanco (piedras *mollaras*).

Dolinas en la corrida de las dolomias.

Dolomia cebrada, soplados y cuarzo cristalizado (esferas).

4.^a La parte más interesante de la mina, en la actualidad, es la parte alta, desde la rasante de la 5 hasta la bajada en La Rasa, al mismo nivel y hacia Cofiñal.

La clase blanca debe dominar en las talquizaciones laterales: junto a la dolomia de los Niales y pegando a las cuarcitas de los Ejidos, huyendo de la pizarra carbonosa central.

En Respina suponemos más blancos los filones al N. en contacto con la dolomia.

5.^a En la explotación minera, y, en caso de duda, en el

seguimiento de los minerales, aconsejamos labores sobre el talco, aunque sean pocillos ascendentes o en descenso (de 4 a 3), antes que acometer labores costosas a través, con riesgo de errores por agotamiento de mena.

6.^a Considerar sólo como exploraciones y suprimirlas, si encarecen mucho, las labores a lo largo, alejadas de la superficie (3).

7.^a Continuar con la práctica de golpear el mineral lo menos posible en las labores y en el arrastre (planos inclinados).

JOAQUÍN MENDIZÁBAL

ESTUDIO INDUSTRIAL DEL CAOLÍN EN LA ESPAÑA NACIONAL

El informe que se publica a continuación fué redactado en plena Cruzada Nacional y, por consiguiente, algunos de los datos son incompletos, pues no se describen los yacimientos que estaban bajo el dominio rojo, como, por ejemplo, los muy importantes de la provincia de Valencia y otros.

Algunos de los datos y observaciones han perdido actualidad, pero como el informe aporta noticias que juzga interesantes, esta Dirección cree conveniente su publicación tal como estuvo redactado. El lector ya comprenderá las variaciones de precios y mercado que el cambio de circunstancias políticas actuales trae consigo.

PREÁMBULO

Nuestro deseo hubiera sido el profundizar más en el estudio de la materia con el fin de obtener deducciones más exactas, pero la premura del tiempo y la falta de elementos, debido a las actuales circunstancias, nos han hecho desistir de ello.

Fácilmente se nos alcanza que para conseguir la finalidad

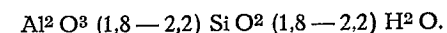
deseada debieran haberse analizado las tierras de todos los yacimientos, no sólo químicamente, sino también sus propiedades físicas, como absorción, capilaridad, fluidez, absorción de colorantes, plasticidad, etc.; debieran haberse también estudiado mejor los criaderos procediendo a su cubicación por medio de calicatas, galerías y pozos. Asimismo se hubiesen podido estudiar con más detalle las industrias de aplicación de esta materia con el fin de conocer mejor sus necesidades y obtener una estadística exacta y completa del consumo, pero, por las antedichas razones, nos hemos atendido a los estrechos límites en que este estudio se desarrolla.

Podíamos, por lo tanto, titular el presente informe "Bosquejo del estudio industrial del caolín en España", aun cuando creemos que las conclusiones que del mismo se deducen, si bien no son matemáticamente exactas, se aproximan suficientemente a la realidad.

Generalidades

La arcilla es el elemento geológico que con mayor profusión constituye la parte sedimentaria de la corteza terrestre. Todas las combinaciones posibles entre los tres elementos constitutivos de los silicatos de aluminio hidratados se encuentran en la naturaleza. La fórmula general que lo comprende es: Al^2O^3 (0,3 — 8) SiO^2 (0,8 — 19) H_2O y se dividen en dos grandes grupos, según su importancia geológica y técnica: 1.º, arcillas y caolines cuya composición es Al^2O^3 . $2SiO^2$. $2H_2O$, y 2.º, el número de compuestos en los que la relación de los tres óxidos varía entre sí, dentro de los amplios límites. H. Stremme denomina a los minerales del segundo grupo "alophanoides". Al primer grupo lo denomina "residuos del feldespato" y en él queda comprendido todo lo que puede denominarse caolín o arcilla. Su verdadera com-

posición difiere de la fórmula teórica entre los siguientes límites:



Los caolines y arcillas son producto de la meteorización y descomposición de rocas aluminosas y particularmente de los feldespatos. La parte ácida de los mismos es la que se supone originaria del caolín. Es raro encontrar en la naturaleza roca constituida exclusivamente por feldespatos, pues, por lo general, fueron éstos mezclados con otros minerales en estado de fusión al solidificarse la corteza terrestre. Las rocas que con mayor frecuencia dan lugar al caolín son las que se formaron de magmas ácidos, como son el granito y el gneis, compuestos, como se sabe, de feldespato ortosa, cuarzo y mica; le siguen en importancia los restos de magmas graníticos, como la pegmatita, que está casi exclusivamente formada por ortosa y cuarzo, y la aplita, ganga de análoga composición. Aparte de estas rocas primitivas, pueden también originar yacimientos de caolín las extrusivas, como la liparita y el pórfido cuarífero, así como las rocas básicas primitivas y eruptivas, como la andesita y la porfirita y el gabbro.

No todos los elementos constitutivos de la roca madre se descomponen simultáneamente durante el fenómeno de caolinización, pues el cuarzo, por ejemplo, resiste más los efectos de meteorización, por cuya razón es raro encontrar yacimientos de caolín que lleguen al 50 por 100 de riqueza. Por ser difícil la separación del caolín de los demás elementos, el tratamiento es costoso y es frecuente, en la industria cerámica, donde ha de mezclarse el caolín con cuarzo y feldespato, que se utilice directamente, como primera materia, el producto extraído de la mina, sin previo lavado y sólo con el grado de molido necesario.

Se comprende fácilmente que los verdaderos yacimientos

de caolín sean solamente aquellos cuya formación se debe a la meteorización de la roca "in situ" y antes de que la erosión haya podido arrastrar el caolín a sedimentarse en lugar distinto de aquel en que la roca madre ubicaba, por lo que en lo sucesivo los denominaremos "yacimientos primarios".

En consecuencia, denominaremos "yacimientos secundarios" a los formados por sedimentación del caolín arrastrado por la erosión. Es natural que en este caso el caolín, durante su transporte; se haya mezclado con una serie de elementos extraños a la constitución primitiva de la roca madre y lo que se deposite no puede ser ya considerado más que como arcilla caolínica. Estas arcillas—por razón de la acción mecánica en el transporte y por las acciones física y química inherentes al mismo—tienen, en general, mayor plasticidad y cohesión que los caolines, ya que los granos de éstos tienen un grueso de 0,5-10 micrones, mientras que las partículas de las arcillas son, generalmente, inferiores a tres micrones y llegan a dimensiones coloidales.

Descripción de yacimientos

Con el fin de no alargar este escrito haremos sucinta reseña de las Memorias que posteriormente citamos, extrayendo únicamente de ellas lo que puede tener valor relacionado con nuestra finalidad; describiremos con más detalle los criaderos que no están incluidos en ellas, cuya noticia debemos principalmente a las indicaciones suministradas por el Mapa de "Distribución de la riqueza minera de Galicia", que forma parte de la magnífica obra de D. Primitivo H. Sampelayo titulada *Los Hierros de Galicia*. Para ordenar el trabajo agruparemos los yacimientos por regiones, empezando por la más importante en calidad y cantidad de los mismos, que es la:

Región Galaica

Caolines de Lage

Se halla este criadero situado a menos de 100 metros de la orilla del mar, originado probablemente por un batolito de granito en el que la meteorización del feldespato ha producido el caolín mezclado con cuarzo y mica.

Con el fin de investigar el criadero se han efectuado algunas calicatas que, aunque insuficientes para poder hacer un cálculo aproximado de cubicación, sí pueden servir, en unión de lo que puede apreciarse en los frentes de trabajo, para sacar una impresión favorable acerca de la potencia de la masa caolinizada y, por tanto, para suponer la existencia de cantidad considerable de mineral.

La explotación se lleva a cielo abierto por debajo del nivel natural del terreno, por lo que necesitan desaguar, por medio de bomba, y elevar a dicho nivel el producto, para lo que se utiliza una grúa. Existe una vía para transportar en vagonetas el mineral desde la cantera a los lavaderos.

Están éstos constituidos por un depósito en el que se diluye en agua el producto extraído por medio de unas batideras, al par que queda separada la mayor parte de cuarzo, por efecto de la gravedad; la lechada resultante pasa por una larga serie de canales de decantación, donde abandona parte de la mica y el cuarzo restantes; pasa después por un filtro giratorio con tamiz de 180 mallas por pulgada cuadrada, en el que, en virtud de la fuerza centrífuga, sale la lechada purificada a unas grandes balsas, donde se verifica, por reposo, la sedimentación del caolín. Cada vez que se llena una de estas balsas se extrae el producto, que pasa al secadero, de donde

sale el caolín que, una vez envasado en sacos, queda dispuesto para la venta.

Es la fábrica que en la actualidad ofrece al mercado productos de mejor calidad, aun cuando pudieran fácilmente ser superadas, mejorando, las instalaciones de lavado: la primera materia es buena, pues las tierras contienen un 25 por 100 de caolín.

A continuación reproducimos resultado de los análisis y ensayos realizados en el laboratorio de la Sociedad Caolines de Lage, S. L., sobre sus caolines.

RESUMEN DE LOS ANALISIS Y ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE LA SOCIEDAD CAOLINES DE LAGE, S. L., SOBRE SUS CAOLINES

CLASES	EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA
FINURA	Pasa por tamiz de 4.500 mallas por cm ² , sin dejar residuos.	Pasa por tamiz de 4.500 mallas por cm ² , dejando de 2 a 3 por 100 de residuos.	Pasa por tamiz de 4.500 mallas por cm ² ; deja un residuo de 26,5 por 100.
COLOR	Blanco	Blanco	Blanco
COCCIÓN A 1.200°	ASPECTO Homogéneo	Se observan ligeras escamas.	Contiene muchas escamas.
CONTRACCIÓN	10,3 por 100	6,3 por 100	7,3 por 100
PÉRDIDA AL CALCINARSE SOBRE SUSTANCIA SECA A 105°	13,58 por 100	13,08 por 100	11,67 por 100

COMPOSICIÓN QUÍMICA	EXTRA	PRIMERA
Sílice.....	Si O ₂ 46,41 por 100	47,44 por 100
Alúmina.....	Al ₂ O ₃ .. 38,76 —	37,96 —
Hierro.....	Fe ₂ O ₃ ... 0,47 —	0,48 —
Titania.....	Ti O ₂ 0,43 —	0,39 —
Potasa.....	K ₂ O..... 0,23 —	0,45 —
Sosa.....	Na ₂ O... 0,12 —	0,18 —
Agua.....	H ₂ O..... 13,58 —	13,08 —
TOTAL....	100,00 por 100	100,00 por 100

Esta composición se entiende sobre sustancia seca a 105 grados.

Se ha ensayado, con resultado negativo, la presencia de cal, magnesia y sulfatos.

Los resultados de los ensayos y análisis anteriores se refieren a media de los números, siempre concordantes, obtenidos en numerosas investigaciones.

La salida del producto se efectúa por mar o por medio de camiones a La Coruña, de donde dista unos 60 kilómetros. El embarque se efectúa a brazo, sobre gabarras, que transportan la mercancía a bordo del barco anclado en la ría. Se ganaría tiempo y se ahorrarían jornales si se construyese el espigón de Lage, cuyo proyecto está aprobado y cuyo importe es de 147.327,10 pesetas.

Yacimientos de Vega de Candín

En esta localidad, perteneciente al Ayuntamiento de Foz, existe un yacimiento secundario de capas de arcilla caolínica alternando con otras silíceas recubiertas por un manto de conglomerado cuaternario de espesor aproximado de un metro.

No es posible, por el momento, calcular ni aproximadamente la cubicación de este criadero, pues sólo se han hecho ligeras excavaciones, de donde se sacó material para ser utilizado en la fábrica de cerámica de Cucurni, que radica en Burela, pero, a juzgar por la distancia existente entre las distintas excavaciones, parece que tienen bastante extensión superficial.

No se han hecho análisis de estas arcillas, por lo que se desconoce la composición y, por lo tanto, su porcentaje de caolinita.

Yacimiento de Lago

En el término de Lago se explotaron estas arcillas durante la época de la Guerra Europea en tres distintos lugares, bastante distantes entre sí, lo que da lugar a pensar en la posible continuidad de la masa caolinizada y, por lo tanto, en la gran extensión probable de este criadero.

Está recubierto por no muy espesa capa de arena o tierra vegetal, según los lugares. Estos son los siguientes: 1.º El Castro Alto de la Playa de Peraños, donde puede apreciarse su calidad de criadero primario, pues hay sitios donde se ve la roca en período muy avanzado de descomposición y donde aun puede apreciarse la textura granítica de la misma. 2.º En el barrio alto de Lago; situado entre la orilla del mar y la carretera existe una antigua excavación que se llevó a cabo en la época ya citada y que actualmente está llena de agua, por lo que no puede examinarse el criadero. 3.º En el lugar de Angen; situado al S. de la carretera de Jove, y a más de un kilómetro de distancia de la orilla del mar, existe un hoyo grande lleno de agua, donde también se extrajeron tierras en la misma época; la proximidad de asomos de roca granítica hace suponer que procede de descomposición de roca "in situ" y que debe incluirse, por lo tanto, entre los yacimientos primarios.

Estas pequeñas explotaciones se llevaron a cabo por la fábrica de loza de Asturias, Hijos de S. Pola, de Gijón, y fábrica de loza de San Claudio, S. A., durante la Gran Guerra, época en la que se veían imposibilitadas de traer primera materia del extranjero.

Yacimiento de «El Barquero»

A la entrada del puente que atraviesa la ría de esta denominación, yendo por la carretera que desde Vivero conduce a dicho lugar, existe, a mano derecha, un sendero, siguiendo el cual, y a unos 300 metros (después de pasar por un paso inferior del ferrocarril, en construcción, de Oviedo al Ferrol), se llega a una cantera, cuyo frente presenta hoy una extensión aproximada de unos 50 metros, por cuatro de altura. De esta cantera se provee exclusivamente la casa Pickman (fábrica de loza de La Cartuja, Sevilla). Es yacimiento primario y aunque no está reconocido, por lo que puede observarse en el frente de trabajo que presenta la explotación, parece un yacimiento de porvenir.

Esta casa explota, al año, unas 500 a 600 toneladas de estas tierras, que utiliza en su fábrica de La Cartuja (Sevilla).

El análisis de esta arcilla, efectuado por la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, es como sigue:

ANALISIS

K ₂ O.....	1,30
SiO ₂	68,15
FeO.....	0,95
Al ₂ O ₃	20,45
CaO.....	0,28
MgO.....	0,20
Pérdida al fuego.....	7,48

Yacimiento de San Román, de Villastrofe

En la parroquia de Rúa, perteneciente al Ayuntamiento de Cervo, existe una explotación de tierras caolínicas, situado en la vertiente meridional del Monte Cavaleiro y a unos 700 metros al N. de la carretera que conduce a Villastrofe. Este

yacimiento de caolín está recubierto casi constantemente por otro de turba que también se explota. Actualmente utiliza sus productos, tal como se extraen y sin preparación, la fábrica de cerámica sita en Burela, pero parece ser que antiguamente sirvió de primera materia en la elaboración de la afamada loza de la Real Fábrica de Sargadelos.

Yacimiento de «Aldeanova»

En pertenecidos del lugar de “Barreiras de Aldeanova”, lugar situado en la orilla derecha de la ría de Ribadeo, existe un yacimiento de arcillas caolínicas que, según parece, utilizaron también durante la época de la guerra europea las dos cerámicas asturianas más arriba mencionadas. Es yacimiento que está recubierto por capa poco espesa de conglomerado cuaternario y, a juzgar por lo que pude observar sobre el terreno, su constitución es en estratos horizontales alternantes con otros más silíceos. Debe ser incluido en el grupo de yacimientos secundarios.

Zona de Pontevedra

Yacimiento de «Noalla»

En el lugar de Dena, que radica en jurisdicción del Ayuntamiento de Sangenjo, existe una explotación a cielo abierto de arcillas caolínicas que utilizan los propietarios del terreno para su fábrica de cerámica, regentada por la razón social Guisasola y Cia., S. en C.

Es yacimiento perteneciente al grupo 2.º, o sea, a los que hemos denominado yacimientos secundarios. Está recubierto por manto espeso de tierra vegetal y arena, pues se en-

cuentra emplazado en la orilla de la ría de Villagarcía y próximo a La Toja. Tan a la orilla se encuentra, que la prolongación de este criadero hacia el mar es explotado por los naturales del país, campesinos que aprovechan las bajas mares quinoociales para extraer y transportar en carros de bueyes la arcilla caolínica (subyacente a la arena de la playa) y dejan jalonado o señalado el lugar de la extracción con altas varas hincadas en su perímetro, con el fin de poder seguir su trabajo en la siguiente baja mar.

En otro lugar del mismo yacimiento aparece la arcilla con color negro, que también utilizan como primera materia en la fabricación de cerámica.

El análisis de ambas arcillas es como sigue:

ARCILLA BLANCA

Pérdida al fuego.....	11,10
Sílice pura.....	51,19
Alúmina	35,13
Oxido férrico.....	1,08
Cal	0,62
Magnesia	0,15
Alcalis de sodio y potasio.....	0,92
	<hr/>
	100,19

ARCILLA NEGRA

Pérdida al fuego.....	15,28
Sílice pura.....	45,26
Alúmina	36,96
Oxido férrico.....	1,05
Cal	0,83
Magnesia	0,12
Alcalis de sodio y potasio.....	0,81
	<hr/>
	100,31

Ambas determinaciones han sido efectuadas sobre la muestra desecada a 150. grados C. También utilizan en la misma fábrica otra arcilla blanca, procedente de la cantera “Sequiña”,

cuyo yacimiento es en todo semejante al anterior y que, analizado, da el siguiente resultado:

ARCILLA BLANCA	
Pérdida al fuego.....	13,20
Silice pura.....	42,20
Alúmina	39,93
Oxido férrico.....	2,07
Cal	0,35
Magnesia	0,08
Alcalis	2,03
	99,86

Punto de presión calculado, 1.815 grados C.

Al efectuar un sondeo con el fin de reconocer la posible existencia de aguas artesianas, se pudo comprobar que las capas de arcilla, con alternativas de otras silíceas, continúan hasta una profundidad de 60 metros.

Yacimiento de «La Sequiña»

En realidad, debe considerarse este yacimiento formando uno solo con el anterior.

De este criadero se surte principalmente la cerámica "La Sequiña", de D. Eduardo Vigueira, y que, como la antes citada, radica también en jurisdicción de Sangenjo.

Yacimiento de «La Guardia», Cachadas

En el recinto de la fábrica de cerámica artística denominada "El Progreso", y propiedad de D. José A. Lomba Camiña, radica una cantera de arcillas caolínicas, de constitución semejante a las últimamente descritas.

Este yacimiento se explota a cielo abierto y del mismo se surten de la primera materia, necesaria para la fabricación de sus productos.

Yacimiento «El Cerquido»

Inmediato a las fábricas de ladrillo y tejas de D. José Mas, radicante en dicho lugar, perteneciente a la jurisdicción de Túy, existe una explotación a roza abierta de arcillas blancas, bastante mezcladas con óxidos de hierro, que utilizan como primera materia de elaboración.

Según referencias verbales que tengo del Sr. Mas, se llevaron a cabo algunas pruebas de lavado rudimentario de estas arcillas con resultado satisfactorio, ya que llegaron a obtener caolín.

Yacimiento de «Guillarey»

Muy próximo al yacimiento precedente descrito, existe otro en terrenos de D. Severino Gómez Besada, fabricante también de tejas y ladrillos, que pertenece indudablemente a la misma capa sedimentaria, dada su analogía y su proximidad.

Región Castellano-Riojana

Los yacimientos wealdenses de Pino de Burera, Terminón, Hozabejas, Rucandio, Pancorbo y San Miguel, están descritos con todo detalle en el luminoso informe del Ingeniero del Distrito de Palencia, D. Pedro Zárraga.

Más que yacimientos de caolín deben considerarse como de sílice, y el caolín que de alguno de ellos se obtiene es más bien como subproducto de esta explotación, pues el porcentaje de esta sustancia es sumamente bajo, ya que oscila entre el 5 y el 10 por 100.

Yacimiento de «San Felices»

Este yacimiento, de idénticas características que los anteriormente citados, está situado en la margen derecha del río Ebro y en el pintoresco lugar denominado "Las Conchas de Haro", perteneciente al término de "San Felices". Pertenece a la razón social denominada Compañía Explotadora de las Conchas, S. A. La producción de caolín está supeditada a la demanda de sílice. Hoy produce unas 6.000 toneladas de arenas que se venden principalmente a Beasain, y como subproducto de esta producción obtienen unas 100 toneladas al año de caolín, con más producción en los cinco meses de verano que en el resto del año, a causa de que la mayor parte del secado se efectúa al aire libre, aun cuando tienen también secadero eléctrico, pero de poca capacidad. En verano se secan unos 500 kilos diarios y el resto del año a razón de 100 kilos diarios. Podría aumentarse la producción de caolín si aumentase el pedido de arenas.

Producen dos tipos de caolín que clasifican en 1.^a y 2.^a clase. El de la 1.^a clase se vende a 175 pesetas s. v. "San Felices" y el de la 2.^a clase a 100 pesetas s. v. "San Felices".

Región Vasco-Navarra

Las minas de caolín de esta región han sido estudiadas y descritas por el ilustre Ingeniero D. Luis Cerezo, perteneciente al Distrito Minero de Guipúzcoa.

La relación de las minas y sus propietarios es como sigue:

SITUACIÓN	PROPIETARIO
Mina "Santa Bárbara". Cerain (Guipúzcoa).....	Goya Hermanos.
Mina de Jáuregui y Zubizarreta	Cizurquil (Guipúzcoa)... Jáuregui y Zubizarreta.
Mina "San Ramón".....	Mutiloa (Guipúzcoa)..... Lecuona.
Mina "Bustinzuri".....	Elizondo (Navarra)..... Luis Zulaica.
Mina Elizondo.....	Elizondo (Navarra).....
Kaolinera Alegritarra....	Alegría (Guipúzcoa)..... Eugenio Jáuregui.
Kaolinera de Anastasio. Zubizarreta	Cizurquil (Guipúzcoa)... Anastasio Zubizarreta.
Kaolinera Alzotarra.....	Alzo - Alegria (Guipúzcoa)..... Francisco Sarasola.

La explotación en todas las minas de la provincia de Guipúzcoa se efectúa por labores subterráneas, excepción hecha de la mina San Ramón, sita en Mutiloa, porque la roza se abrió en la cumbre de un cerro. Las tres causas que determinan esta modalidad en la explotación son, a nuestro entender: 1.^o La intrincada topografía del país. 2.^o Clima excesivamente húmedo. 3.^o Plasticidad de las margas. Estos tres factores imposibilitan la explotación a roza abierta, pues se producen grandes corrimientos que han ocasionado más de una vez graves accidentes.

La preparación y el lavado se asemeja en todas ellas. Difiere del sistema del lavado empleado en las minas de Lage en que en todas las demás utilizan filtros-prensas sistema Faure et Cia.

Los precios de venta de la Central Kaolinera Vasco-Navarra son las siguientes:

Caolín Standard, a 75 pesetas la tonelada, situada en el lugar de consumo.

Caolín Extra, a 90 pesetas la tonelada, situada en el lugar de consumo.

Son yacimientos de arcillas caolínicas del Keuper.

Todas las minas de caolín de la región Vasco-Navarra,

menos la denominada "Kaolin-Eder", de D. Francisco Sarasola, sita en el barrio de Alzo de Alegría de Oria, han constituido una Central de Ventas, que se denomina "Central Kaolinera Vasco-Navarra" y tiene su domicilio social en Tolosa, Avenida de Navarra, 6.

Hay que agregar a la relación de minas descritas en la citada Memoria la mina "Bustinzuri", sita en las proximidades de Elizondo, a unos ocho kilómetros de distancia del lavadero que está emplazado en el recinto de dicha villa, y la titulada Caolín Elizondo.

La instalación de preparación mecánica es la más completa y mejor estudiada de las que hemos visitado en esta región.

Estas minas han estado paradas mucho tiempo a causa del avance de nuestro glorioso Ejército sobre Irún, que dejó sin funcionar el ferrocarril de Irún a Elizondo, único medio de transporte del que disponían para la colocación de sus productos. Hace un mes, aproximadamente, que el citado ferrocarril ha reanudado el servicio, pero actualmente tropieza, además, con la dificultad del transporte de la primera materia desde la cantera a la Factoría, pues las camionetas que para ello tenían les fueron requisadas para el Ejército y no se atreven a adquirir nuevo material sin tener la seguridad de que no les va a volver a ocurrir lo propio con el que pudieran adquirir.

Casi toda la producción de estas fábricas la destinaban a la fábrica Oarso, de papel de prensa, sita en Rentería.

Provincia de León

Yacimientos de talco, de Lillo

La descripción de esta mina y todos los detalles referentes a producción y precios quedan consignados en la monografía del ilustre Ingeniero de la Jefatura de León, Sr. Portuondo.

Haremos un resumen de la misma siguiendo la norma que nos hemos trazado en este trabajo, ajustando, además, las modificaciones de todo orden que han tenido lugar en el lapso de tiempo transcurrido, desde que se escribió dicha Memoria hasta la fecha.

Esta mina pertenece a la Sociedad Española de Talcos, cuyo capital, en gran parte, es de nacionalidad italiana. La dirección técnica de la misma antes del movimiento salvador de España estaba encomendada al Ingeniero de Minas D. Antonio Comba, que actualmente se halla en Madrid. Por este motivo lleva hoy la dirección técnica y administrativa del negocio D. Roberto Gavioli, vicecónsul de Italia, residente en León, calle del Alcázar de Toledo, 9.

El yacimiento se presenta en el contacto de las cuarcitas y pizarras del Siluriano con las calizas del Dinantiense.

Se han reconocido en la mina "San Andrés" cinco filones que se arrumban al E. 25 grados S. y buzan casi verticalmente al N. 25 grados E. Al N. de éstos existen afloramientos bien definidos que anuncian la existencia de otro yacimiento importante.

El mineral que se explota tiene la siguiente composición centesimal:

ANALISIS

	CLASE 1. ^a	CLASE 2. ^a
	P.	S.
Humedad	0,13	0,14
Pérdida por calcinación.....	4,87	4,90
Sílice	62,29	61,95
Alúmina	0,73	0,74
Oxido férrico.....	0,23	0,30
Cal	0,17	0,42
Magnesia	31,29	31,15
Sustancias sin dosificar.....	0,19	0,40
	100,00	100,00

Esta composición varía poco de una clase a otra. Son sus caracteres físicos, especialmente el color, los que determinan la clasificación de los productos elaborados para la venta.

El mineral que se extrae puede clasificarse en tres grupos:

A. *Mineral blanco*. B. *Mineral gris*; y C. *Mineral negro*.

Previo estrío en los tajos de la mina, se lava el mineral en el exterior sobre chapas perforadoras y se transporta a la fábrica de Boñar, donde existen magníficas instalaciones de trituración y clasificación que producen las siguientes clases de producto comercial:

Clase P. (primera selecta). Se destina a perfumería, jabonería refinada y papeles especiales de lujo. Antes del 18 de julio, exportaba al extranjero unas 800 toneladas de esta clase, principalmente a Inglaterra para el apresto de tejidos.

Clase S.S. (primera ordinaria o segunda superior). Análogos usos.

Clase S. (segunda corriente o tercera superior). Esta es la clase que preferentemente emplean las Papeleras en sustitución del caolín.

Clase T. C. (cuarta clase o tercera corriente).

Clase Q. (quinta clase).

Y clase G. (sexta clase).

Estas tres últimas clases se aplican también a la fabricación de papel corriente y hasta del más ordinario (de envolver), jabones de inferior calidad y para suavizar la pasta en la fabricación de goma.

A continuación presentamos la nueva lista de precios que rige en la actualidad por cada una de las antedichas clases. A las Papeleras se las concede una bonificación importante para poder competir con el precio del caolín. La clase C. no se fabrica en la actualidad. Los precios son los siguientes:

Clase P.	Precio especial para Papeleras	
	425 pesetas la tonelada.	200 pesetas la tonelada.
— S. S.	375 — —	190 — —
— S.	200 — —	160 — —
— T. C.	150 — —	115 — —
— Q.	135 — —	— —

Estos nuevos precios son el resultado de un aumento de un 32 por 100 sobre los que regían en el mes de diciembre último, aumento que fué autorizado por la Junta Provincial de Abastos.

De las dificultades que en el mes de diciembre pasado se presentaban para llegar al normal funcionamiento de esta industria han desaparecido casi todas, pues sólo subsiste la referente a la mano de obra. Serían necesarios unos 15 ó 20 obreros más, algunos de ellos especializados, con el fin de atender a las labores de preparación, con lo cual, en poco tiempo, estaría dispuesta la mina para producir mayor tonelaje y podría obtenerse el mineral a más bajo costo.

Con el fin de facilitar el desenvolvimiento de esta industria, como para conseguir que en lo futuro no pueda sustraerse al debido control Nacional del Estado, propone el señor Portuondo las siguientes medidas, que juzgamos muy atinadas:

1.^a Que tratándose de filones subverticales y profundos, y para evitar el expediente de expropiación forzosa, siempre costoso y duradero a que deben ser sometidas según la Ley, las minas comprendidas en la segunda sección, sean considerados estos minerales como de la tercera sección del Decreto Ley de Bases de 1868, en vez de pertenecer, como hoy día pertenecen, a dicha segunda sección.

2.^a En vista de que la zona valorizada tiene mayor extensión que la abarcada por la concesión de la Sociedad Española de Talcos, propone y delimita el perímetro de la zona, que juzga debe ser provisionalmente reservada en favor del Estado.

Resumen

1.º Las únicas minas que actualmente se dedican a lavar las tierras, y por lo tanto a producir caolín para la venta, son las de la región Vasco-Navarra, la de San Felices, en Rioja, y la de Lage, en Galicia.

2.º Existe marcada diferencia entre la calidad del producto comercial obtenido en la mina de Lage con las otras dos regiones, siendo achacable dicha diferencia únicamente a la mejor calidad de la primera materia, pues las instalaciones del lavado y secado son muy parecidas y susceptibles todas ellas de mejoramiento.

3.º Los caolines guipuzcoanos y navarros, aunque de inferior calidad, cumplen hoy con su cometido comercial gracias a la proximidad de sus instalaciones de los centros de consumo, que son las fábricas de papel.

4.º Los múltiples yacimientos de la región gallega antes mencionados y descritos merecen, a nuestro entender, ser estudiados con detenimiento, y hacia ello debe encauzarse la iniciativa privada, pues de sus tierras, debidamente tratadas, han de poder obtenerse, con seguridad, caolines tan buenos como los ingleses.

Producción

Expondremos a continuación, en cuadros sinópticos, la producción actual de las minas de caolín radicantes en el territorio liberado, así como sus posibilidades de aumento en la producción, sin más que ligeras modificaciones en sus elementos de trabajo.

Región Galaica

Producción de la mina de Lage durante los diez meses últimos:

	CLASE EXTRA	CLASE 1. ^a	CLASE 2. ^a	TOTALES
	—	—	—	—
	Toneladas	Toneladas	Toneladas	PARCIALES
Julio	77,962	—	—	77,962
Agosto	67,153	17,897	—	85,050
Septiembre	0,665	59,393	—	60,058
Octubre	22,700	71,025	—	93,725
Noviembre	—	60,000	36,000	96,000
Diciembre	—	70,000	5,000	75,000
1938.—Enero.....	7,500	50,200	—	57,700
Febrero	40,500	16,100	—	56,600
Marzo	126,100	41,200	—	167,300
Abril	88,100	—	90,300	178,400
	430,680	385,815	131,300	947,795

Es decir, que en diez meses de trabajo ha producido esta mina 948 toneladas, a los que corresponde una producción aproximada anual de 1.200 toneladas.

Actualmente han intensificado la producción, pues en mayo último produjeron 167 toneladas, cifra que no fué alcanzada en ningún mes del ejercicio anterior

Están procediendo además a la ampliación de sus instalaciones, con el fin de conseguir, a partir de este año, una producción de 20 toneladas diarias, o sea, unas 5.000 toneladas por año.

