

L.1.017

# NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

## INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

## ESPAÑA



---

NÚMERO 9

---

MADRID  
Gráficas Reunidas, S. A.  
Hermosilla, 108  
1942

AGUSTÍN MARÍN

---

PLAN DE ALUMBRAMIENTO DE AGUAS  
SUBTERRÁNEAS (1)

---

En 1855, el Secretario de Estado y Gobernación se dirigía a S. M. la Reina Gobernadora, en un mensaje, en el que se lamentaba de los grandes dispendios que ocasionaba el aprovechamiento de las aguas superficiales, de las que decía "que si algunas han correspondido a su fin, otras sólo han servido para causar inmensos gastos", y más adelante se agregaba en la exposición: "La falta de aguas de riego ha contribuido a la escasez de frutos, impidiendo su variedad y perjudicando a sus valores, y ha dificultado contar con eficaz medio para prevenir los males que se originan de la falta e incertidumbre de cosechas, siendo cierto que *no se han aprovechado las aguas subterráneas* como conviene, aunque son de gran utilidad en las localidades que no pueden contar con otras, y cuando su alumbramiento y beneficio se proporcione en general a menos costo que el necesario para la dirección y aprovechamiento de las corrientes superficiales".

---

(1) Memoria del Director del Instituto Geológico y Minero de España, acompañando un plan de alumbramiento de aguas subterráneas en España.

Fué entonces cuando se encomendó a brigadas de Ingenieros de Minas, que debían recorrer ambas Castillas, para demarcar las localidades en donde hubiera probabilidad de alumbrar aguas subterráneas.

Posteriormente, en 1875, se creó la Comisión del Mapa Geológico de España, hoy Instituto Geológico y Minero de España, y en la instrucción dada para el mejor orden de los trabajos se disponía que se prestase atención preferente "al estudio de los manantiales de aguas potables y minerales, descripción de cuencas hidro-geológicas para la perforación de pozos artesianos".

Es indudable que esta disposición proporcionó interesantes frutos, según se acredita con los muchos trabajos publicados en los Boletines y Memorias de este Centro; pero ¡queda tanto por hacer!, tanto, que resultan de completa actualidad, y ¡ha pasado un siglo!, las palabras del ministro a la Reina Gobernadora.

Los esfuerzos para alumbrar aguas subterráneas han sido en su mayor parte debidos a los particulares, pues los Gobiernos no han podido dedicar al asunto más que mezquinos recursos. Nadie puede negar que los aprovechamientos hidráulicos con embalses, que han servido de bandera para fines políticos en distintas épocas, evitan que se pierda la gran riqueza que hoy se vierte al mar sin beneficio para nadie; pero también es cierto que la acción pequeña, dispersa, resolviendo aislados problemas hidrológicos por sondeos, galerías y pozos, representa, en conjunto, el aprovechamiento de un caudal enorme y la creación de muchas pequeñas huertas, de centros agrícolas, apagar la sed de miles de pueblos, que, en definitiva, producirá bienestar social y gran incremento de nuestra riqueza nacional. No hay que emplear las grandes

sumas de dinero que representa, en general, la construcción de embalses, y sin embargo los beneficios, en muchos casos, pueden ser más importantes.

Los particulares, en muchos casos, han realizado gran número de trabajos con objeto de sacar a la luz el gran caudal de aguas subterráneas que hoy se pierde en el mar y que calcula el Sr. Gorostízaga que es en España de unos 68.000 millones de m<sup>3</sup>.

Por trabajos del Estado y de los particulares se aprovechan algunas de nuestras cuencas hidrológicas, como la del Duero, donde se han realizado un gran número de pocillos que alumbran unos 20 millones de m<sup>3</sup>. Pero a pesar de este esfuerzo, como se calcula que en esta cuenca se pueden alumbrar 4.000 millones de m<sup>3</sup>, representa que sólo se aprovecha hoy una media centésima del total utilizable. Como ese ejemplo de la cuenca más importante de España se pueden presentar un gran número en toda España, aunque los caudales para alumbrar no sean tan grandes, pero cuyos beneficios serán incalculables. Baste, como ejemplo, indicar que en la Región Levantina el coste de los alumbramientos hechos por el Estado y particulares, bajo la dirección de este Centro, ha sido de unos 3 millones y medio de pesetas y se calcula que con el agua alumbrada, empleada en riegos, se obtendrá un ingreso anual de 1.600.000 pesetas, lo que representa un 45 por 100 de interés al capital.

En Canarias se realizaron tres obras, hasta ahora, entre quince que se habían comenzado, y se emplearon en ellas 519.000 pesetas. En las tres obras se alumbraron 14.000 m<sup>3</sup>. al día, lo que representa poner en cultivo de riego 600 fanegadas (1), que pueden emplear 1.200 obreros, y si conside-

(1) La fanegada tiene 5.555 m<sup>2</sup>.

ramos que el riego aumenta 100 veces el valor de la tierra en Canarias, se tendría una plus-valía, a causa de los alumbramientos de agua, de *30 millones de pesetas*.

Por consiguiente, juzgamos que no existe mejor modo de emplear el Estado sus fondos que el destinarlos a alumbramientos de aguas subterráneas, porque bien pronto, con el incremento de riqueza que aquéllos crearán, se resarcirá de los gastos hechos.

Es cierto que en muchas partes debía ser la iniciativa privada la que alumbrara las aguas subterráneas; pero el Estado, por la obra tutelar que representa y, sobre todo, por su propio interés, debe reconocer nuevas cuencas hidro-geológicas y debe ayudar y subvencionar a los Ayuntamientos, entidades oficiales y a los particulares para la investigación de aguas subterráneas, en la forma que se juzgue conveniente. No puede negarse que toda investigación, sobre todo en cuencas nuevas, tiene algo de aventura, y es muy difícil que el pequeño propietario exponga su dinero en empresa de resultados dudosos. El Estado es otra cosa, porque como realiza muchos trabajos, con los beneficios de aquellos de resultados positivos se puede resarcir de los gastos de los de resultados negativos; tiene una especie de reaseguro que no tienen los particulares.

No creemos tampoco que en las fincas particulares, y cuando no se trate del reconocimiento de nuevas cuencas hidrológicas o de trabajos de gran interés comarcal, debe realizar el Estado totalmente por su cuenta los trabajos, sino que debe ayudar, anticipar, subvencionar a los particulares en la forma que se estime oportuna. A tal efecto, se ha elevado a la Superioridad un proyecto de Decreto redactado con tales fines.

No queremos dejar de consignar aquí, que no creo que

exista para el Estado deber más imperioso que el de abastecer de aguas a los pueblos sedientos, y por ello, nada más justo que lo que hoy está dispuesto de pagar íntegramente las obras de alumbramiento de aguas a los pueblos menores de 3.000 habitantes y ayudar, hasta con el 50 por 100 del importe, a los de mayor número, cuando las obras tengan interés nacional o comarcal.

En virtud de las razones expuestas, juzgamos de gran interés que el Estado emprenda por primera vez con decisión, y proporcionando los medios necesarios, la benemérita empresa de alumbrar aguas subterráneas, que seguramente ha de incrementar en proporciones muy notables nuestra riqueza nacional.

La premura con que se hace este trabajo no ha permitido presentar un plan orgánico de lo que hay que hacer en España en materia de aguas subterráneas; pero nos hemos valido de los muchos estudios y antecedentes que se conservan aún en este Centro (a pesar de las muchas pérdidas habidas en período rojo), y que representan labor de muchos años, parte traducido en obras realizadas bajo la dirección de este Centro, otros muchos estudios consignados han quedado en nuestras publicaciones y de algunas regiones existen antecedentes en nuestros archivos.

Hemos recopilado lo que nos ha parecido más interesante de lo mucho que hay que hacer en España, y el plan de conjunto lo sometemos a la consideración de la Superioridad.

En muchos de los trabajos anteriores hemos tenido que modificar los presupuestos por el aumento que han sufrido los materiales y las cargas sociales. En otros hemos tenido que suprimir algunas obras, ora porque se han construido después de haberse redactado los informes correspondientes, ora por-

que se han hecho nuevos estudios y reconocimientos que no hacen concebir esperanzas sobre el éxito del trabajo.

Hemos también considerado al hacer nuestros proyectos lo que se ha progresado en estos últimos tiempos en los trabajos de investigación con la nueva ciencia de la Geofísica, que poco a poco va consiguiendo hacer transparente la corteza terrestre. Se han iniciado en este Centro trabajos muy interesantes geofísicos en busca de aguas subterráneas, como los emprendidos en Las Rozas y El Pardo, en la provincia de Madrid, y en la cuenca importante de León.

La importancia de los adelantos en los procedimientos eléctricos augura grandes progresos, y por consiguiente, debemos ampliar las investigaciones geofísicas, no para ahorrar trabajos de alumbramiento, pero sí para evitar gastos en regiones en que las citadas investigaciones indiquen claramente que no hay posibilidad de hallar aguas subterráneas.

En algunos de los trabajos se proponen presas subterráneas para retener las corrientes de agua que circulan por capas permeables del terreno y aumentar así las posibilidades de alumbramiento de aguas en cantidad conveniente, siempre que concurren las condiciones topográficas apropiadas para dichas obras.

Creemos también, como el Ingeniero de Minas Fernando Benito preconiza, que se debe estudiar en algunas regiones, como en Valencia y en Canarias, en donde hay zonas que en los aprovechamientos actuales agotan el caudal disponible, incrementar dicho caudal nutriéndolo por infiltración de las aguas superficiales.

Es evidente que el régimen hidrográfico subterráneo del terreno está constituido por depósitos rocosos que alojan el agua y por la red arterial de grietas que lo ponen en comuni-

cación, a la manera a como hace el hombre en la superficie estableciendo embalses y canales. Es, pues, racional, que aguas perdidas, sin aprovechamiento, se las utilice alimentando dichos depósitos subterráneos. Quién sabe, como dice el Sr. Benito, si el arco cretáceo que contornea el hundimiento tectónico del litoral valenciano podría recoger el agua de las llanuras manchegas y nutrir las cuencas hidrológicas subterráneas que se alumbran en la soberbia huerta de Valencia, una de las regiones agrícolas más ricas del mundo. Quién sabe si pequeños embalses en Canarias, construídos en donde las rocas han sufrido metamorfismos y propilitizaciones que han hecho el terreno impermeable, podrían dar agua para nutrir las corrientes que circulan por las grietas de las rocas eruptivas y que crean la gran riqueza de aquellas islas.

Esta cuestión, sin embargo, exige estudios detenidos, y en este plan general nos ha parecido que sólo se puede pensar por ahora en facilitar los medios para hacer los estudios precisos para ver la posibilidad de llevar a cabo obras de nutrición de nuestras cuencas hidro-geológicas hoy en activa explotación, como las indicadas en el litoral levantino y en Canarias.

Convendría también, para el mejor examen de las posibilidades de alumbrar aguas subterráneas, hacer estudios con carácter científico, y desde un punto de vista general, sobre la infiltración, absorción, retención del llamado por los americanos *willings coefficient* (o sea, la relación con el peso del terreno seco, del peso de la cantidad de agua que queda en el terreno después de haber extraído las raíces lo que han podido), higroscopicidad y el equivalente en humedad, llegando a la determinación del coeficiente para cada clase de rocas. Se hace preciso también el estudio del movimiento del agua en el te-

rreno; la circulación del aire subterráneo, tan activa e importante; aforos; datos sobre el clima; etc., valiéndose de medios experimentales y utilizando aparatos apropiados.

El laboratorio especial para estos estudios es preciso implantarlo rápidamente.

Por las consideraciones anteriores, creemos que de dos modos puede fomentar el Estado los alumbramientos de aguas y que hay que valerse de ambos si queremos alguna vez utilizar una riqueza hoy oculta y que, como está siempre en movimiento, es perdida si no se capta, lo que no ocurre con los otros minerales, que esperan siempre su extracción.

Uno de los medios es el que auxilie el Estado a toda obra que tenga interés nacional o comarcal, y que puede ser otorgado a centros oficiales, Ayuntamientos y particulares. Insistimos en hacer resaltar que la ayuda a los agricultores—siempre que se trate de obras bien meditadas e interesantes—presenta, no sólo el cumplimiento de un deber social y cooperar al resurgimiento de la agricultura patria, sino que constituye un negocio para el Estado. Las obras recién alumbradas y dirigidas por este Centro en Orihuela y en Canarias, con caudales muy importantes, representan una renta anual que amortiza en muy poco tiempo el valor de la obra.

El auxilio puede ser informativo o pecuniario, y este último puede concederse en forma de subvención o de anticipo, y consideramos que el proyecto de Decreto de que antes nos hemos ocupado es expresión, por lo menos, del modo que conceptúa esta Dirección debe el Estado prestar el auxilio a entidades oficiales y particulares.

Creemos que esta ayuda, repartida por toda España, ha de ser muy eficaz; que ha de crear emporios de riqueza en nuestro árido país; que si no se representan en sí mismas obras colosales

y aparatosas, el conjunto de ellas ha de representar un incremento respetable en nuestra riqueza nacional.

El otro medio es realizando el Estado por sí mismo obras en estudio de nuevas cuencas hidro-geológicas, o de investigación de capas ya conocidas, o de alumbramientos, que pueden tener un interés especial, ya como resolución de un problema hidrológico interesante, ya como ejemplo a seguir por los agricultores de la región, ya por cualquier otro motivo. No proponemos otra cosa sino que continúe el Instituto Geológico su larga historia hidrológica.

Para ambos medios de emprender el Estado una acción directa en los alumbramientos de aguas subterráneas, presentamos el presupuesto correspondiente.

El presupuesto, que elevamos a la Superioridad, es la suma de todos los presupuestos parciales presentados por los diferentes Ingenieros que han intervenido en la redacción de los informes correspondientes y en donde se han tenido en cuenta los antecedentes que obran en este Centro. Este presupuesto asciende a 18.799.808,75 pesetas.

Su última partida es la destinada a los estudios de presas subterráneas, nutrición de cuencas hidrológicas subterráneas, estudios de las diferentes características de los terrenos y de la circulación del aire en las grietas, y, en fin, de estudiar cuantos problemas hidrológicos se considere conveniente.

Consignamos en este mismo concepto una cantidad para obras que no se hayan previsto en el presupuesto que presentamos y que la Superioridad disponga se deben realizar por tener interés nacional.

El total de la cantidad que consignamos para estos conceptos es el de 150.000 pesetas anuales.

Juzgamos que el plan de obras que proponemos aumente

el Estado por su cuenta se puede desarrollar en tres años, de modo que como el presupuesto total para este plazo de tiempo es de 22.849.806,75 pesetas, la cantidad anual que hay que consignar en presupuesto es la de 7.616.602,25 pesetas.

Este Centro llevará a la práctica, con gran satisfacción, el plan que en estas líneas se propone, pues no habrá trabajo que pueda emprender con más entusiasmo, convencido de que el plan de alumbramientos de aguas subterráneas que presenta este Centro, representa una eficaz colaboración en obras que, sin duda, han de influir grandemente en el resurgimiento de España.

A. DE ALVARADO

## POSIBLE PROLONGACIÓN DE CUENCAS HULLERAS EN LEÓN Y PALENCIA

Con el fin de localizar algunas de las investigaciones proyectadas para resolver el interesante problema de unas posibles prolongaciones de la formación hullera productiva en el NE. de León y zonas limítrofes de Palencia, bajo terrenos más modernos, realizamos en el pasado mes la debida expedición en aquellas comarcas.

Dicho trabajo de campo fué hecho en unión de nuestros compañeros M. Zaloña y A. H. Sampelayo, que colaboraron brillantemente, no sólo en los estudios previos, sino en la acumulación e interpretación de los datos estratigráficos y tectónicos.

Por conocer de antemano que los terrenos se hallan muy trastornados en las inmediaciones de La Robla y Santa Lucía, iniciamos nuestros recorridos a partir del diluvial de León, en las inmediaciones de Matallana. Este pueblo se halla edificado sobre la estrecha banda cretácea que limita al carbonífero de esta región, por su borde Sur, y los bancos mesozoicos se inclinan aquí unos 70° al Norte.

A dos kilómetros hacia el N. de aquel pueblo la carretera de Vega Cervera corta estrecha faja de hullero productivo y, seguidamente, un levantamiento de caliza de montaña apoyada sobre cuarcitas, en bancos delgados, atribuidas al devoniano; entre otros pequeños fósiles, abundan aquí los "crinoides". En el mogote o pequeño cerro, que se eleva sobre el lavadero de Valle y Díaz, siguen las capas paleozoicas dirección E. a O. geográfico, inclinándose unos 80° al N. Por hallarse en esta zona volcados e invertidos los terrenos puede observarse que la citada estrecha faja de hullero productivo es cabalgada por los terrenos paleozoicos más antiguos, y que, a su vez, cubre e invierte el borde cretáceo como consecuencia, sin duda, de fuertes empujes orogénicos de edad pirenaica.

Más al E., subiendo de Valcueva a la mina Carmonda, se observa que la banda más meridional del hullero queda cubierta por arenisca roja devoniana e interrumpida por estrecho enclave cretáceo. Dicha fajita meridional hullera se acuña y desaparece no lejos de La Vecilla, en los alrededores de Avia-dos, presentándose siluriano y devoniano en contacto con la caliza de montaña, al par que la formación cambriana adquiere considerable desarrollo; en este corte, por el río Carrueño, han sido hallados por P. y A. Hernández Sampelayo fósiles que marcan la edad cambriana de un tramo de pizarras que, con calizas y cuarcitas del mismo sistema, alcanzan unos 600 metros de potencia a partir del contacto con el cretáceo, quien al E. del citado río adquiere algo mayor desarrollo.

Al subir de La Vecilla al N., por el valle del Carrueño, vemos es exagerado el ancho asignado en mapa antiguo a la caliza de montaña, pues la mitad septentrional de esta banda pertenece, en realidad, a potente tramo de cuarcita ordoviciense, que buza 50° al O.-SO.



Junto a Boñar, hacia su borde NO. y a unos 150 metros de las casas más externas, muy próximo a la carretera, se levanta pequeño cerrete en el cual las calizas cretáceas se inclinan 30° al S. En dirección septentrional, junto al balneario, es confuso el contacto del cretáceo con arenisca-cuarcita devoniana que le cobija. Por el contrario, al tomar dirección E.-SE., siguiendo la carretera que de Boñar conduce a Grandoso y Sabero, queda a la derecha pequeño barranco en que destacan claramente los afloramientos de bancos de arenisca cretácea, casi horizontales, con ligera inclinación al O.-SO.

Los alrededores de San Adrián muestran capas devonianas dirigidas de E. a O., casi verticales y con ligero buzamiento meridional, mientras que cerca de la aldea de Las Bodas, al Este 30° N. de aquel pueblo, se observa contacto del cretáceo, al N., con caliza de montaña, que se extiende al S. y con buzamiento también meridional.

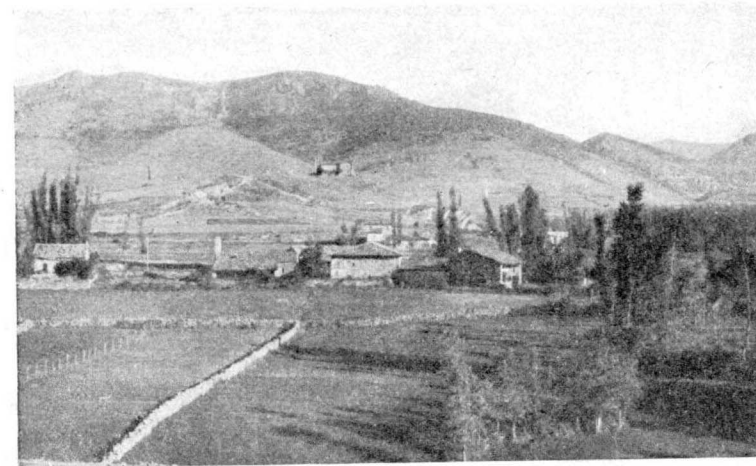


Foto 1.—Aldea de Llamas: ang. NE., cretáceo de Boñar; al N., contacto devoniano, y al E., hullero productivo.

Al NE. de Boñar llega el cretáceo hasta la aldea de Llamas, muy al E. de lo figurado en antiguos mapas, donde vemos dos contactos; hacia el N. con arenisca roja devoniana, y en dirección E., junto a las casas del pueblecillo, afloran ya pizarras carboníferas y capas de carbón correspondientes al hullero productivo de Veneros u O. de Sabero; el paleozoico buza aquí al N., y su contacto en el sector E. coincide con el arroyo La Losilla. Integran el cretáceo en estos parajes areniscas incoherentes o arenas y creta blanca o rosada, sin estratificación bien determinada, que atribuimos al cenomanense.

Comprobamos seguidamente la bien conocida estrechez de la rica cuenca hullera de Soto, Olleros, Sabero, a que da nombre este último pueblo. Sus potentes y valiosas capas de hulla, con el tramo de areniscas y pizarras donde se intercalan, quedan encerradas entre dos alineaciones de cuarcitas tableadas devonianas y caliza de montaña, dirigidas sensiblemente de E. a O., y con sus estratos buzando ligeramente hacia el centro de la cubeta, aunque próximos a la vertical.



Foro 2.—Plieques de la caliza de montaña al SE. del lavadero de Sabero.

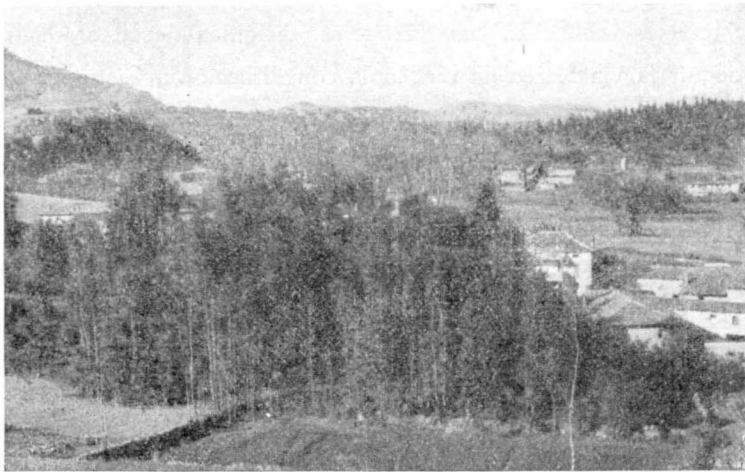
No entraremos aquí a describir, ni aun sucintamente, la cuenca hullera de Sabero, por ser suficientemente conocida, en líneas generales, aun cuando estén aún por resolver varios problemas de su estratigrafía. Más al SE., cerca del Lavadero, se observan en la caliza de montaña múltiples pliegues de pequeño radio junto a eje anticlinal, arrumbado al NO.

Cerca de Cistierna, hacia el SE., por la carretera a Prado, destaca, junto al borde meridional del pueblo, contacto del carbonífero inferior y cretáceo. En el kilómetro 1, antes de llegar a la fábrica de cerámica, destaca la caliza del carbonífero, o devoniano superior, con buzamiento al NE. y en lajas delgadas; bajo ella se presentan areniscas y otras calizas plegadas, pero concordantes con aquélla, y sin duda paleozoicas. Su inclinación es muy variable y abundan los pliegues de corto radio desbordantes y volcados sobre las capas cenomanenses de estratificación confusa, alternando arenas abigarradas, creta y caolines, en que dominan los tonos blancos y rosados o rojos.

Junto al pueblo de La Ercina, y cerca de la estación de ferrocarril, la formación devoniana muestra capas de arenisca y calizas tableadas, casi verticales, dirigidas de E. a O. Al seguir la vía férrea de La Robla con dirección a Cistierna, se marcha sobre estrecha faja cretácea de estratificación confusa, mientras que las capas devonianas se alzan al N. casi verticales y con igual rumbo. En el kilómetro 46, las capas de arenisca y calizas cretáceas se presentan con igual rumbo, pero marcando claramente su buzamiento al N. y unos 50° de inclinación. La mancha devoniana septentrional muestra bancos de arenisca, transición a cuarcita, arenisca roja y caliza tableada, concordantes en rumbo y buzamiento, pero invertidos y volcados sobre el mesozoico.

En el kilómetro 47,3 entra la vía férrea a cortar faja de

pudinga coherente con cemento silíceo y cantos redondeados bastante gruesos de areniscas, cuarcita y caliza, cuya edad aquí es difícil distinguir entre base del cretáceo o del paleógeno. La potencia de este tramo excede en estos parajes de 150 metros, con estratificación confusa, extendiéndose hacia el Sur colinas y cerros integrados por esta pudinga dura y coherente; en dirección meridional se pasa a típico diluvial rojo. Al seguir la vía del ferrocarril Robla-Valmaseda, en dirección general SE., pero con múltiples zig-zag, hasta Cistierna, se marcha ya casi todo el trayecto sobre conglomerado rojizo muy poco coherente, en contraste con el antes citado, y que por contener cantos redondeados de caliza cretácea, así como por horizontalidad de sus mal definidos estratos, es, sin duda, de edad post-pirenaica. Este enorme espesor de pudingas indica borde muy trastornado, posibles múltiples fracturas, y es realmente el único indicio desfavorable para la investigación hacia el S. de posibles prolongaciones o, mejor dicho, repeticiones del hullero productivo, tan potente en Sabero.



Foro 3.—Contacto de caliza cretácea y hullero productivo al S. de Prado.

Más al Oriente, acercándonos a Prado, y al S. de este pueblecillo, observamos que la carretera de Cistierna a Puente Almuhey cruza la banda de caliza cretácea, con unos 500 metros de ancho e integrada por bancos duros que se inclinan casi  $55^{\circ}$  al N.  $20^{\circ}$  O.; es muy interesante observar que en estos parajes la faja cretácea toca al hullero productivo, con capas de carbón muy próximas, junto a las casas de Prado; no aparecen aquí los levantamientos de terrenos más antiguos —devoniano o caliza de montaña— que en otras zonas limitan y encajan la formación hullera productiva. También es de interés recordar que esta formación hacia Valderrueda, y más al N., adquiere considerable extensión superficial.

A unos 600 metros al NE. de los hornos de cok próximos a la estación del ferrocarril de Prado, y en coto minero de Inocencio Vallina, un pozo inclinado de 125 metros de profundidad, del que arranca transversal perpendicular a los estratos, ha cortado dos buenas capas de carbón, una de las cuales alcanza 1,50 metros de potencia. Estas capas, inmediatas a la banda cretácea, describen inflexión local y adoptan rumbo meridiano, para volver pronto a tomar la dirección E. a O. y buzamiento N., dominantes en la zona por nosotros estudiada.

Merece citarse la transición que, en las características del carbón explotado, se observa entre Matallana y Guardo: Se pasa gradualmente, si se siguen las capas de O. a E., desde carbones semi-grasos a carbones secos, cual ocurre en Sabero, y más a Occidente, en Prado, veremos la transición de carbones secos a verdaderas antracitas. Esta última especie domina ya, según es bien sabido, en las zonas de La Espina, Guardo, Santibáñez y Villaverde.

En la zona S. de Sabero son, según nuestras observaciones, circunstancias desfavorables para la investigación por sondeo,

la fuerte inclinación del hullero y devoniano, así como el enorme espesor de pudingas, cretáceas y paleogenas entre La Ercina y Cistierna; por la presencia de trozos redondeados de caliza cretácea en algunos bancos llanos de conglomerado coherente y duro, nos decidimos a atribuir edad postpirenaica a la mayor parte de estos tramos detríticos.

Mejores caracteres presenta el borde meridional paleozoico entre Cistierna y Prado, pero la anchura y fuerte inclinación de las capas cretáceas, que junto a esta última aldea llega a los 55° con buzamiento N., según ya antes indicamos, aconseja situar una posible investigación por sondeo más al S., en zona diluvial no trastornada, donde haya la eventualidad de que falte el cretáceo o se halle más tendido.



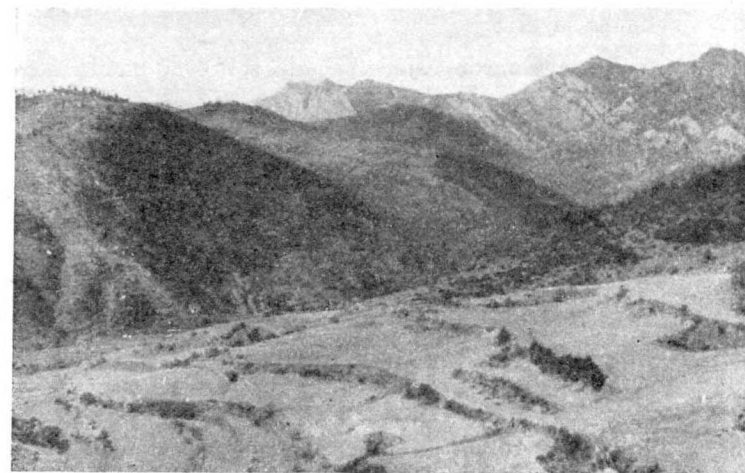
FORO 4.—Alto Valle del Cea, entre Mogrovejo y Prioro: pudingas y caliza carbonífera que separan dos manchas hulleras.

Al subir desde Puente Almuhey hacia Valderrueda, y más al N., siguiendo aguas arriba, valle del Cea, vemos que entre Mogrovejo, sito junto al borde septentrional de aquella tan conocida cuenca hullera, y Prioro, donde se explota otra pe-

queña cuenca que se prolonga hacia Caminayo, se levantan altos cerros de pudinga carbonífera que separan ambas cubetas productivas. No se presentan en esta zona la caliza de montaña ni la devoniana en bancos delgados, que al N. de Sabero limitan el hullero productivo y le separan de la pequeña cuenca de Argovejo, donde también se explotan actualmente capas de carbón.

Estimamos que la presencia de estas explotaciones de carbón en la faja hullera de Argovejo, separada de Sabero por banda devoniana y caliza de montaña, es un fuerte argumento en favor de las hipótesis del ilustre Ingeniero R. de Urrutia, suponiendo multiplicidad o repetición de las cubetas hulleras productivas y del gran interés que ofrece su investigación, por sondeos, bajo los terrenos secundarios y modernos que hacia el S. las cubren o limitan.

En la cabecera del valle del Cea, y subiendo a la alineación montañosa que por el N. limita la cuenca productiva de



FORO 5.—Caliza de montaña buzando al N. y cabalgando sobre hullero productivo al N.-NO. de Prioro.

Prioro-Caminayo (enlazada al E. con Besande y Velilla de Guardo), separándola de la vega de Riaño, se cruza potente tramo de calizas tableadas, atribuidas al devoniano, bajo las cuales, por inversión o vuelco, afloran la pudinga carbonífera y las capas hulleras.

Al bajar a la vega de Riaño destaca, al N., el gran macizo de caliza carbonífera, que culminando en El Espigüete y Peña-Santa, forma aquí el eje o pliegue central de la cordillera cántabro-pirenaica. Si cambiamos de dirección tomando hacia Guardo rumbo S.-SE., se vuelve a cortar, subiendo el puerto de Monte Viejo y hasta el S. de Besande el mismo potente tramo de calizas tableadas alineadas de E. a O. y con alguna pudinga cobijada. A unos dos kilómetros al S. de Besande parte, hacia el O., pendiente camino que conduce a pequeña explotación de antracita, observándose en este vallejo desaparición del espolón calizo meridional al O. del lavadero, donde el carbonífero tiende a ensancharse y se relacionan sus capas con las de Caminayo y Prioro, más occidentales, y con Velilla hacia el S.

El pueblo de Guardo está edificado sobre la banda cretácea, que aquí alcanza unos 500 metros de anchura, y al Sur del caserío se extiende el diluvial rojo. Las capas hulleras productivas se hallan también inmediatas al pueblo y siguen rumbo medio E. a O., pero con múltiples pliegues y cambios de buzamiento, próximos a la vertical. Estas explotaciones de antracita han sido agrupadas de O. a E. en cinco tramos y tres paquetes de N. a S.—Corcos, Central, Valdecastro, Valdelera y Muñeca—; uno de los paquetes, el más meridional e inmediato al cretáceo, lleva el significativo nombre "del caolín". Sus capas de antracita son, en general, limpias y de 1,00 a 1,50 metros de espesor; mas se ensanchan o repiten,

por pliegues, en algunas zonas, rebasando los 2,50 metros de espesor.

En dirección O., hacia La Espina, siguiendo el camino de Cegoñal, vemos en los primeros hectómetros interrumpida la banda cretácea en la meseta de El Cristo, donde el diluvial del S. hace un entrante septentrional y llega a tocar el hullero productivo. Poco más al O., reaparece la faja cenomaneense con sus típicas arenas abigarradas y caolines hacia el borde N., mientras que al S., cerca del contacto con el diluvial, irregular y enmascarado por el bosque, presenta bancos calizos que buzán al N. y NE.

En esta zona, el carbonífero, con capas de antracita y carbón semigraso en la vieja mina El Erro, sigue la alineación general E. a O. dominante en la región, pero muestra repetidos trastornos, cambiando frecuentemente rumbo y pendiente.

Al tomar desde Guardo dirección E., hacia Villanueva, se observa que el hullero, de menos de un kilómetro en aquel pueblo, aumenta su anchura superficial a 1,5 kilómetros en Valdelera, encajado entre caliza de montaña al N. y cenomaneense, sobre el cual cabalga en su borde S. La faja cretácea en estos parajes presenta, en su tramo N., las arenas abigarradas y caolines de estratificación confusa, destacando claramente otro horizonte meridional de calizas, bastante puras y casi cristalinas, cuyos bancos se alinean de E. a O. y buzán al N. con unos 50° de inclinación.

Alcanza la creta al S. de Villanueva de Arriba unos 800 metros de anchura. Cerca de Santibáñez, su anchura y la del hullero disminuyen sensiblemente, así como la inclinación de las capas cretáceas, que es sólo de unos 30° buzando al N. y cobijadas por el carbonífero.

Más al E. de Santibáñez de la Peña, hacia Villaverde. la caliza de montaña, el hullero y las capas cretáceas se inflexionan hacia el E.-NE. En dirección S. se extienden colinas de *diluvium* rojo, de gruesos elementos y sin estratificación definida.

Para terminar, consignaremos que la carretera de Boñar a León, entre los kilómetros 7 y 11 a partir de aquel pueblo, cruza potente banda de la pudinga coherente, dura, de gruesos elementos, que hemos atribuído al Oligoceno, posterior. tal vez, al levantamiento pirenaico; sus bancos buzan al S. con 30 a 40° de inclinación; sobre ella se apoya el diluvial y puede sincronizarse con análogo potente tramo observado al S. de Sabero, entre La Ercina y Cistierna.

Como resultante de cuantas observaciones hicimos en el terreno y quedan anteriormente indicadas, creemos justificado establecer las siguientes

## CONCLUSIONES

1.<sup>a</sup> Puede considerarse probable la prolongación occidental de las ricas y potentes capas de Sabero, que en esta dirección buzan bajo el cretáceo de La Llama.

2.<sup>a</sup> Como emplazamiento para investigar por sondeos dicha probable prolongación del hullero, creemos indicada la llanura sita al S. de Boñar, entre la faja devoniana que corre al N. de dicho pueblo y la prolongación ideal de las capas paleozoicas de San Adrián. Atendiendo esa circunstancia y con el fin de separarnos del borde septentrional, levantado y volcado, señalamos la siguiente localización: al S. de la aldea

llamada La Vega, entre los kilómetros 1,6 y 1,8 de la carretera de Boñar a León y la vía férrea de La Robla, en la cañada o prados inmediatos a la casa de María Alonso. Iguales condiciones reúnen los prados situados al O. de los citados hectómetros, entre la carretera y el río Porma. Sobre estos llanos y hasta cercanías de Matallana, creemos se ha solicitado extenso registro minero.

3.<sup>a</sup> Las observaciones hechas en todos nuestros recorridos de la expedición últimamente realizada no nos inclinan, en modo alguno, a considerar probable la presencia de falla longitudinal a lo largo del borde S. paleozoico, según indicó hace años, como eventualidad desfavorable, distinguido compañero.