Región Vasco-Navarra

Relación del caolín facturado por la Central Kaolinera Vasco-Navarra durante los años 1936, 1937 y los cuatro primeros meses de 1938, así como del facturado por la Kaolinera Alzotarra desde abril de 1937 a mayo de 1938:

	AÑO 1936	AÑO 1937	AÑO 1938 (cuatro meses)
	Toneladas	Toneladas	Toneladas
Mina "Santa Bárbara" (Cerain)	265,900	385,000	107,000
Mina de Jáuregui y Zubizarreta (Cizurquil).....	418,000	1.061,000	476,000
Mina "San Ramón" (Mutiloa).	140,400	313,600	202,000
Mina "Bustinzuri" (Elizondo).	190,000	24,000	—
Kaolín Elizondo.....	159,000	—	—
Koalinería Alegritarra (Alegria)	270,000	810,700	404,000
Mina de Anastasio Zubizarreta (Cizurquil).....	415,000	822,600	240,200
	1.858,300	3.389,900	1.429,300

Multiplicando por tres la producción del cuatrimestre de 1938, se deduce la producción probable anual correspondiente al año corriente, que resulta de 4.288 toneladas.

La mina "Kaolinera Alzotarra", que no forma parte de la Central Kaolinera, ha producido desde abril de 1937 a marzo de 1938, o sea durante un año, 1.635,500 toneladas, que sumadas a la cifra de producción que presenta la Central Kaolinera para el año 1938, dan un total de 5.923 toneladas.

Del estado anterior se deduce que el aumento de producción del año 1936 al 1937, ha sido del orden del 82 por 100, y del primer cuatrimestre del año 1937 al mismo periodo del presente año, ha continuado el aumento en una proporción del 76 por 100. Es necesario hacer observar que ello ocurre a pesar de que las dos minas de Elizondo (Navarra) están virtualmente paradas.

Después de vista la progresión creciente en el aumento de producción, no es aventurado suponer que después de solventadas las dificultades que se exponen en otro lugar y puestas en producción normal las dos minas de Elizondo, puedan sobrepasar con facilidad la cifra de 10.000 toneladas por año.

Región Castellano-Riojana

La producción de la mina de "San Felices", única productora de la región, está supeditada, como se ha dicho ya, a la explotación de sílice y puede calcularse, "grosso modo", dada la actual demanda de sílice, en unas 80 toneladas anuales de caolín.

Provincia de León

Minas de talco, de Lillo

Puede decirse que hasta el presente año no se han vencido las dificultades que por su situación presentaba esta mina, ya que por su elevada altitud quedaba interrumpida por las nieves la comunicación entre la mina y la fábrica, situada en Boñar. Ello hace que por la irregularidad que esta interrupción producía antes del 18 de julio y las muchas dificultades, principalmente el transporte, no se haya podido obtener una estadística precisa de su producción.

Los únicos datos que poseemos y sobre los que hemos de basar nuestros cálculos, son los siguientes:

El año 1934 produjo esta mina, con 14 obreros varones y 16 mujeres, 3.193 toneladas, a 75 pesetas tonelada en pie de fábrica.

Durante el año en curso se está produciendo a razón de unas 400 toneladas al mes, o sea unas 5.000 toneladas anuales, con un equipo de 30 hombres y cinco mujeres.

Ya hemos dejado apuntado anteriormente que con un aumento en la mano de obra de 15 ó 16 obreros especializados se podría casi duplicar la producción de talco.

RESUMEN

PRODUCCIÓN DE CAOLÍN

	Producción 1937 Toneladas	Producción probable para 1938 Toneladas
Lage	1.200	5.000
Minas Vasco-Navarras.....	5.024	5.923
Mina "San Felices"	80	80
	6.304	11.003

PRODUCCIÓN DE TALCO

	Producción actual Toneladas	Producción probable Toneladas
Fábrica de Boñar-Lillo.....	5.000	10.000

El talco sustituye con ventaja al caolín en la fabricación del papel, gomas y perfumería, y si no se emplea más es sólo debido a su más elevado precio.

Consumo

Las principales aplicaciones del caolín en España son las siguientes:

Fabricación de papel, de cerámica y loza, de azul índigo o ultramar, de gomas, de perfumería, de lápices, de lunas, de discos de gramófono y de masilla para vidrios.

Expresamos a continuación los consumos parciales por industrias:

**CONSUMO DE CAOLÍN
DE LAS FABRICAS DE PAPEL SITUADAS EN LA ZONA LIBERADA**

FÁBRICAS	CAOLÍN CORRIENTE				CAOLÍN FIJO				PRECIOS MEDIOS	
	1934	1935	1936	1937	1934	1935	1936	1937		
	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.		
La Papelera Española	3.422	3.607	2.707	1.539	290	266	196	10	9,72	14,00
La Papelera Española	210	252	124	469	1.154	1.015	655	96	8,12	15,00
La Papelera Española	1.198	1.218	1.148	376	—	—	—	—	12,64	—
La Papelera Española	814	930	1.090	348	—	102	102	15	19,77	16,00
Echezarreta, S. A.	120	120	100	150	10	10	5	—	7,00	16,50
Papelera Elduayen	270	256	150	177	150	284	56	97	6,77	—
Papelera Portu	143	244	181	67	150	534	430	—	7,12	10,02
Echezarreta, G. M. ^a	—	—	—	148	507	509	—	120	8,44	15,91
La Papelera Cegama	—	50	27	324	546	—	—	—	9,00	15,00
Mandía, S. A.	479	767	515	776	—	—	—	—	6,65	—
La Papelera Cegama	—	—	—	727	—	—	—	—	7,31	—
Lim. Aramb. y Reg.	—	—	—	133	46	44	1	—	8,25	—
Ruiz de Arcaute y Compañía	—	—	—	10	15	13	7	4	9,00	14,80
Sese y Compañía	342	145	64	152	458	425	251	7	7,45	12,02
Calparsoro y Compañía	95	176	140	53	352	464	178	2	7,06	10,00
Irazusta Vignau y Compañía	86	—	79	143	—	—	—	—	8,00	13,72
Arcaute y Compañía «Olaberri»	—	—	—	33	194	214	112	1	9,00	19,05
Papelera de Oarso	910	1.109	309	—	—	—	—	—	8,00	—
Papelera del Sur	58	51	26	49	—	—	—	—	14,00	—
Biyak Bat.	48	51	38	101	—	—	—	—	6,50	—
La Salvadora, S. S.	—	—	—	—	126	208	85	—	9,00	—
TOTALES.....	8.270	8.976	6.699	5.075	3.903	4.088	2.599	352	—	18,33

TOTALES.

OBSERVACIONES.—El elevado precio pagado por estas fábricas obedece a las compras que efectuaron durante el primer semestre de 1937.

FÁBRICAS DE CERÁMICA Y LOZA

ENTIDADES	Consumo anual Toneladas	PROCEDENCIA	PRECIOS	CLASE	Consumo futuro probable en toneladas
Hijos de Antonio S. - Pola (Gijón).....	650	Inglaterra y Lage....	Lage, a 90 pesetas f. o. b.; inglés, 85 pesetas c. i. f. Gijón.....	1. ^a	650
F. Sangrá. - Hernani.....	960	Sot' de Chera (Valencia).....	70 pesetas en mina...	Silicioso	960
Pickman, S. A. - Sevilla.....	450	Englis English China Clays Seles, C ^o Ltd.	59/6 £ f. o. b. Flete, 25 sh.....	—	650
Cerámica Alavesa, S. A. - Salvatierra....	3	Nacional.....	163 en fábrica.....	Única.	3
Fausto Pérez. - Otero de los Herreros...	50	Liria y Lage.....	160 y 179 pesetas....	De 1. ^a refractario	120
La Cerámica San Juan, S. A. - San Juan de Aznalfarache.....	200	Saint Austell (Cornwall).....	44/6 £ f. o. b. Flete, 27/6 £.....	1. ^a	340
La Ibero-Tanagra, S. A. - Santander.....	650	Fowey (Inglaterra)...	22 sh. f. o. b. Fowey-Flete, 16 sh. ton...	1. ^a	650
	2.963				3.373

Como se ve, el año de mayor consumo fué el de 1935, en el que se consumieron 13.064 toneladas; en cambio, el año pasado, sólo se consumieron 5.427 toneladas.

FÁBRICAS DE GOMAS

ENTIDADES	Consumo anual Toneladas	PROCEDENCIA	PRECIOS	CLASE	Consumo futuro probable en toneladas
Klein, S. A. - Segovia.....	26	Inglaterra y Lage...	121 pesetas el inglés c. i. f. Pasajes.....	W. c. W.	26
B. Armendáriz e Hijos. - Tafalla.....	50	Inglaterra y San Felices.....	325 pesetas el inglés.	—	80
Sociedad Ibérica de Gomas y Amiantos. Bilbao.....	70	San Felices y Sidney, Smith y Ashby - Londres.....	74 sh. c. i. f. Bilbao, 100 pesetas s/ v. San Felices.....	—	70
Industria Astur, S. A. - Gijón.....	1,5	Lage.....	264,15 pesetas en fábrica Gijón.....	Extra.	2
	147,5				178

FÁBRICAS DE AZUL ÍNDIGO O DE ULTRAMAR

ENTIDADES	Consumo anual Toneladas	PROCEDENCIA	PRECIOS	CLASE	Consumo futuro probable en toneladas
Productos V. H. E. M., S. L. - Bilbao...	100	Hasta diciembre de 1937, extranjero; ahora, nacional....	110 pesetas/v. mina, 43 pesetas transporte.....	Extra.	200
Brasso, S. A. - Bilbao.....	300	Antes, ingleses; ahora, nacionales			400
	400				600
Hispania, S. L. - Ferrol.....	15	FÁBRICA DE LÁPICES Lage.....	170 pesetas en fábrica.....	—	25
Fábrica de Discos Columbia. - San Sebastián.....	30	FÁBRICA DE DISCOS L. Taylor y C. ^a , Londres. Actualmente está haciendo pruebas con caolín de Lage.....			50
			5 £ c. i. f. Pasajes...		

RESUMEN

	CONSUMO ACTUAL	CONSUMO PROBABLE
	Toneladas	Toneladas
Fábricas de Papel	5.427	13.064
— de Cerámica y Loza.....	2.963	3.373
— de Gomas	147.500	178
— de Azul de Ultramar.....	400	600
— de Lápices	15	25
— de Discos	30	50
— de Masilla	100	100
Perfumería y Droguería.....	2.000	2.000
	11.082,500	19.390

NOTA. Los consumos para las fábricas de masilla y para las perfumerías y droguerías es sólo aproximado.

Resulta, pues, que la producción de caolín durante el año 1937 en la España liberada fué de 6.304 toneladas, y en cambio el consumo alcanzó la cifra de 11.082 toneladas. Ahora bien, si tomamos en consideración las 5.000 toneladas anuales de talco, ya que éste puede sustituir al caolín en la fabricación de papel, goma y perfumería, quedaría cubierto el consumo con la suma de producciones de ambas sustancias.

Aun cuando así no fuera, no cabe duda que en la España de Franco, y especialmente en Galicia, existen suficientes yacimientos de caolín que, explotados convenientemente y tratados sus productos por procedimientos modernos, puedan cubrir con exceso las necesidades de este producto en la industria española.

Claro es que en alguna de las industrias consumidoras, como, por ejemplo, en la cerámica, en la que entra tanto en juego la parte experimental, supone gran extorsión el cambio brusco de primera materia, ya que ello implicaría cuantiosos gastos hasta conseguir resultados satisfactorios. Pero también es verdad que las cerámicas que no han adoptado aún

primeras materias nacionales han pecado por negligencia y falta de patriotismo, pues es indudable que, sin interrumpir el ciclo de fabricación, se han podido preocupar en hacer experiencias de laboratorio hasta conseguir paulatinamente el independizarse de los productos extranjeros.

Alguna fábrica de cerámica se preocupó de este problema, y antes de que estallase la guerra europea había logrado su propósito, con lo que obtuvo merecido premio a su laboriosidad, pues al no poderse importar primera materia del extranjero gozó de cierta exclusividad y obtuvo de este modo pingües beneficios.

CONCLUSIONES

Como consecuencia de lo antedicho, tengo el honor de proponer las siguientes conclusiones:

1.^a No debe permitirse la importación de caolín extranjero, ya que por lo anteriormente expuesto se ha visto que existen en España yacimientos capaces de producir caolín suficiente para cubrir las necesidades del consumo.

2.^a Únicamente para la industria cerámica, o alguna otra que pudiera demostrar la existencia de dificultades insuperables originadas por el cambio de calidad en primera materia, se podría conceder un plazo prudencial, por ejemplo, de un año, con el fin de que procedan a efectuar experiencias necesarias para la sustitución del caolín extranjero por nacional, sin interrumpir la marcha normal de fabricación.

3.^a En caso de que la industria española productora de esta materia no tuviese capacidad suficiente para cubrir las necesidades del mercado, debiera invitar el Estado a los consumidores para que de consuno procedan a explotar y preparar el caolín de alguno de los yacimientos existentes.

4.^a Con el fin de abaratar la producción de caolín podría la Superioridad adoptar las siguientes medidas:

a) Gestionar de la Dirección de Puertos se lleve a cabo la ejecución del proyecto de espigón en Lage, presupuesto en 147.327,10 pesetas y aprobado el 6 de mayo de 1936. Con ello se conseguiría facilitar el embarque, con el ahorro consiguiente de jornales.

b) Gestionar de la Dirección del Tráfico Marítimo el abaratamiento de los fletes de Lage a Pasajes, pues no parece

justo que siendo de 24 pesetas el flete por tonelada de Villagarcía a Bilbao, cobren los armadores hasta 50 pesetas el flete por tonelada de Lage a Pasajes.

5.^a Con el fin de mantener y aumentar la producción de caolín y de talco podría la Superioridad, también, adoptar las siguientes medidas:

a) Gestionar de la Intendencia General del Ejército se conceda a las minas de caolín oportuna autorización para que puedan adquirir la lona nacional necesaria para los filtros-prensas Faure.

b) Gestionar de la autoridad competente el que se le faciliten a la Compañía Española de Talcos los medios para conseguir 15 ó 20 obreros de los existentes entre los prisioneros de guerra, algunos de ellos especializados en trabajos mineros.

Es cuanto, en cumplimiento de la orden recibida, me honro en exponer a V. I. para su superior conocimiento, a los efectos procedentes.

Dios salve a España y guarde a V. I. muchos años.

Bilbao, 14 de junio de 1938.

II Año triunfal.

Ilmo. Sr. Director del Instituto Geológico y Minero de España.

Bilbao.

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

EL CAOLÍN DE CANCES (CARBALLO) DE LA PROVINCIA DE LA CORUÑA

El yacimiento de caolín que, con el nombre de Criadero de Carballo, hemos examinado someramente en Coruña, se encuentra cerca de Cances, aldea a cinco kilómetros al N. de los Baños de Carballo, y a lo largo de la carretera que conduce a Malpica, hacia el N. en longitud de algunos kilómetros.

La parte principal de la mina comprenderá unos 1.000 metros de largo, con anchuras de unos 300 metros.

Las aguas de los arroyos corren algo hacia el NE., cortan los montes de San Amaro y alcanzan el mar a los 20 o más kilómetros al N. en las cercanías de Malpica.

El país es de topografía suave y cubierto totalmente de vegetación, por lo cual hay que ahondar cunetas, arroyos o bordes de caminos para descubrir, siempre, el caolín en la zona examinada.

La geología corresponde a un país peculiarmente granitoide. Antes de llegar a Cances se perciben masas eruptivas lamprófidas (enriquecidas en elementos negros), seguidos después, en el curso de la carretera, por rocas anfibólicas pizarrosas y las cuales, pasados Joadá y Cances, se continúan por un granito de mica blanca de tendencia néisica (ortoneis) que, en roca sana, podría clasificarse de *leptinita*. La orientación de estos gneis blancos, descubiertos solamente en los afloramientos

tos de las cimas, es de NO. a SE., casi verticales, y en esa serie es donde, al parecer, arman en el mismo rumbo los filones de cuarzo y wolfran.

La génesis de este caolín representa uno de los repetidos casos de intenso metamorfismo sobre las rocas graníticas en la proximidad del Cantábrico.

La progresiva alteración de los feldespatos, cumplida particularmente en las laderas bajas y fondos de arroyos, produce una especie de clasificación, la cual, sin llegar al *lem* granítico o caolín y arena suelta, produce una gran blandura en la roca por el predominio del silicato de alúmina.

La clase parece buena, por el tono de blancura constante, aunque con algo de mica blanca.

Como en todo yacimiento de caolín, son imprescindibles sondeos para proponer una cubicación.

HORIZONTES DE CAOLÍN EN LA COSTA DE ASTURIAS

Esta expresión sencilla del criadero se complica y pierde exactitud a medida que se la examina atentamente sobre el terreno y con los antecedentes desde hace tiempo publicados.

Las rasas igualadas de la costa de Galicia y Asturias, particularmente de Foz a Pravia, han sido señaladas desde 1858 por Schulz y estudiadas sucesivamente por Barrois (1882), Navarro (1908), Sampelayo (1913), Dantín (1917) y Gómez de Llarena y Royo Gómez (1927).

Sobre las rasas se conocían los depósitos modernos horizontales con atribución a distintas edades. Barrois supone más antiguas las formaciones más separadas de la costa, y llega a formular (1879) que el terreno cretáceo de la provincia de Oviedo estaba recubierto en estratificación concordante por capas eocenas, marinas en Colombres, lacustres en el centro de la pequeña cuenca, y supone que las aguas miocenas no han penetrado en ellas.

Para nosotros (1913), los depósitos planos costeros abarcan del Mioceno al Pleistoceno o Cuaternario antiguo, hipótesis seguida por Adaro en sus mapas.

Los datos más fehacientes en cuanto a los depósitos lacustres de Oviedo, fueron presentados por nuestro compañero

González Regueral y Gómez de Llarena (1926) con huesos de mamíferos que comprobaban el Terciario.

Hoy se supone que estas planicies alargadas son casos particulares de terrazas continentales, formadas por ríos o grandes deslizamientos de aluviones y lodos, pseudo glaciares que enrasarían los sedimentos cambrianos dejándolos igualados.

No insistimos en cuanto a las discusiones de génesis y edad, innecesarias, a nuestro entender, para continuar la explicación.

Circunscribiéndonos a los depósitos costeros, varían en sus potencias de unos decímetros a poco más de diez metros, es decir, en apariencia fáciles de reconocer y explotar en su caso. La presencia del caolín en estos delgados sedimentos, conocida desde los tiempos de la cerámica de Sargadelos, se puntualizó al describir, por nosotros, las formaciones de Burela, y posteriormente se han conocido El Barquero, Lago, Castropol, Navia, etc. Pero en cuanto a la clase de estas delgadas capas, ocurre que son muy heterogéneas a lo largo de su estrecha y dilatada formación costera. "Les couches ont été nivelées comme si la main de l'homme avait voulu construire une route littorale au pied de l'escarpement des montagnes", según gráfica expresión de Barrois. Las clases de sedimentos que dominan son: arenas, con frecuencia hacia la base; arcillas más o menos caoliníferas, hidróxidos de hierro y manganeso en capas onduladas, arcillas amarillentas, pardas o azuladas y, con menos frecuencia, restos de lignitos o señales de turba.

Fácilmente se comprende que en depósitos tan delgados cualquier variación en el aporte continental que los forme, composición de los arrastres, longitud de la conducción, velocidad en el depósito, etc., tiene que alterar profundamente su composición.

En cuanto a la génesis del caolín, lo suponemos derivado de la caolinización de los numerosos afloramientos de diques

eruptivos que han defendido la costa de la erosión marina y ya estudiados hace tiempo: dioritas, kersantitas, pórfidos, etcétera, los cuales, por la profunda alteración de sus feldspatos, permiten el traslado del caolín desde las proximidades del crestón eruptivo, totalmente transformado, hasta los bordes del mar, ya mezclado con los depósitos pleistocenos que debieron cubrir la alargada llanura.

WALDEMAR LINDGREN

SOBRE EL ORIGEN DEL CAOLÍN

Publicamos esta nota, traducción de un trabajo de Waldemar Lindgren, en el que expone ideas interesantes sobre la génesis de los criaderos de caolín, continuados en estudios recientes y que insertamos como orientación del lector.

(Introducción a una discusión)

Durante los últimos veinte años los geólogos y los mineralogistas se han ocupado extensamente del origen del caolín. Los geólogos e Ingenieros de Minas americanos han hecho todo lo posible para esclarecer este asunto, pero como quiera que sus conclusiones se encuentran principalmente en los informes sobre los distritos mineros, no llamaron la atención adecuada.

Los datos sobre el origen y propiedades del caolín están también muy repartidos en la literatura química, geológica, agrícola y cerámica, lo que hace difícil el procurarse un buen conocimiento del asunto. H. Stremme publicó un artículo, titulado "La química del caolín", en los *Anales Progresos en la mineralogía, cristalografía y petrografía*, tomo II, 1912, y más recientemente, el *Manual de Química Mineral*, publicado por el profesor Doelter, se ocupó también de este asunto. Este *Manual*, en el que se incluye el artículo de Stremme, contiene extensa información acerca de los minerales del caolín.

La discusión fué iniciada en Alemania por H. Rösler, que, en 1908, publicó un trabajo extenso e importante, afirmando que el caolín, no se forma por el desgaste causado por la acción atmosférica en las rocas, sino por la acción de las aguas térmicas, o proceso neumatolítico. Estas afirmaciones fueron discutidas vigorosamente, demostrando Stremme, entre otros, de manera indudable, que ciertos grandes depósitos de caolín, como los de Meissen, en Sajonia, eran decididamente consecuencia del desgaste de las rocas.

No se le ocurrirá a ningún geólogo americano poner en duda esta afirmación, y el profesor Heinrich Ries ha contribuido mucho a aclarar esta cuestión. En lo concerniente a la ocurrencia del caolín en los depósitos minerales y en las zonas mineralizadas, las opiniones, sin embargo, difieren aún bastante.

Yo, personalmente, he sido siempre de opinión que normalmente el caolín no se forma en depósitos originados por emanaciones ígneas o por aguas termales ascendentes, a no ser, si acaso muy cerca de la superficie, donde se efectúa la mezcla con las aguas atmosféricas. En resumen, que el caolín nunca puede ser un mineral de alta temperatura, sino un producto de alteración causada por aguas descendentes conteniendo ácido sulfúrico, o bióxido de carbono, o bien un producto de alteración de aguas débilmente carbonatadas, ascendentes, próximas a la superficie. Pero esta opinión no se comparte universalmente, como lo demuestra, por ejemplo, la frase del profesor Tolman en su revista de mi libro sobre *Depósitos minerales*, en la que dice: "esta conclusión (respecto del origen del caolín) debe considerarse como expresión de su opinión personal (del autor) y adolece de falta de pruebas".

Aun sin poder ofrecer pruebas convincentes, desearía por lo menos demostrar que esta opinión está basada en hechos evidentes.

Al hablar del caolín, yo me refiero al silicato $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$, que es siempre cristalino, aunque raramente se le encuentra como cristal bien definido, el cual tiene una composición química notablemente constante, necesitando la fórmula el 39,5 por 100 de Al_2O_3 , 46,5 por 100 de SiO_2 y un 14 por 100 de agua. Fuera de un experimento hecho por Collins, en el que se utilizaba ácido hidrofúrico, este mineral nunca ha sido logrado por síntesis. Al caolín lo descompone el ácido sulfúrico. Al lado del caolín tenemos varios otros hidrosilicatos de alúmina, tales como haloisita y alofano. Estos contienen mucha más agua que el caolín, son amorfos, probablemente como resultado del endurecimiento de los coloides y se disuelven en ácido hidro-clórico, que prácticamente no ataca al caolín.

Al tratamiento con el calor, el caolín pierde algo de su contenido de agua; lo mismo ocurre en el secado a 125 grados. La mayor parte del agua, sin embargo, se desprende a temperaturas de 470-500 grados. Una pequeña parte del agua se adhiere tenazmente y solamente se pierde al rojo. Stremme afirma que a los 500 grados se disocian el Al_2O_3 y SiO_2 y que, a temperaturas aun más altas y bajo presión atmosférica, estos dos componentes pueden reunirse para formar la silimanita.

Otra propiedad importante del caolín es su capacidad para absorber bases, tales como el cobre de una solución de silicato, mientras que se desprende la cantidad correspondiente de las bases del caolín.

De estos datos resulta claramente que el caolín no se puede formar en la superficie de la tierra, o cerca de ella, a una temperatura de 470 grados o más.

Se llegó a la conclusión respecto de la ausencia del caolín en los depósitos minerales por la investigación de gran número de ellos. Esta evidencia inductiva, indudablemente, tiene gran importancia. En, o cerca de los asomos de hallazgos

minerales, el caolín se encuentra a menudo en grandes cantidades. Al alcanzar niveles más bajos en las operaciones mineras, el caolín desaparece, y al nivel del agua o, a poca distancia por debajo de él, se ha visto que el material blanco y blando, a menudo tan abundante, tanto en los minerales como en terreno adyacente, no es caolín, sino muscovita finamente dividida, más propiamente: sericita. Es evidente que sólo los que tengan alguna actividad en geología minera pueden apreciar plenamente este cambio del caolín en sericita, en niveles más profundos. Esto es cierto, para todas aquellas venas que se hubieran formado en la vecindad de masas intrusivas poco tiempo después de la intrusión, y probablemente también se puede aplicar a venas que se hayan formado cerca de la superficie, aunque la presencia aquí del caolín como mineral primario no se puede negar tan enfáticamente. Resulta, pues, de estos razonamientos inductivos, que los agentes productores de depósitos minerales—en la mayoría de los casos aguas calentadas bajo alta presión—no son capaces de originar caolín a partir de los silicatos aluminicos de las rocas. Por otro lado, cuando se expone la sericita a aguas débilmente ácido-sulfúricas en la zona oxidada, tal vez también a otras clases de aguas superficiales, se produce una colada de potasa y la sericita se convierte en caolín. Si las soluciones estuvieran fuertemente acidificadas, se descompondría el caolín mismo. Es un hecho, reconocido por muchos químicos, que la alteración sericítica indica un estado intermedio hacia la completa caolinización. De los experimentos practicados por Cameron y Bell resulta que la potasa se extrae más fácilmente de la muscovita por aguas normales o carbonatadas que no de la ortosa.

Al leer la literatura compilada recientemente por Stremme, llamó mi atención la serie de los experimentos de Lemberg, relativos a la acción de las soluciones de sal sobre el caolín. Estos experimentos los repitió, parcialmente, más tarde Thu-

gutt. Ellos demostraron que las soluciones de sales potásicas y sódicas, en su acción sobre el caolín a temperaturas de 100 a 200 grados C., convierten el caolín en silicato alcalino, similar a la sodalita, nefelita o analcita. Algunos de estos componentes se obtuvieron en forma cristalina. Se ve que el caolín no es estable cuando se calienta en fuertes soluciones alcalinas de 100 a 200 grados en recipientes cerrados. Una de las soluciones usadas por Lemberg contenía, por ejemplo, un 15 por 100 de cloruro de sodio y un 5 por 100 de carbonato de sodio. Tenemos, por lo tanto, buenas razones físico-químicas para saber por qué el caolín no se forma en los depósitos minerales, o cerca de ellos, originados a temperaturas de más de 100 grados. En todos estos casos, las soluciones activas, igual que la mayoría de nuestras aguas termales, contenían gran cantidad de álcali y, en su consecuencia, se formarían silicatos hidro-alcalinos, como la sericita, en lugar del caolín.

Respecto al desarrollo del caolín a temperaturas menores de 100 grados no disponemos de datos suficientes. Desde luego, parece claro que a temperatura normal las aguas débilmente alcalinas, tales como las aguas superficiales corrientes, no pueden transformar el caolín en sericita, y también es dudoso que en un tiempo limitado soluciones fuertes, como el agua de mar, puedan efectuar un cambio en el caolín.

Se han hecho investigaciones para comprobar si en el caso de fuentes calientes, ricas en álcalis, minerales semejantes a la sericita, como la pinita, debían su formación a materiales feldespáticos. Los fragmentos graníticos en las bocas de las fuentes de Carlsbad han formado aquel material, pero no el caolín. Por otro lado, existen abundantes datos que demuestran que las aguas minerales débiles y frías, de rico contenido de bióxido de carbono, tienden a producir del feldespato antes caolín que sericita.

Que el caolín o la sericita se formen de aguas termales, en la superficie o cerca de ella, probablemente es cuestión de temperatura y concentración de las aguas. Tenemos una prueba definitiva que pueda demostrar que el caolín se engendra en tales circunstancias. En la vecindad de Teplitz, de Bohemia, algunos de los pórfidos de la región se alteran por las fuentes calientes, conteniendo la roca alterada cuarzo de grano fino, barita y mucho fluoruro.

Al examinar algunas de estas rocas, F. Cornu pudo comprobar que el feldespato de los pórfidos alterado por las aguas termales se convierte en agregados de pequeñas placas caolínicas. El mineral pudo ser definitivamente identificado.

El que sea posible la formación del caolín a temperaturas y presiones más elevadas, con aguas que contengan poco o ningún álcali, queda por esclarecer por no haber sido investigado aún. Tal origen parece, sin embargo, muy improbable, tratándose de un mineral que contiene tanta agua como el caolín. Es, además, prácticamente seguro que las soluciones en todos los casos de depósitos minerales eran ricas en álcalis. Micas de potasa y de litio son, por ejemplo, características de los depósitos de estaño, que probablemente se formaron a una temperatura de cerca de 500 grados, y parece extremadamente improbable que el caolín pueda formarse simultáneamente a los minerales característicos de las venas de estaño. Pero se sabe, naturalmente, que la alteración subsecuente origina caolín en algunos minerales de estas series, como, por ejemplo, el topacio.

Me doy plenamente cuenta de la posibilidad de haberme equivocado en esta tentativa de reseña; pero la presente comunicación fué escrita más bien con la esperanza de atraer comentarios y sugerencias de los interesados en el asunto del caolín y de la sericita.—WALDEMAR LINDGREN.

JOAQUÍN MENDIZÁBAL Y MANUEL DE CINCÚNEGUI (†)

ESTUDIO DE LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL RÍO NÁGIMA

Los Ayuntamientos de Serón de Nágima, Torlengua, Fuentelmonje y Monteagudo de la Vicaría, situados en la parte meridional de la provincia de Soria, en su límite con la de Zaragoza, elevaron instancia razonada a la Dirección General de Minas y Combustibles, solicitando se hiciese un estudio hidrológico de la cuenca del río Nágima, con objeto de que se viese la posibilidad de incrementar el caudal de aguas que por él discurren o de suplir en alguna forma la escasez de ese elemento en las épocas de estiaje, que hace peligrar con alarmante frecuencia el logro de las cosechas en sus fértiles vegas.

De dicha instancia se dió traslado a este Instituto Geológico, Centro encargado de tales informes, y por pertenecer la provincia de Soria a la región Norte, hemos sido los designados para su estudio, con el interés natural que nos inspira cuanto se relaciona con el reconocimiento geológico de la comarca que nos ha sido encomendada, avivado por el deseo de aliviar en cuanto sea posible la situación de los labradores de aquellos términos, que cifran toda su esperanza en obtener la merecida recompensa a su constante trabajo.

GEOGRAFÍA FÍSICA

Serón de Nágima, el más septentrional y el más importante de los pueblos solicitantes, pertenece, como los otros tres, al partido judicial de Almazán, y cuenta con 924 habitantes, dedicados casi exclusivamente a las faenas agrícolas, cosechando cereales y hortalizas. Al N. del pueblo, a lo largo del arroyo del Prado de Valterón, se extiende una dehesa con abundantes pastos para el ganado lanar y cabrío que posee.

El pueblo se abastece de las aguas de la fuente del Correjón, próxima al término de Velilla de los Ajos, conducida hasta la plaza, y cuyo caudal viene a ser unos 76 centilitros por segundo.

El análisis de esas aguas es el siguiente:

Cal.	0,123	grs. en litro
Magnesia	0,014	—
Anhidrido sulfúrico.	0,040	—
Cloro.	0,024	—
Cloro expresado en cloruro sódico...	0,040	—
Grado hidrotimétrico total	32	grados

Es decir, que son de buenas condiciones de potabilidad.