Por el contrario, todos los datos recogidos, y singularmente la actual explotación de capas de carbón más al N. del levantamiento devoniano que hacia este rumbo limita Sabero, refuerzan las hipótesis de R. de Urrutia sobre multiplicidad de cubetas con depósitos del hullero productivo y su posible prolongación bajo el cretáceo y diluvial.

Admitimos, pues, plenamente las ideas de tan ilustre Ingeniero, que considera de evidente interés investigar por una serie de sondeos emplazados según líneas paralelas y perpendiculares a la dirección media de los pliegues, una posible prolongación meridional, tal vez productiva y no demasiado profunda, de la formación hullera del Nordeste de León.

4.<sup>a</sup> Asimismo, estimamos de considerable interés la investigación por sondeos de la cuenca hullera más oriental de la provincia de Palencia, cuyo estudio de detalle convendría realizar en breve.

De acuerdo con los estudios anteriores de dos distinguidos



compañeros, y según datos recogidos durante nuestra actuación minera en aquella zona, juzgamos probable la prolongación, al E. y NE., de aquel hullero productivo bajo la formación triásica.

JOAQUÍN MENDIZÁBAL

## MIOCENO MARINO DE NAVARRA

Juzgamos oportuno adelantar la noticia del interesante hallazgo de dos manchones, de reducidas dimensiones, de mioceno marino, efectuado al llevar a cabo los trabajos de campo para el estudio geológico de la hoja de Estella.

Se hallan éstos situados: uno, a la izquierda de la carretera que conduce desde Estella al pueblo de Azcona, cosa de un kilómetro antes de llegar al poblado, y el otro, en lo alto de la sierra de Urbasa.

Tiene aproximadamente el primero unos 100 metros de largo por 50 de anchura. Está constituido por una caliza sabulosa formada casi exclusivamente por restos de conchas; se trata, por lo tanto, de un verdadero "Falum" mioceno.

Entre los fósiles que allí se han recogido han podido clasificarse, por D. Juan Gavala, la *Chlamys opercularis* Lim y la *Ostrea crassisima* Lam, que caracterizan suficientemente el tramo medio del mioceno marino.

El segundo manchón, de dimensión parecida al anterior, se halla situado próximo al cruce del camino de Adoin con el de Aranarache, representado en el ángulo NO. de la hoja de Estella.

P. H. SAMPELAYO Y A. ALMELA

## MANCHA ESTEFANIENSE DE SOSAS DEL CUMBRAL (MURIAS DE PAREDES - LEÓN)

Al subir desde Sosas del Cumbal hacia el N., se encuentra en contacto con las pizarras psamíticas silurianas, de aspecto almohadillado muchas veces, una formación potente de pudinga de color rojo, con abundantes trozos de pizarra, en la que, de vez en cuando, aparecen unos carboneros pobres que los vecinos del pueblo suelen aprovechar para usos domésticos. Las pizarras se disponen preferentemente en dirección NO.-SE. con buzamientos muy fuertes al NE. o verticales; pero en las pudingas no hemos podido determinar rumbos por estar muy trastornadas.

Desde Sosas a Manzaneda se extiende un valle que está constituido por este conglomerado ferruginoso de color muy rojo, y al llegar a este último pueblo se extingue el conglomerado, apareciendo de nuevo las pizarras silurianas arrumbadas como antes.

Cerca del pueblo de Sosas hemos encontrado sobre las pudingas pizarras de tono pardo rojizo, con una flora fósil bastante abundante de *Annularias*, *Calamites suckowi*, Brong, y *Pecopteris arborescens*, Schlot, que determinan el nivel estefaniense para esta pequeña mancha. Este isleo carbonífero, semejante en forma y dirección algo alargada en cadena con otros varios, es de suponer vaya a dar desde La Magdalena a la mancha de Villablino.

Marzo 1940.

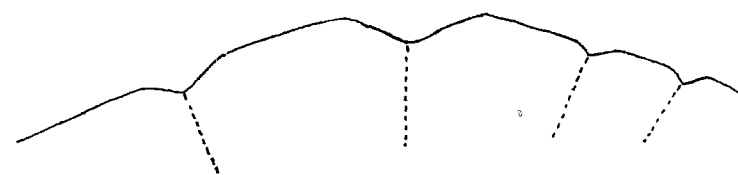
EMILIO DE JORGE

## NOTAS GEOLÓGICAS DE VIZCAYA Y NAVARRA

### Accidentes tectónicos locales en Vizcaya (Sopuerta)

Si desde Sopuerta vamos hacia Galdames, siguiendo una orientación normal a la dirección de los estratos, aproximadamente SO.-NE., observaremos un cambio de buzamiento y luego una rectificación. Quien observe estos cambios de inclinación localmente, sin compararlos con el resto, puede creer, equivocadamente, que atravesamos un sinclinal.

Lo cierto es que al producirse el movimiento que dió lugar a la formación del anticlinal de Galdames, se rompieron los estratos superiores, sometidos a mayor estiramiento cuanto más exteriores son, y los trozos resultantes de estas fracturas cayeron al fondo del diedro formado. Y esto, que ocurrió en la parte más alta del anticlinal, sucedió también en las faldas de la montaña, en uno o en varios alineamientos de las dos vertientes, con menor intensidad. Así se formó una montaña de la forma que indica el croquis.



Cada una de estas escotaduras se cubrió, en parte, con los materiales caídos de los estratos superiores, suavizándose el perfil.

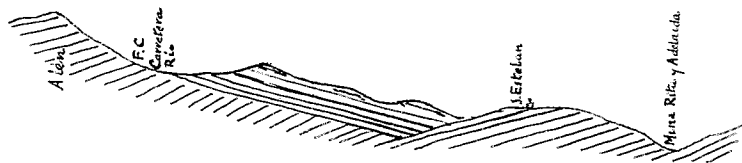
En estas depresiones, los estratos cayeron, basculando sobre un eje horizontal, quedando concordantes entre sí, pero discordantes con la parte que no sufrió alteración en la rotura.



Y así, rellena la cavidad con la parte caída, el geólogo ve en su ascensión por la montaña las areniscas que, cambiando de buzamiento, forman un falso anticlinal, lo que se comprueba, pues, hacia poniente de Sopena, el buzamiento es al SO. y no al NE. El accidente limitado a la zona afectada, puede representarse así:



Y el corte general de la zona de Sopena es como sigue:



Este accidente de Sopena, publicado por D. Ramón Urrutia en la *Revista Minera*, como sinclinal, no es un caso aislado. Lo que hay es que ha pasado desapercibido. Pero el que suscribe ha recorrido toda la provincia, en todas direcciones, y ha podido observar esto mismo en varias zonas paralelas, en las

dos vertientes del anticlinal que, entrando por Las Muñecas y pasando por los montes Ereza, Ganecogorta, Amboto y Udalá, sale a la provincia de Guipúzcoa, siguiendo la dirección general NO.-SE.

Podría citar muchos lugares donde se ve claramente este fenómeno, que ha inducido a error a geólogos bien acreditados que han pasado por Vizcaya. Y no pocas de las llamadas fallas de esta provincia, no son más que una manifestación de tan curioso accidente.

El Sr. Adán de Yarza, en su "Descripción Geológica de la provincia de Vizcaya", corte número 3, coloca en Dima un sinclinal que no existe: Es el paso de la zona alterada que corresponde a Sopena.

Por la mina "Julia", del término de Bilbao, pasa también esta zona accidentada, y ha sido la causa de que se hayan practicado en esta concesión sondeos infructuosos.

### Sobre un filón de carbón en Vizcaya (Navárniz)

Hay en Vizcaya, en las calizas aptenses del término de Navárniz, una zona agrietada o cavernosa en la cual aparece una substancia carbonosa que dió lugar, hace años, a una controversia en la prensa, y a la denuncia de una mina de carbón. Se pretendía que el terreno pertenecía al carbonífero y el combustible era hulla, con su acompañamiento de caliza carbonífera y mármol grioto.

Al demarcar la mina y en otros viajes, estudié el terreno, que no dejaba lugar a dudas: era el aptense, y la roca dominante, la caliza coralígena.

En las grietas, y sobre todo en un hueco que apareció al explotar una cantera, hay una substancia combustible, de color negro brillante, dura, quebradiza, de fractura concoidea, pa-

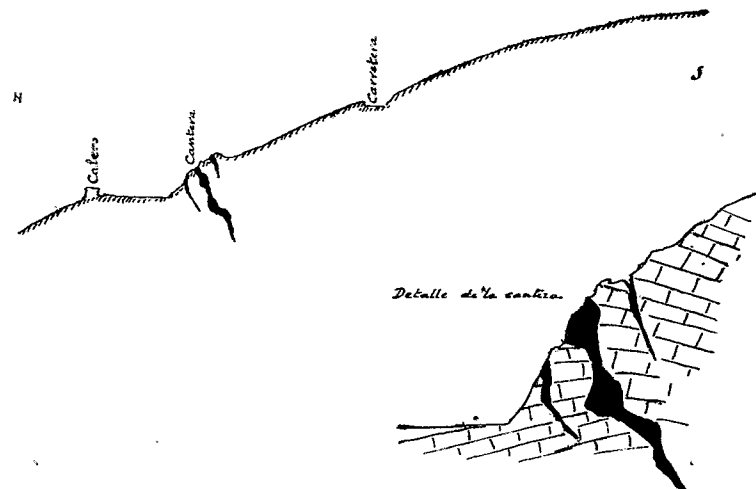
recida al azabache; arde con relativa facilidad y deja poca ceniza en la combustión.

Se presenta adherida a las paredes de la grieta, en capas de unos 0,15 m., con anchurones mayores, formando rosario. Golpeada con el martillo, salta en pedazos menores de medio kilogramo.

Esto es un filón, no cabe duda; lo que quizá sea inexacto es llamarle filón de carbón. Sería más adecuado decir filón de asfalto.

Según parece, se trata de un residuo de otro combustible, líquido o gaseoso, petróleo, por ejemplo, y su proceso de formación fué así: Una salida de petróleo en combustión por las grietas de la caliza. Los gases, al ponerse en contacto con la caliza, enfriándose, se depositaron en las paredes de las grietas, formando hidrocarburos sólidos que se han endurecido con el tiempo.

Tiene aspecto de brea, y al verlo, *in situ*, en algunas grietas, recuerda la caliza asfáltica, que también se da en este terreno.



### Sobre algunos fósiles raros del Cretáceo de Navarra

1.º En la cantera de marga gris que la Sociedad de Cementos Portland, de Olazagutía, explota al S. de este pueblo, encontré hace mucho tiempo un fósil, para mí desconocido, que en la lámina que acompaña a estas notas lleva la numeración 1, 2 y 3. 1 y 2 son dos vistas de las caras del fósil, y 3 es una sección normal al eje mayor. Una de las caras, la exterior, está adornada con estrías, y la interior es más sencilla. La sección 3 da idea más clara de la formación del fósil.

Una fotografía que saqué en la cantera no aporta claridad alguna, por lo cual no se inserta aquí.

El tamaño en la lámina adjunta está reducido a 1/10 del natural (1).

Las superficies exteriores se presentan como vidriadas, de un color amarillento, y resaltan muy bien en la masa gris de las margas.

Son muy abundantes y están acompañados de numerosos *Micraster*, *Spondylus*, *Ananchytes*, *Echinocorys* y otros.

El horizonte en que se encuentra es el Senonense superior.

Lo más parecido es el *Nautilus Levigatus* o *Pachydiscus galizanus*.

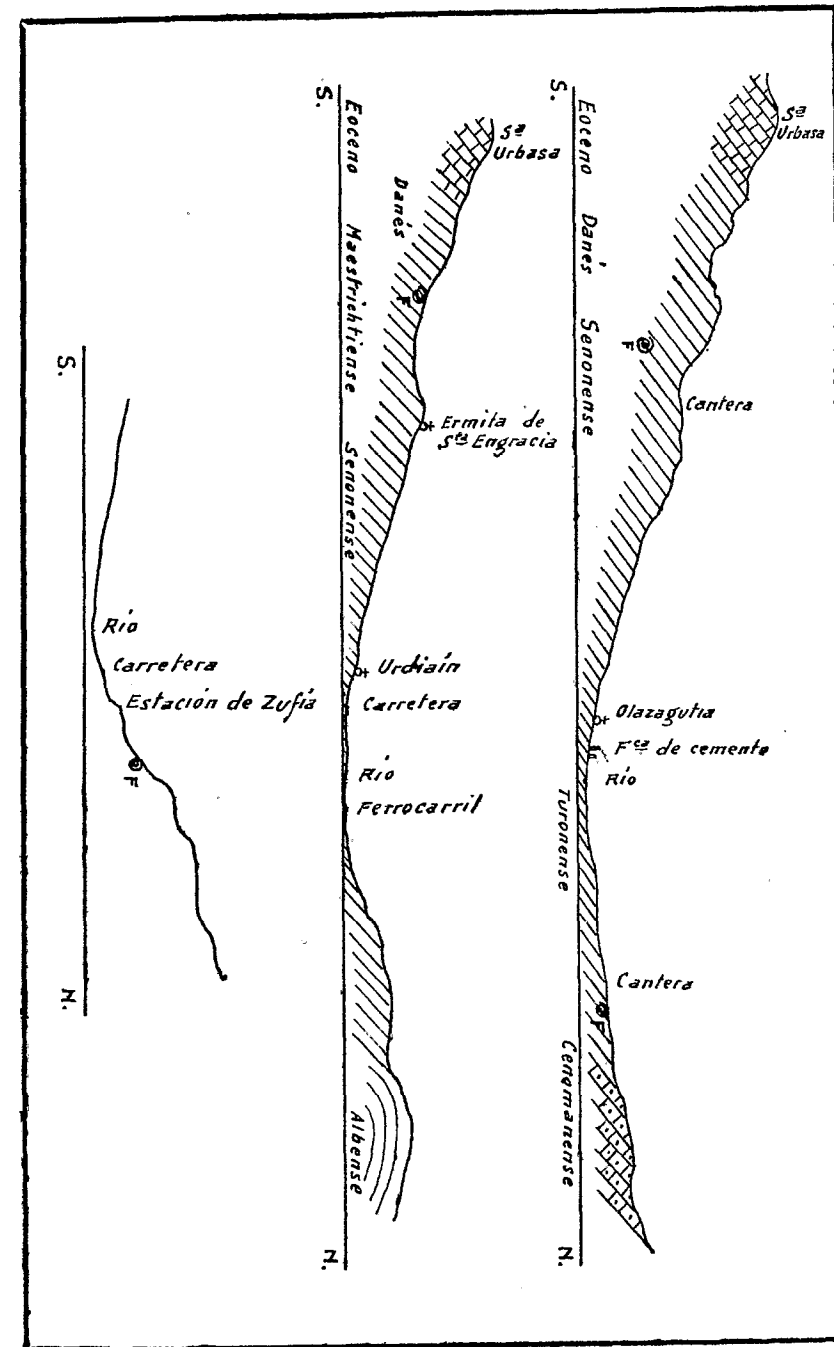
2.º En la otra cantera de la misma fábrica, situada al N. de la misma, encontré, por la misma época, el fósil dibujado en la lámina y señalado con los números 8 y 9. Yo creo que es un *polípero anthozoario*, o *coralario-alcionario*. Su tamaño y forma son los de un guisante pequeño. No he encontrado más que dos, en unas margas calizas que se descomponen fácilmente.

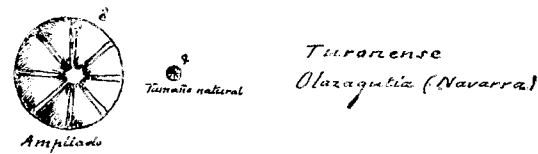
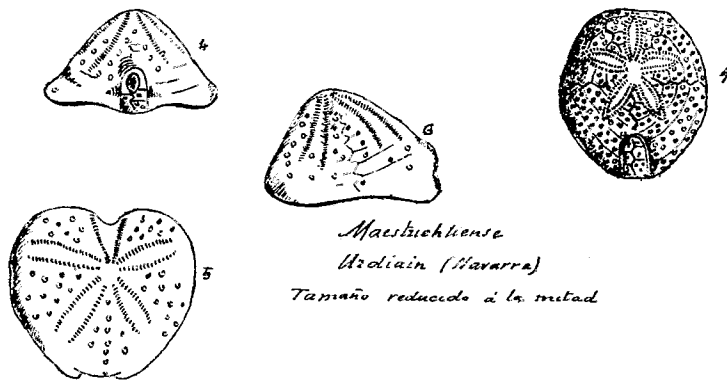
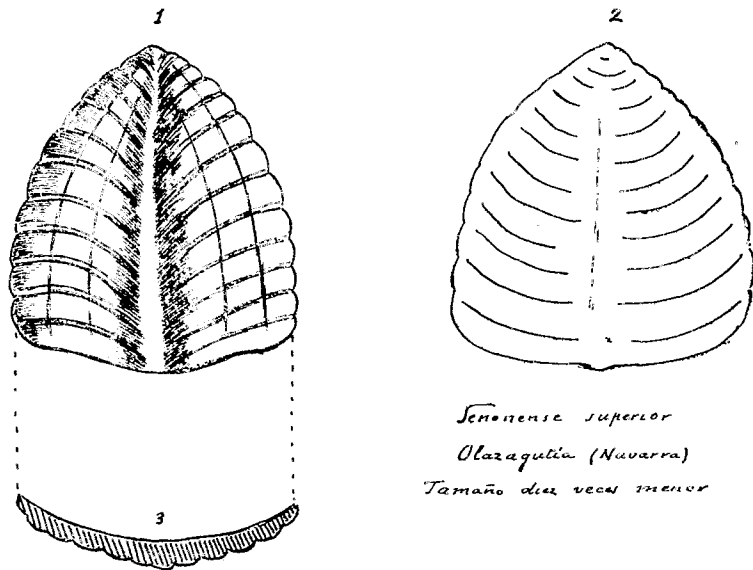
(1) La sección paleontológica del Instituto, por no tener el ejemplar a la vista, no ha podido proceder a la clasificación de este fósil.

te al aire, y que pertenecen al Turonense. En la misma roca se encuentran ejemplares de *Pholadomya*.

3.º Muy interesante es un *equinodermo clipeastroide* que encontré en dos rebuscas sucesivas en el Maestrichtiense de la ladera N. de la Sierra de Urbasa, cerca de la ermita de Santa Engracia del pueblo de Urdiain (Navarra).

4.º Por aquel tiempo recogí también, en un corte del terreno donde está emplazada la estación de Zufía (ferrocarril de Vitoria a Estella), gran cantidad de *Aspidiscus cristatus*.





PEDRO FERRANDO MÁS  
Catedrático de Geología de la Universidad de Zaragoza

## NUEVO YACIMIENTO LIÁSICO DE ARGENTE (TERUEL)

Está situado junto al borde NO. del manchón triásico del campo de Visiedo (hoja número 29, edición 1923, del mapa geológico de España), en la dirección NO. del término municipal de Argente, aunque más próximo al pueblo de Lidón, en el trayecto que une en línea recta a dichos pueblecillos, que forman parte del referido campo de Visiedo, siendo este último el de mayor importancia del referido campo de dicha fértil comarca.

Para llegar desde Madrid al citado yacimiento hay que seguir la vía férrea del Ferrocarril Central de Aragón hasta el pueblo de Monreal del Campo, y de éste, por carretera, se llega a Argente. Está constituido el referido yacimiento por unas canteras de mármol negro, de grano fino muy compacto, situadas en la parte más alta o nacimiento de un barranco: el segundo que atraviesa el trayecto de Argente a Lidón.

Dichas canteras se hallan en la cumbre denominada el "Clochón", cuya altura es de 1.300 metros sobre el nivel del mar, y su situación geográfica respecto al meridiano de Madrid está definida por la longitud E. de 2° 33' y latitud N. de 40° 43'. El referido barranco atraviesa el citado yacimiento,

constituído por un anticlinal de estratos liásicos, cuya superficie, en contacto con la atmósfera, tiene color amarillo rojizo, resultado de la alteración de las sustancias carbonosas y ferruginosas (pirita) que dan la coloración negra intensa, con puntos brillantes de pirita, que tiene la parte interna no alterada. Dichos estratos, perfectamente concordantes, tienen una inclinación aproximada de 45° con buzamiento hacia el O.

Presentan estos estratos el mismo aspecto que tienen los que forman el yacimiento de mármol negro situado en la vía férrea, junto a la estación del pueblo de Calatorao, en el ferrocarril de Zaragoza a Madrid.

Estos yacimientos liásicos y del jurásico medio de la cordillera celtibérica, atravesada por el cauce del río Jalón desde Calatayud a Zaragoza, están muy detalladamente descritos por H. Joly en la Memoria titulada *Etudes géologiques sur la chaîne celtibérique*, publicada en el segundo fascículo de *Comptes rendus* de la XVª sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrado en Madrid en 1926.

Según la Memoria de A. Dereimes, titulada *Recherches géologiques dans le sud de l'Aragón*, el yacimiento de Argente que describimos pertenece al jurásico medio de la extremidad meridional en la Sierra Hespérica, que forma las cumbres atravesadas por la cuenca del Jiloca.

Las calizas margosas de mármol negro de dicho yacimiento son, como hemos dicho, muy compactas, de grano finísimo, que admiten, por tanto, un excelente pulimento, que las hace muy apreciadas como material marmóreo para la ornamentación, que los marmolistas aprecian y utilizan como de calidad muchísimo mejor que el mármol negro belga, que era el más afamado.

Además, son también muy útiles para la fabricación de cemento hidráulico de excelente calidad.

Zaragoza, 22 de septiembre de 1941.

A. H. SAMPELAYO

## EL CAMBRIANO DE LA VECILLA (LEÓN)

En recientes excursiones geológicas, estudiando los bordes carboníferos de las cuencas de Matallana y Sabero, hemos podido comprobar que en las proximidades de La Vecilla el Cambriano tiene una potencia no señalada hasta la fecha.

En un corte por la margen derecha del río Curueño, desde el cretáceo que se ciñe sensiblemente al trazado del ferrocarril de La Robla, en su marcha E.-O., podemos señalar los siguientes términos, enumerados de S. a N.:

1.º Pizarras de color pardo rojizo, arcillosas, muy trituradas. Dirección E.-O. casi verticales. Potencia, unos 250 metros. En estas capas hemos encontrado: *Trochocystites bohemicus*, Barr.; *Paradoxides* y algunos otros restos de difícil determinación. Atribuimos este nivel a la parte alta del Aca-diense, identificándolo con el número 2 (pizarras y areniscas de Oville) de la escala stratigráfica propuesta por Pierre Compte para la provincia de León (Nota presentada por M. Lu-

cien Cayeux en C. R. Acad. en el año 1937), y con el nivel C<sub>3</sub> de la división establecida para el Cambriano del Noroeste de España en los *Hierros de Galicia* (P. H. Sampelayo, 1922).

2.º Potentes bancos de caliza de color rosado, muy levantados y perfectamente concordantes con las pizarras del nivel anterior. Tienen una potencia de 50 a 60 metros, y en ellas hemos encontrado: *Eoorthis primordialis*, Vern y Barr. (e. Walcott); *Orthisinas*, *Conocephalites* y algunos otros restos fósiles que tenemos en estudio. Se trata, indudablemente, de la caliza base del Acadiense (calizas de Láncara o nivel número 1 de Pierre Compte y calizas de Vegadeo, nivel C<sub>2</sub> de la división de P. H. Sampelayo).

En el mapa geológico 1º : 400.000 sólo está señalada una estrechísima banda de Cambriano, al N. de Valdepiélagos, que se refiere, probablemente, a la caliza, pero sin que hayan sido descritas hasta ahora las pizarras a que nos referimos, que estaban consideradas como devonianas. El hallazgo nos parece de interés, y nos proponemos volver sobre el tema con más detenimiento.

Lotze ha tenido la suerte (año 1938) de señalar la muy interesante noticia de los yacimientos andaluces del mesocambriano, sin modificar por ello el mapa geológico español trazado por la mano firme de Mallada; pero los estudios que han seguido a la comunicación de Lotze por Simon, Richter y Schneider son de tal importancia que, por contribuir modestamente al estudio de este terreno en España, nos decidimos a dar la nota bibliográfica de las publicaciones recientes que conocemos sobre el Cambriano en España. Esta bibliografía

puede servir de continuación y complemento a la publicada en *El Sistema Cambriano*. (Explicación del nuevo mapa geológico de España. P. H. Sampelayo, 1934.)

- 1930.—SCHRIEL (WALTER): Die Sierra de la Demanda und die Montes obarenes (Hans Stille).
- 1933.—SAMPELAYO (P. H.): Los archaeocyathidos de Ifni (Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico, número 3).
- 1937.—COMPTE (PIERRE): La serie cambrienne et silurienne du Leon (Espagne). (Note presentee par M. Lucien Cayeux.)
- 1939.—LOTZE (F.): Hallazgo de trilobites cambrianos en las provincias de Huelva, Badajoz y Sevilla. (Anales de la Sociedad Española para el Progreso de las Ciencias.)
- 1939.—SIMON (WILHELM): Lithogenesis Kambrischer Kalke der Sierra Morena (Spanien). (Museo de Historia Natural de Senckenberg.)
- 1939.—SIMON (WILHELM): Archaeocyathacea.  
I. Kritische Sichtung der Superfamilie.  
II. Die Fauna im Kambrium der Sierra Morena (Spanien). Abhandl. 448. Rudolf und Emma Richter.—Studien im Palaozoicum der Mittelmeer.—Länder, 5.—Die Saukianda.—Stufe von Andalusien eine fremde Fauna in europaischen Ober-Kambrium.—Abhandl. 450.—Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft.
- 1940.—CARBONELL (A.): Nuevos yacimientos de Arqueociátidos en la provincia de Córdoba.—*Investigación y Progreso*, mes de agosto.
- 1940.—RICHTER (R. Y E.): Die Saukianda-Stufe von Andalusien, eine fremde fauna im europaischen Ober-Kambrium. (Museo de Historia Natural de Senckenberg.)
- 1940.—MELÉNDEZ (B.): Observaciones respecto al grupo de los Arqueociátidos.—Congreso XVI.—A. E. P. C. (Zaragoza).
- 1941.—MELÉNDEZ (B.): El yacimiento de Arqueociátidos de Alconera (Badajoz).—B. R. S. E. de H. N. (Tomo 39, números 5 y 6).
- 1941.—RICHTER (RUDOLF UND EMMA): Studien im Palaozoikum der Mittelmeer.—Länder 6.— Die Fauna des Unter.—Kambriums von Calatayud in Andalusien. Mit enier geologischen Einleitung von Harras.—Schneider, Abhandl. 455.—S. N. G.—Frankfurt A. M.



A continuación detallamos la lista de los nuevos fósiles y rectificaciones que figuran en estas últimas publicaciones, y que son los que deben añadirse a la lista del *Cambriano en España*:

#### **Cordillera Cantábrica**

*Obolella (Obulus) Barrandei*, Wacott.  
*Obolella (Obulus) leonensis*, Samp.  
*Billingsella (Nisusia) Pellicoi*, Barr, Vern.  
*Billingsella (Nisusia) Pellicoe*, Barr, Vern.  
*Stenothecca (Cápus) cantábrica*, Barr, Vern.  
*Scenela conula*, Walcott.  
*Conoryphe (Conocephalites) Ribeiro*, Barr, Vern.

#### **Las Ermitas (Córdoba)**

*Archaeocyathus infundibilum*, Born.  
*Archaeocyathus Trachealis*, T.  
*Beticocyathus béticus*, Simon.  
*Archaeocyathellus (Protocyathus) arcuatus*, Simon.  
*Archaeocyathellus (Protocyathus) cordobae*, Simon.  
*Archaeocyathellus (Protocyathus) ermitae*, Simon.  
*Archaeocyathellus (Protocyathus) navarroi*, Hern. Pach.  
*Archaeocyathellus (Archaeofungia) andalúticus*, Simon.  
*Archaeocyathellus (Archaeofungia) sampelayanus*, Hern. Pach.  
*Archaeocyathellus (Protocyathus) sp.*, Boucart, Le Villain.  
*Archaeocyathellus (Coscinocyathus) sp.*, Simon.

#### **Alconera (Badajoz)**

*Dictyocyathus sampelayanus*, Hern. Pach.  
*Archaeocyathellus cordobae*, Simon.  
*Archaeocyathellus pachecoi*, Meléndez.

#### **I f n i**

*Archaeocyathus ajax*, I.  
*Archaeocyathus sellicksi*, T.  
*Archaeocyathus retesepta*, T.  
*Archaeocyathus icnusae*, Born.  
*Coscinocyathus verticillus*, Born.  
*Coscinocyathus cancellatus*, Born.  
*Coscinocyathus calatus*, Born.  
*Coscinocyathus corbicula*, Born.  
*Coscinocyathus trachealis*, T.  
*Coscinocyathus Aff. tener*, Born.  
*Coscinocyathus vesica*, Born.  
*Coscinocyathus Dupuyi*, Samp.

#### **Alanís (Sevilla)**

*Saukianda andalusie*, R. E. Richter.  
*Tellerina (?) genata*, R. E. Richter.  
*Perrector perrectus*, R. E. Richter.  
*Resserops resserianus*, R. E. Richter.  
*Eops eo*, R. E. Richter.  
*Koptura pachecoi*, R. E. Richter.  
*Strenuella (Strenuaeva) sampelayoi*, R. E. Richter.  
*Strenuella (Strenuaeva) insecta*, R. E. Richter.  
*Camaraspis guillermoi*, R. E. Richter.  
*Camaraspis onyx*, R. E. Richter.  
*Lingulella cf. ferruginea*, R. E. Richter.  
*Chancelloria hispanica*, R. E. Richter.

#### **Las Herrerías-Cala (Sevilla)**

*Eodiscus (Eodiscus) llarenai*, R. E. Richter.  
*Eodiscus (Serrodiscus) serratus*, R. E. Richter.  
*Eodiscus (Serrodiscus) cf. speciosus*, Ford.

*Eodiscus (Weg mouthia) caudatus*, Delgado.  
*Callavia (?) lotzei*, R. E. Richter.  
*Bonnicella (?) hispanica*, R. E. Richter.  
*Protolenus schneideri*, R. E. Richter.  
*Protolenus sp.*, R. E. Richter.  
*Strenuaeva cf. vigilans*, Matthew.  
*Strenuaeva cf. annio*, Cobbold.  
*Atops (?) calanus*, R. E. Richter.  
*Scenella reticulata*, Billnigs.  
*Hyalithes sp.*, R. E. Richter.

Madrid, octubre 1941.

JOSÉ MARÍA RÍOS

Ingeniero de Minas

## UNA NUEVA MANCHA LIÁSICA EN LAS FRAGUAS, PROVINCIA DE SORIA

En el curso de los trabajos de investigación petrolífera que la C. I. E. P. S. A. realiza con la colaboración técnica del Instituto Geológico y Minero, hemos tenido oportunidad de estudiar una gran parte de la provincia de Soria; la ventaja de haber podido utilizar la escala 1 : 50.000, no usada en los trabajos hasta ahora publicados, nos ha proporcionado, además de una representación más exacta, un detalle superior al conocido hasta ahora.

En su día serán publicados, en forma de hojas geológicas, escala 1 : 50.000, los estudios ya completados referentes a parte de la zona, así como comentarios y mapas parciales en la misma escala, al resto de ella. Esta breve nota de hoy tiene únicamente por objeto señalar, y dar a conocer, una nueva mancha liásica que hasta ahora parece haber pasado inadvertida, pues no está representada en ninguno de los mapas publicados, así como tampoco en un corte que aparece como figura en la obra *El desarrollo de las cordilleras celtibéricas*, de Richter y Teichmüller (1), publicada en 1933, último trabajo ex-

(1) "Die Entwicklung der Keltiberischen Ketten", von Gerhard Richter und Rolf Teichmüller. "Abhandlungen der Gessellschaft der Wissenschaften zu Göttingen", Mat-Phys Klasse, III Folge, Heft 7, von Hans Stille. *Beiträge zur Geologie der Westlichen Mediterrangebiete*.

tenso que conocemos sobre esta zona; corte que atraviesa precisamente la localidad en que se presenta.

El interés de esta mancha, a pesar de su pequeña extensión, reside en el hecho de que nos liga los asomos de la corrida liásica que va desde San Leonardo a Cubilla, pasando por Talveila, con los igualmente liásicos que afloran en las proximidades de la capital, e incluso bajo la misma ciudad de Soria; afloramientos hasta ahora separados por una extensión relativamente grande, en la que ha venido a intercalarse esta nueva mancha situada en las proximidades del pueblecito de Las Fraguas.

Para la mejor comprensión de la breve explicación que acompaña al mapa y corte del nuevo afloramiento liásico, vamos a dar una idea resumida de la constitución geológica y tectónica de esta zona; constitución que se extiende con casi idénticas características a grandes extensiones en la provincia de Soria y aun fuera de ella, y expresa la estructura geológica de una extensa región.

La primitiva clasificación de sus terrenos es debida a Palacios; pero posteriormente ha sido modificada con arreglo a los resultados de nuevos y más detallados estudios (1). No hemos hecho aún la clasificación definitiva de todo el material fósil recogido, bastante abundante, que será publicada con las hojas. No obstante, y con objeto de poder situarnos, hemos clasificado aquellas especies más características y abundantes y no encontramos motivo para modificar la separación de terrenos corrientemente aceptada en la actualidad.

Masas calizas de potencia variable correspondientes al cre-

(1) Obra citada y "Note préliminaire sur le crétacé de la région de Soria", por P. Fallois. *Boletín de la Inst. Catalana de Historia Natural*, vol. XXX, núm. 7, año 1937, así como la obra "Die Iberischen Ketten zwischen Jalón und Demanda", por Gerhard Richter. "Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Beiträge zur Geologie der Westlichen Mittelerrangebiete, 1930.

táceo superior (probablemente aun cenomanenses en su base, hasta aptenses las más altas), limitan al N. y al S. el ancho valle del Duero, cuya depresión rellenan depósitos miocenos horizontales, exactamente como describe y figura Palacios en su fundamental estudio de la provincia de Soria (1). Apenas hemos obtenido fósiles de las calizas, pues aunque frecuentemente se observan sus huellas, la inmensa mayoría no son útiles para la clasificación, y no se pueden extraer de la roca madre. Hay que señalar cierta abundancia de *Pycnodonta vesicularis*, Lamck, y, sobre todo, gran abundancia de restos de *Hippurites*.

Ambos bordes calizos, al N. y S., son continuos por debajo del mioceno, como demuestran los abundantes isleos cretáceos que aparecen dentro de él, y que no son sino afloramientos de la masa caliza correspondientes a las cumbres de sus más pronunciados pliegues, que asoman por erosión a través del mioceno transgresivo horizontal del valle.

Por consiguiente, todos los terrenos anteriores al mioceno están plegados bajo él, tanto en el valle como en los bordes N. y S.

Los plegamientos del borde S. son suaves, y los terrenos más antiguos que el cretáceo, aparecen, en general, por buzamiento regional de todos los terrenos al N., lo que los va dejando sucesivamente al descubierto hacia el S.

Los plegamientos del borde N. son más violentos, especialmente, justo a lo largo del contacto con el mioceno del valle, y se suavizan en dirección al N. Precisamente a esta faja estrecha y alargada de violenta tectónica, corresponden los tres afloramientos liásicos ya mencionados: el de San Leonardo-Talveila-Cubilla, el nuevo de Las Fraguas, y el de la capital.

(1) "Descripción Física, Geológica y Agrológica de la provincia de Soria", por D. Pedro Palacios. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1890.

En la base de las calizas citadas, que constituyen el núcleo o masa del relieve topográfico, hay unos 60 a 120 metros de espesor, de margas de edad cenomanenses, que se destacan en el relieve muy claramente por su blandura con respecto a las calizas, por su color blanquecino y por la abundancia en fósiles, entre los que citaremos, por ahora, sólo los más interesantes por su abundancia y distribución más general:

*Epiaster distinctus*, Agass (1).

*Holaster* sp.

*Exogyra flabellata*, Lamk.

*Exogyra olissiponensis*, Sharpe.

*Exogyra pseudo-africana*, Choffat.

*Arca ligeriensis*, D'Orb.