Anteriormente se proveía de otra fuente situada al pie del caserío, por su parte N., y con un caudal semejante al anterior.

Dentro de su término cuenta con otros diversos manantiales, tales como los que dan origen al barranco y arroyo de la Vieja, en el paraje Valdelagua; la fuente de Carratejado, en paraje del Congosto; la del Molinillo; la del Navazo y la de la Pajuela, algo salitrosas estas dos últimas.

Puede decirse que, tanto las necesidades del vecindario como las de sus ganados, están suficientemente cubiertas.

Torlengua cuenta 517 habitantes, siendo también sus fuentes de riqueza el cultivo de cereales, viñas y hortalizas y la cría de ganado lanar. Se abastece el pueblo con las aguas de una fuente situada en el camino del molino de Mengibar, conducida hasta él por una tubería de 1.600 metros, cuyo análisis es el siguiente:

Cal.	0,142	grs. en litro
Magnesia.	0,072	—
Anhidrido sulfúrico.	0,034	—
Cloro.	0,059	—
Cloro expresado en cloruro sódico...	0,098	—
Grado hidrotimétrico total	49,5	grados

Aguas un poco duras, pero que aun son aptas para la bebida.

Cuenta, además, con varias fuentes en su término, tales como la del barranco del Gato, en paraje de Juan Blasco; la de la Churra, en el barranco de Minglés, y la del Coso, en el del Espino.

Para riego de sus huertas toma las aguas del Nágima mediante una presa situada muy próxima al término de Serón, que alimenta también al denominado molino de Mengibar.

Fuentelmonje, pueblo también agricultor, que produce cereales, vino y hortalizas; tiene 588 habitantes. Para subvenir a sus necesidades cuenta con una fuente dentro del poblado y otra en su término, denominada del Carrascalejo, de escaso caudal. La primera acusa el siguiente análisis:

Cal.	0,156	grs. en litro
Magnesia.	0,076	—
Anhidrido sulfúrico.	0,042	—
Cloro.	0,063	—
Cloro expresado en cloruro sódico...	0,104	—
Grado hidrotimétrico.	50	grados

del que se deduce que son aguas duras, con grado hidroti-

métrico elevado, pero que pueden aún considerarse como potables.

Monteagudo de la Vicaría tiene 896 habitantes y los productos de sus campos son análogos a los anteriores. Por su situación, sobre una pequeña meseta, no ha podido conducir aguas hasta el interior del poblado, por no tener presión suficiente aquéllas de que dispone, habiéndose limitado a conducir hasta el pie del cerro las de una fuente situada en la parte N., junto a la vía del ferrocarril. Su caudal es escaso, y a veces insuficiente en época de estiaje, y su análisis, que indica se trata de agua potable, pero de regular calidad, es el siguiente:

Cal.	0,100	grs. en litro
Magnesia.	0,065	—
Anhídrido sulfúrico.	0,090	—
Cloro.	0,064	—
Cloro expresado en cloruro sódico.	0,105	—
Grado hidrotimétrico total.	41	grados

Cuenta con otros manantiales en su término, tales como el del Salto de la Peña, que es el más abundante de todos, en paraje de Mojadas Verdes; el de Cuesta Grande, en el Llano de las Gangas; el de la Covatica; de la Catalana, y del barranco de Cañavelilla.

Para el riego de sus huertas es el que más escasez de agua padece, tal vez por su misma situación geográfica, aguas abajo de los otros tres, sobre el Nágima, y es también el que más se ha preocupado de resolver esa angustiosa situación, para lo cual tiene actualmente en estudio un proyecto de elevación de las aguas sobrantes del río durante el invierno a un pantano construido en la parte N. del término, al pie del Cerro de los Muertos, que hoy recoge las exiguas aguas del río Regajo. El proyecto es costoso de ejecución y de sostenimiento, dados los recursos con que cuenta el vecindario.

Circula, como vemos, por los cuatro términos, y es base principal de su riqueza, el río Nágima, perteneciente a la División Hidrográfica del Ebro y afluente del Jalón, por su margen izquierda, frente a Monreal de Ariza. Antes de su confluencia pasa también por el pueblo de Pozuel de Ariza, perteneciente ya a la provincia de Zaragoza.

Tiene su origen este río en una serie de manantiales que brotan en el término de Bliccos unos y otro en el paraje denominado Valtorón, en un lugar muy próximo a la unión de los términos de Zárabes, Abión y Serón, pero perteneciente al primero de éstos. Este manantial de Valtorón, es el nacimiento del arroyo del Prado de Valtorón, que antes decíamos que atravesaba la Dehesa de Serón, en la que se encuentran también algunas fuentes de escasa importancia.

Los manantiales del término de Bliccos son varios: al SO. del pueblo, el de El Espino y Fuente Sana, y al NO., el de Portilla, dan lugar a la formación de unos arroyos que, unidos al pie del poblado, reciben ya el nombre de río Nágima. Al SE. de Bliccos, al pie del Mojón Alto, en su ladera septentrional, y en las proximidades de la Ermita de la Virgen de la Cabeza, nacen una serie de fuentes, que determinan un nivel hidrológico muy constante y aportan su caudal al Nágima, incrementándolo sensiblemente.

Como afluentes recibe ese río, por su margen derecha, las aguas de los arroyos de Velilla de los Ajos, Cañada Seca, Fuentelmonje, Valtueña, Salto de la Peña y Barranco del Reino, y por la izquierda, los de El Campillo, Prado de Valtorón, San Antón, Peñalvilla, del Gato, del Cura, de la Lordriga, del Chorrillo, de la Lola y del Manzanero, todos ellos de menor importancia que los anteriores, entre los cuales destaca, por su mayor caudal, el de Velilla de los Ajos, que nace en este término, en los denominados Caños de Borques.

La cuenca de este río queda limitada, por el N., por una

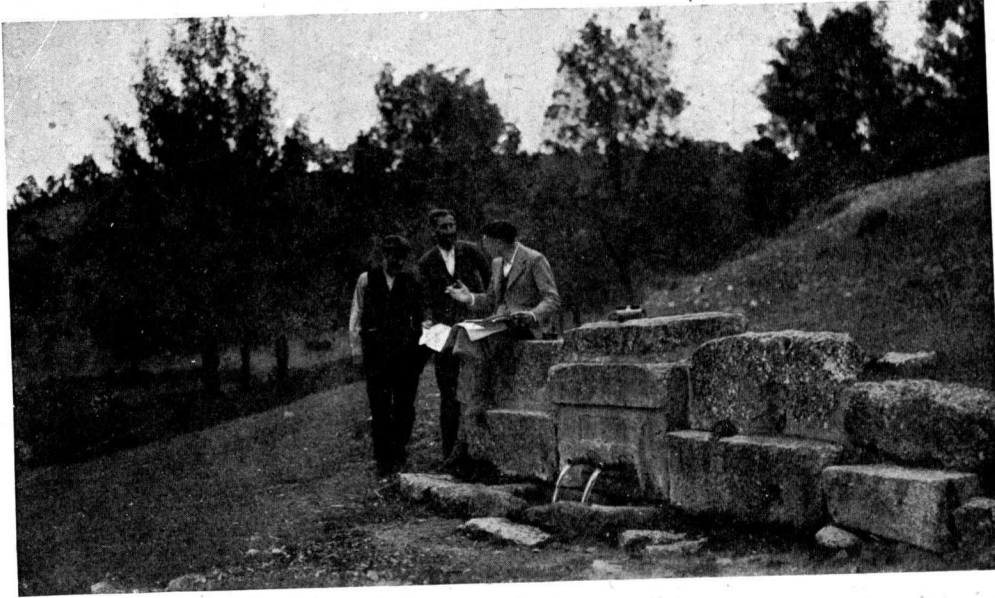


Foto 1.—Fuente de la Ermita de la Virgen de la Cabeza, en término de Bliecos.

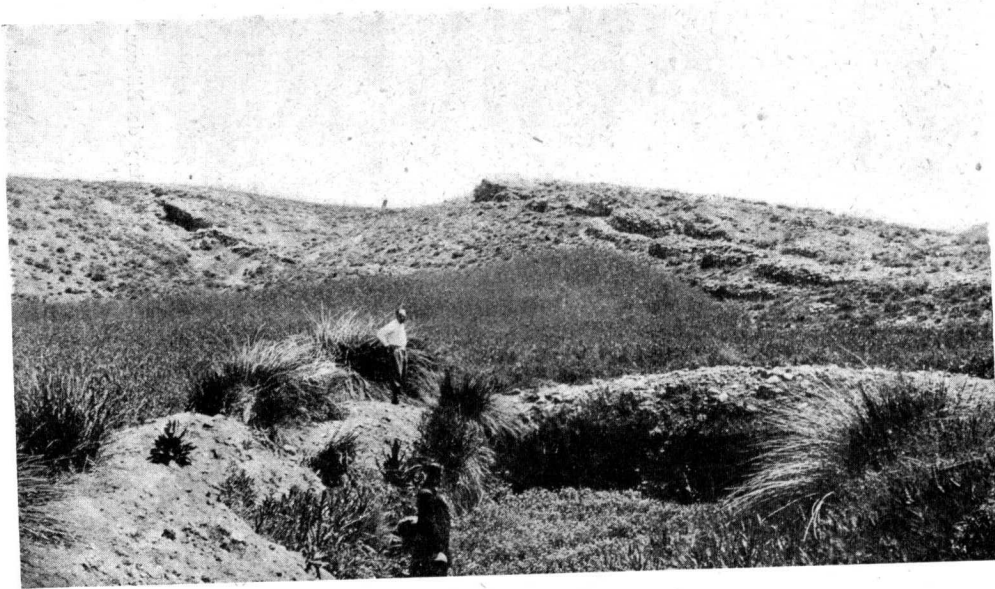


Foto 2.—Fuente de Valtorón.

NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 8

LÁM. III



Foto 3.—Fuente del Espino, en término de Bliccos.

línea de alturas tales como Peña de Granja, y otros, en término de Castil de Tierra, con cotas hasta de 1.104 metros; la de Cascante, en término de Tejado, con 1.112 metros y las del término de Abión, que llegan a 1.060 metros; línea que después de atravesar la carretera de Gómara a Serón por las proximidades del kilómetro 24, se arrumba hacia el S. por los altos de la Sierra de Zárabes. Esta línea constituye la divisoria de aguas entre el Nágima y el Rituerto, afluente del Duero; es decir, que en términos generales, es la separación entre las dos grandes cuencas del Ebro y del Duero. Análogamente sucede con el límite occidental que va por los altos del Jarandón (1.118 metros), en término de Nomparedes; los de Puntal (1.178), en el de Nolay; Cabezuela (1.171), en el de Maján; del Puerto (1.082), en el de Alentisque y de la Virgen (1.071), en el de Cabanillas, para pasar por el Alto de la Cañada y seguir, en término de Puebla de Eca y con dirección E.-O., por la Sierra de Muedo, La Magdalena y Altos de la Cabeza. En esta última parte, las aguas que discurren por la vertiente meridional son tributarias del Jalón, que también pertenece a la cuenca del Ebro.

Por la parte oriental, los límites de la cuenca del Nágima van por los altos de la Sierra de Zárabes y Mazaterón, en los términos de esos pueblos, y siguen por las Sierras de Bordalba y del Viso hacia el S., constituyendo la divisoria de aguas con el río Deza o Henar, también afluente del Jalón, y, por tanto, de la cuenca del Ebro.

Para llevar a cabo con el necesario detalle este estudio hemos tropezado con la dificultad de no disponer de planos adecuados que abarquen toda la cuenca. Del Instituto Geográfico, en escala 1 : 50.000, sólo se han publicado las hojas tituladas de Gómara y Morón de Almazán, en las cuales queda comprendida la parte N. y occidental de la cuenca, pero nada de la oriental.

Por ese mismo Centro nos han sido facilitadas las planimetrías en escala 1 : 25.000 de los cuatro términos municipales que solicitaron el informe y un plano de conjunto de la provincia de Soria en escala 1 : 200.000, análogo al Itinerario Militar, también sólo planimétrico, pero en el que se señalan las alturas de los principales pueblos y accidentes orográficos. Por ser éste el que mayores detalles presenta, es el que hemos elegido para que acompañe a este trabajo, aunque para su estudio en el campo hayamos utilizado todos los que reseñamos.

GEOLÓGIA

El insigne geólogo D. Pedro Palacios publicó, en el año 1890, una Memoria titulada *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Soria*, obra, como todas las de tan ilustre autor, en la que se revela la escrupulosidad con que llevaba a cabo sus trabajos y su conocimiento de estas materias. No dudamos que serán susceptibles de modificación alguno de los límites que señala para los diferentes terrenos y aun tal vez la clasificación establecida, que ya él hace en alguna ocasión con ciertas salvedades, pero nada tiene ello de extraño, dada la fecha en que fué publicada esa Memoria, las dificultades de todo orden con que entonces tenían que tropezar para la realización de los trabajos de campo y el avance constante y muy sensible en estos últimos años de la ciencia geológica.

La falta de planos topográficos que indicábamos hace un momento ha hecho que no hayamos dirigido nuestros trabajos hacia esa zona de nuestra región y que, por lo tanto, aun cuando con motivo de este informe hemos recorrido con gran detenimiento una extensa comarca, que rebasa muy ampliamente la cuenca cuyo estudio nos proponíamos, no nos atrevemos, por considerarnos aun sin base suficiente, a rebatir o modificar nada de cuanto establece el señor Palacios, pues no debemos perder de vista la dificultad de delimitar terrenos de constitución tan semejante, en los que la carencia de fósiles es absoluta. Además, hay que tener en cuenta que, dado el fin que nos proponemos, la posibilidad de alumbrar aguas subterráneas, lo fundamental para nosotros es el conocimiento de la estratigrafía y litología de aquellos terrenos, y en cambio tienen ya una importancia secundaria la edad que se asigne a esos sedimentos.

Por ello los representamos en el plano adjunto, tal como los clasifica y delimita el señor Palacios.

Vemos en él que la zona que actualmente nos interesa viene recubierta por estratos que atribuye a la edad terciaria en sus tres períodos Eoceno, Oligoceno y Mioceno.

El Eoceno, situado al N. de la cuenca y fuera ya de ella, se presenta, en general, apoyado sobre las calizas cenomanenses y concordante con ellas, salvo en los lugares en que se ha producido algún trastorno o falla. Se presenta muy inclinado y algunas veces hasta vertical.

Los elementos constitutivos son esencialmente detríticos; conglomerados y arcillas, como elementos predominantes; areniscas y maciños.

Hace observar el señor Palacios que a esos depósitos detríticos, cuando falta la zona numulítica y se apoyan directamente sobre el Cretáceo, se les considera como el término superior del Eoceno y se les asigna un origen lacustre, circunstancia esta última que pudiera hacer variar su clasificación. Sin embargo, al no poder establecer ninguna relación con la zona numulítica, que no existe en esta región, y tomando en consideración la marcada discordancia con los demás depósitos terciarios que se sobreponen, cree justificado el considerar a los conglomerados y capas detríticas como las últimas hiladas de la formación eocena, o sea, el tramo Parisiense.

Los conglomerados están formados por cantos de caliza cenomanense, más o menos redondeados y de tamaño muy variable, unidos por un cemento margoso generalmente y constituyendo grandes bancos. A ellos vienen asociados los maciños, que también forman a veces hiladas de gran espesor. Alternando con conglomerados y maciños se presentan las arcillas rojas y en los horizontes más elevados las areniscas. Las calizas sólo se ven en algunos parajes y en capitas muy delgadas.

El Oligoceno constituye la parte N. de la cuenca del Nágima en una mancha que se extiende por el campo de Gómara y se prolonga hacia el S. por la cuenca del Deza. Se presenta en capas inclinadas distintas mineralógicamente de las que considera como eocenas y miocenas y discordantes con ellas, esencialmente con estas últimas, pues respecto a las eocenas hace observar que, por el manto arenoso que cubre en gran parte la planicie de Gómara y por la falta de quiebras y cortes naturales en el terreno, "la discordancia entre los sedimentos oligocenos y eocenos sólo puede hacerse constar por medio de observaciones tomadas casi siempre a mayor o menor distancia de su contacto".

Está constituido el Oligoceno por conglomerados, maciños margas y calizas, con yeso en abundancia, que acompaña siempre a las margas. De estos elementos sólo encontramos los tres primeros, pues las calizas quedan ya lejos de la cuenca por N. y Levante. Las que mayor extensión recubren son las pudingas, formadas por cantos rodados de caliza, probablemente liásica o wealdense, cuyo diámetro no excede de unos seis centímetros y que deben provenir de la Sierra del Madero y cuenca alta del Rituerto.

Esos conglomerados, base del depósito, asociados a los maciños, forman bancos de algunos metros de espesor, alternando con otros no menos potentes de margas, lo que da al conjunto un espesor total que llega a los 250 metros.

Los sedimentos oligocenos se hallan afectados por una serie de pliegues en íntima relación con los movimientos post-pirenaicos, de cuyos ejes señalamos sobre el plano los cuatro que hemos determinado; con dirección aproximada NO.-SE.

El Mioceno se extiende en una gran mancha que ocupa la parte meridional de la provincia de Soria, apoyándose por el N. en el Oligoceno que acabamos de describir y el Cuaternario, prolongándose hacia Poniente por las provincias de Gua-

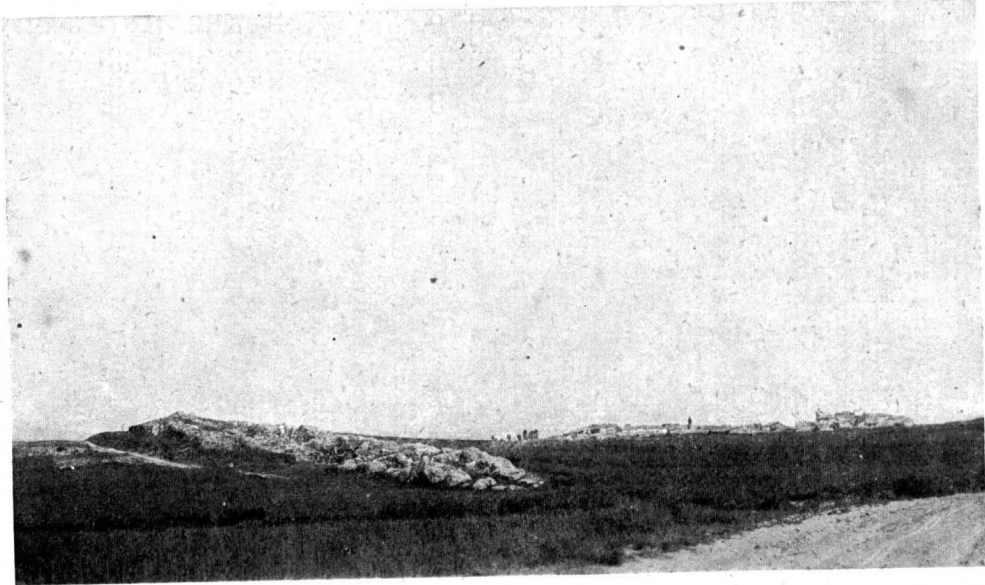


FOTO 4.—El pueblo de Aliud, sobre la rama Sur del primer sinclinal oligoceno.

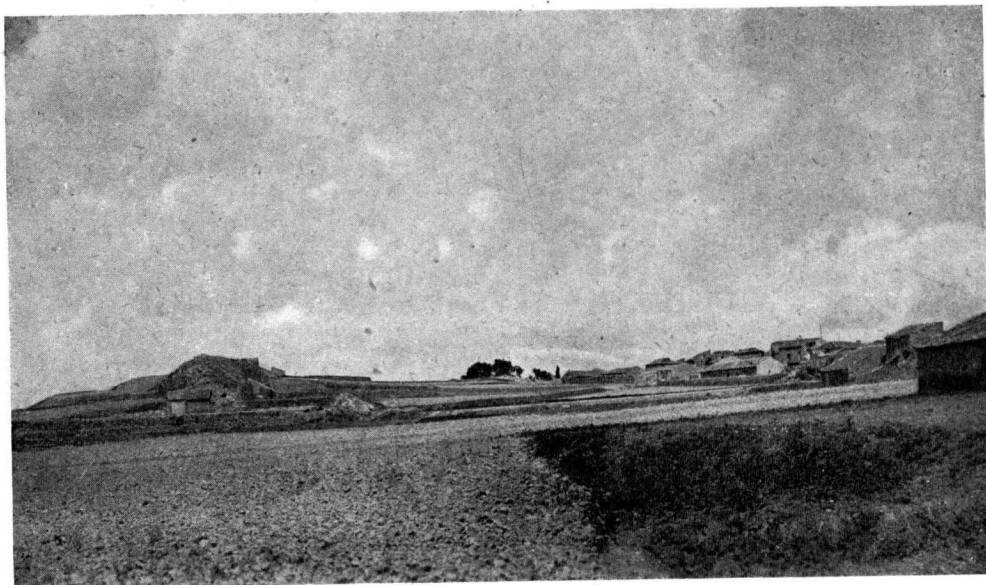


FOTO 5.—Gómara y las pudingas de la rama Sur del sinclinal oligoceno que pasa por ese pueblo.

NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 8

LÁM. VI

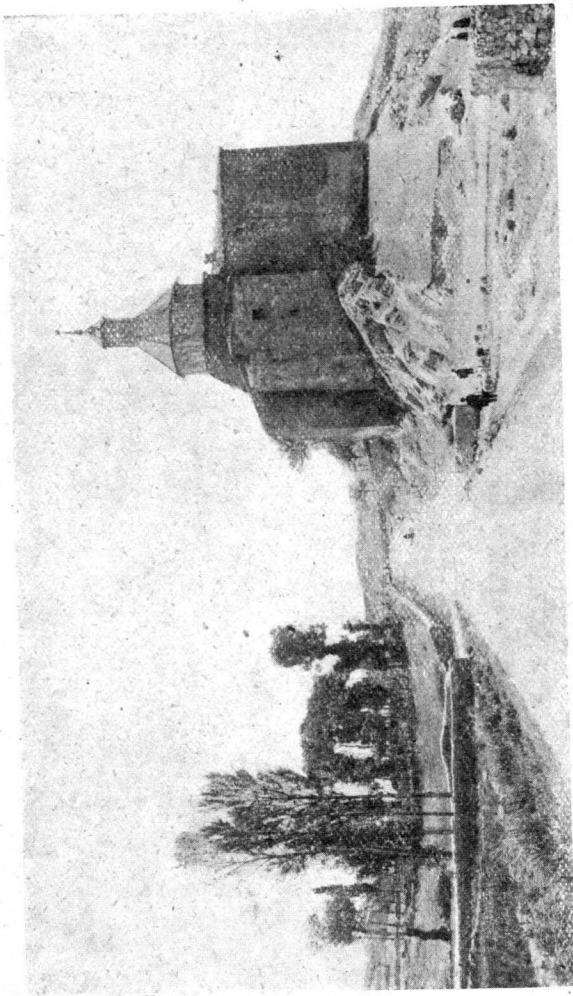


Foto 6.—Ermita de Gómara, sobre la rama Sur del sinclinal Oligoceno.

NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 8

LÁM. VII

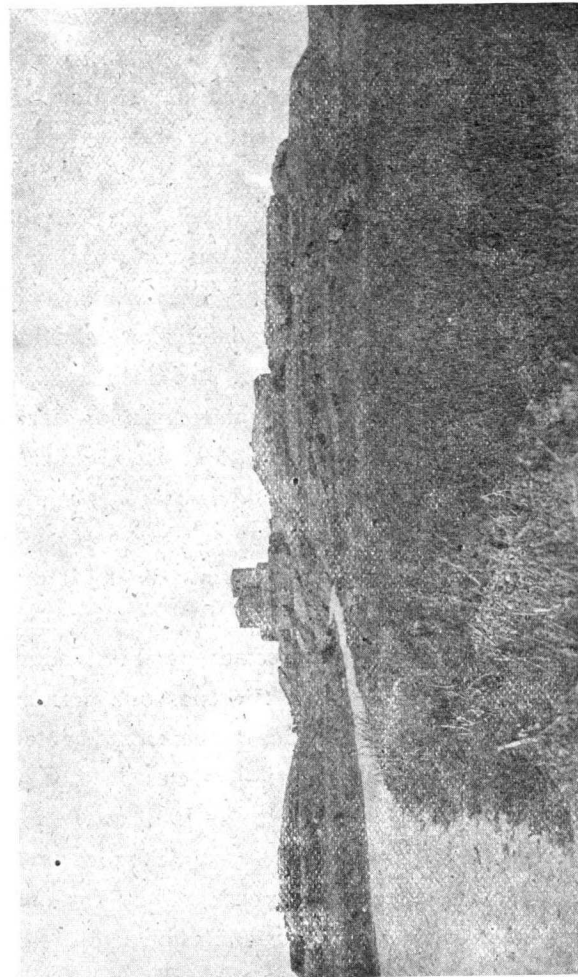


Foto 7.—Castil de Tierra. Pudingas oligocenas próximas al contacto con el Mioceno.

dalajara y Segovia; por el S. en los sedimentos secundarios: Triásico, Jurásico y Cenomanense, y por el E. en estos mismos terrenos y en el Oligoceno.

Este terreno, sensiblemente discordante con el anterior, viene también constituido en su base por una potente masa de conglomerados que forman casi por sí solos los montes de Mazaterón y de Deza en la divisoria de los ríos Nágima y Deza, y que se apoyan en la vertiente oriental de esa divisoria sobre los conglomerados oligocenos.

Las pudingas, base del Mioceno, están compuestas por cantos de caliza o arenisca, de tamaño muy variable, unidos por un cemento margoso de color rojizo y forman bancos hasta de 80 metros de espesor en los que se intercalan delgados lechos de margas. Van transformándose a medida que ascendemos en nivel estratigráfico y pasan a unos maciños, también de gran espesor, que se ven con claridad en las proximidades de Serón, al N. del poblado, formando la márgen izquierda del Nágima. Sobre ellos viene ya una serie margosa y, por fin, las calizas que se manifiestan claramente en los términos de Fuentelmonje y Monteagudo.

El movimiento alpino ha afectado también, aunque con menor intensidad, a los estratos miocenos que presentan una serie de pliegues no muy marcados y que prontamente se desdibujan hacia Levante y Poniente. Los ejes de esos pliegues, que están sensiblemente arrumbados en la dirección NO.-SE., cruzan la carretera de Gómara a Monteagudo por los kilómetros 12 y 8 los anticlinales y por los 17 y 9 los sinclinales.

En una Memoria del señor Sáenz García, profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos, publicada en mayo de 1931 en el *Boletín de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro* y que titula: "Notas acerca de la distribución estratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español", dice que en la cuenca del Duero ha reconocido un sec-

tor de cinturón oligoceno compuesto principalmente de conglomerados con fuerte buzamiento, que el primero en observarlos en Soria fué el señor Palacios, calificándolos de eocenos para distinguirlos de otra zona detrítica que llama oligocena y que, según el señor Sáenz García, deben figurar con una filiación única.

En cambio, señala la discordancia entre los elementos miocenos y paleogenos que se encuentran remontando la cuenca del Nágima y que se hace aún más patente a orillas del Deza o Henar en el barrio de las bodegas de Embid. Dice además que en este pueblo, y mejor aun en Cihuela y Deza, se apoyan en la Sierra de la Cruz unas capas terciarias más antiguas, con pedernal y otras rocas extrañas y ha creído reconocer además restos garumnenses de vertebrados y moluscos.

En el croquis que acompaña a ese trabajo figura toda la zona que nos ocupa como recubierta por conglomerados paleogenos.

Ya al principio de este capítulo hemos hecho patentes las dificultades con que tropezábamos para deslindar entre sí los terrenos terciarios, especialmente el Eoceno con el Oligoceno, dejando entrever la posibilidad de la no existencia de la diferencia de edad entre las formaciones atribuidas a uno y otro período y que el señor Palacios deslindó basándose únicamente en la distinta facies petrográfica, pues bien claramente da a entender que no ha podido observar discordancias marcadas entre una y otra. Nos inclinamos, por tanto, a seguir el punto de vista del señor Sáenz García considerándolas coetáneas, pues la diferencia litológica podría atribuirse simplemente a la distinta ubicación de los depósitos dentro del lago oligoceno y a la distinta composición de las canteras proveedoras de los materiales a los que debieron su origen.

Existen, por último, algunas pequeñas manchas cuaternarias que bordean los cursos fluviales y cuya importancia está en relación con el caudal que por ellas discurre.

LÁM. VIII

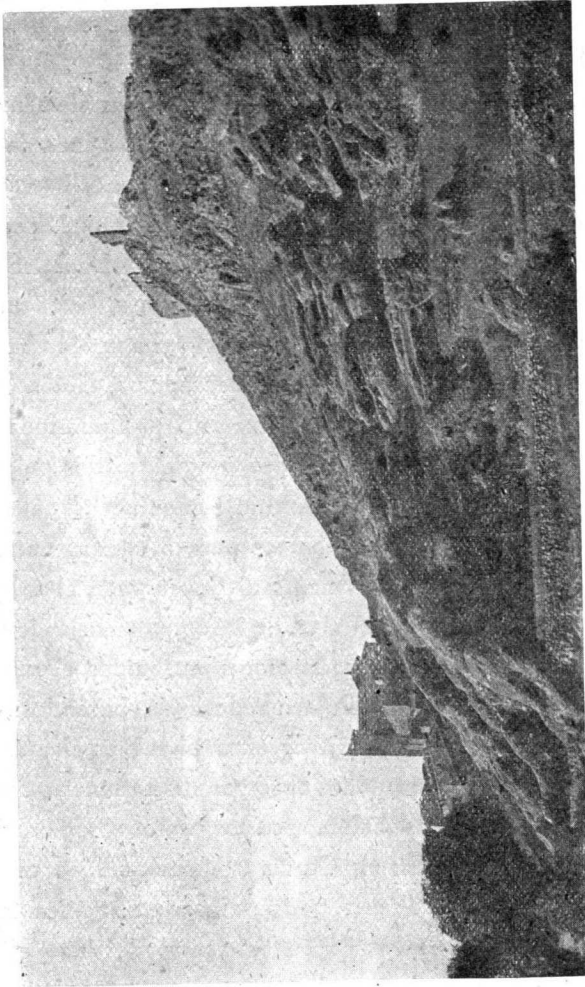


Foto 8.—Cihuela. Calizas cenomanenses que limitan la formación terciaria por Oriente.

NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 8

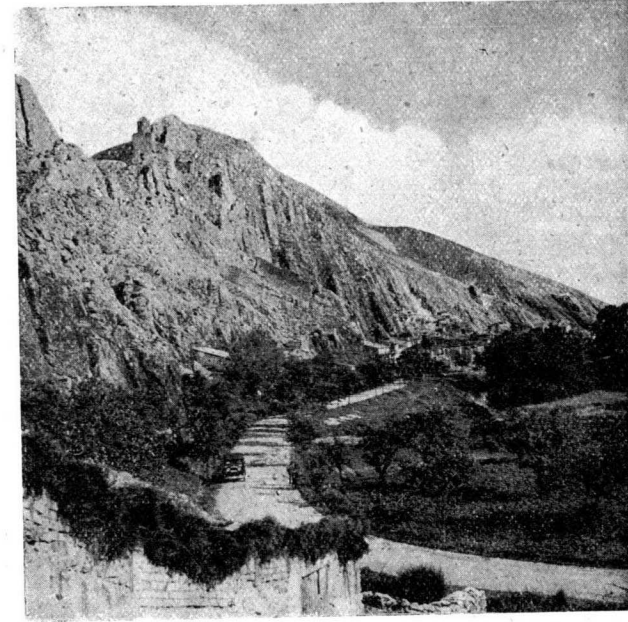


Foto 9.—Embid de Ariza. Calizas cenomanenses que limitan la formación miocena por el Este.



(8)

Foto 10.—Pliegue de las calizas cenomanenses, aguas arriba de Embid de Ariza, sobre el Deza:



FOTO 11.—Otra vista de los pliegues de las calizas cenomanenses, a orillas del Deza, en Embid de Ariza.

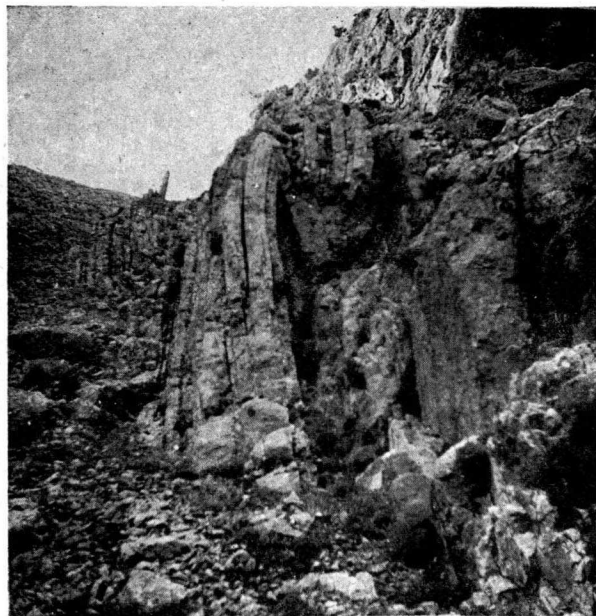


FOTO 12.—Otro pliegue de las calizas de Embid de Ariza.

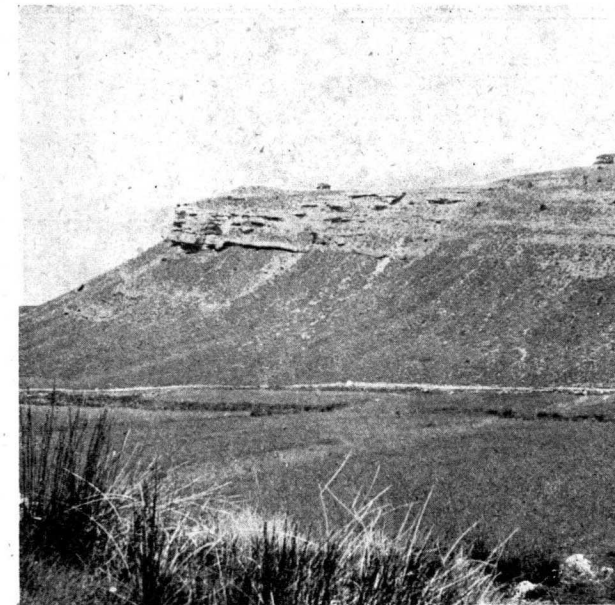


FOTO 13.—Las pudingas miocenas al Norte de la Fuente Pinilla, uno de los orígenes del Nágima, en término de Bliccos.



FOTO 14.—Aspecto del Mioceno desde los altos de Fuentelmonje.



NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 8

LÁM. XII

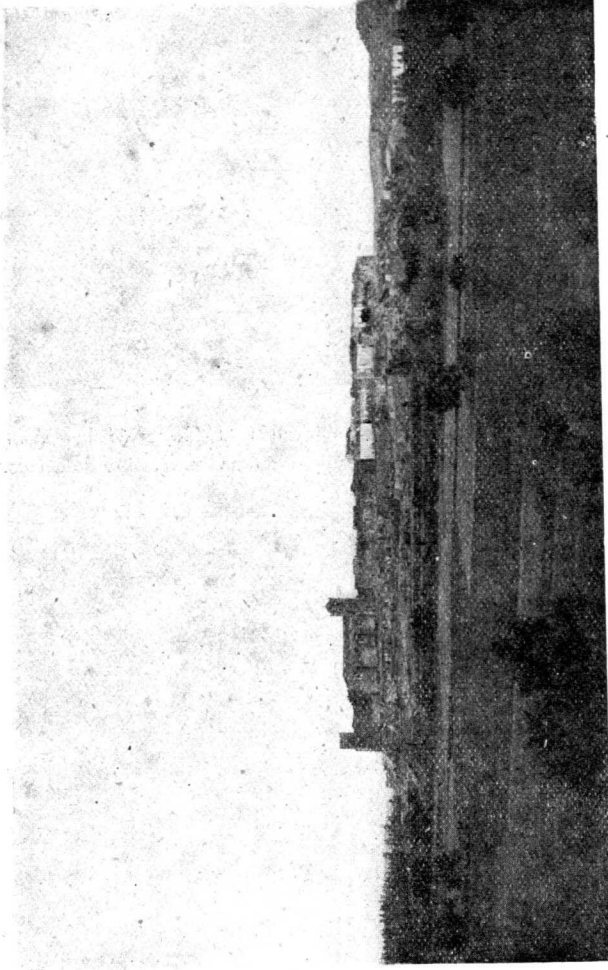


Foto 15.—Monteaquedo de la Vicaría.

NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 8

LÁM. XIII

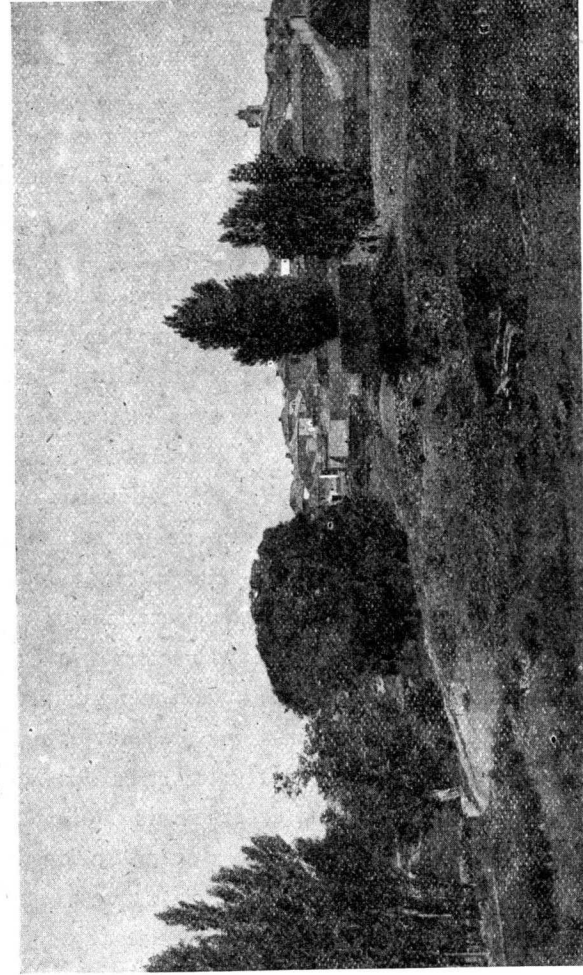


Foto 16.—Nolay, sobre las capas miocenas horizontales.

CONCLUSIONES

Datos meteorológicos

Hemos recopilado en los capítulos anteriores cuantos datos consideramos de algún interés para el estudio hidrogeológico que nos proponemos, y en su vista, veamos qué conclusiones podemos deducir que conduzcan al fin primordial de suplir en alguna forma la escasez de aguas de que disponen en la cuenca del río Nágima para el riego de sus vegas, pues ya hemos hecho resaltar en un principio que el abastecimiento de los poblados está suficientemente garantizado.

Por dos procedimientos distintos se puede llegar a ese fin: o bien por el alumbramiento de nuevos manantiales o por aumento de los ya existentes. Dentro del primero, cabe también realizarlo por medio de galerías y pozos ordinarios o investigando las condiciones de artesianismo de los mantos acuíferos que puedan existir a mayor o menor profundidad.

Para esta última solución, que suele ser, en los casos en que es posible, la más conveniente, es necesario la existencia de una capa permeable por su constitución mineralógica o apta por las grietas o resquebrajaduras que presenta para almacenar aguas, que vaya comprendida entre otras dos de menor grado de permeabilidad, que su superficie de afloramiento sea lo suficientemente extensa para que por la infiltración se forme un manto acuífero de relativa importancia y que exista la necesaria diferencia de nivel entre esa superficie de afloramiento y el lugar en que se hace la investigación, para que las aguas tengan la presión suficiente para ser surgentes, o por lo menos ascendentes, por el interior del taladro hasta una altura en la que sean fácilmente aprovechables.

El señor Palacios dice en su Memoria sobre la provincia

de Soria, que no cree en la posibilidad de la existencia de mantos artesianos en esta región, pues las capas eocenas y oligocenas están muy trastornadas y algunas veces casi verticales, y en las miocenas, aunque su disposición estratigráfica no excluye la posibilidad de su existencia y hay hiladas de arenisca bastante potentes, no se presentan en lechos continuos, sino con un desarrollo muy desigual y llegan a faltar algunas veces.

La cuenca del Nágima está enteramente recubierta por los estratos miocenos, pues sólo en su cabecera, por el N., llega hasta el límite con el Oligoceno. Prescindamos, por tanto, de lo que pueda ocurrir dentro del Eoceno, que está ya muy alejado de la zona que nos interesa, y estudiemos lo que pasa en los otros terrenos.

El Oligoceno está constituido, según hemos dicho, por potentes bancos de conglomerados y maciños alternantes, con intercalaciones de lechos delgados de margas, con predominio siempre de los primeros.

Los conglomerados no son por sí una roca permeable, pero merced a la serie de grietas y fisuras que presentan, están siempre en condiciones de almacenar una cantidad de agua considerable, y más, si como sucede en estas circunstancias, vienen interstratificados con otros lechos de permeabilidad mucho menor. Por esta razón, si viniesen afectados por pliegues amplios y regulares, sería muy indicado la perforación de un pozo artesiano en las proximidades de un eje sinclinal, con grandes probabilidades de obtener un éxito satisfactorio.

Pero hemos visto que se suceden esos pliegues con relativa frecuencia y es de suponer que lo mismo ocurre en la parte que quede recubierta por los estratos miocenos. Se formarían así una serie de pequeñas cuencas de caudal muy escaso o nulo, puesto que en la constitución de ese Mioceno superpuesto intervienen rocas prácticamente impermeables que no permitirán la infiltración de las aguas hasta la superficie re-

ceptora de dichas cuencas, aparte de que el taladro que se ejecutase, además de la dificultad de ubicarlo precisamente sobre un eje sinclinal o sus proximidades, tendría que atravesar infructuosamente, según luego veremos, todo el espesor del Mioceno.

Integran el Mioceno, según ya vimos, una serie de rocas análogas en su constitución y disposición a las del Oligoceno, en las que tampoco parece probable la existencia de mantos artesianos, pues aparte las razones que fundamentalmente expone el señor Palacios, la misma amplitud y desdibujamiento de los pliegues y la poca inclinación de los estratos harían que las aguas que por ellos circularan careciesen de la presión indispensable.

La experiencia ha venido a corroborar en parte lo que acabamos de exponer, pues en el paraje denominado Las Aceras, del término de Monteagudo de la Vicaría, se intentó por el vecino del mismo, Julián Santamaría, la ejecución de un pozo artesiano, con el que cortó a los 54 y 76 metros dos niveles acuíferos de escaso caudal y no surgentes. Al llegar a este último había agotado sus recursos económicos, suspendiendo las obras, y aunque la profundidad alcanzada es muy pequeña, tanto que seguramente no llegaría a atravesar todo el espesor del Mioceno, lo ocurrido da idea de lo que seguramente había de repetirse si hubiese continuado la perforación.

Desechada esta forma de resolver el problema, cabe recurrir al procedimiento de apertura de galerías en sitios adecuados que, convenientemente elegidos, habían de dar un resultado satisfactorio. Se puede por este procedimiento alumbrar nuevos manantiales o incrementar los ya conocidos, que es lo que parece más aconsejable, puesto que su presencia indica ya la existencia de circunstancias apropiadas, y entre ellos elegir los que con la máxima garantía de éxito puedan ser de más fácil y equitativo aprovechamiento.

Los más indicados que reúnan estas condiciones parecen ser precisamente los manantiales que dan origen al río Nágima, es decir, la fuente de Valtorón y las que hemos indicado en término de Bliccos.

La fuente de Valtorón, situada en la ladera occidental de los altos que dominan a Zárabes, es el resultado de las aguas que circulan por las pudingas miocenas, que aquí se presentan en una dirección NO.-SE. y buzando 30 grados al SO., detenidas en su curso por una de las delgadas capas margosas que se interstratifican con aquéllas y que al ser cortadas por cualquier accidente del terreno dejan brotar las aguas libremente al exterior. Si por medio de una galería dirigida normalmente a la dirección de las capas llegásemos a cortar varios de esos lechos impermeables, reuniríamos en la misma galería las aguas que en cada uno de esos niveles se hubiesen almacenado, acción que podría además ser favorecida por una serie de galerías secundarias que, partiendo de la principal, se abriesen precisamente sobre esos lechos impermeables.

Una cosa análoga sucede en los manantiales del término de Bliccos, pero con la diferencia de que aquí se presentan las capas casi horizontales por estar en el eje de uno de los pliegues sinclinales. Todos los manantiales que hemos dicho que brotan en la ladera septentrional del Mojón Alto, en las proximidades de la ermita de la Virgen de la Cabeza, lo hacen en el contacto de las pudingas con una capa margosa que es la que constituye un nivel constante. Si en cualquiera de esos manantiales emboquillásemos una galería cuya solera fuese precisamente sobre el lecho impermeable y dirigida hacia el interior de la montaña, recogeríamos indudablemente un mayor caudal de agua y, además, al darle una mayor facilidad para su salida, atraería hacia la misma galería a otros varios veneros que hoy manan en puntos próximos y cuya captación se ayudaría también con una red de galerías secundarias.

Las características de esas galerías serían las corrientes en esa clase de labores: sección suficiente para que puedan ser recorridas e inspeccionadas con facilidad, por ejemplo 1,80 de alto por 1,40 de ancho y de menores dimensiones las ramificadas; parte baja de los muros y solera perfectamente impermeabilizada con cemento, y a todo lo largo de ésta una reguera que recoja las aguas; y el resto de los muros y techo sin revestimiento alguno para facilitar la filtración, salvo en aquellos puntos que ofrezcan algún peligro de hundimiento, en los que se haría con piedra en seco.

Claro está que este mismo procedimiento podría aplicarse a cualquier otro de los manantiales que dan origen al Nágima, como al llamado fuente del Espino o a los Caños de Borques, nacimiento del arroyo de Velilla de los Ojos, uno de los principales afluentes.

Para completar este estudio, sería muy interesante dar una idea aproximada de la cantidad de agua que podría alumbrarse con las labores propuestas, pero a la dificultad de determinar con precisión lo que constituye la cuenca receptora de cada uno de los manantiales y determinar en ellos las superficies filtrantes, se une el que los datos meteorológicos, precipitaciones atmosféricas principalmente, que hemos podido proporcionarlos, son escasos e incompletos.

Para dar una idea de las condiciones climatológicas de la región, copiamos del Anuario del Servicio Meteorológico Español, correspondiente al año 1928, último publicado, algunos de los datos recogidos en el Observatorio de la capital de la provincia:

Temperatura máxima	Temperatura mínima	Oscilación máxima	Temperatura media	
36 grados	-7,4 grados	43,4 grados	12,2 grados	
Días de lluvia	Días de lluvia inapreciable	Días de nieve	Lluvia total del año	Lluvia máxima de un día, 12/7
87	23	20	480,8	39,2

En los pueblos de Serón de Nágima y Valtueña, comprendidos dentro de la cuenca del Nágima, se montaron, por la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, pequeños observatorios pluviométricos en los que los datos recogidos, incompletos, como puede verse, son los siguientes:

ESTACIONES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.	Octbre.	Novbre.	Dicbre.	AÑO
Serón de Nágima													
1929.....	4,0	81,5	32,5	35,0	26,0	2,0	2,0	20,0	46,0	32,0	40,8	48,5	368,3
1930.....	37,0	37,2	49,4	73,8	65,7	90,8	16,4	2,0	2,0	41,9	40,7	72,0	528,9
1931.....	16,6	14,4	65,3	18,3	60,5	Se dió de baja el observador.							
Valtueña													
1929.....	0,0	—	25,0	3,9	45,0	18,0	28,0	0,0	15,0	33,0	35,7	27,0	230,6
1930.....	13,0	25,0	50,0	86,0	61,0	97,0	—	—	—	43,0	37,0	52,0	464,0
1931.....	31,0	4,0	10,0	59,0	8,0	22,0	10,0	8,0	3,0	0,0	39,0	0,0	194,0
1932.....	0,0	31,0	55,0	38,0	57,0	Se dió de baja el observador.							

Ateniéndonos a ellos, ya que no disponemos de otra cosa, podemos calcular que el promedio de las aguas caídas en la comarca será de unos 355 milímetros, o lo que es lo mismo, 355 litros por metro cuadrado de superficie filtrante.

La roca que hemos considerado como más apta para el almacenamiento de agua es, según hemos dicho, las pudingas, debido a su estructura y no a su composición mineralógica. A los efectos de la infiltración, podemos comparar esta roca a las calizas poco fisuradas, en las cuales, siguiendo el cuadro que presenta el señor Darder en su obra *Investigación de aguas subterráneas para usos agrícolas*; puede calcularse que, del agua precipitada, un 65 por 100 se evapora; un 15 por 100 corre por su superficie, y el 20 por 100 es la que se filtra. Aplicando este coeficiente a la cifra que antes hemos calculado como media anual, resultará que se infiltrarán 71 litros por metro cuadrado.

La determinación de la superficie de cuenca receptora de cada uno de esos manantiales ofrece serias dificultades y únicamente se puede dar una cifra aproximada que se refiere, no sólo a las fuentes que se trata de incrementar, sino a todas aquellas que pudieran presentarse en la misma ladera en que éstas se encuentran.

Los altos de Zárabes que dominan la fuente de Valtorón, constituidos, según hemos dicho, en su casi totalidad por conglomerados miocenos arrumbados NO.-SE. y con buzamiento siempre al SO., puede calcularse que presentan una superficie útil de 3,6 kilómetros cuadrados, lo que con la cifra de infiltración de 71 litros por metro cuadrado, equivaldría a un depósito de 255.600 metros cúbicos por año, que si llegasen a alumbrarse íntegramente representarían un caudal de 29 metros cúbicos por hora.

El Mojón Alto, en cuya ladera septentrional manan los manantiales del término de Bliccos, está también constituido por elementos miocenos, pero en posición casi horizontal, más bien con un ligero buzamiento hacia el N. por encontrarse ya en la rama S. del sinclinal. En esas condiciones, la intercalación de capas margosas impermeables reduce considerablemente la superficie de infiltración utilizable que no podemos suponer superior a un kilómetro cuadrado, que a base de los 71 litros por metro cuadrado, el almacenamiento sería de unos 71.000 metros cúbicos por año, es decir, que podrían alumbrarse en total unos ocho metros cúbicos por hora.

Esta cifra, y con mucha mayor razón la anteriormente hallada para Valtorón, aun cuando se redujesen en una respetable proporción, podrían ser, sin embargo, una solución aceptable para el problema del riego en la cuenca del Nágima.

BIBLIOGRAFÍA

- ARANZAZU (J. M.): "Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara". *Bol. de la Com. del Mapa Geológico de España*. Tomo IV. 1877.
- BOTELLA (F.): "Nota sobre la alimentación y desaparición de las grandes lagunas peninsulares". *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*. Tomos XIII y XIV. 1884 y 85.
- CAREZ (L.): *Etude des terrains cretacés et tertiaires du Nord de l'Espagne*. Paris. 1881.
- CAREZ (L.): "Sur quelques points de la géologie du Nord de l'Aragon et de la Navarre". *Bol. de la Soc. Geol. de Francia*. Tomo X. Serie 4. 1910.
- DARDER PERICÁS (B.): *Investigación de aguas subterráneas para usos agrícolas*. Barcelona, 1932.
- DEPERET (Ch.) y VIDAL (L. M.): "Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña". *Mem. de la Ac. de Ciencias y Artes de Barcelona*. Tomo IV. 1906.
- DEPERET (Ch.): "Sur les bassins tertiaires de la Meseta espagnole". *Boletín de la Soc. Geol. de Francia*. Tomo VIII. Serie 4. 1908.
- EZQUIERRA DEL BAYO (J.): "Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España". *Anales de Minas*. Tomo III. 1837.
- HERNÁNDEZ PACHECO (E.): "Los cinco ríos principales de España y sus terrazas". Junta de Ampliación de Estudios. *Serie Geológica*, núm. 36. 1928.
- HERNÁNDEZ PACHECO (F.): "Fisiografía del Mioceno aragonés". *Bol. de la Soc. Española de Ciencias*. Tomo XXI. 1921.
- IMBEAUX (E.): *Essai d'Hydrogéologie*. Paris, 1930.
- MAGER (H): *Les moyens de découvrir les eaux souterraines et de les utiliser*. Paris, 1912.
- MALLADA (L): "Explicación del Mapa Geológico de España". *Mem. de la Com. del Mapa Geológico de España*. 1895-1911.

MARÍN BERTRÁN DE LIS (A.): "Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro". *Bol. del Instituto Geológico de España*. Tomo XLVII. 1926.

MARÍN BERTRÁN DE LIS (A.): "La Potasa". *Bol. del Instituto Geológico de España*. Tomo XLVIII. 1927.

PALACIOS (P.): "Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Soria". *Mem. de la Com. del Mapa Geológico de España*. 1890

ROYO GÓMEZ (J.): "Geología y paleontología del Terciario situado al Norte de Guadalajara". *Bol. de la Soc. Española de Historia Natural*. 1926

SÁENZ GARCÍA (C.): "Notas acerca de la distribución estratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español". Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro. *Servicio Geológico*. Mayo 1931.

E. HAUSER Y A. COMBA

Ingenieros de Minas

(Del Laboratorio de Combustibles de este Instituto)

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LOS ALQUITRANES PRIMARIOS DE LIGNITOS ESPAÑOLES

La destilación de los carbones a baja temperatura es conocida desde hace bastante tiempo, pudiendo citarse, en primer término, los hornos empleados en Sajonia para destilar lignitos, ideados por Rolle desde 1856, pero solamente con la gran guerra europea del año 1914 se han desarrollado con verdadera intensidad los estudios metódicos sobre este asunto, dedicándosele especial atención en Alemania, Inglaterra, Bélgica, Francia, Suiza y en los Estados Unidos.

Estos estudios comprenden, de una parte, el de la producción de alquitranes, en cantidad y calidad, y de otra, el de la transformación de aquellos de sus productos que no tienen fácil utilización en el mercado, en otro de mejor calidad. Por ello se comprende que el análisis de estos alquitranes ha de ser la base de toda investigación en este problema.

Para hacer un análisis completo de este asunto, conviene tener en cuenta que la cantidad de alquitrán primario que puede obtenerse al destilar los carbones es muy variable, según el tipo de carbón que se emplee, pudiendo formarnos una

idea de esto por los siguientes datos, tomados de un cuadro de Fischer.

C A R B Ó N	ALQUITRÁN PRIMARIO
Carbón para gas de llama larga.....	12 por 100
Lignito sajón (seco a 105 grados C.)...	24 —
Lignito renano (seco a 105 grados C.).	7,6 —
Lignito (seco a 105 grados C.).....	2,7 —

Otra causa que influye en la composición de estos alquitranes es el procedimiento empleado para destilarlos, pues según las condiciones de destilación, se pueden obtener productos diferentes.

Para fijar mejor las ideas, vamos a dar a continuación un resumen comparativo de la cantidad separada por procedimientos químicos de alquitranes procedentes de un mismo carbón (para gas de llama larga), siendo uno de estos alquitranes obtenido mediante destilación ordinaria del carbón, y el otro, por destilación con vapor de agua recalentado, agregado al final de la operación, según los datos publicados por Fischer y Glaud (véase la obra del Dr. Holde, denominada "Heules et graisses minerales").

PRODUCTOS EXTRAÍDOS	DESTILACIÓN	
	Ordinaria Alquitrán por 100	Con vapor Alquitrán por 100
Esencia de alquitrán	5,00	10,00
Aceite lampante	5,50	12,50
Aceite de limpieza de máquinas.....	1,00	—
Gas oil	8,80	—
Aceite de engrase	6,00	15,00
Parafina	0,50	1,50
Fenoles	24,00	34,46
Brea	37,00	—
Resina neutra	—	10,00
Resinas ácidas	—	10,00
Bases	—	1,00
TOTAL DETERMINADO.....	87,80	94,46

Como se ve, al destilar con el vapor recalentado, aumentan las cantidades de esencia y de aceite lampante, a expensas de los de limpieza y gas oil. El aceite de engrase mejora en calidad y cantidad. La parafina aumenta también, así como los fenoles, siendo sustituida la brea, en su mayor parte, por resinas.

A pesar de estas diferencias entre los alquitranes primarios, según del carbón de que proceden y el procedimiento de destilación, presentan varios caracteres comunes que los distingue de los alquitranes ordinarios, a saber:

1.º La densidad de los alquitranes de baja temperatura está comprendida entre 0,95 y 1,06, a 25 grados C., mientras que la de los alquitranes de elevada temperatura es 1,2 próximamente.

2.º En los alquitranes primarios, los primeros términos de la serie del benceno, naftaleno y antraceno, están prácticamente ausentes, sólo se encuentran sus homólogos.

3.º Los fenoles y sus homólogos, que según Kraemer no exceden del 2 por 100, por término medio, en los alquitranes alemanes de baja temperatura llegan a alcanzar, como hemos visto, el 34 por 100 en los de elevada temperatura, siendo muy escaso el fenol ordinario C_6H_6O .

4.º Las bases pirídicas y otras que no exceden del 0,25 por 100, en los alquitranes de elevada temperatura, alcanzan el 5 por 100 en los primarios.

5.º Las parafinas se observan claramente en los alquitranes primarios, mientras están ausentes en los ordinarios.

Los métodos para distinguir en el Laboratorio unos alquitranes de otros, se basan principalmente en la presencia o ausencia de naftalina o de parafina. Cuando la obtención de los alquitranes primarios se ha producido a una temperatura excesiva, puede encontrarse en ellos naftalina y los hidrocarburos aromáticos que generalmente faltan.

Hay que tener presente el carácter especial de los fenoles en los alquitranes a baja temperatura, para adaptarse debidamente los procedimientos de análisis que deben emplearse.

En efecto, no puede olvidarse al tratar de evaluar la cantidad de productos obtenidos en la destilación, que los fenoles polivalentes, que se encuentran en esta clase de alquitranes, son bastante solubles en agua. El químico Gilbert Th. Morgan cita, al efecto, el resultado de una destilación con vapor de agua recalentado, en la que las aguas de destilación y calefacción contenían por mil litros 1,5 kilos de fenol ordinario, y un kilo de pirocatequina, con pequeñas cantidades de orto y paracresoles, así como homopirocatequina, isohomopirocatequina, resorcina e hidroquinona, además de bases, ácidos alifáticos y ácidos resínicos. Si la concentración de estos productos la referimos al volumen del agua producida en la destilación del carbón, entonces resulta ser unas cinco veces mayor, es decir, 1,5 por 100, siendo lo normal 0,3 por 100.

En cuanto a los fenoles superiores de dichos alquitranes, diremos que para obtener su identificación ha sido necesario compararlos con compuestos similares obtenidos por síntesis, comprobándose así la existencia de un trimetilfenol y tres metiltilfenoles poco conocidos. Lo mismo ocurre con los homólogos superiores de las series del naftaleno y antraceno.

Para aclarar mejor lo que decimos, vamos a resumir en el siguiente cuadro las principales características de algunos fenoles.

FENOLES MONOVALENTES

NOMBRES	FÓRMULA	Temp. ^a fusión Grados C.	Temp. ^a ebullición Grados C.	P. E. a 4 gra- dos C.	Solubilidad a 100 grados de agua
Fenol ordinario (C ₆ H ₆ O).....		42,0	184,6	1,071	7,95 a 15 grados.
o-Cresol..... (C ₇ H ₈ O) (1-2)...		32,0	188,5	1,051	2,70 a 20 —
p-Cresol..... — (1-4)...		36,5	199,0	1,039	2,00 a 8,7 —
Xylenol (Xenol). (C ₈ H ₁₀ O)					
o-Xenol..... — (1-2-4).		65,0	222,0	—	algo soluble.
— — (1-2-3).		73,0	212,5	—	poco soluble.
m-Xenol I. — (1-2-3).		74,5	211,5	1,036	poco soluble.
— II..... — (1-3-4).		25,0	209,0	—	poco soluble.
— III..... — (1-3-5).		63,0	218,0	—	poco soluble.
p-Xenol..... — (1-3-4).		75,0	208,5	0,971	
Mesitol..... (C ₉ H ₁₂ O).....		69,0	220,0		
Seudocumenol. —		72,0	235,0		
Timol (C ₁₀ H ₁₄ O).....		51,5	231,8	0,969	
x-Naftol..... (C ₁₀ H ₈ O).....		95,0	279,0	1,224	poco soluble.
b-Naftol..... —		122,5	186,0	1,217	0,105 a 20 grados.

FENOLES POLIVALENTES

Pirocatequina. . (C ₆ H ₆ O ₂) (1-2)..	104,0	245,0	1,344	45,5 a 20 grados.
Resorcina..... — (1-3)..	118,0	277,0	1,285	103,0 a 20 —
Pirgallol..... (C ₆ H ₆ O ₃) (1-2)..	132,0	293,0	1,453	61,0 en frío.
Hidroquinona.. (C ₆ H ₄ O) (1-4)..	112,0	285,0	1,332	5,9 —

El carácter especial de la alterabilidad de dichos alquitranes depende de la temperatura, pues no es posible calentarlos más allá de 140 grados sin descomposición sensible, mientras que los petróleos naturales resisten generalmente sin descomponerse hasta cerca de 300 grados; esto hace que los métodos de análisis que hayan de emplearse para reconocerlos se basen principalmente en la acción de disolventes o de reactivos químicos para separarlos en grupos, en cada uno de los cuales puede luego recurrirse a la destilación a baja presión, para separar entre sí sustancias cuya principal diferencia estriba en su distinto punto de ebullición. De no proceder así, aumentarían las pérdidas en el análisis, y el porcentaje de la brea obtenida disminuiría.

Antes de seguir más adelante, debemos decir que los alquitranes producidos en el "cracking" de los pretróleos, se asemejan bastante a los de baja temperatura, que aquí estudiaremos, por sus principales componentes.

Métodos generales de análisis

Para que nos sirva de orientación en la marcha a seguir, vamos a describir el método clásico que se emplea para determinar la composición de los alquitranes de los lignitos, el cual se halla descrito con todo detalle en la obra antes mencionada de Holde, el cual admite diversas variantes, una de las cuales es la siguiente:

La primera fase del tratamiento consiste en diluir los alquitranes, si se considera necesario por su poca fluidez, en un líquido que disuelva la mayor parte del alquitrán, o mejor dicho, de los componentes del mismo, para lo cual se emplea el éter sulfúrico o el benceno.

Luego se hacen tratamientos sucesivos con soluciones de concentración conveniente, de carbonato sódico, sosa cáustica, y ácidos diluïdos, con lo que se obtienen los siguientes grupos:

- 1.º Sustancias insolubles en los disolventes.
- 2.º Sustancias solubles en la disolución de carbonato sódico (ácidos carboxílicos).
- 3.º Sustancias solubles en sosa cáustica, pero no en la disolución de carbonato sódico (fenoles).
- 4.º Sustancias solubles en las disoluciones ácidas (bases).
- 5.º Sustancias insolubles en las disoluciones alcalinas o ácidas (aceites neutros).

Desde luego, Holde señala la necesidad de emplear disoluciones de sosa cáustica de no mayor concentración que el 5 por 100, para evitar la formación de emulsiones, lo cual, para

los alquitranes ricos en fenoles, implica numerosos tratamientos y reunir un gran volumen de líquido.

Estos estudios fueron continuados por los químicos ingleses Brittain, Rowe y Sinnat, quienes operando sobre alquitranes de baja temperatura, procedentes de la destilación de hullas inglesas en hornos industriales, realizaron en 1925 el análisis inmediato del alquitrán reunido de las distintas fases de la operación, considerados como una sola muestra (aparte de las aguas).

Dichos químicos observaron que si la disolución del alquitrán en el éter sulfúrico era suficiente, es decir, al menos de volumen a volumen, las sustancias precipitadas contenían materias que contribuían a la formación de emulsiones, y, en consecuencia, pudieron elevar al 10 por 100 la concentración de las lejías alcalinas para la extracción de los fenoles. Además observaron que estos fenoles disolvían una materia semejante a la que se precipitó al diluir el alquitrán en éter, la cual se precipitaba al diluir los productos de alquitrán en el éter y separar los fenoles.