*Cardium gentianum*, Sow.

Unos bancos de unos cinco a diez metros de espesor, más calizos y duros, con gran riqueza en ostreas, separa en la base las margas cenomanenses de una formación detrítica constituida por bancos más o menos (en general, menos) consolidados, de areniscas cuarzosas, de grano medio y fino, de colores vivos, con típico aspecto, que, como las anteriores formaciones, es de características y aspecto casi uniforme en toda la región. Únicamente dentro de esta formación de edad albense, los espesores varían dentro de límites amplios de unas a otras zonas.

Bajo estas capas albenses pueden o no encontrarse las formaciones wealdenses, descritas extensamente y por primera vez en el trabajo de Palacios; pero esta formación, muy potente en las proximidades de la capital, parece desaparecer rápidamente hacia el S.

(1) Tan abundante, que pensamos en la relación que pueda tener con el *Hemiasper Fournelli*, Desh., tantas veces citado por Palacios, y por su distribución tan general, sospechamos que sea el mismo. No hemos podido estudiar ninguno de los ejemplares recogidos por él; pero la categórica falta de fasciolas en los nuestros, que son muy buenos, nos autoriza a clasificarlo como *Epiaster*.

Las capas wealdenses, donde existen, se apoyan, en general, sobre formaciones liásicas; es decir, que para la mayor parte de la región existe una gran laguna en la estratificación, que comprende todo el jurásico medio y superior.

Las formaciones jurásicas corresponden, por su contenido fósil, al Lías, y como la de la mancha que nos ocupa, están constituidas por calizas que pueden tener localmente aspectos muy distintos, pero, en general, son calizas de color gris oscuro, típicamente liásico, bien estratificadas en bancos finos y con abundantes *Rhynchonella*, *Terebratulas*, *Limas*, *Pentacrinus*, *Belemnites* y *Ammonitidos*, entre los que hemos clasificado la siguiente lista, que corresponde a fósiles Charmutienses y Toarcienses:

*Isocrinus scalaris*, Goldf.

*Pentacrinus basaltiformis*, Schloth.

*Spiriferina alpina*, Opper var. *falloti* Corr.

*Terebratula (Microthyris) Subpunctata*, Dav.

*Terebratula punctata*, Sow.

*Zeilleria jauberti*, Desh.

*Zeilleria sub-numismalis*, Desh.

*Zeilleria davidsonii*, Haime.

*Zeilleria verneuilli*, Desh.

*Rhynchonella tetraedra*, Sow.

*Rhynchonella fodinalis*, Tate.

*Plagystoma semicircularis*, Goldf.

*Plagystoma punctata*, Sow.

*Plagystoma gigantea*, Sow.

*Pholadomya idea*, D'Orb.

*Plicatula espinosa*, Sow.

*Grammoceras normanianum*, D'Orb.

*Grammoceras toarcense*, D'Orb.

*Hildoceras serpentum*, Rein, ej., juven.

*Passaloteuthis apicicurvatus*, Blain.

*Passaloteuthis elongatus*, Mill.

El asomo San Leonardo-Talveila-Cubilla corresponde a estas características. Lo mismo ocurre con la mancha de Las Fraguas, que nos ocupa. El de Soria, puede o no presentar este aspecto, y lo presenta claramente en los altos de Valdecureña, justo al N. de la capital. A este aspecto corresponden también los extensos afloramientos jurásicos en la zona al S. del Duero.

Corresponden, pues, todos ellos a una extensa y continua formación liásica, que se encuentra siempre debajo de las calizas cretáceas, separadas por un espesor muy variable de una formación wealdica discontinua y aun inexistente en grandes extensiones; por espesores bastante variables, pero continuos, de areniscas albenses, y finalmente, por espesores bastante uniformes, e igualmente continuos, de margas cenomanenses. De nuevo queremos hacer resaltar la uniformidad, en líneas generales, y casi diríamos, aun en el detalle, de todas las formaciones en tan extensa zona, donde se presentan siempre con la misma facies, color, contenido en fósiles, etcétera.

Concentrando nuestra atención sobre la mancha de Las Fraguas, vamos a pasar a describirla con algún detalle.

Forma parte (fig. 1) de los afloramientos ocasionados por la erosión en un largo anticlinal desmantelado que consta de dos mitades de características distintas.

La mitad al E. de Las Fraguas, como nos muestra el corte *a b* (fig. 2), tiene una sección simétrica que corresponde a un pliegue no muy amplio, pero sí muy regular. No llega a aparecer el liás, y en realidad, ignoramos su profundidad exacta, pues ni aquí ni en toda esta zona tenemos localidad alguna donde podamos ver el espesor albense y ni siquiera datos bastantes para deducirlo.

La mitad al W de Las Fraguas, como nos muestra el corte *c d* (fig. 3), es más amplia e irregular, y si aparece simétrica

en el mapa, es únicamente si prescindimos de las medidas, pues los buzamientos son mucho más pronunciados en el lado S. que en el N. y corresponden a un pliegue volcado.

En el eje del anticlinal aparece el liás objeto y causa de esta nota.

Ambas mitades están separadas por una zona triturada, en cuyas fracturas se ha formado un criadero de hierro que parece rico y de buena calidad y cuya explotación se ha intentado y abandonado. La mitad al W. está francamente situada en la zona de plegamientos violentos que corre a lo largo del borde N. del valle del Duero. El pliegue está volcado hacia el S. y fallado, probablemente, a ambos lados. Es decir, creemos que el liás sale en forma, no querríamos emplear la palabra diapírica que se suele aplicar a fenómenos aun más forzados, pero sí perforante, a través del albense, cuya blandura y constitución aprovecha. Nos lleva a pensar así, además de las características generales del pliegue, el hecho de que el espesor albense en la falda N. es muy pequeño, mucho menor que el que se ve en la falda S. De no existir esa perforación, habría que admitir que el liásico está muy cerca de las capas cenomanenses y no nos explicaríamos que no aparezca en otros tantos pliegues de parecidas características en toda la región, pero la disposición general del pliegue sería la misma, suprimiendo las fallas. En una palabra: lo que no nos extrañaría al S. del Duero, donde el espesor albense es evidentemente muy pequeño, nos extraña aquí cerca de los considerables espesores albenses y wealdenses de Soria, que se intercalan entre el cenomanense y el liás.

Las capas de calizas y margas vienen en forma muy normal y regular al N. y W. del pliegue, cerrándolo muy regularmente; pero toda la parte al E. de la Hoz; es decir, el cerro de Otero, y en general, las capas de margas y calizas al S. del pliegue hasta el Botario, están plegadas sobre sí mismas y

rotas, constituyendo, más al S., la trastornada masa caliza de la Sierra de Hinodejo.

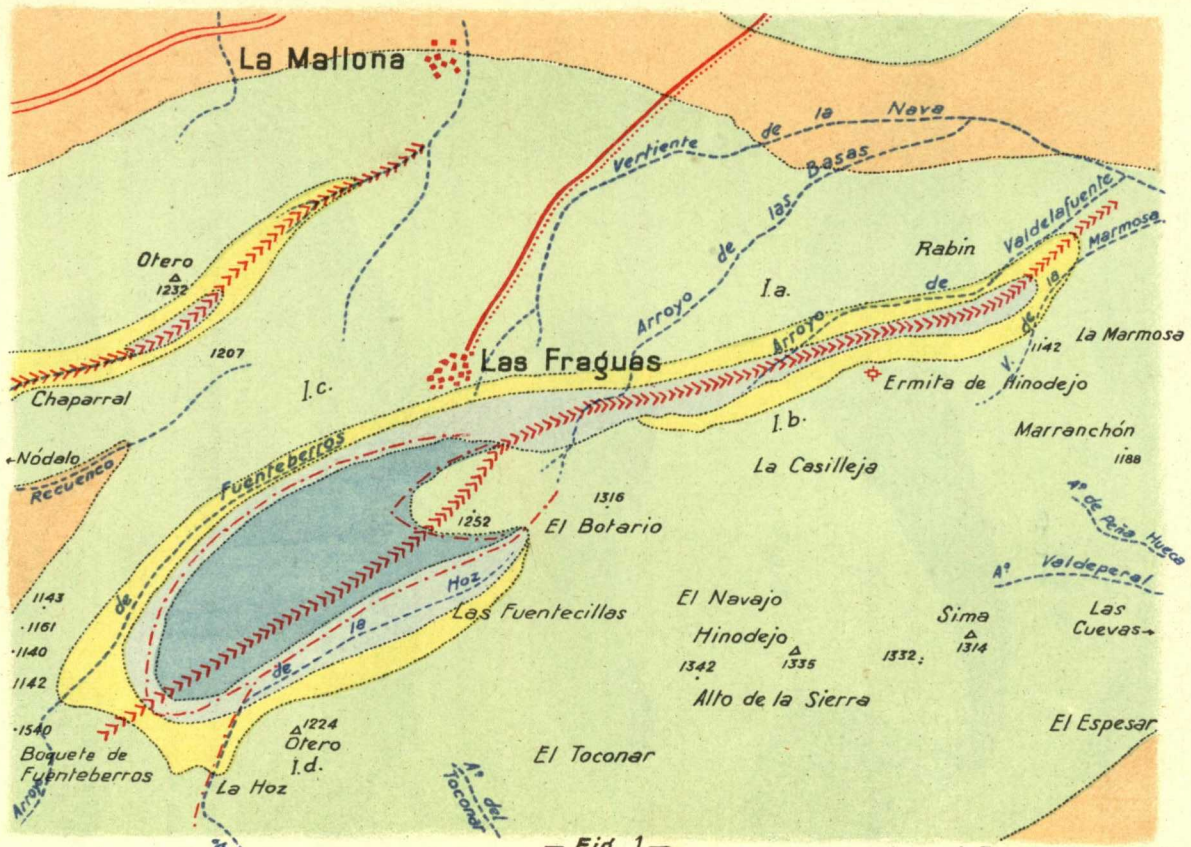
En la página 77 de la mencionada obra de Richter y Teichmüller aparecen esquemas correspondientes a cortes de ese pliegue, de los cuales entresacamos los que corresponden al nuestro (fig. 4); en ellos no se mencionan las capas liásicas que parecen haber sido tomadas por calizas cretáceas, con lo que forzosamente varía el perfil del plegamiento.

Paralelo a este pliegue, y poco más al N., hay otro bastante agudo, pero simétrico y regular, que culmina en el cerro de Otero, a mitad de distancia entre La Mallona y Las Fraguas y al W. de la línea que une ambos pueblos. Corresponde al tránsito entre la zona de plegamientos violentos que acabamos de reseñar y la de plegamientos muy suaves que se extiende más al N. Su sección es la que muestra la figura 5, y en él llegan a aparecer, aunque en ventana muy pequeña, las capas albenses, pero aquí ya no aparece el liás; la tectónica no es suficientemente violenta como para empujarlo a través del albense, ni la erosión tan profunda como para llegar a él.

Señalada la analogía de facies del liás de Las Fraguas con el de San Leonardo y Talveila, hay que señalar también la analogía tectónica. Nos parece que las características de aparición de uno y otro liás son, si no idénticas, parecidas. También la faja San Leonardo-Talveila corresponde a la de tectónica violenta. Igualmente la de la capital.

En cambio, la aparición del liás al S. del Duero es en forma completamente normal, por erosión de los débiles espesores albenses.

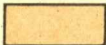

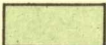

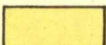
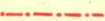
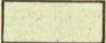
Finalmente, diremos que pliegues en ventana u ojal de las características que representan los de las figuras, son abundantísimos en la región, y resultado de la combinación de una constitución geológica y directrices tectónicas igualmente uniformes.



- Fig. 1 -

Escala, 1:50.000



Terrenos terciarios . . . . .		Calizas liásicas . . . . .	
Calizas del cretáceo superior . . . . .		Eje anticlinal . . . . .	
Margas cenomanenses con capas de ostreas . . . . .		Linea de falla . . . . .	
Areniscas albenses . . . . .			

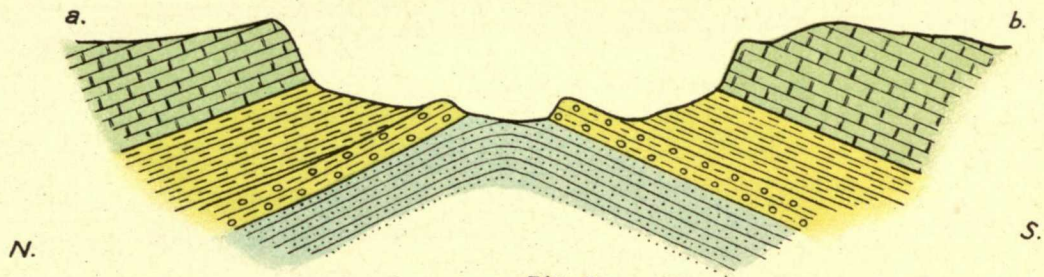


Fig. 2

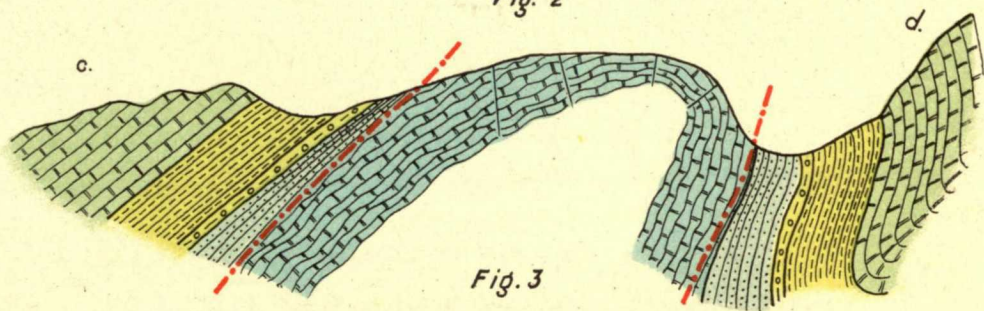


Fig. 3

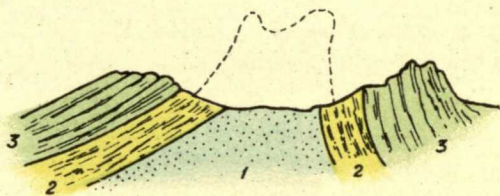


Fig. 4

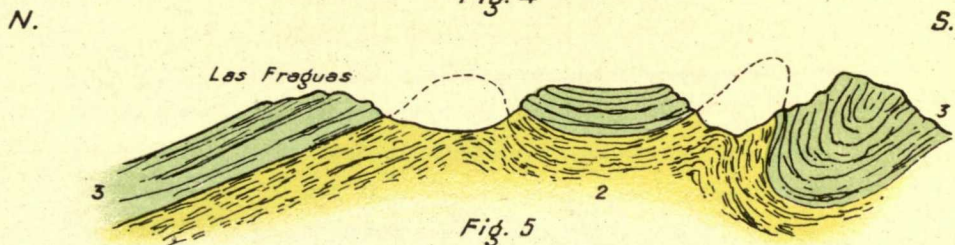


Fig. 5

1. Albense superior. 2. Cenomanense. 3. Caliza del cretáceo superior.

Según Richter y Teichmüller.

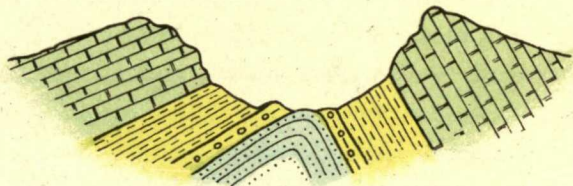






Fig. 6



- |   |   |                             |  |
|---|---|-----------------------------|--|
| Calizas del cretáceo superior. . . . .            |  | Areniscas albenses. . . . . |  |
| Margas cenomanenses con capas de ostreas. . . . . |  | Calizas liásicas. . . . .   |  |



J. GUZMÁN

(Del Instituto Nacional de Alonso Barba)

RECONOCIMIENTO SENCILLO Y  
RÁPIDO DE MENAS DE COBALTO  
EN PLENO CAMPO

"Vetera novis augere."

"Realzar lo antiguo con lo moderno."

Y más si es español.

Un procedimiento sencillo para reconocer menas de cobalto, que ha pasado inadvertido, se descubrió en España hace más de siglo y medio. Aparece en la *Introducción a la Historia Natural* del año 1775, escrita por D. Guillermo Bowles, irlandés, al servicio del Gobierno español durante muchos años y enterrado en Madrid en 1780.

En la página 423 de la 3.<sup>a</sup> edición, de 1789, del mencionado libro, dice así: "... servirá para conocer las minas de él (refiriéndose al cobalto). Tómese una piedrecita como una nuez de la mina; tuéstese en una cazuela hasta que se vea que no exhala vapor alguno; redúzcase luego a polvos; échense éstos en una redoma en que haya un poco de agua fuerte, con pequeña porción de sal; déjese en infusión toda la noche, y a la mañana decántese el licor, y con la materia que queda méz-

cese un tercio de agua. Escribese con ella sobre papel blanco y, exudándose, no se conocerá que haya nada escrito; pero arimándole al fuego, aparecerán las letras verdes y se podrá leer". Y añade más adelante: "Enfriándose vuelve a desaparecer, y así se puede ir alternando cuanto se quiera, con tal que el calor no sea tan fuerte que se imprima el color de modo que ya no se pueda borrar. El fenómeno es muy curioso y merece considerarse cómo el color azul produce el verde."

Examinemos con algún detenimiento esta antigua técnica española, que pasó totalmente inadvertida hasta la fecha, y su examen nos conducirá a un procedimiento rápido y sencillo para el reconocimiento de las menas de cobalto en pleno campo.

Comienza Bowles por la tostación hasta "que no exhala vapor alguno", y no más. Con ello se logra eliminar el arsénico, que casi siempre acompaña al cobalto en sus menas, y, además, con la tostación se facilita la pulverización posterior.