Esos químicos hacen notar también la existencia de precipitados grumosos al disolver los fenoles en éter sulfúrico, e igualmente al hacer la separación de las bases.

En los Estados Unidos, en los años 1927 al 1929, fueron realizados estudios sobre análisis de los productos obtenidos en la destilación del carbón a baja temperatura, por el Bureau of Mines, el Carnegie Institute of Technology y la National Coal Association, los cuales fueron hechos por el químico R. L. Brown y sus colaboradores, siguiendo el método iniciado por los químicos ingleses antes citados, pero aplicándolos no al alquitrán como un solo producto, sino separadamente al obtenido en tres períodos de la destilación, cuyos resultados concuerdan bastante bien con los de los químicos ingleses.

Los trabajos realizados en el Laboratorio de Investigacio-



nes Químicas de Teddington, por el profesor G. T. Morgan y sus auxiliares, desde 1926, en colaboración más tarde con la Fuel Research Station, han conducido a resultados muy interesantes, como veremos a continuación.

Al tratar sucesivamente por los reactivos antes indicados los alquitranes, se observa, al efectuarse la separación de cada grupo, la aparición de un precipitado grumoso que parecía hallarse combinado con los cuerpos separados, puesto que aparecen al extraer aquéllos. Por la naturaleza resinosa de estos compuestos, han llegado a considerarse los alquitranes que estudiamos como formados de dos clases de constituyentes: los *crystaloides*, de que antes hablamos, y los *resinoides*, a que ahora nos referimos, de manera que la clasificación que antes indicamos, se desdobra de la siguiente forma:

CRISTALOIDES	RESINOIDES
1.º Insolubles.	Insolubles. !
2.º Ácidos carboxílicos.	Ácidos resínicos.
3.º Fenoles.	Resinóles.
4.º Bases (pirídicas, etc.)	Resinaminas.
5.º Aceites neutros.	Resinénos.

El carácter de la poca volatilidad de los resinoides, que no destilan en el vacío, nos hace suponer que sólo han podido destilar con los cristaloides, por formar con éstos combinaciones. Su proporción representa del 20 al 25 por 100 del alquitrán. Aparte de otras aplicaciones de estos resinoides, por hidrogenación en caliente y bajo presión, con catalizadores, puede obtenerse alrededor del 60 por 100 de su peso en aceites volátiles.

Trabajos realizados en nuestro Laboratorio

En el año 1935, el Instituto Geológico y Minero de España, organizó el LABORATORIO DE COMBUSTIBLES, habiendo inaugurado nuestras tareas con la destilación de un

lignito de la cuenca de Ariño (Teruel), con el fin de determinar la composición de sus alquitranes, labor que quedó interrumpida al comienzo del Glorioso Alzamiento Nacional.

Para la realización de este trabajo, aplicamos los métodos antes expuestos para el análisis de los alquitranes procedentes de la destilación lenta (hasta 550 grados), en un horno rotatorio tipo Fisher, calentado por gas, con inyección de vapor de agua al final de la operación.

El carbón tratado fué sometido primeramente a un análisis inmediato, realizado en el Laboratorio Químico de este Instituto, que dirige el profesor de la Escuela de Minas, don Laureano Menéndez Puget, cuyo análisis dió el siguiente resultado:

Humedad	12,55 por 100
Materias volátiles	34,15 —
Carbono fijo	40,10 —
Cenizas	13,20 —
TOTAL	100,00 por 100
Azufre total	8,66 —

Por la destilación lenta se obtuvieron 7,3 por 100 de alquitranes, de los cuales corresponde un 4,1 por 100 a los alquitranes ligeros, y un 3,2 por 100 a los alquitranes pesados, cuyos resultados de análisis exponemos a continuación.

Análisis inmediato de los alquitranes pesados

Los primeros resultados (que sólo pueden considerarse como aproximados), de análisis inmediato de los *alquitranes pesados* (con polvos), obtenidos de esta destilación, fueron los siguientes:

Peso total del *alquitrán pesado* (después de secarlo): 79,530 gramos.

Este alquitrán fué primeramente filtrado, habiéndose obtenido los siguientes productos:

Un residuo pulverulento insoluble en éter sulfúrico y en alcohol-benceno, cuyo peso fué de.....	24,5735 gramos
Y una parte soluble en alcohol-benceno, cuyo peso fué de	1,4470 —
Siendo separado, por lo tanto, un peso total de.....	26,0205 gramos
Peso del alquitrán pesado (sin polvos) disuelto en éter.	53,3295 —

(1) TRATAMIENTO POR CO_3Na_2 AL 10 POR 100.

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES Peso parcial Gramos	RESINOIDES Peso parcial Gramos	Pesos parciales y totales Gramos
Acidos carboxílicos (con fenoles polivalentes y ácidos sulfónicos), solubles en éter sulfúrico	0,6820		0,6820
Acidos resínicos solubles en alcohol	0,0000	0,4050	0,4050
Residuo insoluble	0,0000	0,8735	0,8735
Peso total disuelto carbonato sódico.....			1,9605

(2) TRATAMIENTO POR SOSA CÁUSTICA.

En vista de que, no obstante haber tratado dos veces por sosa cáustica al 5 por 100 se producían muchos grumos que impedían hacer una separación clara, se lavó el líquido una vez por agua, y se evaporó el éter sulfúrico de la disolución, tratando el residuo por 200 centímetros cúbicos de esencia de petróleo (30-50 grados), para unos 50 centímetros cúbicos de alquitranes.

El precipitado de asfaltos se trató como más adelante se indica, y los fenoles brutos se separaron de los resínicos con una disolución de sosa cáustica al 10 por 100, saturada de cloruro de sodio.

Continuándose después la operación con el líquido obte-

nido, por lavados sucesivos de sosa cáustica, en el cual se evaporó la esencia de petróleo, y se volvió a disolver el alquitrán restante en éter sulfúrico, obteniéndose los siguientes productos:

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES Peso parcial Gramos	RESINOIDES Peso parcial Gramos	Pesos parciales y totales Gramos
Fenoles solubles en éter sulfúrico	5,7000		5,7000
Resínoles solubles en alcohol...	0,0000	1,4825	1,4825
Resínoles (en parte asfálticos) que requieren una mezcla de alcohol-benceno para disolverlos	0,0000	0,1040	0,1040
Acidos sulfónicos solubles en agua (precipitados por el ClNa)	10,3090	0,0000	10,3090
Resínicos solubles en alcohol-benzol (precipitados por el ClNa)	0,0000	1,5500	1,5500
Resínicos solubles en alcohol (precipitados por el ClNa)	0,0000	2,2800	2,2800
Resínicos solubles en una parte de alcohol y dos partes de xileno (precipitados por el ClNa).....	0,0000	0,1700	0,1700
Residuo insoluble (precipitado por el ClNa).....	0,0000	2,1040	2,1040
Peso total disuelto por la sosa cáustica.....			23,6995

(3) TRATAMIENTO POR ESENCIA DE PETRÓLEO.

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES Peso parcial Gramos	RESINOIDES Peso parcial Gramos	Pesos parciales y totales Gramos
Fenoles y resínoles precipitados por el ClNa	0,9680	0,0000	0,9680
Resínoles solubles en alcohol.	0,0000	1,6550	1,6550
Resínicos solubles en benceno.	0,0000	1,4810	1,4810
Residuo insoluble.....	0,0000	0,0578	0,0578
Peso total precipitado por la esencia de petróleo.....			4,1618

(4) TRATAMIENTO POR ÁCIDO CLORHÍDRICO.

Neutralizados los alquitranes disueltos en éter, después de sometidos a los tratamientos (1) y (2), con ácido clorhídrico se obtiene:

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES	RESINOIDES	Pesos parciales y totales Gramos
	Peso parcial Gramos	Peso parcial Gramos	
Piridinas	0,4950	0,0000	0,4950
Peso total precipitado por el ácido clorhídrico.....			0,4950

(5) TRATAMIENTO POR ENFRIAMIENTO DE LAS PARAFINAS Y ACEITES NEUTROS.

Después de los tratamientos antes descritos, el residuo obtenido, disuelto en éter, se destila para evaporar éste, quitándole el agua que pueda tener, y se enfría, primeramente en una mezcla de agua y hielo a 0 grados C., y después en una mezcla de hielo y sal común a — 20 grados C., obteniéndose así los siguientes productos:

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES	RESINOIDES	Pesos parciales y totales Gramos
	Peso parcial Gramos	Peso parcial Gramos	
Parafinas sacadas de los aceites neutros a 0 grados C...	11,0440	0,0000	11,0440
Parafinas sacadas de los aceites neutros a — 20 grados C.	0,6590	0,0000	0,6590
Asfaltos de parafinas brutas.	0,0000	0,5630	0,5630
Residuos parafínicos	0,0000	0,0470	0,0470
Peso total precipitado por enfriamiento hasta — 20 grados			12,3130

(6) ACEITES NEUTROS.

El líquido obtenido con estos tratamientos, después de haberlo secado y evaporado bien el éter, contiene el siguiente producto:

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES	RESINOIDES	Pesos parciales y totales Gramos
	Peso parcial Gramos	Peso parcial Gramos	
Aceites neutros.....	13,2200	0,0000	13,2200
Peso total de aceites neutros.....			13,2200

RESUMEN

PESO DEL ALQUITRÁN PESADO (sin polvo) disuelto

en éter 53,3255

PRODUCTOS OBTENIDOS	PESO POR 100	PESO EN 53,3295	PESO TOTAL Gramos
		Gramos	
(1) Tratamiento por CO_3Na_2	3,67	1,9605	
(2) Tratamiento por sosa cáustica:			
Fenoles	10,68	5,7000	
Otros productos	33,75	17,9990	
(3) Tratamiento por esencia de petróleo.....	7,84	4,1618	
(4) Tratamiento por ácido clorhídrico (piridinas)	0,92	0,4950	
(5) Tratamiento por enfriamiento (parafinas).....	23,08	12,3130	
(6) Aceites neutros	24,78	13,2200	
TOTAL.....	104,72	55,8493	55,8493
Diferencia de peso (por exceso) por oxidación y sales alcalinas de los reactivos...	4,72		2,5198

Análisis inmediato de los alquitranes ligeros

En cuanto al análisis inmediato hecho con los *alquitranes ligeros*, en el que se ha seguido el mismo procedimiento antes indicado, podemos consignar el siguiente resultado:

PRODUCTOS OBTENIDOS	CRISTALOIDES	RESINOIDES	Pesos parciales y totales Por 100
	Peso parcial Por 100	Peso parcial Por 100	
Insolubles en éter sulfúrico...	0,000	0,210	0,210
Acidos carboxílicos.....	0,273	0,000	0,273
Acidos resinoicos solubles en alcohol	0,000	0,181	0,181
Acidos resinoicos insolubles en alcohol	0,000	0,429	0,429
Fenoles y resinolés (en los que no se efectuó su separación).	15,743	0,000	15,743
Piridinas, anilinas, etc.....	1,053	0,000	1,053
Resinaminas	0,000	0,094	0,094
Aceites neutros	59,214	0,000	59,214
Resineros solubles en éter y en fenato sódico.....	0,000	14,893	14,893
Resineros insolubles en éter y fenato sódico	0,000	2,940	2,940
No determinados y pérdidas...	4,970	0,000	4,970
TOTAL.....	81,253	18,747	100,000

Siendo el resultado de este análisis más impreciso y, probablemente, menos exacto que el de los alquitranes pesados, debido a ser el primero que hemos efectuado, después de varios tanteos, habiéndonos servido éste como de aprendizaje para resolver cuantas dudas se nos presentaron y perfeccionar los métodos de análisis, que posteriormente hemos aplicado al de los alquitranes pesados.

A. DE ALVARADO Y J. CANTOS

NOTAS REFERENTES A INVESTIGACIONES PETROLÍFERAS EN ESPAÑA Y ALGUNOS OTROS PAÍSES

Alemania (1)

Desarrollo económico de la Minería petrolífera

Al programa de sondeos del Estado alemán, al hecho de hacerse cargo de las actividades geofísicas y a la formación del Instituto Hannover de Geología petrolífera, hay que añadir otros hechos fundamentales, como son: la legislación sobre petróleos, las gigantescas inversiones de capital que las Casas alemanas han hecho en material para sondeos y el entusiasmo que las firmas petrolíferas han puesto en la realización del plan del Gobierno.

Con todo eso se ha pasado de las discusiones académicas al terreno de la realización práctica. Siendo ello el resultado de la ejemplar colaboración de las fuerzas técnicas con las intelectuales y con las de índole práctica.

La producción se elevó de

230.000 toneladas en 1932 a	
240.000	— 1933
315.000	— 1934
430.000	— 1935

(1) *Jahrbuch der deutschen Mineralölwirtschaft, 1939-1940*. K.-H. von Thümen.—Biblioteca Alto Estado Mayor.

En 1935 se abrieron cinco nuevos campos de petróleo: Forsts (Baden), Mölme, Gifhorn, Heide (Holstein) y Fallstein, cerca de Halberstadt.

Ejecución del plan cuatrienal

Aunque la producción no se elevó de 1936 a 1937 más que de 430.000 a 455.000 toneladas, sin embargo se *descubrieron nueve yacimientos petrolíferos*, de los cuales algunos han de tener un espléndido porvenir.

Son los de Steimbke, Broistedt, Adolfs, Glück, Sottorf, Tegernsee, Eicklingen-Sandlingen, Reitbrook, Worms y Meckelfeld.

En 1939 es ya sensible el resultado de todos esos enormes esfuerzos, elevándose la producción en la antigua Alemania a 647.000 toneladas y en la Marca Alemana del Este (Austria) a 110.000 toneladas.

Esperanzas para el futuro

Aunque la elevación de 230.000 toneladas en 1932 hasta más de 600.000 en 1938, indica un gran progreso, no da, sin embargo, una idea exacta de las posibilidades que hay para el porvenir. Con los hallazgos de petróleo que se han hecho estos últimos años se han creado reservas para un futuro próximo y, además, las refinerías se van a reorganizar, teniendo en cuenta que el abastecimiento de las industrias esté asegurado por mucho tiempo.

Sobre los campos petrolíferos alemanes hagamos notar tan sólo lo siguiente:

1.º Yacimientos ya abiertos.

Al lado de los conocidos de Nienhagen, Wietze, Olheim y Oberg, merecen citarse:

a) Reitbrook, donde hay diez sondeos abiertos, produciendo el primer sondeo 150 toneladas al día.

b) Heide (Holstein). Los sondeos que hasta ahora se han practicado han dado el resultado apetecido.

c) Los yacimientos de Eisklingen-Sandlingen como continuación de Nienhagen.

d) Gifhorn y Mölme.

2.º Estructuras que se han investigado y ya son conocidas.

En Hannover se han registrado 68 estructuras, que dan rendimiento, por medio de sondeos de *investigación*.

3.º Yacimientos petrolíferos en Austria (Marca del Este).

Han aumentado las esperanzas con la incorporación de Austria a la patria alemana.

Al lado de los campos petrolíferos de Zisterdorf se han abierto *dos nuevos en Austria*, existiendo ya una línea petrolífera (Ollinie) de nueve kilómetros con 12 ó 14 yacimientos.

Pero también en Austria hay en proyecto una serie de sondeos en otros lugares, que nos permiten abrigar grandes esperanzas. Como conclusión, demos algunas cifras definitivas.

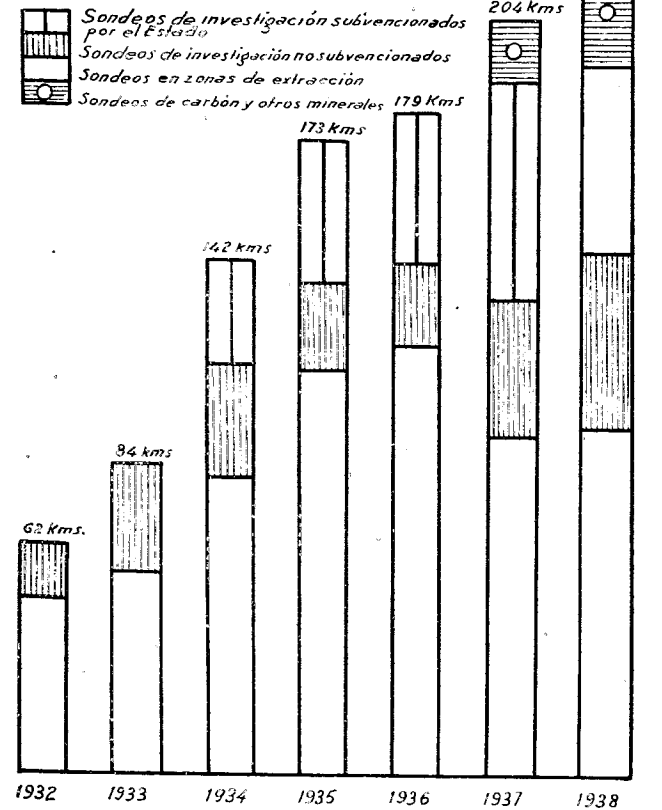
El gráfico número 1 nos muestra la elevación que se ha realizado en el número de metros sondeados los últimos años.

En los últimos cuatro años se han practicado un 50 por 100 aproximadamente de los metros anuales de sondeo en sondeos de *investigación*; de estos sondeos las *dos terceras partes recibieron apoyo del Estado*.

La producción ha aumentado en un 2,61 por 100, mientras que el número de metros de sondeo se ha multiplicado por 3,10, lo que demuestra que se puede aumentar la producción petrolífera alemana intensificando los sondeos.

La industria petrolífera ha tenido esto en cuenta al hacer pedidos de un gran número de complicadísimos aparatos de sondeo. Mientras que en la actualidad hay 140 instalaciones de

METROS ANUALES DE SONDEOS



AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PETROLEO EN ALEMANIA.

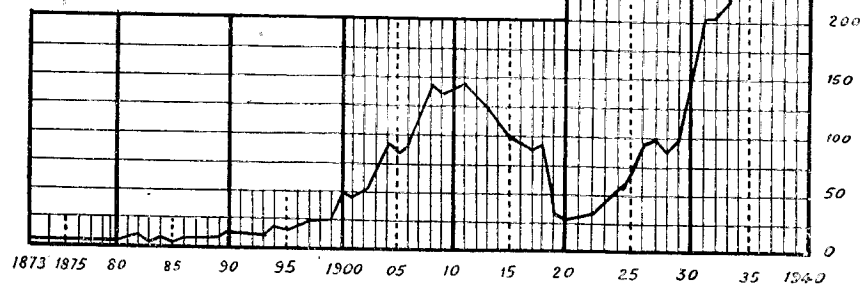


Gráfico núm. 1

sondeos de investigación, en 1939 se montaron unas 170 para aumentar la extracción de petróleo.

Por lo demás, pone de manifiesto la decadencia de la producción alemana hasta el fin de la gran guerra, reflejando la curva las luchas posteriores de la industria petrolífera por su existencia y su desarrollo.

4.º La producción total de Alemania, incluyendo septiembre de 1938, se eleva a 5,05 millones de toneladas, de las que se extrajeron de 1873 a 1932, es decir, en sesenta y un años, 2,65 millones de toneladas, es decir, el 53 por 100; mientras que desde el advenimiento del Führer al Poder en 1933 hasta 1938 (cinco años y nueve meses) se extrajeron 2,40 millones de toneladas, es decir, que en los últimos cinco años y nueve meses se ha obtenido casi la misma cantidad que en sesenta y un años anteriores.

5.º En Alemania, como en todos los países, puede aumentarse la velocidad de sondeo. Mientras que en 1930 se necesitaban doscientos días para hacer un sondeo de 900 metros aproximadamente, en la actualidad se realizan sondeos de 1.000 a 1.200 metros de profundidad en veinticinco días.

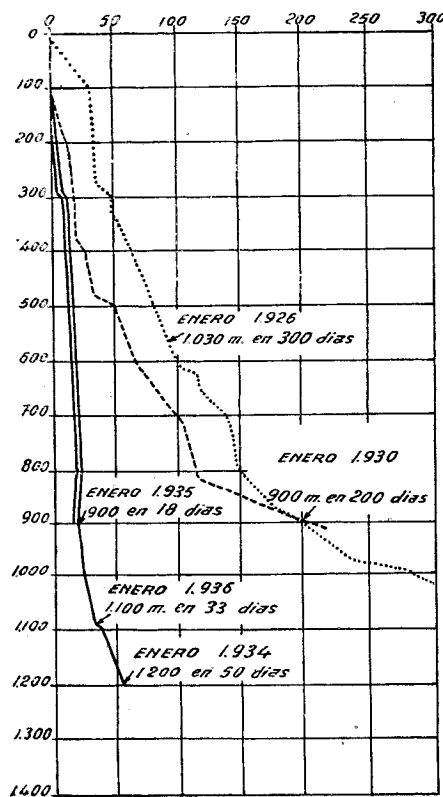
6.º En 1937 se hizo el sondeo más profundo de toda Alemania (gráfico), que fué el 10 de Wienhausen, a 3.400 metros. En 1938 el sondeo 14 de Holstein "batió el record", con 3.818 metros. Con esto alcanza Alemania el sondeo de mayor profundidad del mundo, si se exceptúa los Estados Unidos. (Un sondeo de California llegó a los 4.573 metros y otros se acercan a 5.000.)

Tales sondeos ponen de manifiesto que el personal está capacitado para esta clase de trabajos tan difíciles y, además, nos demuestra la buena calidad de los aparatos de sondeo alemanes.

7.º El paso del sondeo primitivo de percusión y sistema de Raky, al sondeo rotatorio, representa un considerable

- SONDEOS -
PETROLIFEROS

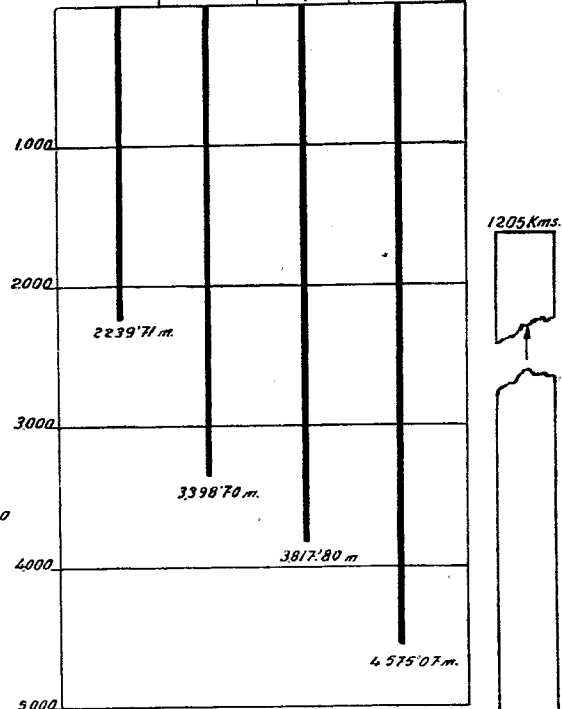
- PROGRESOS -
- EN LA VELOCIDAD DE -
- PERFORACION -



MAXIMA PROFUNDIDAD DE SONDEOS EN

ALEMANIA

CSUCHOW SILEZIA SUPERIOR
ELWERTH-WIENHAUSEN 10
D. P. A. O. HOLSTEIN 14
El sondeo más profundo del mundo CALIFORNIA 1939 - AMERICA -



- SONDEOS -
- DE -
- INVESTIGACION -

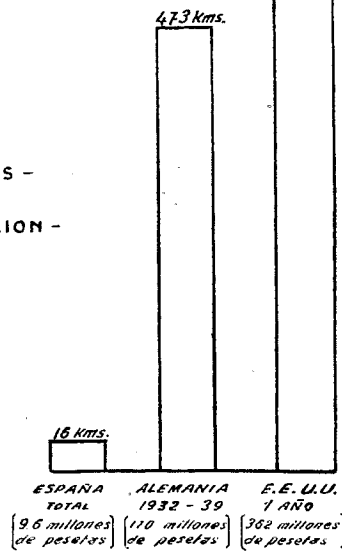


Gráfico núm. 2

ahorro de material de entubado, que llega a un 40 por 100, si se tienen en cuenta todas las circunstancias. Hoy se emplea el sondeo rotatorio en el 67 por 100 de los casos.

Argentina (1)

La Compañía de Petróleos del Estado, Yacimientos Petrolíferos Fiscales, ha publicado su informe anual correspondiente al año 1939. Se dice en él que el año 1939 ha registrado un incremento considerable en todas las ramas de esta Empresa, como es fácil comprobar leyendo las cifras que en el informe se consignan. Los trabajos de alumbramiento y los sondeos de prueba adquirieron un gran alcance, de manera que la longitud total de sondeos era a fines de 1939 de 196.263 metros, de los que un 43,8 por 100, es decir, 85.920 metros representaban sondeos de investigación, y el 56,8 por 100 restante, es decir, 110.343 metros, se empleó en campos petrolíferos que se encontraban en marcha.

Los sondeos realizados en Tupungato han puesto a prueba la importancia de la zona que aquí se ha descubierto, y también en la zona de El Trébol (Chubut) se podría alumbrar una nueva zona productiva de petróleo.

Se espera obtener resultados positivos del hecho de que, al haber profundizado en los nuevos sondeos de petróleo, se haya encontrado una nueva capa petrolífera a 150 metros por debajo del horizonte hasta ahora explorado.

Se han hecho también investigaciones y sondeos en otras muchas regiones del país, pero sólo consiguieron en parte sus objetivos. En total se hicieron 90 sondeos distribuidos en los territorios de Chubut, Neuquen, Santa Cruz y las provincias de Mendoza, San Luis, Salta y Jujuy. A fines del año se habían lle-

(1) Öl und Kohle, 22 de septiembre de 1940.—Biblioteca Alto Estado Mayor.

vado a cabo 68 sondeos, mientras que se trabajaba en el resto o se habían suspendido temporalmente los trabajos. La longitud total de los sondeos de investigación excedía con la cifra de 85,920 metros en 35.768 metros a la del año precedente. Se invirtieron 10,8 millones de pesos en 1939 en tales trabajos. La cifra total por trabajos de investigación y sondeos de prueba llegó en el lustro 1935-1939 a 46,3 millones de pesos, que fueron invertidos por la *Empresa del Estado* para aumentar la producción nacional de petróleo.

La producción total llegó en 1939 a 1.625.204 metros cúbicos, es decir, 194.605 metros cúbicos (13,6 por 100) más que en el año anterior. Participaron en este aumento: Comodoro Rivadavia, con 37.631 metros cúbicos; Plaza Huincal, con 27.129 metros cúbicos; Salta, con 30.009 metros cúbicos, y Mendoza, con 99.236 metros cúbicos. El aumento máximo se alcanzó en Mendoza, cuya explotación en grande se ha manifestado por primera vez en 1939. El horizonte petrolífero de Tupungato, que proporcionalmente es muy profundo, dió 113.250 metros cúbicos, a pesar de que se extrajo tan sólo por cuatro bocas. Los sondeos de la zona de Huicul, al N. de Mina Chita, dieron también resultados satisfactorios y elevaron su producción en un 37,4 por 100 más que en el año precedente.

Perforaciones petrolíferas en Estados Unidos de Norteamérica

Datos recopilados en el Instituto Geológico y Minero

Tomando como tipo el año 1937, tenemos:

Número de sondeos productivos.	20.091
Idem de pozos con gases	2.531
Idem de sondeos improductivos.	6.392
Total de taladros ejecutados en el año.....	29.014

Año 1938

Sondeos proyectados en Texas	15.113
Idem, id. en Kansas	3.215
Idem, id. en California	11.302
Total proyectado en el año; todo el país.....	31.085

Es interesante observar que en los siete primeros meses de aquel año se había realizado bastante más de lo proyectado. Asimismo merece destacarse que la mayoría de los sondeos corresponde a los más nuevos estados productores y llega al enorme número de 15.100 taladros en el riquísimo estado de Texas, gran parte del cual se halla aún en exploración.

Para los cuatro principales estados productores las profundidades medias de las perforaciones fueron: En Kansas, 1.009 metros; en Oklahoma, 1.011 metros; en Texas, 1.106 metros, y en California, 1.350 metros.

Como índice de los progresos realizados en técnica de sondeos, debe citarse que mientras el primer pozo productivo perforado por el Coronel Drake en la segunda mitad del siglo pasado, tenía 23,15 metros de profundidad, ya a principios de este siglo un sondeo para investigación salina realizado en el E. de Alemania alcanzó más de 2.100 metros de profundidad, mientras que acelerándose aún más el progreso técnico, se llegó el año 1937, en Texas, a la fantástica profundidad de 4.260 metros para investigación de hidrocarburos; se extrae petróleo a una profundidad de 3.870 metros en Luisiana y actualmente las exploraciones han rebasado los 4.500 metros de profundidad, acercándose a los 5.000 metros.

Muy conocido es el vertiginoso avance de la producción y consumo mundiales de petróleo, de los que un 60 por 100, redondeando cifras, corresponde a Norteamérica, pero las reservas, lejos de disminuir, han aumentado sensiblemente, gracias a los sondeos profundos.

Se han descubierto (en 1937 y 1938) numerosos nuevos

campos productores y nuevos horizontes en los campos ya conocidos.

Concretándonos, como tipo, al primer año citado tenemos.

	Nuevos campos productivos	Nuevos horizontes — Campos conocidos	Profundidad media de los pozos de exploración — Pies
Arkansas.	3	2	6.822
California.	6	2	7.975
Illinois.	8	2	2.633
Kansas.	52	5	3.293
Luisiana.	19	19	6.521
Michigan.	5	0	2.970
New Mexico.	3	0	2.605
Oklahoma.	18	4	4.177
Rocky Mountains.	3	2	3.473
Texas.	104	100	4.283
TOTAL GENERAL.....	221	136	4.475

A más del impresionante número de nuevos campos y horizontes productivos descubiertos, conviene hacer resaltar, que la cifra media de profundidad de los sondeos = 4.475 pies, equivalente a 1.365 metros, ha aumentado mucho con relación a años anteriores.

Asimismo merece destacarse el aumento de reservas y la hipótesis atribuida a personalidad del A. P. I., sosteniendo que un 57 por 100 del país puede contener petróleo, habiendo sido explorada hasta ahora sólo muy pequeña parte de aquella nación.

Con el fin de dar una idea de lo aleatorio que resultan siempre los taladros para investigación petrolífera— aun en la ya tan estudiada Norteamérica—, consignaremos las cifras siguientes que, en 1935, correspondieron a cinco de las principales zonas:

	POZOS PRODUCTIVOS		POZOS SECOS	
	Número	Metros perforados	Número	Metros
1 Alabama, Arkansas, Florida, Missisipi	0	0	67	139.931
2 Luisiana Norte, Texas Este.	13	21.545	453	431.138
3 Luisiana Sur, Texas Centro.	12	28.242	97	210.699
4 Nuevo Méjico, Texas SE. y O.	17	22.231	115	130.593
5 Texas SO.	35	12.456	253	292.318
TOTALES	78	118.273	987	1.204.670

El porcentaje de éxitos en dicho año alcanzó sólo a 7,32 por 100 del total de las perforaciones, mientras que el año siguiente, con mayor perfeccionamiento en los estudios geológicos y geofísicos, se lograron en las mismas regiones 116 pozos productivos de 175,762 metros de longitud total, con profundidad media próxima a los 1.500 metros, frente a 971 pozos estériles de 1.195,500 metros de longitud total, elevándose a 10,7 por 100 la proporción de éxitos.

Cada vez se acentúa más el empleo de métodos geofísicos para exploración previa. Durante 1936 trabajaban en la costa del Golfo de México 200 equipos de reflexión sísmica, más 50 balanzas de torsión, varios magnetómetros, gravímetros y aparatos eléctricos.

En los últimos años son los métodos eléctricos quienes más rápidamente se han generalizado. Tanto el método Schlumberger o de "testificación eléctrica" como el de resistividad aumentan rápidamente el número de sus aplicaciones.