Añade después sobre los polvos del mineral agua fuerte y sal común. Con esto forma el agua regia, descubierta por Alonso Barba (1), otra aportación española a la Química, que pasa inadvertida. Este agua regia presenta algunas propiedades que la distinguen del agua regia usualmente empleada, formada con la mezcla de ácidos clorhídrico y nítrico, pues la presencia del sodio-ión estabiliza los complejos que pudiesen formarse en la disolución. Tal ocurre en el caso del cobalto. Veámoslo con una experiencia original mía, fácil de realizar, y que constituye la base de la reacción que proponemos a continuación para el reconocimiento rápido y sencillo de las menas de cobalto:

Se pone en un tubo de ensayo, algo ancho, unos centímetros cúbicos de una disolución saturada de cloruro sódico y se

(1) *Arte de los Metales*. Pág. 197, edición editada por la Escuela Especial de Ingenieros de Minas; fotocopia de la edición de 1770.

añade una pizca insignificante de sal soluble de cobalto (cloruro, nitrato o sulfato).

Esta disolución debe quedar apenas con un viso rosado, prácticamente incolora. Después se calienta hasta la ebullición, y entonces el viso de color se muestra ligerísimamente azulado. Se añade una pulgarada de cloruro sódico sólido, pulverizado finamente, y al volver a ponerlo en ebullición se coloreará de azul intenso.

Téngase presente que la disolución de que se partió estaba saturada de cloruro sódico y, por consecuencia, la fuerte intensificación de la coloración azul se debe a la presencia de un exceso de dicha sal. Al enfriarse queda incolora la disolución y vuelve a colorearse si se la calienta de nuevo.

Estos son hechos experimentales, que siempre serán los mismos. Veamos ahora la explicación actual de ellos, que variará seguramente con el tiempo.

Se supone que la coloración azul es debida a un anión complejo cloro-cobaltoso, análogo al cloro-platínico, cloro-áurico o cloro-argéntico, y que pudiéramos también denominar cobalto-cloruro, si seguimos la nomenclatura empleada para los aniones complejos de los ferrocianuros, cuprocianuros y argentocianuros, que poseen conexión atómica similar.

Con uno u otro nombre, lo interesante es señalar que el cobalto se encuentra en sus cloruros azules en el anión, mientras que aparece como catión en los compuestos rosados. Esto se comprueba experimentalmente con la electrólisis de las sales de cobalto. En las rosas, el cobalto se deposita en el cátodo, es catión; mientras que cuando ellas se transforman en azules se concentra el cobalto en la región anódica, prueba evidente de que entonces el cobalto forma parte del anión.

Para la constitución del anión cloro-cobaltoso se supone, generalmente, la fórmula  $\text{Cl}_4\text{Co}^-$ , si bien algunos suponen solamente  $\text{Cl}_3\text{Co}^-$ . Me atrevo a pensar que si la cantidad

de cloruro sódico (en el caso estudiado por nosotros) es considerable (fase sólida en presencia) y en caliente. debe alcanzar la fórmula  $\text{Cl}_6\text{Co}^{---}$ , análoga a la de los ferrocianuros y cobalto-cianuros.

De ello, y de otras consideraciones acerca de la constitución de este anión complejo del cobalto, he de tratar en otra ocasión. Por ahora es suficiente, a mi juicio, lo expuesto, para explicar la formación del color azul en las sales de cobalto, al calentarlas en presencia de cloruro sódico en exceso, así como su decoloración al enfriarse por pasar a rosadas.

Dice Bowles: "merece considerarse cómo el color azul produce el verde". Ello es debido, frecuentemente, a juicio mío, a la presencia de pequeñas cantidades de cobre o de hierro, o bien a la de cantidades relativamente considerables de níquel, pues si este último metal está en igual o menor proporción que el cobalto, subsiste el color azul de cobalto puro, *en caliente*. La presencia del cromo influye también sobre el color azul del cobalto, que aparece verde.

Se explica, si se considera, de una parte, que el cobre y aun el níquel originan un color amarillo el primero y amarillento el segundo, al calentar sus sales solubles en presencia de un exceso de cloruro sódico. El hierro da coloración amarillo-rojiza y aun roja, si es considerable su concentración, en condiciones análogas.

Al sumarse el color azul de cobalto con el amarillo del cobre o el amarillento del níquel, y aun con el amarillo rojizo del hierro, originará verdes de distintos matices.

Es lógico pensar que sea precisa una cantidad considerable de níquel, en relación con el cobalto presente, para producir coloración verde, pues el níquel tiene menor tendencia a pasar a complejo aniónico que el cobalto. Así se ve que los cobalto-cianuros son mucho más estables que los níquel-cianuros.

Por el contrario, es suficiente una proporción relativamente

pequeña de cobre o de hierro para obtener coloración verde, con las sales de cobalto, en presencia de un exceso de cloruro sódico y en caliente, puesto que es sabido son complejos más robustos los ferrocianuros y los cuprocianuros que los cobaltocianuros y han de formarse aquéllos antes que éstos, suponiendo, naturalmente, que el papel del cianuro lo desempeña el cloruro.

El paso de azul a verde por la presencia del hierro (férrico) se ha propuesto por Venable para reconocimiento del  $\text{Fe}^{+++}$  en presencia del  $\text{Fe}^{++(1)}$ . Dice que si se añade una pequeña cantidad de sal férrica al líquido azul que se obtiene mezclando  $\text{ClH}$  (concentrado) con un poco de cloruro o nitrato de cobalto, el color azul pasa a verde.

Esta reacción no es característica del  $\text{Fe}^{+++}$ , pues como antes vimos, el cobre, el cromo y aun el níquel, en cantidad relativamente considerable, producen análogo cambio de color. De esta reacción nos ocuparemos en otra nota, más adelante, para lograrla más fácilmente y con motivo diferente.

Mas todas estas influencias, producidas por la presencia de otros metales, no varían la esencia de nuestra reacción, que consiste en la decoloración al enfriarse, para colorearse de nuevo en azul o verde si vuelve a calentarse, cuando la mena contiene cobalto en cantidad suficiente para considerársela mena de este último metal. Pudiera pasar inadvertido el cobalto, si se encuentra como metal extraño y en cantidad pequeña; pero entonces no se tratará de una mena de cobalto, sino de mena de otro metal.

Se ha señalado ya que algunos cloruros metálicos, especialmente el de cinc, transforman en sales rosas las azules de cobalto, para mostrar de esta manera que no es un fenómeno de deshidratación la causa de la coloración azul que adquiere

(1) *Fresenius* (ed. francesa de 1905). Pág. 215.

el cloruro de cobalto en determinadas condiciones. Esta influencia del cloruro de cinc desaparece si añadimos un exceso de cloruro sódico, de modo que quede sal sólida en presencia. Este hecho no ha sido señalado, que yo sepa, y se pone fácilmente de manifiesto.

A una disolución acuosa, regularmente concentrada de cloruro de cobalto, se la calienta y conserva su color rosa. Al añadirla un poco de clorhídrico concentrado se pone azul, sobre todo en caliente.

Si a esta disolución azul añadimos cloruro de cinc (sólido), pasará a rosa, como es ya sabido; mas si entonces añadimos cloruro sódico en polvo y calentamos, aparece nuevamente el color azul, como si no existiese cloruro de cinc en la disolución.

Este hecho nos pone de manifiesto que pueden reconocerse por el camino que hemos de proponer menas de cobalto, aunque contengan cinc.

A las consideraciones expuestas acerca de la coloración azul o verde que adquiere en caliente el cloruro de cobalto en presencia de otro u otros cloruros, creemos pertinente mostrar experimentalmente la doble influencia del calor y del agua. Tanto monta elevar la temperatura, como disminuir la cantidad de agua.

Una disolución concentrada y fría de cloruro magnésico resulta azul al añadir un poco de sal soluble de cobalto a la temperatura ambiente (1). Si poco a poco añadimos agua, pasa primero a violeta y en seguida a rosa, al agregar otro poco más de agua. Entonces se calienta y vuelve a ponerse azul, de modo que, con el calor, contrarrestamos la influencia del agua. Al enfriarse queda otra vez de color de rosa.

Esta experiencia muestra claramente que no precisan ser anhidras las sales de cobalto para aparecer azules.

(1) J. Guzmán y E. Moreno. *Las Ciencias*. IV, núm. 1. (1939).

También vemos con ella la influencia favorable del cloruro magnésico, y de ahí que la sal común que empleamos para el reconocimiento del cobalto pueda estar impurificada con cloruro magnésico.

Una vez estudiada la reacción propuesta por Bowles para el reconocimiento de las menas de cobalto, pasamos a ocuparnos de las modificaciones que proponemos para practicarla fácilmente en pleno campo y con gran rapidez.

Conviene, en primer lugar, prescindir del ácido nítrico usual, puesto que resulta poco práctico llevarlo al campo y manipular allí con él. Pensamos sustituirle por una mezcla sólida de sal común y nitrato potásico, que al calentarla desprende ácido nítrico.

Esta manera de obtener dicho ácido es otra aportación española a la Química, que ha sido del todo olvidada; la utilizaban los plateros de Madrid, en el siglo XVIII, y tal vez antes. Como el asunto lo estimo de interés nacional, transcribo a continuación lo que he hallado acerca del mismo.

Dice Bowles en la página 432 de su antes mencionada *Introducción a la Historia Natural* (1775):

“Comúnmente se dice que de los tres ácidos de la Naturaleza, el nitroso, que es el segundo, arroja al marino, que es el tercero y más débil; pero la experiencia es contraria a esta doctrina, pues en España la sal-gemma arroja al ácido nitroso de su base. Muélanse 24 onzas de esta sal con 12 onzas de salitre, destílense según el método ordinario, y resultará un agua fuerte muy buena, que disolverá muy bien la plata y no hará la menor impresión sobre el oro. Los plateros de Madrid no gastan otra agua fuerte.” Y continúa poco después: “Esta singularidad de la sal-gemma de España, que aquí solamente se toca de paso, merece la atención de los químicos y que hagan sobre ella las experiencias convenientes, porque no hay duda de que el fenómeno se opone a cuanto se ha sabido has-

ta ahora de la naturaleza de los tres ácidos, que son, digámoslo así, la llave maestra de toda la Química, y destruye cuantas teorías se han formado.”

El requerimiento de Bowles a los Químicos fué atendido, pero veamos de qué modo.

Morveaux, Maret y Durande, en sus *Lecciones de Química Teórica y Práctica* (1777, Trad. española.-Madrid, 1788), dicen lo siguiente en la pág. 278:

“Refiere M. Bowles, en su *Introducción a la Historia Natural de España*, que se descompone el nitro por solo el intermedio del muriate de sosa fósil de Cardona y que todo el ácido nitro-muriático que se gasta en Madrid se prepara de este modo: éste es un hecho nuevo, del cual importa buscar su explicación.” Y sigue más adelante: “... tampoco hubiera tenido fundamento (se refiere a Bowles) para decir que este fenómeno destruía toda la teoría de los tres ácidos, porque eso no es más que una serie de observaciones y que hechos bien comprobados pueden no destruirse por otros hechos que parecen contrarios...”

Es decir, reconocían que era *un hecho nuevo* esa manera de obtener ácido nítrico, mas no hicieron, que sepamos, los estudios experimentales que Bowles reclamaba; y nada más hemos hallado de este asunto. En Gmelin no está citado este procedimiento de obtener  $\text{NO}_3\text{H}$ .

Al producirse ácido nítrico, en presencia de cloruro sódico, obtendremos el agua regia descubierta, como antes señalamos, por Alonso Barba. Que ello es así se demuestra si se pone un poquito de oro pulverulento juntamente con la mezcla de cloruro sódico y nitrato potásico, en forma sólida, que señalamos antes, y sin añadir agua, al calentar fuertemente en tubo de ensayo regularmente ancho y resistente, se observa que el oro se ataca. Esto puede comprobarse añadiendo un poco de agua para llevar al fondo del tubo de ensayo las go-

titas que quedan en las paredes, con lo cual se terminará de disolver el oro puesto, si no es mucho. Este ataque del oro con la mezcla exclusiva de sal común y nitrato potásico, no lo hemos visto señalado.

Naturalmente que el oro disuelto puede mostrarse con reactivos conocidísimos, tales como el cloruro estannoso o el sulfato ferroso, empleados ya en el siglo XVIII (antes de Lavoisier); pero seguiremos otro camino, para citar de este modo una aportación española más a la Química.

Se evapora cuidadosamente la disolución resultante anterior, y una vez seca y pulverizada, se la añade alcohol absoluto, que disuelve el cloruro de oro formado y no los cloruros alcalinos. Se colorea de amarillo canario el alcohol, y filtrado se evapora a sequedad; con ello reaparece entonces el oro metálico que antes se había disuelto.

Alonso Barba fué quien descubrió esta separación del oro por el alcohol, cuando se halla disuelto en unión del cloruro sódico, como dicho autor dice en su *Arte de los Metales*, página 198 (loc. cit.).

En aquel entonces tenía gran importancia el descubrimiento, puesto que era un modo de preparar el oro *portable* en forma de su disolución en *agua de la vida* (que dice Alonso Barba).

La mezcla de sal común y salitre de que venimos ocupándonos no es apta para su empleo en el campo, pues su fusión y descomposición exige temperaturas relativamente elevadas, y nosotros deseamos lograr el ataque del mineral con un fundente para el cual sea suficiente el empleo de una lamparilla de alcohol y, a ser posible, de la llama de una cerilla.

Lo hemos logrado con la sustitución del  $\text{NO}_3\text{K}$ , por el nitrato amónico, que funde a  $150^\circ$  y a  $160^\circ$  se descompone en  $\text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$  (preparación del  $\text{N}_2\text{O}$ ), cuya descomposición

es bastante exotérmica, para continuar la reacción una vez iniciada.

Preparamos la mezcla con partes iguales en peso de  $\text{ClNa}$  y de  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  cristalizados, a cuya mezcla, para abreviar, la llamaremos en lo sucesivo *sal española*.

Ha de cuidarse hacerla lo más homogénea posible, para lo cual deben pulverizarse juntas las dos sales citadas durante bastante tiempo, y después conservarse dentro de un frasco con tapón esmerilado.

Al calentar ligeramente y fundirse la sal española desprende cloro, por formarse una especie de agua regia, como en el caso antes estudiado de la mezcla de nitro y sal común, pero a temperatura no tan elevada, por lo cual la experiencia de la disolución del oro, antes reseñada, resulta mucho más fácil y práctica llevarla a cabo con la sal española.

Esta descomposición de la mezcla a partes iguales de sal común y nitrato amónico con desprendimiento de cloro no la he visto citada en la literatura química, ni su empleo como fundente.

Debe cuidarse de que no se eleve demasiado la temperatura, pues entonces es mucho más complicada la descomposición del nitrato amónico, con posibles explosiones, cosa demasiado conocida, puesto que con el nitrato amónico se forman los llamados *explosivos de seguridad*.

### **Reconocimiento sencillo y rápido en el campo de menas de cobalto**

Se utiliza una chapa de aluminio de un milímetro de grueso, en forma cuadrada ( $4 \times 4$  centímetros) y con un rabillo, para sujetar en él un mango de madera, y de este modo la chapa sirve de cápsula, donde se verificará la reacción, para lo cual lleva en su centro una pequeña concavidad del tamaño de media cáscara de avellana.

Se comienza por echar un poquito de *sal española* y extenderla en la concavidad, con una ligera presión de dedo, y entonces se funde a la llama de una cerilla, aplicada exteriormente, y de esta forma queda a modo de lecho, donde se coloca una insignificancia de la mena, más bien menos que más, en forma de polvo o raspadura, obtenida mediante un cortaplumas.

Es suficiente calentar de nuevo con la llama de una cerilla aplicada exteriormente, para que se produzca una coloración generalmente verde y alguna vez azul, debida al cobalto. Bastará enfriar la chapa de aluminio exteriormente con un trapo húmedo o añadir una gota de agua para que desaparezca la coloración verde o azul, y si volvemos otra vez a calentar, reaparecerá una de las dos coloraciones mencionadas.

Como dejamos indicado anteriormente, esta desaparición y reaparición de la primitiva coloración es la característica que acusa la existencia del cobalto.

Hemos aplicado el reconocimiento descrito a unas cuantas menas españolas de cobalto: Eritrinas, cobaltinas y asbolanas, procedentes de Gistain, y también a eritrina con asbolana de Molvizar (Granada). Dichos minerales me fueron facilitados por el Instituto Geológico y por el Museo de Ciencias Naturales.

La reacción para el reconocimiento del cobalto de que venimos ocupándonos, puede prestar también excelentes servicios en el laboratorio, pues sustituye con ventaja a la perla de bórax, en tantos casos como ésta se emplea.

Sus ventajas manifiestas son la de no precisar hilo de platino, cuya limpieza, para utilizarlo de nuevo, es algo engorrosa, aparte de su valor material y relativa escasez. Además, es suficiente con nuestra técnica una cantidad de problema tan insignificante como la que se emplea para el ensayo con la perla.

Naturalmente que si el cobalto se halla en disolución, será suficiente evaporarlo a sequedad para practicar el reconocimiento de cobalto que proponemos.

Todavía presenta otra ventaja la técnica descrita con la *sal española*. Ella consiste en poder operar posteriormente con la masa fundida que queda, disolviéndola en agua, con cuya disolución podemos adquirir otros datos de este ensayo, referentes a metales que pueda contener el problema.

Tal ocurre, por ejemplo, en el caso de que se trate de menas de níquel, pues es suficiente disolver la masa fundida resultante con disolución acuosa de dimetilglioxima, que nos dará la coloración rosa correspondiente, si contiene dicho metal.

Nótese que para el reconocimiento del níquel no se precisa añadir amoníaco ni ácido acético, como ordinariamente se recomienda, ni tampoco emplear la disolución alcohólica de la oxima, que contiene mayor cantidad de dicho reactivo, puesto que los consejos citados son necesarios cuando se trata de reconocer cantidades insignificantes de níquel y no se precisan en el caso de tratarse de menas de dicho metal, si se ha operado de acuerdo con las prescripciones de nuestra técnica.

Este reconocimiento del níquel nos ha dado resultados satisfactorios para poner de manifiesto dicho metal en las Garnieritas españolas, de cuyo estudio nos ocupamos para su posible beneficio.

## I. ROSO DE LUNA

Ingeniero de Minas, Agregado al Instituto Geológico y Minero

Profesor de la Escuela de Minas

# ESTUDIO MICROGRÁFICO DE CUATRO MUESTRAS DE MINERALES DE LAS MINAS DE DEJBEL SEMENE Y TÚNEZ

## INTRODUCCION

Las muestras recibidas tienen las denominaciones siguientes:

Número 1: "Conglomerado compacto".

Número 2: "Conglomerado deleznable".

Número 3: "Banco rojo".

Número 4: "Mineral de las calizas senonenses".

De todas ellas se han hecho preparaciones pulidas. Las muestras deleznales y la parte terrosa se han aglomerado con aglomerante especial. Las observaciones y las fotografías se han efectuado en el aparato PANPHOT, de la casa LEITZ, equipado con sistema iluminador de luz reflejada polarizada.

### Descripción mineralógica de las muestras

*Muestra número 1: CONGLOMERADO COMPACTO.* (Preparaciones: 199-1 y 199-2).

Está integrada por tres partes esenciales: I, *cantos redondeados*, visibles a simple vista; II, *cristales de carbonatos*, y III, *cemento*.

I. Los *cantos redondeados* presentan tamaño variable,

de diámetro comprendido entre 12-15 mm. por una parte y menos de 1 mm.; el término medio de los cantos viene a ser de unos 1,5 a 2 mm. de diámetro. La mayoría de ellos son calizos (algunos son de cuarzo), y hay algunos de color rojo, que están impregnados de óxido de hierro (hematoconita).

Examinados al microscopio en sección pulida, entre nicóles cruzados, los cantos ofrecen particularidades de estructura: a), los menos están constituidos por un solo individuo cristalino; b), la mayoría se ven integrados por multitud de cristallitos de variada forma y dimensiones (véase foto 1); c), hay algunos de estructura más o menos concéntrica, formados por un núcleo análogo a los cantos; d), rodeado por envoltura caliza de deposición ulterior (véase foto 2).

II. Los *cristales de carbonatos* son principalmente de ce-

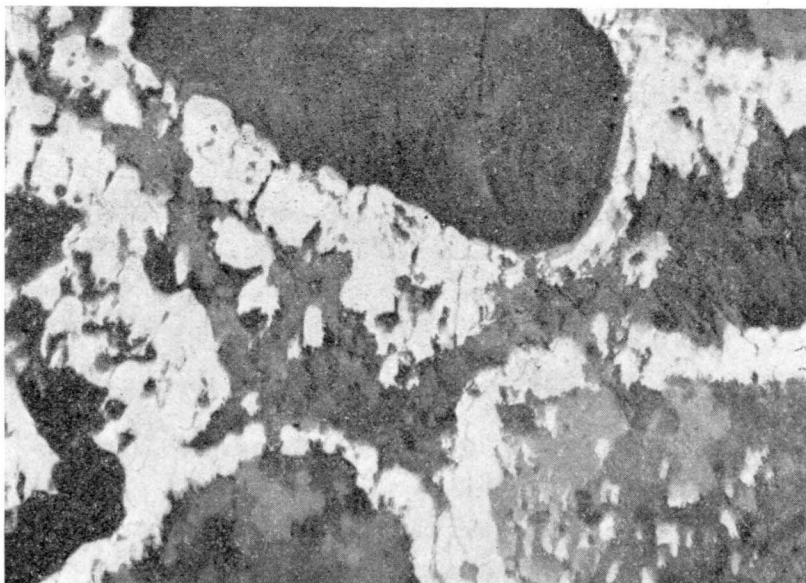


Foto 1.—(Prep. 199-2. Reg. 1.)  $\times 150$ . Nicóles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Metalización del cemento del conglomerado compacto por la galena (blanco).  
Parte superior: oscura, grano calizo sin metalizar. Parte inferior derecha:  
grano calizo con principios de metalización.



Foto 2.—(Prep. 199-1. Reg. 1.)  $\times 150$ . Nicóles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Canto metalizado del conglomerado compacto, rodeado de una aureola  
caliza de estructura radial.

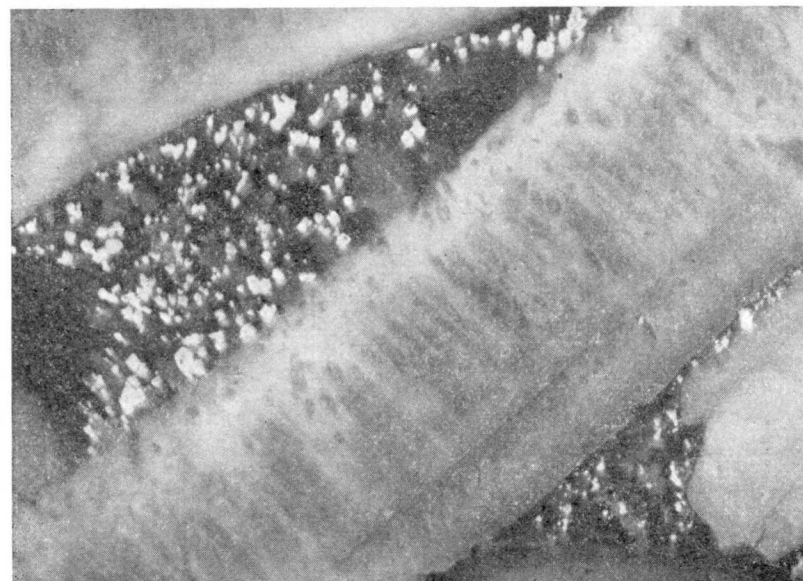


Foto 3.—(Prep. 199-1. Reg. 3.)  $\times 150$ . Nicóles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Fina metalización del cemento del conglomerado compacto por la galena  
(blanco) entre cristales de cerusita (gris).



*rusita*. Abundan mucho menos que los calizos; tienen estructura hojosa y, al microscopio, presentan maclas (véase foto 3).

III. El *cemento* del conglomerado que mantiene unidos unos elementos con otros está formado por *caliza* y *galena*, principalmente (véanse fotos 4 y 5). La caliza del cemento es, en general, anterior a la galena y ha sido sustituida, más o menos completamente, por ésta, según se indica bajo el epígrafe "Metalización".

*Muestra número 2: CONGLOMERADO DELEZNABLE.* (Preparación 200.)

Muestra de cantos sueltos y sustancia terrosa. La preparación se aglomeró artificialmente y pulió por procedimiento adecuado.

No se ha encontrado diferencia esencial entre la mena del conglomerado deleznable y la del compacto; el primero parece



Foto 4.—(Prep. 199-1. Reg. 2.)  $\times 150$ . Nícoles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Constitución del cemento del conglomerado compacto: granos calizos (grises y negros) y galena (blanco). En los bordes se observan cantos sin metalizar.

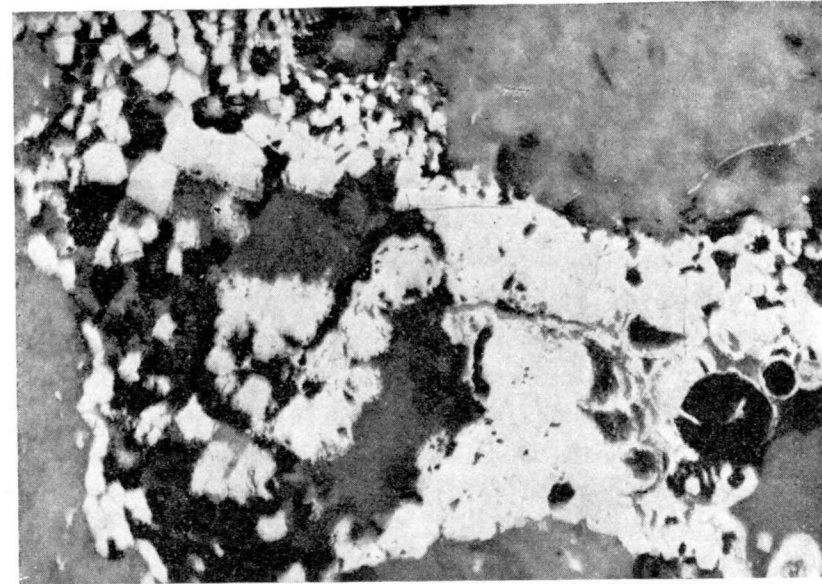


Foto 5.—(Prep. 199-1. Reg. 5.)  $\times 150$ . Nícoles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Dos tipos de metalización del cemento del conglomerado compacto: cristales idiomórficos y masas de deposición rítmica de estructura zonal.

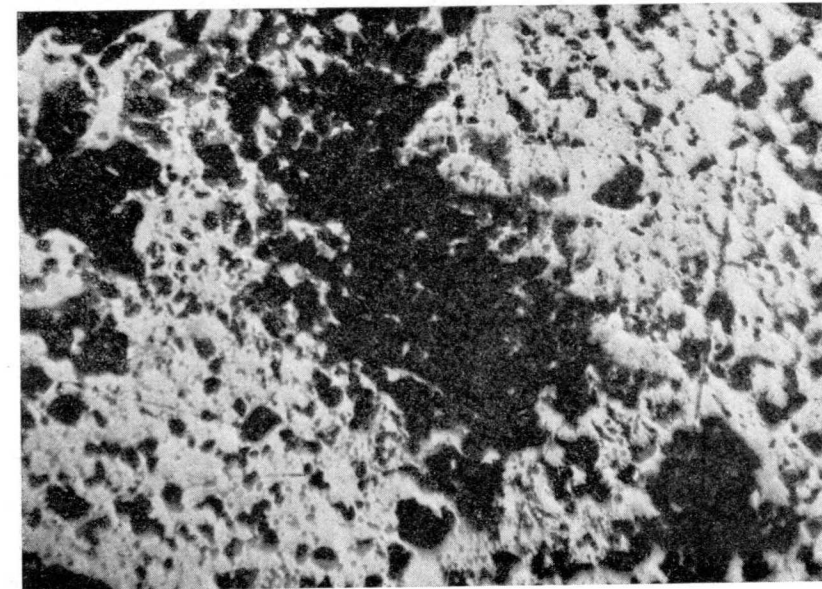


Foto 6.—(Prep. 200. Reg. 1.)  $\times 150$ . Nícoles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Conglomerado friable. Masa caliza descompuesta (negro) metalizada por galena (blanco). La parte negra son las oquedades dejadas por la caliza al descomponerse.

simple descomposición del segundo, originada por la desintegración del cemento que traba los cantos de él; este cemento ha quedado reducido a la sustancia terrosa, formada principalmente por arenilla suelta de granos de galena y calizos.

Observados al microscopio los elementos, del conglomerado deleznable, se aprecian *cantos calizos*, descompuestos en todo o en parte, metalizados por galena (véase foto 6; véase "Metalización"). Se ha observado en un grano de esta muestra pequeñas cantidades de *blenda* asociada a la galena.

*Muestra número 3: BANCO ROJO.* (Preparaciones 201-1 y 201-2.)

Muestra constituida por dos clases de fragmentos, de cada uno de los cuales se ha hecho preparación: I, fragmentos de aspecto terroso, gris amarillentos, y II, fragmentos com-

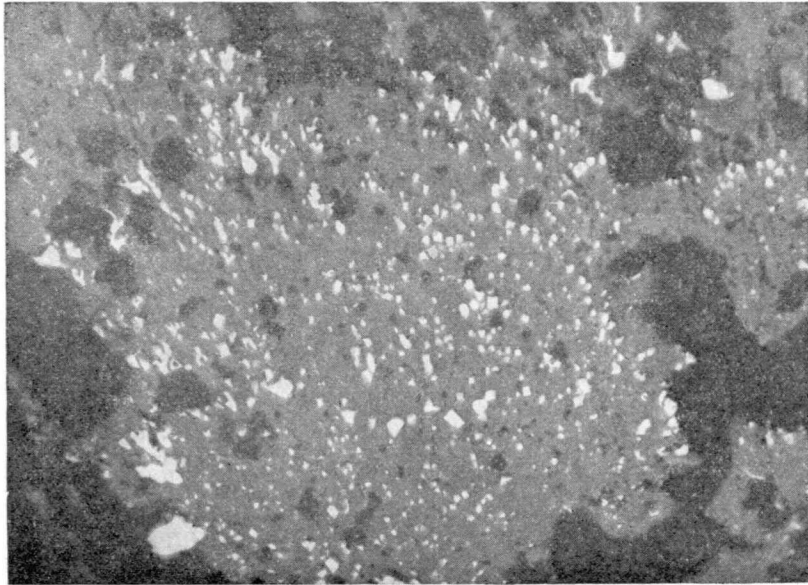


Foto 7.—(Prep. 201-1. Reg. 1.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Metalización de los granos amarillos del banco rojo, por galena diseminada en diminutos cristales idiomórficos.

pactos, gris rojizos; en ambas clases abunda la galena. A continuación se describen por su aspecto microscópico en sección pulida.

I. Los *fragmentos terrosos amarillentos* están integrados por tres partes esenciales: *a)*, masas amarillentas; *b)*, masas rojizas, y *c)*, masas gris negruzcas.

La parte *a)*, amarillenta, es la que más abunda; está constituida por caliza alterada impregnada a veces, más o menos, de *limonita* y metalizada por cristallitos diminutos de galena (véase foto 7), de tamaños comprendidos entre 0,002 y 0,155 mm. (los más abundantes son de unos 0,04 mm.). Entre los granos calizos hay vetas, más o menos continuas, de galena.

La parte *b)*, rojiza, tiene menos galena que la *a)*; está formada por caliza más o menos alterada e impregnada de óxido de hierro.

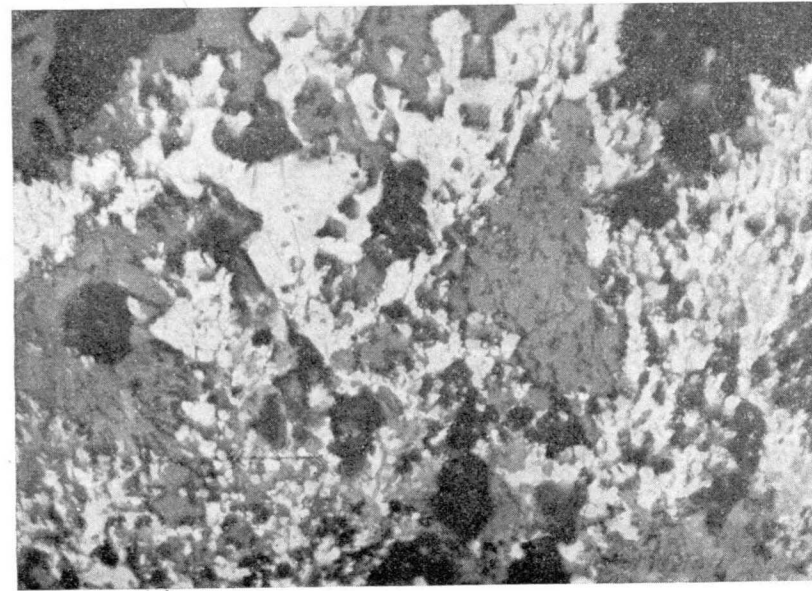
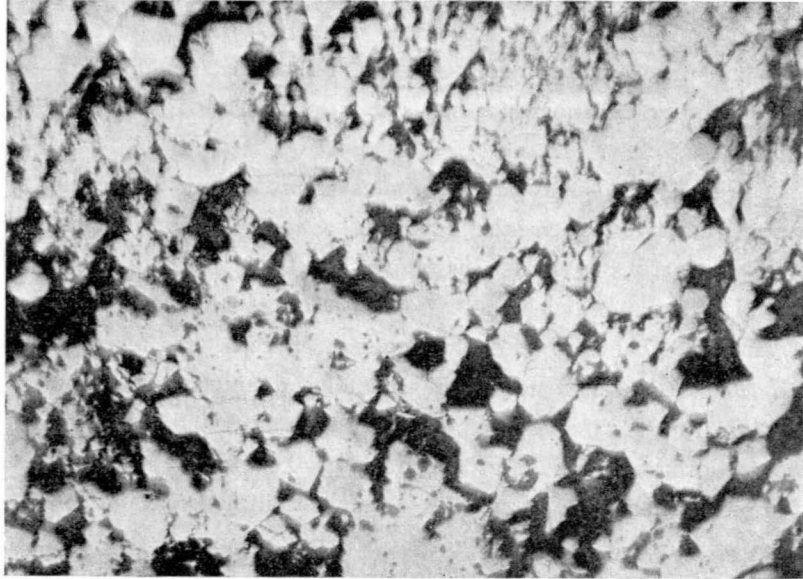
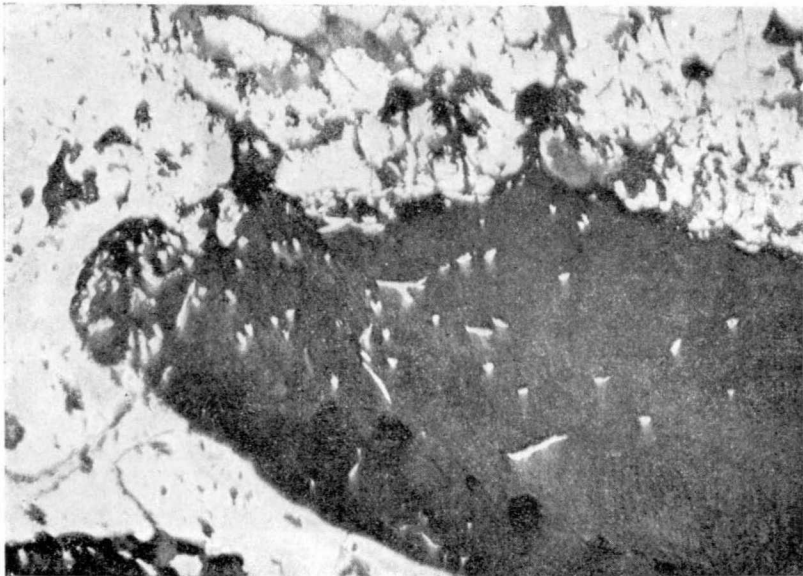


Foto 8.—(Prep. 201-1. Reg. 2.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Masa caliza impregnada de limonita (grises) metalizada por galena (blanco) en cristales idiomórficos y masas irregulares.



Foro 9.—(Prep. 202. Reg. 1.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Mineral de las calizas senonenses. Calcita (negro) intensamente metalizada por galena (blanco).