CANTIDADES INVERTIDAS EN EXPLORACIÓN.—Si tomamos como sondeos destinados a exploración sólo los designados como "pozos secos" en la antes citada estadística y aplicando el precio medio del último año, tendremos *por defecto* una in-

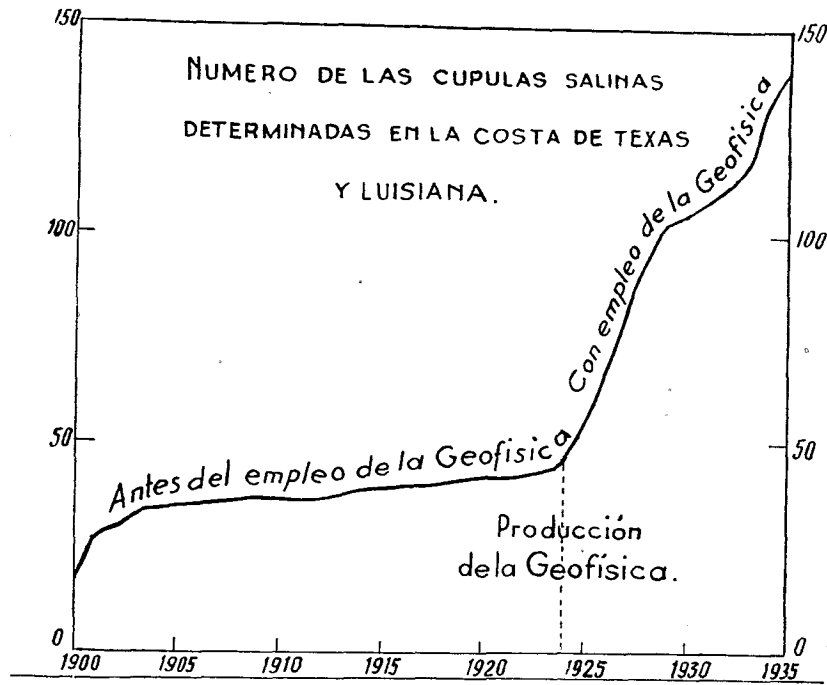


Gráfico núm. 3

ESTADISTICA DE COSTES EN LA COSTA DE TEXAS Y LUISIANA 1924 - 1934 .

CURVA 1.- Producción Total.

" 2.- Producción Geofísica

" 3.- Costes geofisicos

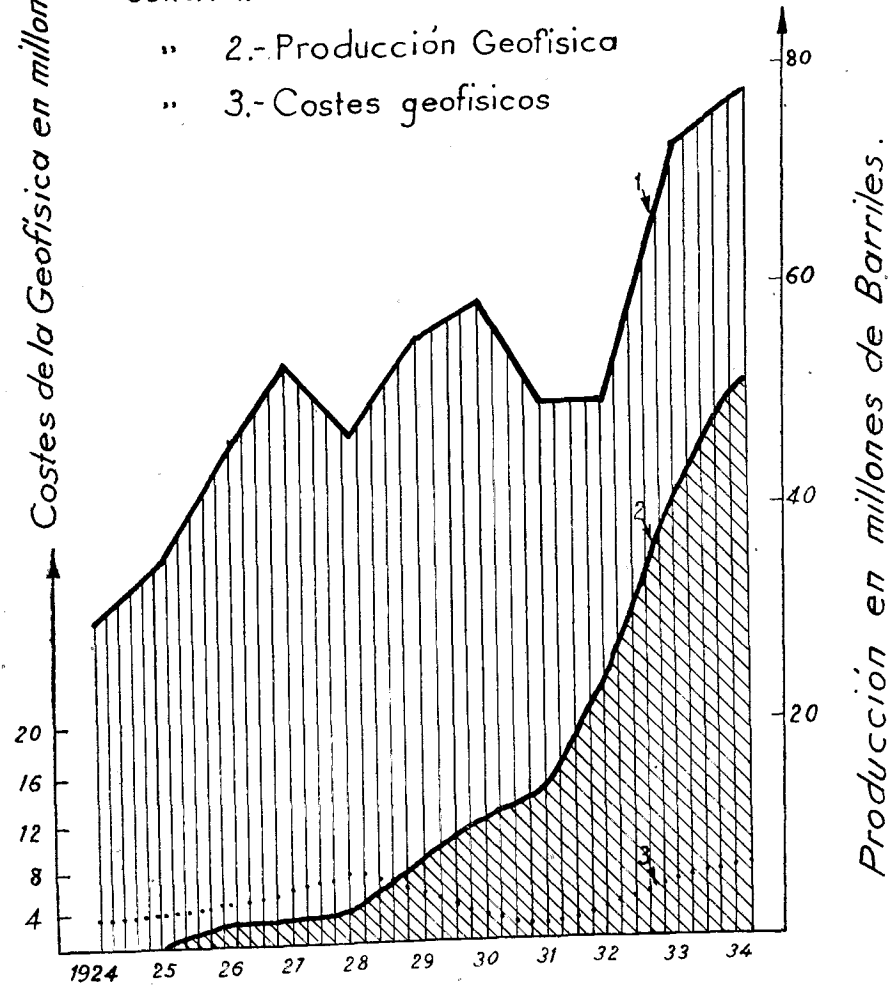


Gráfico núm. 4

NUMERO DE CUPULAS Y EXPLORACIONES

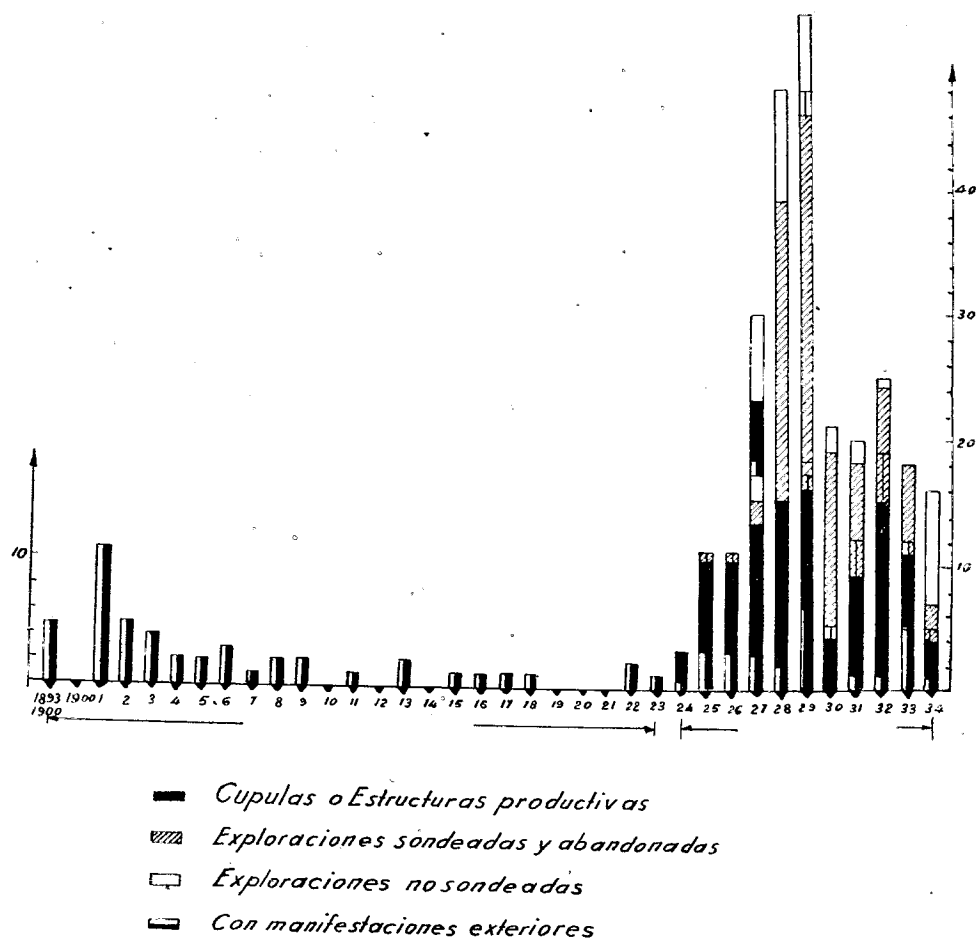


Gráfico núm. 5

versión en 1935: de 1.204.670 metros \times 24 dólares = = 28.912.000 dólares, que corresponde sólo a las cinco principales regiones exploradas y explotadas en N. S. N. A.

Sondeos de investigación en Estados Unidos

Según el Dr. Pogue, en América, en los últimos diez años, ha disminuído considerablemente el número de sondeos fracasados con relación a los productivos, de los realizados exclusivamente para investigación.

A pesar de ello, el término medio actual es de uno solo productivo por cada nueve perforados en investigaciones.

Otro dato útil relacionado con la investigación de nuevas zonas es el siguiente cuadro, en el que vemos que todos los años la reserva total aumenta a pesar del incremento de la producción:

	PRODUCCIÓN Millones de barriles	RESERVAS
1910	210	—
1913	266	6.000
1921	472	9.000
1925	764	5.000
1934	908	13.300
1935	997	12.177
1936	1.100	12.400
1937	1.279	13.063
1938	1.213	15.507
1939	1.260	17.348

El costo medio de un sondeo de mediana profundidad es de 22.000 dólares, y el máximo (4.500 metros) está en unos 400.000 dólares.

El precio medio del metro perforado es de 24 dólares.

La profundidad media de los sondeos en 1925 era de 2.500 pies, y en 1939 es ya de 3.400 pies.

Los *tiempos* medios de duración de un sondeo en 1939 son:

Media total	30 días
Máximo	6 meses (1)

Desde 1859 hasta 1939 se han hecho en todo el país 960.000 *sondeos*.

Exploración y explotación del Irak

El programa de trabajos convenido en 1927 entre la Irak Petroleum Cy. y el Gobierno de dicho Protectorado inglés —al regreso de una Misión geológica dirigida por el sabio húngaro H. de Bokh—, comprendía la ejecución casi simultánea de 10 sondeos de exploración hasta profundidad considerable. Este número de taladros prácticamente simultáneos (de 10 en 10) fué ampliado poco después a 18 y 30 sucesivamente, adquiriéndose 12 muy potentes y perfectos equipos Rotary Standard, del tipo aprobado por el A. P. I. y con personal especializado norteamericano.

Los dos sondeos de Palkaneh, números 1 y 2, que debían, según los geólogos, cortar el petróleo hacia los 950 metros de profundidad, fueron abandonados a los 650 metros por excesiva afluencia de aguas e hinchazón de la anhidrita.

A partir de los 300 metros dieron considerable cantidad de gases, y uno de ellos cortó un horizonte que daba 250 toneladas de petróleo por día.

El taladro de Koch el Ahma y otros dos, en Inganah, dieron resultados semejantes y poco satisfactorios.

Por el contrario, el Baha Gorgour número 1, que debía tocar el petróleo, según cálculos, a unos 900 metros, empezó a

(1) El *record* de velocidad de profundización se ha batido recientemente en California, con: 199,3 pies por hora en las primeras ocho horas, y 2.713 pies en veinticinco horas.—*Petroleum World*.—Dic. 1940.

cortarlo a partir de menores profundidades, y a los 463,6, tras ciento siete días de trabajo, se cortó la roca depósito, que (a pesar de las precauciones tomadas por los sondeadores especializados) produjo tan violenta erupción, que costó la vida a varios hombres, asfixiados por el hidrógeno sulfurado e hidrocarburos. Sólo al cabo de seis días se pudo controlar la producción *media de 10.000 toneladas* por día y máxima de 12.000, de aceite ligero, a presión de 13 atmósferas.

Otros sondeos en Khaiyarah, Gembour, Kwair, etc., dieron resultados menos brillantes y, localizados los sondeos en el gran anticlinal de Kerkouk, zona impregnada de 50 kilómetros de longitud y cinco de anchura, se perforaron en dos años 31 taladros, con análogos enormes rendimientos.

En 1932 se habían ejecutado 35.000 metros lineales de perforación, y, como era de esperar, la influencia mutua de taladros próximos, disminuyó su rendimiento individual. Sin embargo, la producción actual del Irak, unos tres millones y medio de toneladas año, se halla limitada sólo por la capacidad de las largas tuberías de conducción al mar, y el yacimiento es, sin duda, uno de los más ricos del mundo.

Italia (1)

Sondeos y producción

La actividad italiana de investigación ha sido relativamente importante, si se tiene en cuenta el número de sondeos total con el de productivos.

En efecto, desde 1892 se han hecho 1.200 sondeos, de los cuales *solamente 200 se pueden considerar como de explotación*. Una tercera parte de ellos pasó de los 1.000 metros.

(1) *Öl und Kohle*, 8 de diciembre de 1940.

Es curioso hacer notar que *solamente desde hace pocos años hayan empezado en serio las investigaciones en Italia*. En efecto, los numerosos fracasos de los primeros investigadores habían hecho retraerse al espíritu de empresa italiano. Estos fracasos, sin embargo, eran inevitables, dado el escaso conocimiento geológico de la península apenina y sus grandes complicaciones tectónicas.

La situación actual de la producción italiana es la siguiente:

1922	5.500 metros cúbicos de crudo			
1930	10.000	—	—	—
1932	34.000	—	—	—
1933	32.000	—	—	—
1935	20.000	—	—	—

Muy interesante para antecedente es el caso de Albania, que pasa de producir *1.707 toneladas* en 1933, a *208.000 toneladas* en 1939.

Japón

Producción y profundidad de sondeos

La producción de crudo en el Japón, en los últimos años, es la siguiente:

1934	211.201 toneladas	
1935	297.866	—
1936	341.000	—
1937	368.000	—
1938	360.000	—
1939	379.000	—

La profundidad corriente de los sondeos es de 1.200 a 1.300 metros.

Para esta producción, relativamente pequeña, el capital de las Sociedades Petrolíferas asciende a 177 millones de yens (unos 850 millones de pesetas), merced a estar estimuladas por el Estado.

Hungría

Gracias a modernas investigaciones, Hungría, *que no producía petróleo hasta 1936, pasa a producir 103.000 toneladas en 1939*; dato que consideramos del más alto valor. Puede tomarse como ejemplo de que un país *de alta civilización y cultura* haya olvidado, o apenas iniciado, hasta época reciente, el estudio e investigación de sus posibilidades petrolíferas.

Rumania (1)

Sondeos y extracción del petróleo

La historia del desarrollo de la industria del petróleo en Rumania nos pone de manifiesto los progresos que ha hecho en la postguerra. Gracias al adelanto técnico en la realización de sondeos y en la extracción, consiguió Rumania en 1936 una producción de 8.704.000 toneladas.

Desde 1936, por crisis de precios, ha disminuído la extracción de petróleo en Rumania; así, se extrajeron en 1937, 7.150.000 toneladas; en 1938, 6.610.000 toneladas, y en 1939, 6.300.000 toneladas. La producción fué, por lo tanto, menor en un 27 por 100 en 1939 que en 1936. A consecuencia del retroceso apuntado, ocupa Rumania el sexto lugar entre los países productores. El orden es el siguiente: Estados Unidos, Venezuela, U. R. S. S., Irán, Indias Holandesas, Rumania, etcétera. De 1857 a 1940 se han extraído en Rumania unas 119.800.000 toneladas. La elevación total de la producción está en íntima relación con el desarrollo de los métodos de trabajo en la técnica de sondeos y de la extracción.

(1) *Öl und Kohle*, 22 de octubre de 1940, y *Kraftstoff*, marzo de 1940.

Hay que destacar el progreso técnico que desde 1925 a 1935 se realizó en Rumania en la técnica del sondeo. El resultado del mismo consistió en el aumento del número de metros sondeados, lo que permitió un considerable aumento de la producción, que alcanzó su punto culminante en 1936.

Los campos de Rumania fueron abiertos uno tras otro y la explotación de los yacimientos adquirió un ritmo hasta entonces desconocido. Apenas estemos orientados sobre un nuevo campo, deberemos ya afirmar que en pocos meses habrá disminuido la presión del gas de las capas petrolíferas y que empezará la depresión, debido a los innumerables sondeos realizados y a la velocidad con que tales sondeos se ejecutan.

La actividad de sondeos en Rumania aumentó hasta 1929, en que se hicieron 304.266 metros de sondeo. Pero más tarde, a consecuencia de la crisis económica y del abaratamiento del precio del petróleo, comenzó una política de restricciones, que se extendió hasta los Estados Unidos.

Desde 1930 empieza a disminuir el número de metros de sondeo, hasta 1934, en que se registra una elevación, con punto culminante de 393.661 metros. Esta cifra máxima se ha correspondido con la elevación de la producción en Rumania. Desde 1934 decae la actividad de los sondeos.

Si se compara la producción con los metros de sondeo, se puede afirmar que en 1929 se consiguieron 15 toneladas por cada metro de sondeo. A partir de ese momento aumentó la proporción, llegando, como término medio, a 20 toneladas por metro de sondeo.

Considerando las posibilidades que encierran los yacimientos que todavía están sin explotar en los territorios antes citados de Rumania, así como las necesidades crecientes del Estado y de nuestra civilización actual, se puede afirmar que la industria del petróleo rumana seguiría progresando, si crisis económicas o políticas no actúan en contra.

La producción de 8.704.000 toneladas y 6.200.000 toneladas en 1939, se elevó solamente a 3.044.500 toneladas en el primer semestre de 1940, habiéndose realizado sólo 118.000 metros de taladros en el último año. Vemos, pues, que la producción ha disminuído y que el número de metros de sondeo es aún proporcionalmente muy bajo con relación a la U. R. S. S., que para una producción quintuple aproximadamente, ejecuta 20 veces más sondeos: dos y medio millones de metros.

Se ve así prácticamente que, en general, todo aumento de producción exige enorme incremento de los sondeos de exploración.

Comparación teórica de lo gastado en exploraciones por Rusia y Rumania durante 1940:

Si para formar una primera impresión aplicamos la cifra norteamericana media de 24 dólares metro, algo aumentada (30 dólares metro) a un tercio de los sondeos, considerándolos de exploración, en Rumania, tendríamos para este país como gasto de exploración en 1940, $39.000 \times 30 = 1.170.000$ dólares, mientras que para Rusia resultarían, considerando de exploración un medio de los sondeos ejecutados, 1.500.000 metros a 30 dólares = 45.000.000 de dólares, cifras que en la práctica serán mayores por ser más caras las perforaciones en Europa que en América.

Rusia (1)

En el tercer plan quinquenal se ha determinado un nuevo campo oriental del que se habla como un "segundo Bakú" y en el que no sólo se hacen investigaciones geológicas, sino

(1) "Los tres planes quinquenales de la Industria del petróleo en la U. R. S. S.", *Kraftstoff*, febrero de 1940.

sondeos de *exploración y explotación*, esperándose llegar a los *siete millones* de toneladas en 1942 (zona Ural-Volga).

El campo de *Ember-Revier* ha triplicado su producción desde 196.000 toneladas en 1933 a 650.000 en 1938, y con las nuevas tuberías de conducción y ferrocarriles se espera llegar a 2,1 millones de toneladas en 1942.

Desde la segunda mitad del segundo plan quinquenal, los trabajos *geológicos de exploración* han sido notablemente ampliados.

Sobre la base de estos trabajos se cuenta en el curso del tercer plan quinquenal llegar a determinar y poner en explotación hasta *80 nuevos campos* productores.

Según cálculos de los geólogos soviéticos, alcanzan las reservas subterráneas de petróleo en la U. R. S. S. a 8.640 millones de toneladas en 1938, de las que 3.600 corresponden a la comarca Bakú-Cáucaso, y 3.800 millones de toneladas a la comarca oriental, principalmente en la zona Ural-Volga y Ember, mientras que al Asia central corresponden 812 millones, y a Sakhalina 318 millones.

El tercer plan quinquenal prevé una elevación del tonelaje de petróleo extraído, desde 28 millones de toneladas en 1937 a 38 millones en 1940, y llegar a 48 millones en 1942, mientras que los gases naturales deben aumentar de 1,9 a 2,2 y 5,5 millones de toneladas en 1942.

Como es lógico, para alcanzar tales aumentos de producción, se prevé un gran aumento en el número y longitud de sondeos.

Se espera que la cifra de 1.907.000 metros en 1937 llegase a *cinco millones de metros en 1942*, parte de ellos en explotación y otra parte para *explorar nuevos campos y horizontes*.

Sin embargo, los taladros realizados en el segundo año del tercer plan, a consecuencia de *falta de técnica y organización*, han sido algo menos de lo previsto.

Trabajaban *5.800 sondeos en 1937* y se quiere llegue su número a *12.000 en 1942*.

* * *

Los datos que dejamos consignados se refieren sólo a algunos países y aun de éstos son forzosamente muy incompletos.

Creemos justificada disculpa las graves dificultades que se derivan de la situación internacional y extrema rapidez de la redacción de estas notas.

Sólo pretendemos, por tanto, presentar algunos términos de comparación con los pocos trabajos hechos en España, y a continuación transcribimos datos reunidos en nuestro Instituto Geológico y Minero.

Sucinta nota de investigaciones en España

Aunque son varias las regiones españolas en que se presentan indicios petrolíferos (rocas bituminosas, emanaciones de gases, petróleo en las aguas, volcancitos de lodo, etc.), hasta ahora las escasas exploraciones realizadas se concentraron en dos zonas: Borde externo de la Cordillera Bética (provincias de Cádiz y Sevilla) y flanco S. de los Pirineos, de Santander a Cataluña.

De 1894 hasta el día se realizaron en la zona Bética siete perforaciones, de las que tres no llegaron a 200 metros; una llegó a los 377 metros y sólo el sondeo de "Rubi" alcanzó la mediana profundidad de 600 metros. Se cortaron en alguno de ellos gases hidrocarbureados y pequeños niveles petrolíferos no explotables.

Informaron acerca de estos yacimientos notables especialistas españoles y extranjeros, en sentido favorable al iniciarse

las investigaciones. Más tarde, los trastornos de la guerra mundial de 1914-18, la muy escasa cantidad de hidrocarburos hallados y el informe pesimista, muy bien razonado, de distinguido compañero de este Instituto Geológico y Minero, contribuyeron, sin duda, a la paralización de estas investigaciones, hechas en proporciones modestísimas.

Pasando a tratar de la zona Cántabro-Pirenaica, creemos los más antiguos (año 1900) dos taladros ejecutados en Huidobro (Burgos).

Esta investigación fué motivada por la presencia de aceite mineral, escasisimo, en las aguas de una fuente que brota entre areniscas aptenses. Se perforó una galería de 50 metros y dos taladros de 40 y 501 metros que distaban entre sí 400 metros y dieron resultado negativo.

En 1914, un sondeo para investigación de sal dentro del Trias, de Polanco (Santander), encontró pequeña bolsada de petróleo. Se alcanzó una profundidad de 530 metros, no volviendo a encontrarse hidrocarburos ni en esta ni en otras perforaciones próximas. Por la misma época se emplazó otro sondeo, sobre margas senonenses muy inclinadas, en Salvatierra (Alava); las capas daban ligero olor a petróleo y pequeñísima impregnación vecina a grieta, pero el resultado fué completamente negativo.

Como consecuencia de la fiebre mundial de investigaciones petrolíferas, que siguió a la gran guerra de 1914-1918, tuvo lugar en España, de 1920 a 1928, la creación de varias Sociedades dedicadas a tal objetivo, teniendo nosotros noticias de ocho de ellas.

Constituida en Bilbao, en 1920, la Sociedad Española de Petróleos, inició sus trabajos con una perforación en Uzquiano y otra en Ozane (Burgos), de las que fué llevada la primera a regular profundidad y se abandonó pronto la segunda. Se dijo que ambos taladros habían encontrado indicios petroli-

feros, pero es poco verosímil, ya que, emplazadas en sinclinal del Condado de Treviño, tales perforaciones más bien parecen apropiadas a la busca de aguas artesianas, y así lo prueba el alumbramiento de un nivel acuífero que dió en el sondeo de Uzquiano tres y medio litros por segundo, y aun manaba cuando en el otoño de 1927 tuvimos ocasión de visitarlo.

Más tarde, el especialista holandés H. Kruisher, de la Royal Dutch, con mucho mayor fundamento, fijó en Cubillo (Burgos) otra perforación cuyas características tectónicas son netamente favorables.

Otorgada subvención por el Estado, se iniciaron los trabajos en 1923, pero, antes de fin de año, por avería irreparable, fué suspendida esta perforación, que creemos debe repetirse, hasta alcanzar la profundidad proyectada o aun mayor, si así lo aconseja un estudio estratigráfico de detalle que en breve se realizará.

En 1921 se hicieron dos perforaciones bastante profundas en Elorrio (Vizcaya), de las cuales, una de ellas próxima a grieta, dió gotas de petróleo. El asesor de los trabajos, M. Hoffmann, de la Sociedad de Pechelbronn, partidario de la teoría que relaciona el petróleo con diques endógenos, situó un segundo sondeo junto a dique ofítico con capas casi verticales. Con tal error de teoría y dificultades técnicas anexas, resulta lógico su fracaso.

La Compañía Petrolífera Iberoamericana, fundada en 1921 en San Sebastián, fué controlada por Sociedad especialista norteamericana, y su director técnico, Mr. A. F. Dixon, de la Standard Oil, fijó científicamente un sondeo profundo, en Gastiain (Navarra), sobre terrenos de muy favorable estructura.

Muy bien ejecutado por equipos especialistas, alcanzó en ocho meses, de marzo a noviembre de 1923, profundidad algo superior a 1.600 metros, sin salida de las margas turonenses,

cuyo espesor excedió en mucho a lo calculado. Este taladro, desde los 107 metros a los 1.554 metros, dió gases combustibles en los que predominaba el metano, y confiamos serán repetidos en punto próximo, alcanzando, si precisa, mayor profundidad.

Otra Empresa guipuzcoana, fundada en 1923, hizo un sondeo en el Jaizquibel, cerca de Fuenterrabía, localizado por procedimientos llamados geofísicos secretos. Se emplazó sobre capas del Eoceno que forman la vertiente N. de la sierra buzando hacia el mar y en paraje que científicamente no ofrece ningún interés.

Varias otras Sociedades se disolvieron sin llegar a trabajar, y tenemos, en resumen, sólo siete sondeos en esta época y zona, de los cuales pocos llegaron a mediana profundidad, *cinco de ellos estaban mal situados y sólo dos, los de Cubillo y Gastiain, fueron científicamente bien emplazados*; uno de ellos fracasó por avería, y el otro por exceder de lo previsto el espesor del Cretáceo superior.

Las investigaciones del Estado, hechas principalmente de 1924 a 1928, se redujeron a plan limitadísimo y sólo parcialmente realizado.

En la provincia de Burgos se proyectaron dos sondeos, uno en Robledo, cerca del puerto del Escudo, y otro en Valle de Zamansas, que no llegó a realizarse. El primero de dichos taladros fué iniciado en octubre de 1924, cortando a los 98 y 192 metros de profundidad, dos delgadas capas de lignito azabache. A fin de junio de 1925 hubo de ser abandonado por avería, a unos 600 metros, y dadas las condiciones del contrato, la Empresa sondeadora hubo de iniciar, por su cuenta, otro taladro sito a 14 metros del anterior.

Este segundo sondeo cortó, hasta 600 metros, iguales capas arcillosas y detríticas del Wealdense. Al llegar a 710 metros se alcanzó una capa de arenas petrolíferas, y hasta los 723 me-

tros continuaron las arenas impregnadas dando unos 70 litros de petróleo líquido.

Más abajo se cortaron otras capas de arenas impregnadas con petróleo en cantidades pequeñísimas, y a poco más de 1.000 metros de profundidad se abandonó la perforación, en terreno wealdense y sin llegar a los 1.200 metros proyectados, como consecuencia de las grandes dificultades de ejecución.

Otros dos sondeos fueron proyectados por el Estado en la provincia de Santander, siguiendo las ideas del Ingeniero Jefe de Minas, muy experto en geología de la región. Uno de los taladros próximo al cabo de Ajo, en prolongación O. del anticlinal, meridional de Vizcaya, llegó a 1.200 metros de profundidad, con resultado negativo, pues sólo se cortaron delgados niveles con escasa impregnación bituminosa, restos de alquitranes parcialmente oxidados. Sobre el mismo anticlinal, y más al E., se perforaron en Liendo sólo 120 metros sin hallar nada interesante, cual es lógico en profundidad tan insignificante.

Un solo sondeo ha sido realizado, a profundidad muy pequeña, en la región central de Soria (Fuente Toba), que juzgamos muy interesante, por la gran masa de arenas y calizas impregnadas. Otras investigaciones proyectadas en zona burgalesa, donde existen indicios activos y estructuras favorables, esperamos se iniciarán muy pronto.

A continuación extractamos, en un cuadro, los datos que hemos podido reunir referentes a las exploraciones ya hechas, y dos en curso, que ofrecen sensible interés:

**Sondeos de investigación petrolífera realizados
en España**

ZONA BETICA

AÑOS	LOCALIDAD	PROF. APROX.	RESULTADO
1894	Conil, Cádiz	200 metros	seco
1906	N. Villamartín, Cádiz.....	100 —	avería
1914	S. Villamartín, Cádiz.....	377 —	indicios petróleo
1909	Lebrija, Sevilla	166 —	seco
1912	Lebrija, Sevilla	100 —	seco
1912	Rubi, Utrera, Sevilla.....	600 —	indicios
1933	Ronda, Málaga	380 —	indicios

ZONA CENTRAL - ESTE

1928	Fuentetoba, Soria	398 metros	niveles betum.
1936	Chinchilla, Albacete	775 —	impreg. petróleo
1937	Chinchilla, Albacete	350 —	seco
1936	Torreveja, Alicante	600 —	indicios petróleo

ZONA CANTABRICA

1900	Huidobro, Burgos	40 metros	avería
1900	Huidobro, Burgos	501 —	seco
1914	Polanco, Santander	530 —	indicios petróleo
1915	Salvaterra, Alava	450 —	seco
1922	Uzquiáno, Burgos	600 —	agua
1922	Ozane, Burgos	200 —	seco
1922	Cubillo, Burgos	614 —	avería
1922	Gastiain, Navarra	1.611 —	gases
1923	Elorrio, Vizcaya	750 —	avería
1923	Elorrio, Vizcaya	846 —	seco
1923	Aras, Navarra	610 —	seco
1923	Jaizquibel, Guipúzcoa	400 —	seco
1924	Robredo, Santander	618 —	avería
1924	Robredo, Santander	1.009 —	indicios petróleo
1926	Ajo, Santander	1.200 —	seco
1927	Liendo, Santander	120 —	suspendido
1939-41	Zumaya, Guipúzcoa	600 —	gases, temporalmente suspendido.

ZONA CATALANA

1929	Tona-Vich, Barcelona	500 metros	seco
1937	Puigcercós, Lérida	400 —	suspendido
1937-41	Tremp Lérida	1.485 —	en marcha

De los datos anteriores resulta que se han perforado en España sólo 31 sondeos para investigación de petróleos — en su mayoría sin sujeción a plan científico — con longitud que apenas excede de 16 kilómetros y gasto aproximado a los nueve millones de pesetas, en casi cincuenta años.

Resalta aún más la pequeñez de estas cifras si la comparamos con los *473 kilómetros perforados para investigación petrolífera*, sin contar otros de explotación, durante *los últimos siete años* en Alemania, y en los 170 millones de pesetas invertidos allí, como *mínimum*, para tal objeto.

Aun fuera de comparación, por sus excepcionales condiciones, merecen citarse las cifras de *1.202 kilómetros de sondeo* y *615 millones de pesetas* dedicados exclusivamente a *investigaciones petrolíferas*, durante *sólo un año*, en los cinco estados de Norteamérica que antes indicamos.

Por tanto, y *teniendo en cuenta* que la mayoría de los *taladros españoles fueron emplazados sin sujeción a previo estudio geológico*, podemos considerar *casi nulo el esfuerzo realizado* hasta ahora en nuestra España.

Actualmente dos muy importantes entidades nacionales, con la cooperación técnica de nuestro Instituto Geológico y Minero, han iniciado trabajos de exploración que reúnen toda clase de garantías científicas.

(Madrid, enero 1941.)

JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA

De los Institutos Geológico y Minero y del Nacional de Física

ATLAS DE LÍNEAS ÚLTIMAS CON EXCITACIÓN POR ARCO

Para gran número de los análisis espectroquímicos que hemos tenido que realizar, en distintas ocasiones, nos hemos encontrado con que los dos Atlas de líneas últimas de que disponíamos, que eran de Bardet (2) y el Löwe (3), tenían varias deficiencias, por lo que con ocasión de un estudio espectroquímico de 1.000 minerales de plomo que hicimos en colaboración en el Laboratorio de Espectroscopia del Instituto Geológico y Minero, construimos, para comodidad en la interpretación de los espectrogramas por proyección, un Atlas mural de las líneas últimas de los 68 elementos químicos que dan espectro de rayas en las condiciones que figuran a continuación, el cual reproducimos ahora, reducido a un tercio de su tamaño.

Para la obtención de las líneas últimas de cada elemento, preparamos unas diluciones de cada uno, en las que entraba el elemento químico correspondiente en las proporciones de 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} , con las que obtuvimos los espectrogramas correspondientes a cada concentración, con corriente continua a 220 voltios de tensión en barras y 38 ohmios en serie; empleamos electrodos de carbón de seis milímetros de diámetro; en el electrodo inferior o positivo, se tiene practicado de antemano un cráter en el que se

colocan 0,05 gramos del término del que se va a obtener el espectrograma.

Los espectrogramas son obtenidos hasta la volatilización total de la dilución, lo que exige, como término medio, una duración de cinco minutos; la cantidad absoluta de elemento volatilizado para cada término de la escala fué respectivamente: 5.10^{-4} , 5.10^{-5} , 5.10^{-6} , 5.10^{-7} , 5.10^{-8} y 5.10^{-9} gramos; de esta manera vimos claramente la distinta persistencia de las rayas de cada elemento, para la zona estudiada, que es la comprendida entre 2,300 y 3,410 Å, de la que sólo damos el Atlas entre 2,450 y 3,410 Å, que corresponde, para el espectrógrafo Hilger E. 1, con que hemos operado, a la posición más a propósito para esta clase de análisis, pues en ella sólo perdemos, en la zona de pequeñas longitudes de onda, la raya del Be 2348,610 Å, que es más sensible que las del mismo elemento que figuran en el Atlas, y la zona de mayores longitudes de onda, queda limitada en el Atlas, antes de llegar a las bandas de Swan.

Las líneas que damos para cada elemento, no son sólo las dos o tres de mayor efecto fotoquímico en la zona estudiada, sino todo el grupo de aquéllas, que producen una densidad de ennegrecimiento en la emulsión fotográfica apreciable a simple vista, con la dilución de menor concentración de las antes indicadas. En el caso del Lantano, por ejemplo, damos seis rayas, que son todas las que hemos apreciado para la concentración de 10^{-3} , o sea las que aparecen en la emulsión fotográfica para 5.10^{-5} gramos, pues con 5.10^{-6} gramos de La no aparece ninguna raya en la zona antes indicada; entre estas del La no hemos incluido la de 2610,34 Å y alguna más, a causa de que aunque se obtiene para la concentración de 10^{-3} , su intensidad es tan débil, que cuesta trabajo apreciarlas. Con algunos elementos, como es el caso del Niobio, el número de rayas que da para 5.10^{-5} gramos, es doce, que son:

2647,505, 2654,448, 2748,85, 2773,203, 3094,183, 3130,786, 3163,38, 3191,096, 3296,012, 3343,709 y 3349,523, por lo que sólo hemos dado en las tablas las cuatro que figuran *subrayadas*, que eran las más intensas, siguiendo la misma norma con los elementos que daban muchas rayas para el último término. Alguna raya considerada como última en la zona indicada, no figura en el Atlas y tablas a causa de que su apreciación es influida por las impurezas de los carbones.

Con el Atlas damos dos tablas; una de las líneas últimas de los 70 distintos elementos, por orden alfabético de los símbolos de éstos. En esta tabla indicamos para cada elemento la cantidad de sustancia necesaria para que se puedan percibir sus radiaciones; entre ellas hay una sola excepción, indicada anteriormente, que es el caso del Berilio, del que su línea 2348,610 Å se aprecia con 5.10^{-9} gramos, pero como esa cae fuera de las longitudes de onda que están representadas en el Atlas, hemos trazado en éste los tres pares sensibles para 5.10^{-8} gramos.

A continuación de la tabla antes dicha figura la segunda, en la que están ordenados los 68 elementos por longitud de onda, en la que la primera columna corresponde a las longitudes de onda, la segunda a los símbolos y la tercera a la potencia n de 10, tal que 5.10^{-n} gramos sea la cantidad suficiente para que estas líneas aparezcan.

En el Atlas están representadas las líneas que figuran en las tablas comprendidas entre los 2450 y los 3410 Å, de tal manera, que los trazos correspondientes a ellas sean característicos, según la concentración mínima para la que se aprecian.

Este Atlas y tablas tiene de ventaja sobre los que hemos consultado y utilizado: Gramont (1), Bardet (2), Löwe (3), Meggers (4), Gerlach (6), Harrison (9) y Chang (10), de

que en ellos, por lo general, las intensidades están dadas de una manera aproximada, mientras que en el nuestro figuran las concentraciones, por lo que si se opera en condiciones análogas, se sabe los límites de sensibilidad, los que en caso de operar por arco, pero en otras condiciones, podrán servir siempre de referencia. El Atlas de Gatterer (8) no lo citamos entre los anteriores por no haberlo podido consultar, así como la segunda edición del de Löwe (7) y el Crook (5).

Las rayas que figuran en las tablas con & indica que al corregir las pruebas del fotograbado del Atlas nos dimos cuenta que no estaban representadas en él; las dos líneas del Sc que corresponden a 2980,752 y 3015,364 A°, tienen por error de delineación como símbolo Si; la del Y 3327,875 A° está representada como si su longitud fuese 3227,875, y la del Yb 3289,37 A° figura como si su longitud fuese 3289,37, lo que indicamos por si en algún ejemplar no se hubiesen corregido estas erratas.

Las longitudes de onda que figuran en el Atlas, corresponden a aquellas con que operábamos antes de 1936, fecha en que se terminó de dibujar, pero con el fin de unificar el criterio para todos los elementos, en las tablas correspondientes a este Atlas, damos las longitudes de onda de acuerdo con el Harrison (3), las que se diferencian como máximo de las de nuestro Atlas en menos de media décima de A°.

A las rayas del radio correspondientes a esta zona, les ponemos la indicación < 4, a causa de que hemos obtenido los espectrogramas, con un bromuro de Radio, en el que entraba este elemento en la cantidad de 10^{-4} gramos, y no aparecían sus rayas, ni siquiera indicios de las mismas, por lo que no podemos dar por segura su aparición para 5.10^{-4} gramos, que es a la cantidad que le corresponde 4.

Madrid, enero de 1941.

Rayas últimas de los elementos por orden alfabético de sus símbolos, con indicación de la sensibilidad en gramos de estas líneas

	Ag.....					5.10 ⁻⁸ gramos.
3280,683	3382,891					
	Al.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2367,062	2373,132	2373,362	2567,987	2575,100	2652,489	
2660,393	3082,155	3092,713	3092,842			
	As.....					5.10 ⁻⁵ gramos.
2349,84	2381,18	2370,77	2456,53	2780,197	2860,452	
	Au.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2427,95	2675,95					
	B.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2496,778	2497,733					
	Ba.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2304,235	2335,269	2634,783	3071,591			
	Be.....					5.10 ⁻⁸ gramos.
2348,610 (*)	2494,559	2650,702	3321,013			
	576	781	086			
	Bi.....					5.10 ⁻⁸ gramos.
3067,716						
	C.....					5.10 ⁻⁵ gramos.
2478,573						

(*) La sensibilidad de la 2348,610 es de 5.10^{-9} gramos.

	Ca.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2398,559	3158,869	3179,332				
	Cd.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
3261,057	3403,653					
	Ce.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
3201,714	3218,944	3221,171	3227,114	3231,236	3234,274	
3236,735	3243,370					
	Co.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2407,254	2411,622	2424,930	2521,363	3044,005	3061,819	
3072,344	3405,120					
	Cr.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2780,703	2835,633	2843,252	2975,483	2986,473	2996,580	
3005,057	3013,713	3014,760	3014,915	3015,194	3017,569	
3021,558						
	Cs					
	Zona visible.					
	Cu.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
3247,540	3273,962					
	Dy.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
3319,887	3385,027	3393,583	3396,169	3407,80		
	Er.....					5.10 ⁻⁷ gramos.
3312,424	3372,750	3392,989				
	Eu.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2727,780	2813,95	2820,77	2906,676	3213,747		

	Fe.....					5.10 ⁻⁷ gramos.
3020,640	3021,073					
	Ga.....					5.10 ⁻⁷ gramos.
2874,244	2943,637					
	Gd.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
3082,000	3100,508	3145,006	3350,628	3362,244	3392,534	
3407,596						
	Ge.....					5.10 ⁻⁸ gramos.
2651,178	3039,064	3269,494				
	Hf.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2641,406	2773,357	2820,224	2898,259	2916,481	2940,772	
3072,877	3399,795					
	Hg.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2536,519						
	Ho.....					5.10 ⁻⁷ gramos.
3398,98						
	In.....					5.10 ⁻⁸ gramos.
3039,356	3256,090					
	Ir.....					5.10 ⁻⁶ gramos.
2639,712	2664,786	2694,233	2849,725	2924,792	3220,780	
	K.....					5.10 ⁻⁵ gramos.
3217,017						
	La.....					5.10 ⁻⁵ gramos.
3104,589	3245,120	3249,351	3265,657	3337,488	3380,910	

	Li	5.10 ⁻⁶ gramos.				
2741,31	3232,61					
	Lu	5.10 ⁻⁸ gramos.				
2015,42						
	Mg	5.10 ⁻⁷ gramos.				
2795,53	2802,695	2852,129				
	Mn	5.10 ⁻⁶ gramos.				
2576,104	2593,729	2605,688	2794,817	2798,271	2801,064	
	Mo	5.10 ⁻⁷ gramos.				
3132,594	3158,165	3170,347	3193,973			
	Na	5.10 ⁻⁶ gramos.				
3302,323	3302,988					
	Nb	5.10 ⁻⁵ gramos.				
3094,183	3130,786	3191,096	3296,012			
	Nd	5.10 ⁻⁵ gramos.				
3133,603	3328,270					
	Ni	5.10 ⁻⁷ gramos.				
3002,491	3050,819					
	Os	5.10 ⁻⁵ gramos.				
2637,133	2838,626	2909,061	2919,794	3018,039	3058,66	
3262,290	3267,945	3301,559				
	P	5.10 ⁻⁴ gramos.				
2534,01	2535,65	2553,28	2554,93			

	Pb	5.10 ⁻⁸ gramos.				
2802,003	2833,069					
	Pd	5.10 ⁻⁶ gramos.				
2763,092	3242,703	3373,001	3404,580			
	Pr	5.10 ⁻⁵ gramos.				
3394,613						
	Pt	5.10 ⁻⁷ gramos.				
2659,454	3064,712					
	Ra	< 5.10 ⁻⁴ gramos.				
2708,96	2813,76	2836,46				
	Rb	5.10 ⁻³ gramos.				
3348,72	3350,89					
	Rh	5.10 ⁻⁶ gramos.				
3280,55	3283,573	3323,092	3396,85			
	Ru	5.10 ⁻⁵ gramos.				
2810,553	2874,984	2988,948				
	Sb	5.10 ⁻⁶ gramos.				
2528,535	2598,062	2877,915				
	Sc	5.10 ⁻⁷ gramos.				
2980,752	3015,364					
	Se					
	Zona Lyman.					
	Si	5.10 ⁻⁷ gramos.				
2881,578						

Sm..... 5.10 ⁻⁶ gramos.					
3211,755	3216,836	3218,597	3254,378	3306,372	3310,655
3340,585	3365,865	3382,407	3402,463	3408,668	
Sn..... 5.10 ⁻⁸ gramos.					
2706,510	2779,817	2839,989	2963,327	3009,147	3034,121
3175,019					
Sr..... 5.10 ⁻⁵ gramos.					
2354,319	2428,095	2569,469	2931,830		
Ta..... 5.10 ⁻⁶ gramos.					
2656,61	2692,395	3011,117			
Tb..... 5.10 ⁻⁶ gramos.					
3199,56	3218,93	3219,95	3252,34	3280,28	3285,04
3293,07	3324,40	3349,42			
Te..... 5.10 ⁻⁴ gramos.					
2383,25	2385,76	2530,70	2769,67		
Th..... 5.10 ⁻⁶ gramos.					
2837,299	3184,898				
Ti..... 5.10 ⁻⁷ gramos.					
3186,454	3191,994	3199,915	3349,406	3354,635	3361,213
3370,439	3371,454				
Tl..... 5.10 ⁻⁷ gramos.					
2767,87					
Tu..... 5.10 ⁻⁷ gramos.					
3362,61					

U..... 5.10 ⁻⁶ gramos.					
2635,528	2754,155	2817,959	2821,122	2889,627	
V..... 5.10 ⁻⁸ gramos.					
3183,406	3183,982	3185,396			
W..... 5.10 ⁻⁵ gramos.					
2551,347	2896,446	2944,395	2947,384		
Y..... 5.10 ⁻⁵ gramos.					
2385,23	2919,048	2948,405	2984,256	3195,615	3200,270
3203,323	3216,682	3242,280	3327,875		
Yb..... 5.10 ⁻⁸ gramos.					
3289,37					
Zn..... 5.10 ⁻⁵ gramos.					
3302,588	3345,020				
Zr..... 5.10 ⁻⁶ gramos.					
2875,983	2885,389	3029,515	3391,975		

Rayas últimas de los elementos por longitudes de onda

Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad	Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad
& 2304,235	Ba	6	2553,28	P	4
& 2348,610	Be	9	2554,93	P	4
& 2349,84	As	5	2567,987	Al	6
& 2354,319	Sr	5	2569,469	Sr	5
& 2367,062	Al	6	2575,100	Al	6
& 2370,77	As	5	2576,104	Mn	6
& 2373,132	Al	6	2593,729	Mn	6
& 2373,362	Al	6	2598,062	Sb	6
& 2381,18	As	5	2605,688	Mn	6
& 2383,25	Te	4	2615,42	Lu	8
& 2385,23	Y	5	2634,783	Ba	6
& 2385,76	Te	4	2635,528	U	6
& 2398,559	Ca	6	2637,133	Os	5
& 2407,254	Co	6	2639,712	Ir	6
& 2411,622	Co	6	2641,406	Hf	6
& 2424,930	Co	6	2650,702	Be	8
& 2427,95	Au	6	781		
& 2428,095	Sr	5	& 2651,178	Ge	8
& 2456,53	As	5	2652,489	Al	6
2478,573	C	5	2656,61	Ta	6
2494,559			2659,454	Pt	7
576	Be	8	2660,393	Al	6
2496,778	B	6	2664,786	Ir	6
2497,733	B	6	2675,95	Au	6
2521,363	Co	6	2692,395	Ta	6
& 2528,535	Se	6	2694,233	Ir	6
2530,70	Te	4	2706,510	Sn	8
2534,01	P	4	2708,96	Ra	<4
2536,519	Hg	6	2727,780	Eu	6
2551,347	W	5	2741,31	Li	6

Rayas últimas de los elementos por longitudes de onda

Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad	Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad
2754,155	U	6	2860,452	As	5
2763,092	Pd	6	2863,327	Sn	8
2767,87	Tl	7	2874,244	Ga	7
2769,67	Te	4	2874,984	Ru	5
2773,357	Hf	6	2875,983	Zr	6
2779,817	Sn	8	2877,915	Sb	6
2780,197	As	5	2881,578	Si	7
2780,703	Cr	6	2889,627	U	6
2794,817	Mn	6	2896,446	W	5
2795,53	Mg	7	2898,259	Hf	6
2798,271	Mn	6	2906,676	Eu	6
2801,064	Mn	6	2909,061	Os	5
2802,003	Pb	8	2916,481	Hf	6
2802,695	Mg	7	2919,048	Y	5
2810,553	Ru	5	2919,794	Os	5
2813,76	Ra	<4	2924,792	Ir	6
2813,95	Eu	6	2931,830	Sr	5
2817,959	U	6	2940,772	Hf	6
2820,224	Hf	6	2943,637	Ga	7
2820,77	Eu	6	2944,395	W	5
2821,122	U	6	2947,384	W	5
2833,069	Pb	8	2948,405	Y	5
2835,633	Cr	6	2975,483	Cr	6
& 2836,46	Ra	<4	2980,752	Sc	7
2837,299	Th	6	2984,256	Y	5
2838,626	Os	5	2985,389	Zr	6
2839,989	Sn	8	2986,473	Cr	6
2843,252	Cr	6	2988,948	Ru	5
2849,725	Ir	6	2996,580	Cr	6
2852,129	Mg	7	& 3002,491	Ni	7

Rayas últimas de los elementos por longitudes de onda

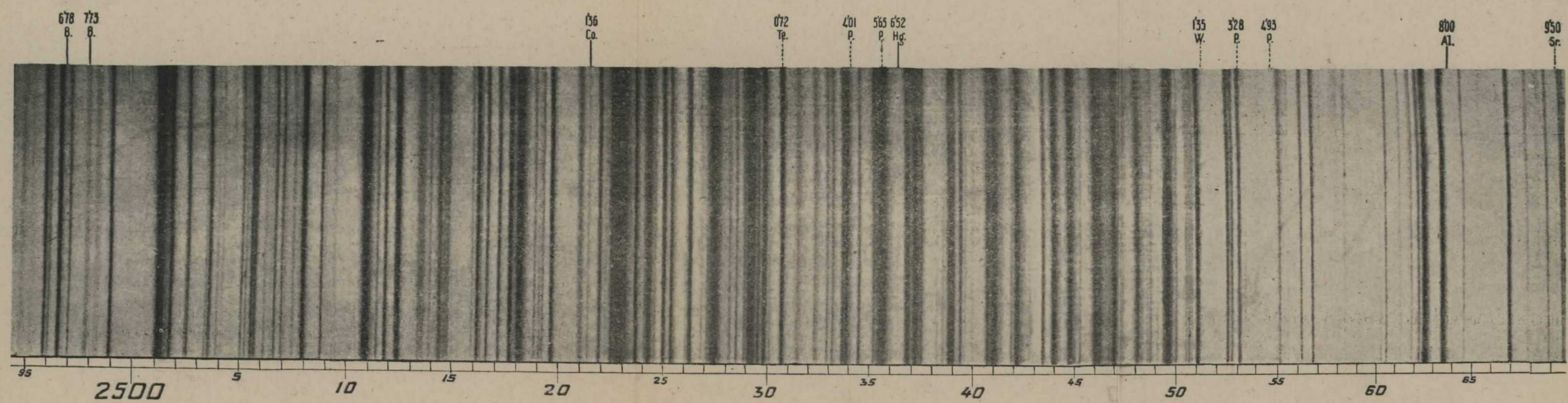
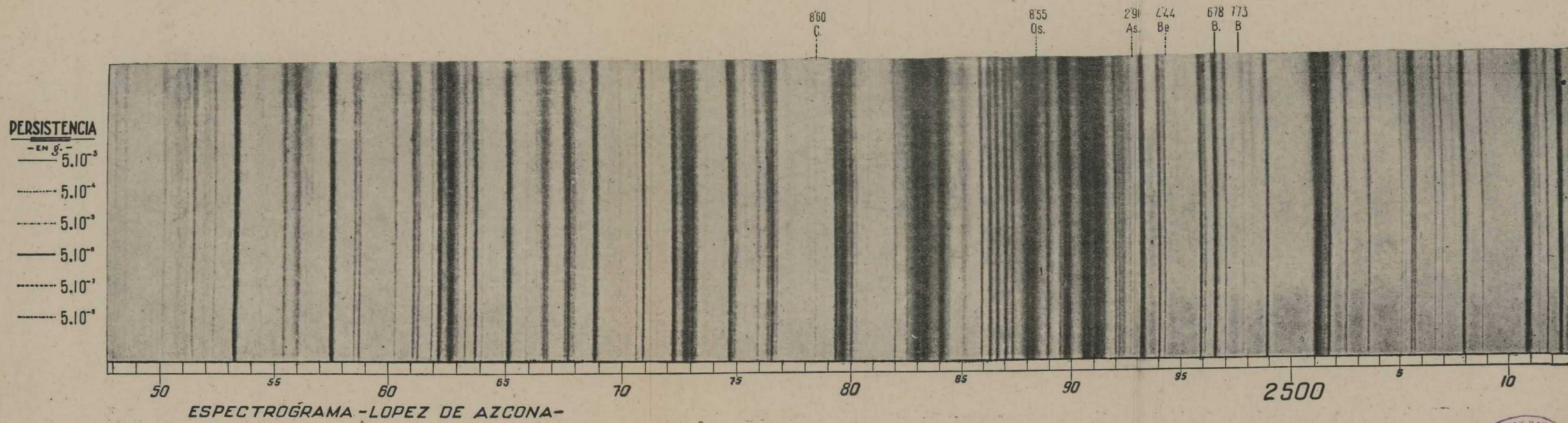
Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad	Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad
3005,057	Cr	6	3094,183	Nb	5
3009,147	Sn	8	3100,508	Gd	6
3011,117	Ta	6	3104,589	La	5
3013,713	Cr	6	3130,786	Nb	5
3014,760	Cr	6	3132,594	Mo	7
915	Cr	6	3133,603	Nd	5
3015,194	Cr	6	3145,006	Gd	6
3015,364	Sc	7	3158,165	Mo	7
3017,569	Cr	6	3158,869	Ca	6
3018,039	Os	5	3170,347	Mo	7
3020,640	Fe	7	& 3175,019	Sr	8
3021,073	Fe	7	3179,332	Ca	6
3021,558	Cr	6	3183,406	V	8
3029,515	Zr	6	3183,982	V	8
3034,121	Sn	8	3185,396	V	8
& 3039,064	Ge	8	3184,898	Th	6
3039,356	In	8	3186,454	Ti	7
3044,005	Co	6	3191,096	Nb	5
3050,819	Ni	7	3191,994	Ti	7
3058,66	Os	5	3193,973	Mo	7
3061,819	Co	6	& 3195,615	Y	5
3064,712	Pt	7	3199,915	Ti	7
3067,716	Bi	8	3199,56	Tb	6
3071,591	Ba	6	3200,270	Y	5
3072,344	Co	6	3201,714	Ce	6
3072,877	Hf	6	3203,323	Y	5
3082,000	Gd	6	3214,755	Sm	6
3082,155	Al	6	3213,747	Eu	6
3092,713	Al	6	& 3216,682	Y	5
3092,842	Al	6	3216,836	Sm	6

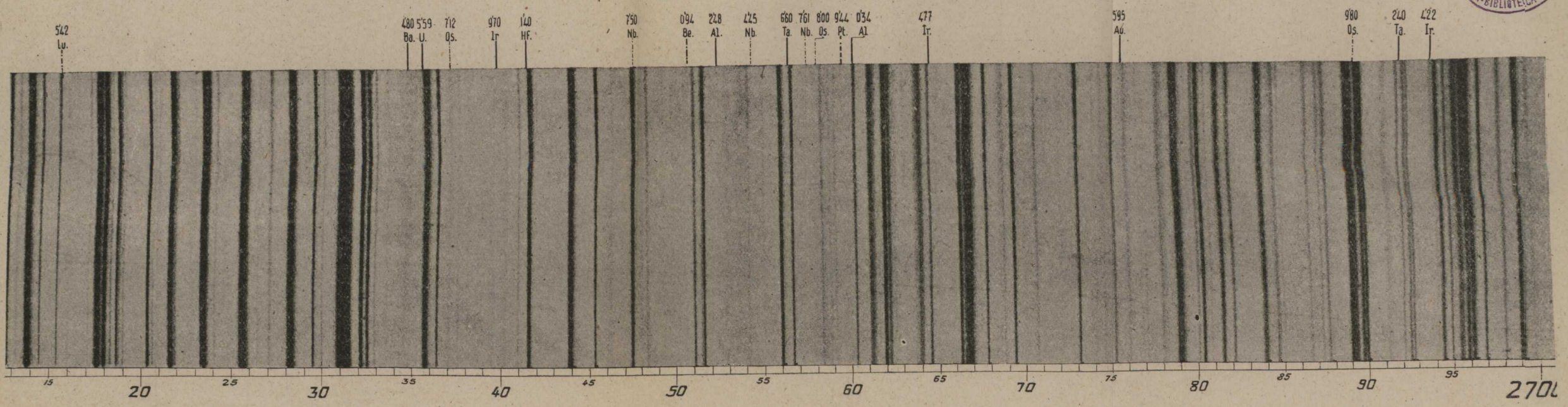
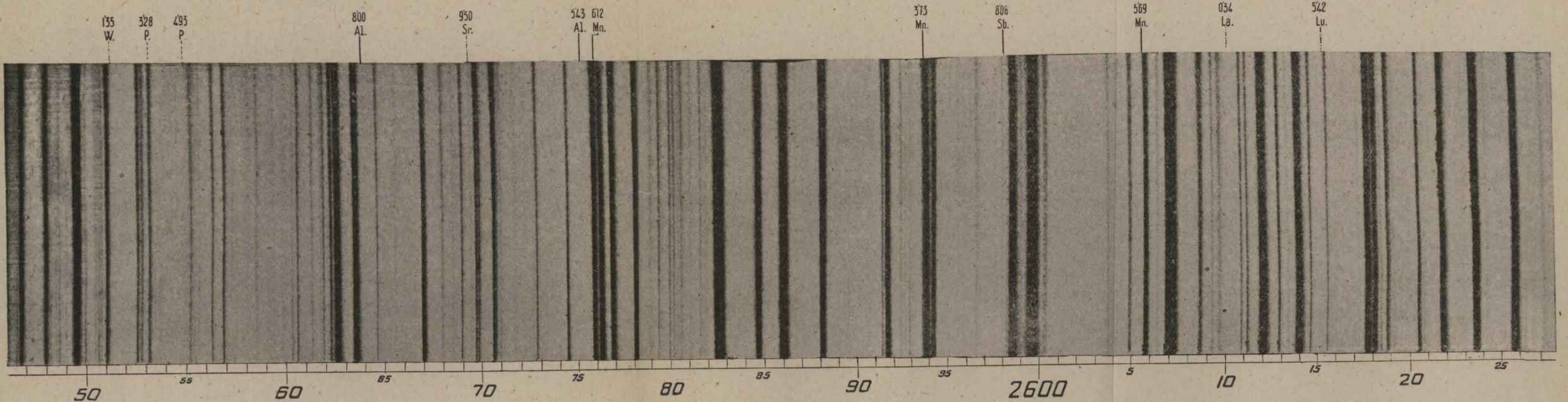
Rayas últimas de los elementos por longitudes de onda

Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad	Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad
3217,017	K	5	3280,683	Ag	8
3218,597	Sm	6	& 3281,40	Tb	6
3218,93	Tb	6	3283,573	Rh	6
3218,944	Ce	6	& 3285,04	Tb	6
3219,95	Tb	6	3289,37	Yb	8
3220,780	Ir	6	& 3293,07	Tb	6
3221,171	Ce	6	3301,559	Os	5
3227,114	Ce	6	3302,323	Na	6
3231,236	Ce	6	3302,588	Zn	5
3232,61	Li	6	3302,988	Na	6
3234,274	Ce	6	3306,372	Sm	6
3236,735	Ce	6	3310,655	Sm	6
3242,280	Y	5	3312,424	Er	7
3242,703	Pd	6	3319,887	Dy	6
3243,370	Ce	6	3321,013	Be	8
3245,120	La	5	086		
3247,540	Cu	6	3323,092	Rh	6
3249,351	La	5	& 3324,40	Tb	6
& 3252,34	Tb	6	3327,875	Y	5
3254,378	Sm	6	3328,270	Nd	5
3256,090	In	8	3337,488	La	5
3261,057	Cd	6	3340,585	Sm	6
& 3262,270	Os	5	3345,020	Zn	5
& 3262,328	Sn	8	3348,72	Rb	3
3265,657	La	5	3349,406	Ti	7
3267,945	Os	5	& 3349,42	Tb	6
3269,494	Ge	6	3350,482	Gd	6
3273,962	Cu	6	3350,89	Rb	3
& 3280,28	Tb	6	3354,635	Ti	7
& 3280,55	Rh	6	3358,628	Gd	6

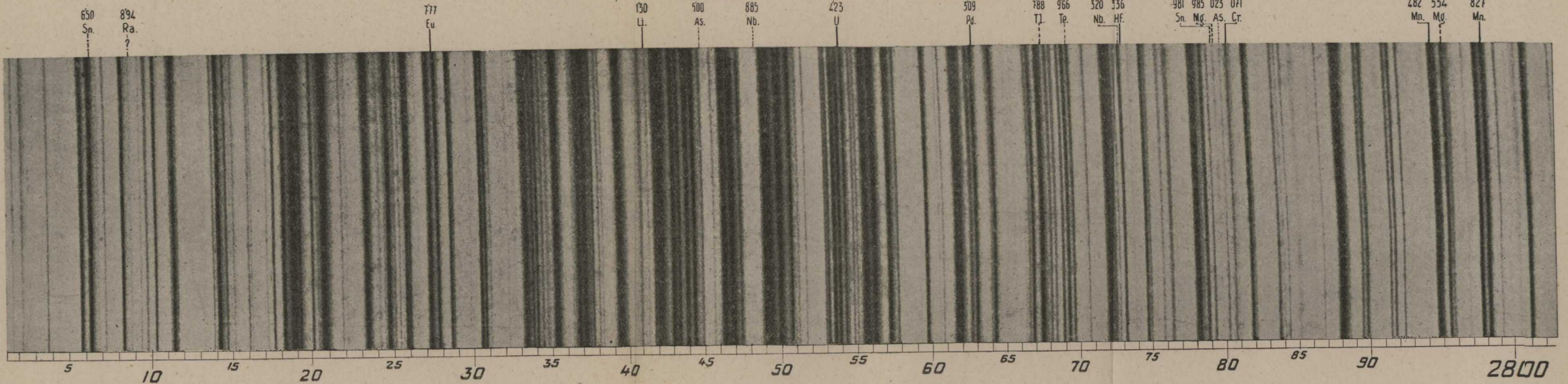
Rayas últimas de los elementos por longitudes de onda

Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad	Longitud de onda	Elementos	Sen-sibilidad
3361,213	Ti	7	3399,795	Hf	6
3362,244	Gd	6	3402,463	Sm	6
3362,61 *	Tu	7	& 3403,653	Cd	6
3365,865	Sm	6	3404,580	Pd	6
3370,439	Ti	7	& 3405,120	Co	6
3371,454	Ti	7	& 3407,596	Gd	6
3372,750	Er	7	& 3407,80	Dy	6
3373,001	Pd	6	& 3408,668	Sm	6
3380,910	La	5			
3382,407	Sm	6			
3382,891	Ag	8			
3385,027	Dy	6			
3391,975	Zr	6			
3391,989	Er	7			
3392,534	Gd	6			
3393,583	Dy	6			
3394,613	Pr	5			
3396,169	Dy	6			
3396,85	Rh	6			
3398,98	Ho	7			

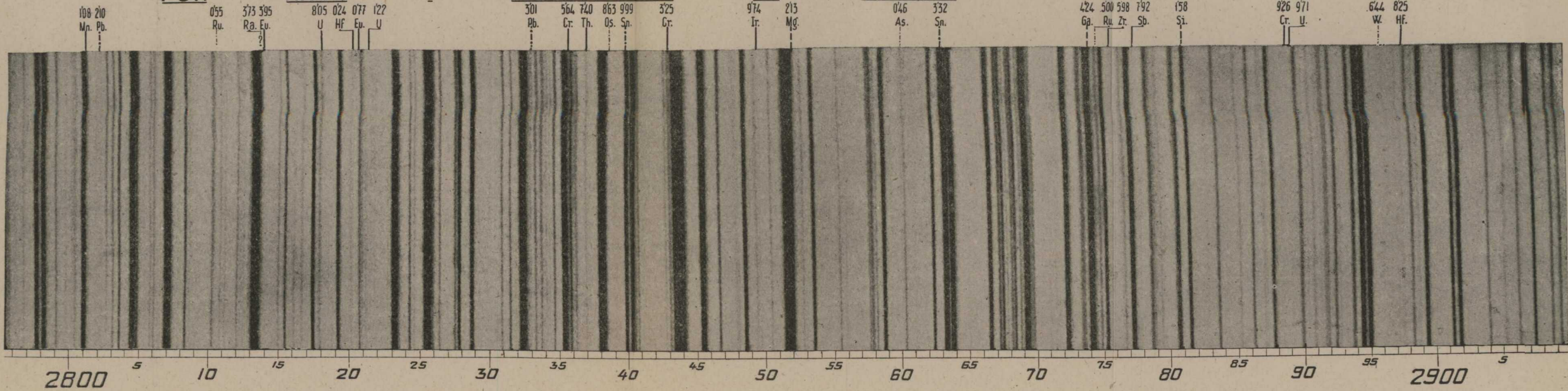


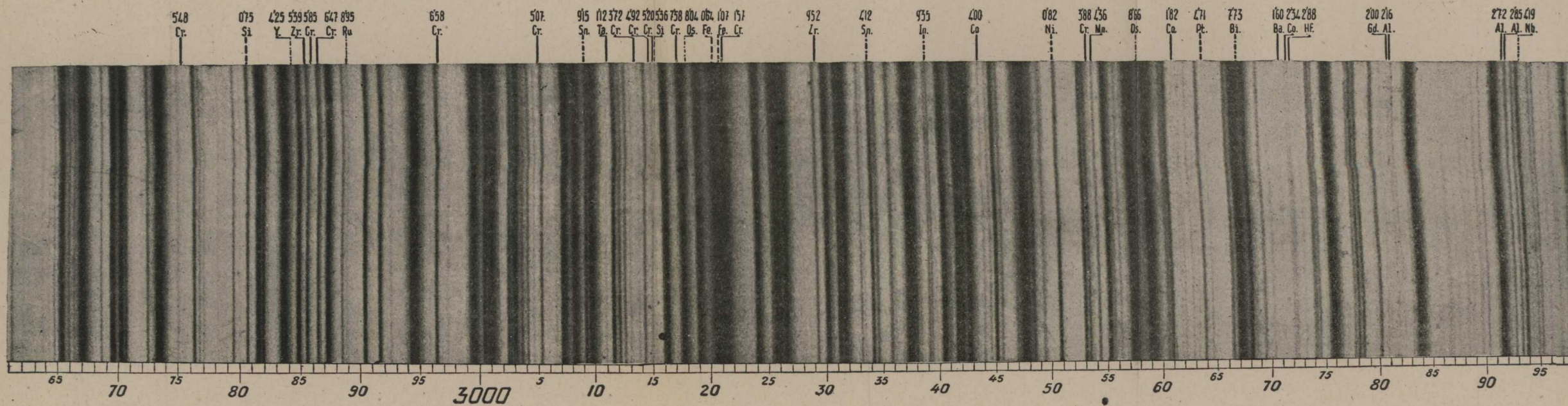
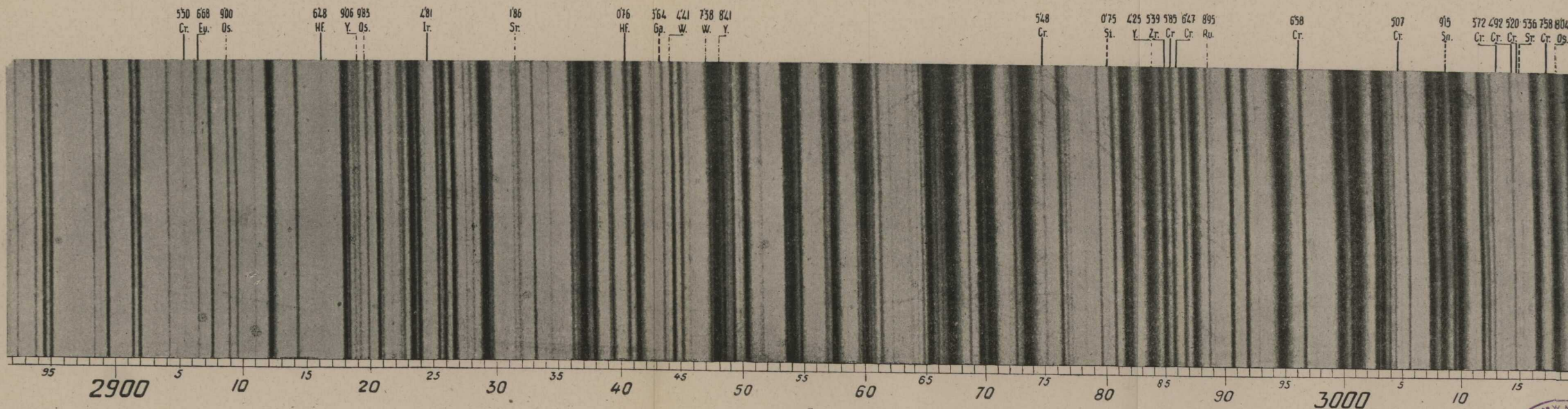


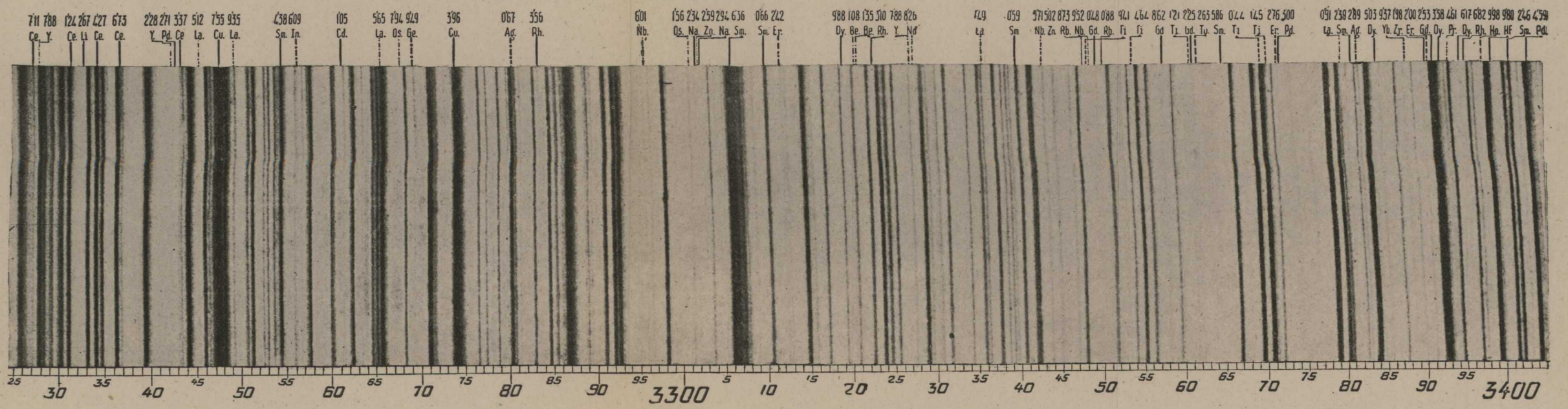
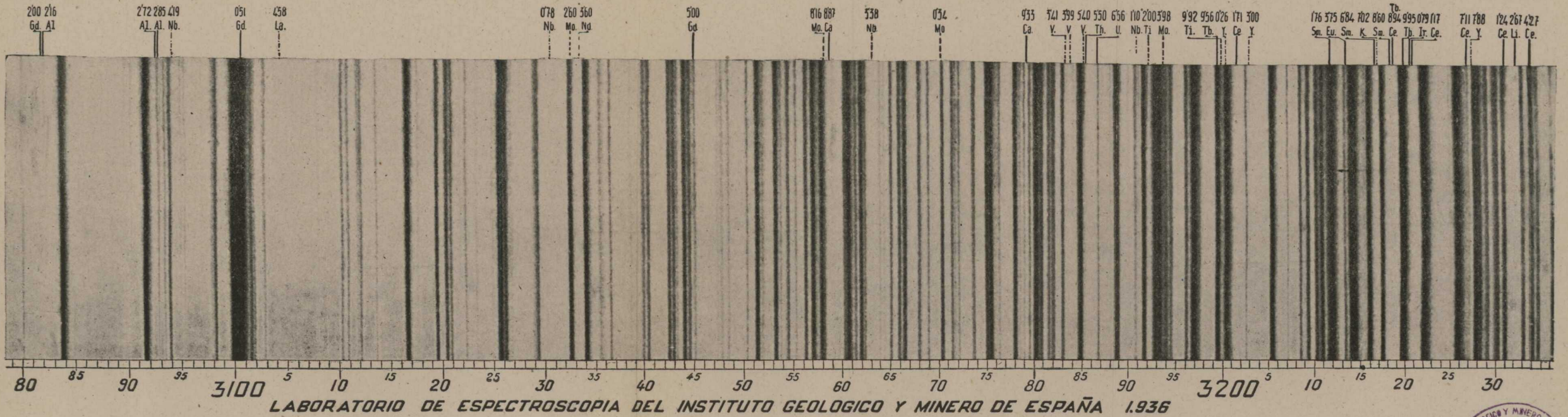
ATLAS DE LINEAS ÚLTIMAS CON EXCITACIÓN



POR ARCO Y ELECTRODOS DE CARBÓN







BIBLIOGRAFÍA

- (1) GRAMONT (A. DE): "Tableau des raies de grande sensibilité des éléments destinés a la recherche analytique". C. R. CLXXI-1.106-1920.
- (2) BARDET (JACQUES): *Atlas de spectres d'arc*. Paris, 1926.
- (3) LÖWE (FRITZ): *Atlas der letzten Linien*. Leipzig, 1926.
- (4) MEGGERS (W. F.): "Persistent lines and raies ultimes of the chemical elements".—*International critical tables of numerical data*.—V-322. New York, 1929.
- (5) CROOK (W. J.): *Metallurgical Spectrum Analysis, Atlas*, Stanford, University Press (1935).
- (6) GERLACH (WALTHER) u. RIEDL (E.): *Die chemische Emissions-Spektralanalyse*.—Leipzig, 1936.
- (7) LÖWE (FRITZ): *Atlas der Analysen-Linien der wichtigsten Elemente*. Dresden, 1936.
- (8) GATTERER (A.) u. JUNKER (J.): *Atlas der Restlinien von 30 chemischen Elementen*.—Specola Vaticana, 1937.
- (9) HARRISON (GEORGE R.): *Tables of Wavelengths*. New York, 1939.
- (10) CHANG (TING-CHAO): "A standar slide for qualitative spectro-chemical analysis".—*Sh. Journal of the Shanghai Science Institute*.—I-225, 1939.

MIGUEL MOYA GASTÓN

Ingeniero de Minas

TRATAMIENTO DE MENAS AURÍFERAS

Empleo de la pana en la recuperación del oro

El empleo de lonas, mantas gruesas, esterillas de coco, pieles de carnero, panas—en general todo material felpudo— para recuperar el oro no retenido por las placas de amalgamación y también para recoger toda sustancia metálica pesada ha persistido desde los tiempos legendarios hasta el día. De esta práctica se ha deducido el actual empleo de una clase especial de pana como elemento más adecuado para la recuperación del oro. Ha reemplazado a la amalgamación en el Rand; se emplea satisfactoriamente en Australia y el Canadá y se va adoptando poco a poco en Estados Unidos. Hay varias razones para la adopción de la pana. La primera es el alto porcentaje de recuperación que permite obtener en los finos de algunas menas; su instalación y conservación son muy baratas y su aplicación sumamente sencilla. El creciente tonelaje que actualmente se trata con la pana, la existencia en España de plantas de tratamiento aurífero, el proyecto de nuevas instalaciones de esta índole, los trabajos de investigación que están encomendados al Instituto Geológico y Minero de España, el proyecto de establecimiento en este Centro de un laboratorio semiindustrial para el ensayo de menas

auríferas y el no haberse publicado, que sepamos, nada en nuestro país sobre este tema, nos han animado a reunir datos y referencias sobre la clase de pana que se usa al efecto, sus ventajas, extensión que ha alcanzado su empleo, puntos de aplicación en los esquemas de tratamiento, manera de operar y resultados obtenidos en la recuperación aurífera.

Durante la primera mitad del siglo pasado los métodos gravimétricos, mediante el uso de "obstáculos" de tipo corriente o de los llamados húngaros y mantas o esterillas de recuperación, eran los generalmente empleados. Aun después de que la amalgamación empezase a dominar el campo de la recuperación del oro, las mantas y esterillas se empleaban en muchas explotaciones, especialmente en el tratamiento de residuos o colas de amalgamación y en el tratamiento de placeres auríferos. Alguna de estas explotaciones tenía en 1866 (Woodworth en Constock) un área de 2.700 metros cuadrados de mantas para recuperar valores de los residuos de amalgamación. Sin embargo, con el advenimiento de la cianuración (1888) y la molienda a tamaños muy finos se prescindió del uso de mantas, y hasta hace unos quince años no han vuelto a emplearse. En 1925 las instalaciones de pana empezaron a reemplazar a las placas amalgamadas, en Witwatersrand (Sud Africa). En 1930, estas últimas, habían desaparecido prácticamente, y la pana se emplea para la recuperación del oro, en la mayoría de las instalaciones.

La pana que se emplea en el tratamiento hidrometalúrgico y destinada a recibir la pulpa (mezcla de líquido y partículas sólidas) es una pana especial: tejido peludo, grueso y resistente de algodón que tiene de cuerpo unos cinco milímetros. En ella, con una máquina especial, se practican hendeduras o estrías longitudinales y paralelas de cuatro milímetros, que

llegan hasta la trama o parte lisa del tejido formando con ella un pequeño ángulo cuyo frente agudo se coloca en el sentido de la contracorriente. Estas hendeduras tienen una anchura de 1,5 milímetros y están separadas entre sí ocho o nueve milímetros. Dejan, pues, entre ellas unos listoncillos de felpa de este ancho, uno de cuyos bordes (el que luego se coloca también en el sentido de la contracorriente) es un poco más elevado que el otro. Las partículas más densas o más gruesas de la pulpa se depositan en dichas hendeduras; las más finas y ligeras, que van en suspensión, quedan detenidas en la felpa de los listoncillos. Esta pana especial, así preparada, no se tiñe. Su precio actual en Inglaterra, que es donde se fabrica, es de unas 20 pesetas el metro.

Cuando la pana va colocada en el circuito molino de bolas-clasificador, evita la reincorporación del oro basto o grueso en el circuito y reduce el valor de la carga en las secciones de cianuración. En las secciones de flotación para el tratamiento de las menas con sulfotekururos, se emplea la pana desde hace unos diez años, con notable disminución de los residuos. Cuando el oro está recubierto de hierro, manganeso u otros elementos, las placas de cobre no pueden captarlo, en tanto que la pana lo recoge perfectamente. Se recuperan, pues, con la pana valores no susceptibles de amalgamación; se evitan los riesgos de robo de la amalgama, se está a salvo del rayado y deterioro que las partículas gruesas producen en las placas, de las sales solubles que "inutilizan" el mercurio, de los peligros de envenenamiento mercurial; la instalación y sostenimiento son, como hemos dicho, más económicos, más sencillo el manejo.

La pana se fabrica generalmente en piezas de unos 67 metros de largo por 70 ó 90 centímetros de ancho. Las acanala-

duras están practicadas a lo largo de la tela, y, como la pana se coloca de modo que la pulpa circule perpendicularmente a ellas, es necesario cortar la pana en trozos de una longitud siete o diez centímetros mayor que el ancho de la superficie sobre la que van colocados. Estos trozos se cosen unos a otros, o se solapan al colocarlos sobre la mesa del lavadero. La pana se coloca de tal manera que la pulpa circule a contrapelo del tejido y hacia el pequeño ángulo agudo de las acanaladuras. La superficie de la pana debe ser bien plana, a fin de que toda ella quede cubierta por igual cuando la pulpa circula sobre ella. La mesa en que se coloca la pana debe estar construída de modo que no se raje o se alabee; un linoleum grueso sirve bien a este propósito. El tamaño de la mesa puede variar entre límites amplios, pero generalmente es de 1,20 por 1,80 metros, los trozos de pana se mantienen en su sitio mediante planchas o barras planas de hierro, que los sujetan en su parte superior y que sirven de superficie de choque o desgaste cuando cae la pulpa. Pueden también colocarse a los lados pesos planos de hierro, a fin de sujetar la pana y evitar que la pulpa pase por debajo. Cuando se ha de recoger el concentrado, se quitan estos pesos y se pliega la pana en forma conveniente para llevarla al tanque de lavado.

A fin de que el tratamiento no se interrumpa, muchas instalaciones cuentan con secciones paralelas de pana, capaz cada una de ellas de tratar el tonelaje total. De este modo la pulpa se envía a una de ellas, mientras la otra se retira para recoger el concentrado. También pueden colocarse varias secciones de pana en cascada con una caída entre ellas de algunos centímetros, lo cual mejora la recuperación. Esta disposición permite también un mejor lavado, puesto que la plancha superior, que es la que recibe mayor cantidad de oro, puede ser lavada con más frecuencia sin necesidad de quitar las restantes.

La adecuada inclinación de las mesas con pana es esencial para la buena recuperación. Todas ellas deben ser, pues, regulables, a fin de obtener el ángulo más conveniente en cada caso. La inclinación debe ajustarse de modo que los sulfuros más pesados y los minerales de la ganga pasen por encima de la superficie de la pana. La inclinación debe, naturalmente, determinarse para cada operación. Cuanto más diluída y fina sea la pulpa, menor debe ser la pendiente. La inclinación más usual es la de 4 por 100, pero puede variar en más o menos, desde el doble a la mitad, según sea la finura de la molienda y el porcentaje de sólidos en la pulpa. El tamaño de los sólidos puede ser desde 10 mallas Tayler, o sea una apertura de 1,65 milímetros a 200 mallas o apertura de 0,07 milímetros. Sin embargo, como la pana se coloca generalmente después del molino, y una vez obtenida la dilución que se desee, la carga suele ser más bien gruesa. Deben descartarse tamaños superiores al indicado, a fin de no desgastar la pana excesivamente. El porcentaje medio de sólidos en la pulpa es de 20 por 100, pero en los casos en que la descarga del molino de bolas ha de pasar por la pana, puede llegar la dilución al 50 por 100. El área de pana requerida por tonelada tratada y por veinticuatro horas, puede ser desde 185,8 centímetros cuadrados a 1.858 centímetros cuadrados. El área media es de 278,7 centímetros cuadrados por tonelada y veinticuatro horas.

Para obtener un buen rendimiento, es esencial lavar frecuentemente la pana. En algunas instalaciones se lava cada hora, y en otras, cuatro o cinco veces durante la jornada. Si la pana está destinada a recoger los residuos del lavadero, en los que la cantidad de oro será, naturalmente, pequeña, no será necesario lavarla más que una vez cada veinticuatro horas o aun a mayores intervalos. El concentrado se desprende de

la pana agitando ésta suavemente en una cuba casi llena de agua. En algunos casos basta lavarla con una pequeña corriente de agua. Cuando la pana está excesivamente usada y no conviene seguir empleándola, se quema, y las cenizas se incorporan a una solución de cianuro, hasta que todo el oro queda disuelto. Un recipiente adecuado para el lavado de la pana puede ser un tonel con fondo de hierro y de capacidad suficiente para contener los mayores trozos de la pana. En él y a 30 centímetros del borde superior, se coloca una rejilla con abertura de dos centímetros.

El tonel se llena de agua hasta por encima de esta rejilla. A través de ésta, que puede asegurarse con un candado, para evitar el robo, va cayendo el concentrado, que se deposita en el fondo.

Como indicaciones útiles para el empleo de la pana, damos a continuación las siguientes cifras medias:

Area de pana por tonelada, por veinticuatro horas	278,7 centímetros cuadrados
Inclinación de las mesas.....	4 por 100
Tanto por ciento de sólidos en la carga.....	20 por 100
Duración de la pana.....	5 a 18 meses
Coste operatorio y de conservación.....	20 a 80 céntimos por tonelada

Creemos de interés complementar las referencias apuntadas con la aportación de algunos datos de orden práctico sobre el empleo de la pana en instalaciones de Australia, Canadá, Sud Africa (especialmente interesantes) y Estados Unidos.

En Lake View y Star (Australia), la descarga de cinco molinos de bolas se hace pasar por 40 mesas de pana, y lo que flota en cinco clasificadores duplex tipo Dorr, pasa a nueve mesas de pana secundarias. Lo que flota en estas mesas

secundarias pasa a dos clasificadores de taza, y lo que flota en éstos, a tres espesadores Dorr. De éstos pasa la pulpa a un sistema de células de flotación. Examinada la pulpa en este último punto (alimentación de la flotación), no se ha visto ninguna partícula de oro libre, lo que demuestra que la recuperación en la pana es perfecta.

Un análisis de cribado de la pulpa que vierte en las mesas primarias, da el siguiente resultado:

5 por 100.....	6 milímetros.
10 —	+ 10 mallas.
25 —	+ 20 —
35 —	+ 60 —
10 —	+ 100 —
1 —	+ 150 —
14 —	— 150 —

De la pulpa que sale de las mesas primarias, 20 por 100 es de + 200 mallas. El tamaño del oro varía desde granos microscópicos a pajuelas de cinco milímetros de diámetro. La inclinación de las mesas primarias es de 1×8 , y la de las mesas secundarias de 1×10 . Las mesas son de un metro de ancho por dos y tres de largo, respectivamente. Se tratan ocho y diez toneladas de pulpa respectivamente por 929 centímetros y veinticuatro horas. A fin de obtener listoncillos extra de más profundidad, los trozos de pana están cosidos y el solape o dobladillo va en el sentido de la contracorriente. La pana primaria se cambia cada doce horas, y la secundaria cada veinticuatro horas. La duración de la pana es de seis y nueve meses respectivamente. El concentrado de la flotación se tuesta y cianura. Según J. F. Thorn, Director de la explotación, la pana recupera el 23 por 100 del oro total contenido en las menas de Star y Lake View.

P. D. Hamilton describe así el empleo que se hace de la pana en Dome Mine (Canadá): "El oro libre se derivaba del

circuito para ser tratado en una combinación de placas amalgamadas y mantas. La primera instalación fué destruída por un incendio, y al montar la nueva planta se intentó la cianuración, que fué desechada, y se instalaron mesas de pana para tratar la pulpa y obtener el oro libre. Las mesas se alimentan con un producto no clasificado (aproximadamente 60 por 100 de 200 mallas), procedente de los circuitos de molienda primario y secundario. La pulpa es de cinco partes de agua por una de sólidos. La carga total de las 28 mesas de pana que hay instaladas es de 3.500 toneladas que pasan diariamente sobre un área de 70 metros de pana. El primer trozo de pana está sujeto en cada mesa por una barra plana de hierro. Los restantes se sujetan haciendo que el superior solape sobre el que le sigue. La pana se lava durante cinco veces en la jornada de ocho horas; tres hombres atienden la sección."

Durante los seis primeros meses de 1934 la recuperación total en Dome Mine fué de 98,6 por 100. La instalación de pana produjo el 76,1 por 100, y la de cianuración el 22,5 por 100.

En Siscoe Mine (Canadá) la mena es generalmente cuarzo con 1 por 100 de sulfuros. El oro es grueso y libre en su mayor parte. La descarga del molino de bolas se clasifica en conos hidráulicos; lo que se deposita en éstos es un concentrado cuyo contenido en oro se recoge en arquetas de amalgamación; lo que flota pasa a clasificadores Dorr en circuito cerrado con los molinos de bolas. Lo que flota en éstos pasa a otros conos, y lo que sobrenada en estos últimos, descarga en tres secciones de cuatro mesas paralelas con pana, cuyas dimensiones son de $1,30 \times 4$ metros y cuya inclinación es de 2 por 100. La recuperación total es de 97 por 100, y de ella se recoge en los conos y en la pana el 92 por 100, y un 5 por 100 por cianuración. Según O. Mathews, Jefe de la

planta, la pana no sólo es eficaz para recoger el oro libre, sino también las partículas gruesas de sulfuros.

En Golden Cycle (Estados Unidos), existe una planta de cianuración en la que se emplean mesas con pana después de la molienda. La mena se tuesta previamente, y después de molido, pasa sobre mesas de 2×4 metros con caída de una a otra de 7,5 centímetros. La pana se cambia cada doce horas, y el concentrado pasa a las tazas de amalgamación. Los residuos de las tazas se descargan en nuevas mesas con pana, y lo que no se concentra en ellas se incorpora nuevamente al circuito de cianuración. El concentrado obtenido en la pana se amalgama.

J. B. Hull describe el empleo de la pana en Montezuma Apex (California). La mena es cuarzo con oro libre y asociado a pirita de hierro y otros minerales. Tiene, según el análisis, 6,9 gramos por tonelada, y se muelen diariamente 230 toneladas. La recuperación es de 94 a 95 por 100, de la cual el 74 por 100 se obtiene en lingote, y el resto en concentrado. La pana se emplea en los lugares de la planta y con las áreas que se indican a continuación: Después de los clasificadores, 2,7 metros cuadrados; después del tanque de decantación, 22 metros cuadrados, y después de los elementos de flotación, nueve metros cuadrados. Se emplean también 2,7 metros cuadrados de pana para efectuar una limpieza periódica en los clasificadores. El concentrado se recoge y trata dos veces al mes en una mesa Wilfley, en circuito cerrado con una batea mecánica, en la que se obtiene una amalgama muy limpia y un recogedor con mercurio.

En las dragas que explotan aluviones auríferos, las cucharas descargan en cribas giratorias, de las que pasa la pulpa a mesas metálicas con obstáculos (listones de tipo húngaro o corrientes), que van seguidas de piezas de pana para la recuperación de los residuos. Así va equipada, por ejemplo, la

Yuba, que lleva cucharas de 0,5 metros cúbicos de cabida y puede tratar 11.400 metros cúbicos diariamente.

El empleo de la pana en el Rand (Sud Africa), ha permitido recuperar muchos millones de onzas de oro. La mayoría de las instalaciones lo usan. La cantidad total de mena tratada por la pana es mensualmente de dos millones y medio de toneladas, y el oro recogido en ella es del 40 al 55 por 100 del total. Wartenweiler ha obtenido los siguientes resultados haciendo pasar la pulpa por cinco mesas de pana:

PANA	Oro recogido y pesado	
	Por 100	
1	70	a 80
2	11	a 18
3	3,1	a 4,2
4	2,3	a 3,7
5	0,8	a 2,1

En el Rand se usan anualmente 32.000 metros de pana de 0,90 de ancho. Y como las placas de amalgamación se han ido sustituyendo por la pana, el mercurio utilizado actualmente es la décima parte del que se empleaba en 1910. La descarga de los molinos pasa por la pana a razón de una tonelada por 929 centímetros cuadrados cada veinticuatro horas. La cantidad de concentrado es aproximadamente de una tonelada por 1.000 de mena molida. Este concentrado se trata nuevamente, se reduce a la mitad y luego se amalgama. Como la producción en 1935 alcanzó un valor de unos 600 millones de pesetas, el valor del oro recuperado por cada metro de pana puede estimarse en 20.000 aproximadamente.

En el caso de un laboratorio de ensayos, las pequeñas cantidades tratadas no permitirían deducir consecuencias prácticas en lo que al empleo de la pana se refiere. Pero en el caso de tratamiento de aluviones en la prospección aurífera y tam-

bién en el caso de un Laboratorio semiindustrial, en los que las cantidades que se tratan son de cierta importancia, sí podrán obtenerse indicaciones útiles y aprovechables para las actuales y futuras plantas, mediante el empleo de la pana en los diferentes circuitos del esquema de tratamiento.

Madrid, octubre 1940.

REFERENCIAS

- F. WARTENWEILER. *Recovery of gold by blanket concentration in substitution of plate amalgamation*, 1923.
- W. F. BOERICKE. *Gold mining developments in Northern Ontario*. 1932.
- F. WARTENWEILER. *Development of milling and cyanidation on the Witswatersrand*. 1934.
- E. GAYFORD. *Ore treatment as a factor in small gold mining enterprises*. 1934.
- C. G. McLACHLAN. *Increasing gold recovery from Norandas milling ore*. 1934.
- B. ROBINSON. *Milling practice at Greene Stabell Mine*. 1934.
- W. VAN BERNEWITZ. *Corduroy as a saver of gold*, 1935.
- AMERICAN CYANAMID COMPANY. *Ore Dressing Notes*. 1935.
- W. HARVEY. *Gold Deposits of the World*. 1937.
- S. P. JOHNSTON. *Gold dredges*. 1938.

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

NOTA ACERCA DE LA GEOLOGÍA DE PORTUGAL

En recorridos efectuados a fines de 1938 en el Distrito de Coimbra, Consello de Pampilhosa da Serra (Beira Litoral), he podido aclarar el sentido geológico de algunos plegamientos isoclinales de pizarras de aspecto azoico y poco llamativo, lo que justifica su errónea interpretación.

En la Sierra de Santa Luzia, y en una longitud normal a sus estratos de unos 15 a 20 kilómetros, se arrumban éstos de NO. a SE. con buzamiento, casi vertical, al NE. Las dos clases de rocas son cuarcitas y pizarras, destacadas a proporción de su dureza.

La interpretación de los geólogos portugueses es la de isleos cuarcitosos con *bilobites* (atribuidos al Gotlandiense inferior), limitados en la gran masa de pizarras discordantes referidas al Precambriano y de plegamiento muy antiguo

En mi corte apenas he apreciado la discordancia.

Al NE. entre las psamitas, he visto alguna *cruziana plana* del tipo *Cr. Schulzi*, Samp. Marchando al SO. se cruzan las potentes cuarcitas ordovicenses con *Scolithus Dufrenoi* y *Vexillum* dispuestas en sinclinal, siguen pizarras con *Zingulella Heberti*, frecuentes en el Postdamiense gallego; se cierra el anticlinal con nuevas cuarcitas, y en el sinclinal que se vuelve

a ofrecer encuentro diminutos *crinoides* y pizarras nodulares con *Geisonoceras aff timidum*, Barr, típicamente gotlandienses.

Estas faunas y el monótono diastrofismo isoclinal permiten asegurar:

1.º Que el conjunto de los estratos va del Postdamiense al Suprasiluriano (Wenlock).

2.º Que su plegamiento debe corresponder al Herciniano, a juzgar por el espesor del sinclinal, no analizado por completo.

Estas deducciones creemos deben afectar a buena parte del Paleozoico del centro de Portugal y fueron comunicadas a la Real Academia de Ciencias, en Burgos.

NOTA DE LA SEGUNDA REGIÓN

MIOCENO CONTINENTAL AL NORTE DE LOS OVARENES (BURGOS)

Al llevar a cabo los trabajos de campo para el estudio de la Hoja de Miranda de Ebro, hemos encontrado unos manchones indudablemente miocenos, que marcan una transgresión septentrional del Mioceno lacustre de la cuenca del Ebro.

Lo consideramos de interés por ser las primeras que se citan al N. de la barrera de los Montes Ovarenes y Sierra de Cantabria, y viene a aclarar la aparición de la pequeña mancha miocena que citábamos en su día, con extrañeza, en la Hoja de Vitoria, en la Sierra de Peña del Oro.

Al SO. del pueblo de Oron, y en las inmediaciones del mismo, existe un cerro de cumbre aplanada, denominado "Peña Adrian" y conocido con el nombre de "La Llana", que recuerda la forma de artesa invertida, característica de los cerros miocenos; y, efectivamente, sobrepuesta a los estratos casi verticales de pudingas y margas del borde de la cuenca oligocena de Treviño y en discordancia manifiesta, existe una formación de calizas y margas de edad Pontiense, de unos cinco metros de espesor, con ligero buzamiento hacia el tercer cuadrante.

En dichas calizas hemos recogido ejemplares de *Valvata Schlosseri*, *Helix c. p.*, e *Hydrobia e Schloss*, que demuestran claramente la edad Pontiense de las mismas.

Más a Poniente, y en las proximidades del pueblo de Encío, existe otro cerro, que denominamos por su forma "Las Tetas de Encío", en el que se ve una formación de pudingas de unos tres metros de espesor, subhorizontales y en marcada discordancia con las capas casi verticales del Oligoceno subyacente, por lo que también las clasificamos como mioceñas, y posiblemente de la base del Mioceno.

Madrid, 10 de diciembre de 1940.