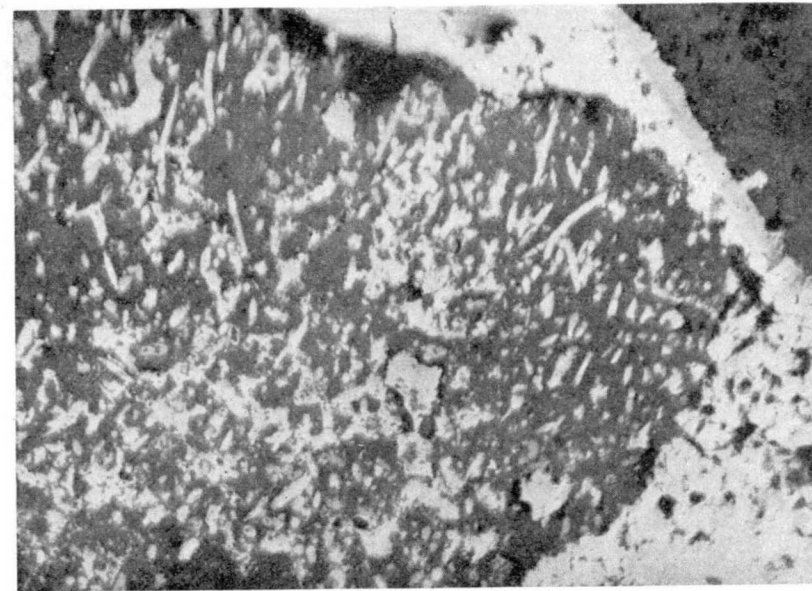
Foro 10.—(Prep. 199-2. Reg. 3.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Canto del conglomerado compacto (masa oscura), metalizado por granillos idiomórficos e hipoidiomórficos de galena (blancos). Alrededor del canto se aprecia la metalización casi total del cemento.

La parte *c*), negruzca, está formada por una masa principal de *galena*, llena de huecos rellenos en un principio de caliza, que emigró por meteorización (véase foto 8).

II. En los *fragmentos compactos rojizos* se ven alternar capas de galena con otras de caliza impregnadas de óxido de hierro (hematoconita). La estructura de la galena se describe bajo el epígrafe "Metalización". También hay granos de *pirita*.

*Muestra número 4: MINERAL DE LAS CALIZAS SENONENSES.*  
(Preparación 202.)

Muestra compuesta de granos sueltos calizos y de galena y fragmentos gruesos muy metalizados. Es la muestra más rica en plomo y la metalización es más regular y uniforme (véase foto 9; véase el epígrafe "Metalización").



Foro 11.—(Prep. 199-2. Reg. 7.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Canto del conglomerado compacto (gris) intensamente metalizado por galena (blanco) con estructura acicular y masas de deposición rítmica con estructura zonal.

### Características de la metalización de las muestras

Todas las muestras están más o menos metalizadas por *galena*. El tipo de metalización es metasomático. La metalización es sumamente irregular en las distintas muestras, y aun dentro de la misma preparación aparece la *galena* con características muy dispares de estructura, lo mismo por lo que se refiere al tamaño como a la forma de los granos.

#### I. CONGLOMERADO (Muestras números 1 y 2.)

La caliza ha sido sustituida por la *galena*. Cuando el metasomatismo se ha efectuado en el conglomerado calizo (muestra número 1), la metalización es más intensa en el cemento que aglomera los cantos que en el seno de éstos, como puede apreciarse en la foto 1; en ella se ven exentos de *galena* los

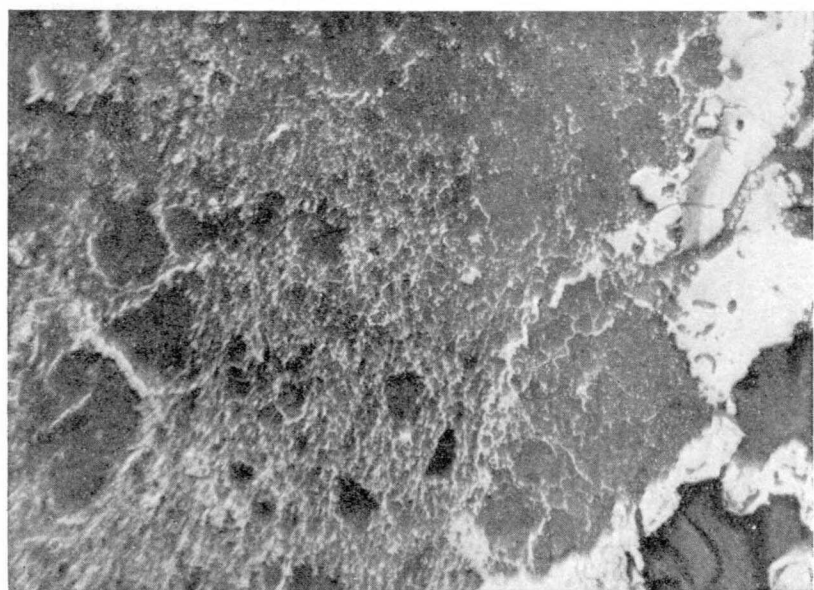


Foto 12.—(Prep. 199-2. Reg. 5.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.) Metalización de un canto del conglomerado compacto (gris) por vetillas de *galena* (blanco) de menos de 0,01 milímetros de espesor. La masa blanca de la parte derecha es *galena*, la cual tiene un poco de blenda (gris clara).

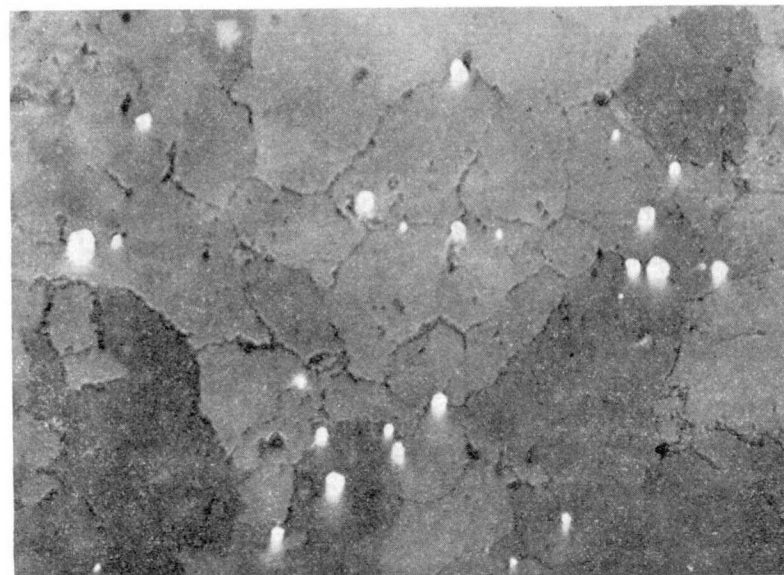


Foto 13.—(Prep. 199-2. Reg. 9.)  $\times 500$ . Nicoles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.) Indicación del carácter metasomático de la metalización de la caliza (gris más o menos intenso) por la *galena* idiomórfica (blanco).

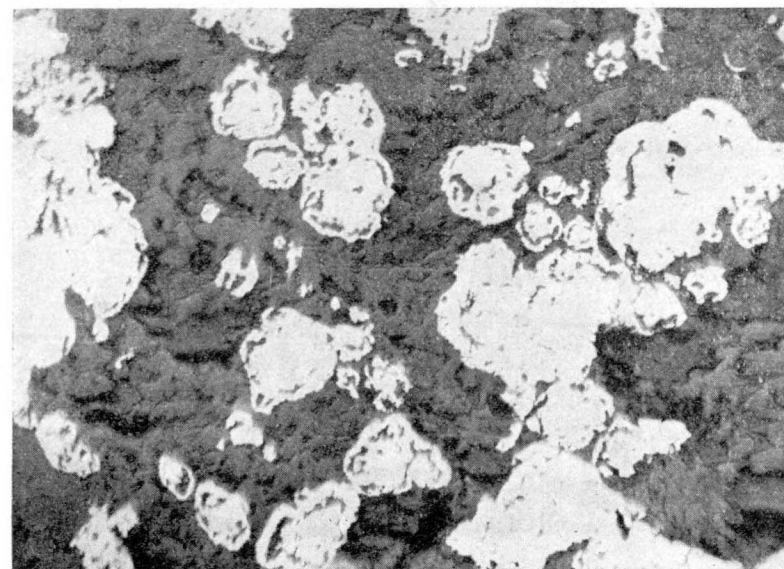


Foto 14.—(Prep. 199-2. Reg. 4.)  $\times 150$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.) Características de la deposición rítmica de *galena* (blanco) con estructura zonal en la caliza (gris) del conglomerado.

cantos calizos superior e inferior izquierdo (véase también fotos 4 y 5). Los propios cantos también aparecen metalizados, aunque, por lo general, con menor intensidad que el cemento. Esta metalización de los cantos ofrece tres características de estructura:

#### *Metalización de los cantos del conglomerado*

a) Metalización por granillos diseminados, idiomórficos o hipoidiomórficos, de un tamaño aproximado de 0,01 mm. (véase foto 10).

b) Metalización por cristallitos de galena alargados o redondeados, con estructura zonal estos últimos, cuyas dimensiones pueden apreciarse en la foto 11, dimensiones comprendidas entre 0,05 mm. y menos de 0,01 mm.

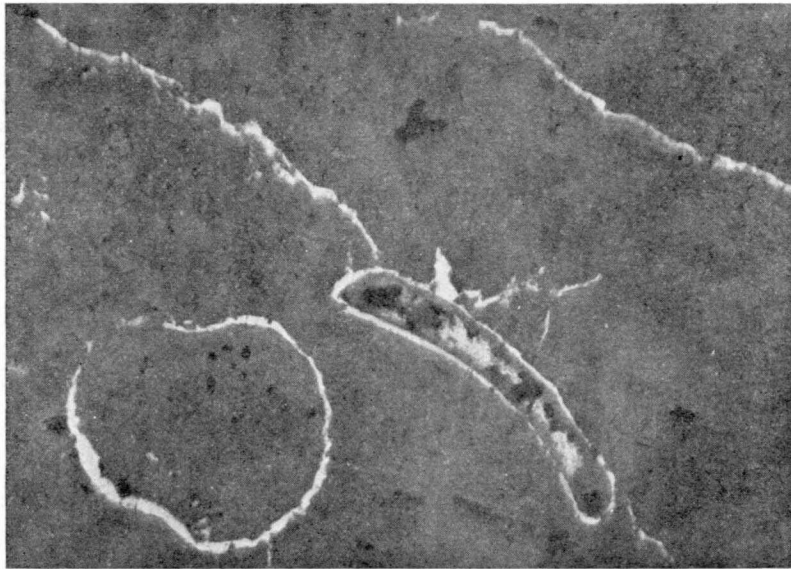


Foto 15.—(Prep. 199-2. Reg. 6.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Metalización incipiente del conglomerado, a través de los bordes de contacto entre los granos y a lo largo de las grietecillas.

c) Metalización por vetillas de menos de 0,01 mm. de grosor, como puede apreciarse en la foto 12.

Estas características estructurales de la metalización de los cantos del conglomerado, llevan consigo la necesidad de triturar muy a fondo sus cantos para liberar mecánicamente los cristallitos de galena de la caliza que les rodea.

Al descomponerse el conglomerado por los agentes naturales, empezará probablemente a alterarse, primero, el cemento que aglomera los cantos, y con ello se originará una tierra más o menos suelta, compuesta principalmente de granillos de galena, calizos y alguno que otro cuarzo (el cuarzo se ha encontrado en muy escasa cantidad en las muestras) (véanse fotos 1, 3, 4 y 5); esta arenilla, originada por el conglomerado, será, por lo general, rica en plomo. La alteración de la galena dará origen a granos de cerusita (véase foto 3).

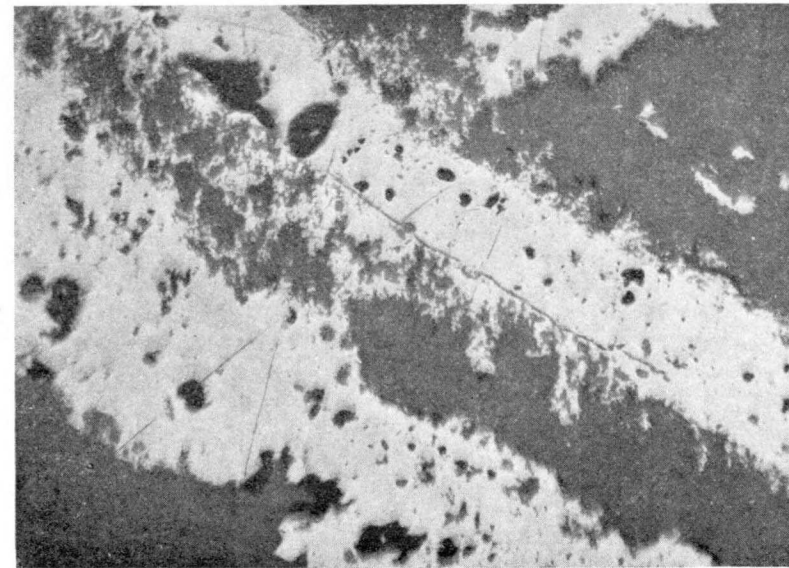


Foto 16.—(Prep. 201-2. Reg. 4.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Metalización del banco rojo por bandas de galena compacta (blancas).

### *Metalización del cemento del conglomerado*

La metalización del cemento calizo por la galena aparece realizada: *a)*, por masas irregulares de tamaño variable (véase foto 1); *b)*, por cristallitos idiomórficos (véase foto 5, región superior izquierda), o *c)*, por masas redondeadas con estructura zonal, indicadoras de deposición rítmica (véase foto 5, región inferior derecha).

Los tamaños de los granos de galena, que metalizan el cemento son sumamente variables; a veces tienen un diámetro de 0,01 mm. y menor (véanse fotos 3 y 4) y en ocasiones todo el cemento que existe entre los cantos está formado por una masa de galena (véanse fotos 10 y 11).

El conglomerado deleznable es un conglomerado sumamente



Foto 17.—(Prep. 201-2. Reg. 8.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Tipo de metalización del banco rojo por bandas de galena de estructura zonal (banda superior) y de estructura acicular (banda inferior).

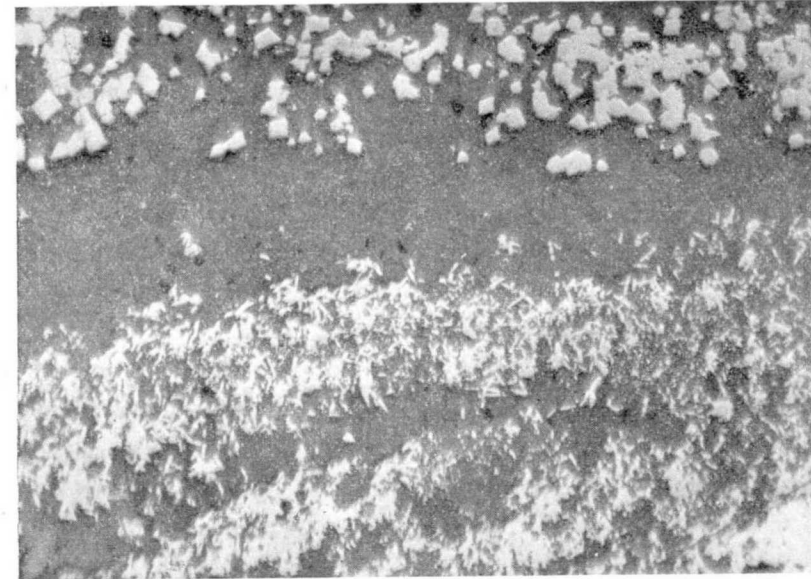


Foto 18.—(Prep. 201-2. Reg. 5.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Relación entre las bandas de galena diseminada idiomórfica (banda superior blanca) y las de galena acicular (bandas inferiores) del banco rojo.

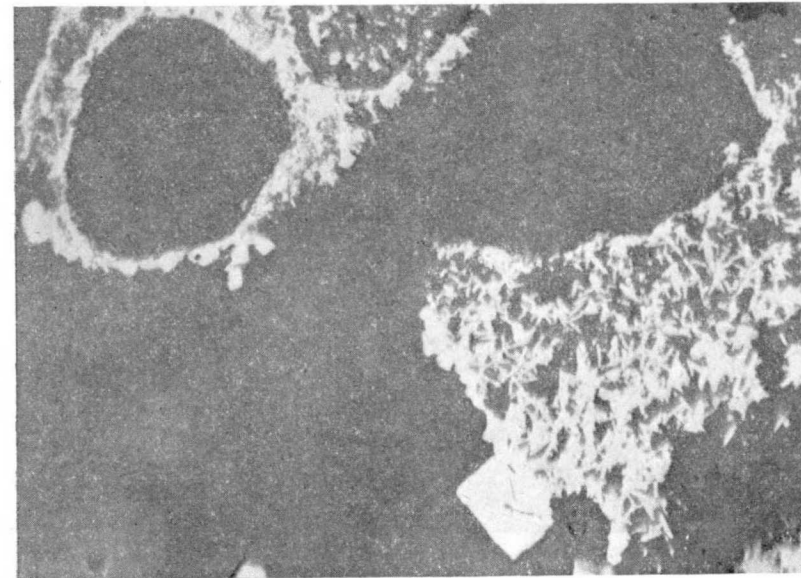


Foto 19.—(Prep. 201-2. Reg. 1.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Distribución irregular en el banco rojo de la metalización idiomórfica y aciculante de la galena (blanca).

alterado; por haberse descompuesto la caliza del cemento, la proporción de sustancia terrosa es considerable; en los fragmentos que permanecen compactos, la mayoría de la caliza ha emigrado y queda una masa más o menos esponjosa de galena en las regiones donde la metalización fué intensa. En la foto 6 puede verse la masa de galena (blanca) en un campo negro formado por oquedades primitivamente rellenas de caliza. En el conglomerado deleznable, la Naturaleza ha adelantado mucho la labor de separación mecánica de la galena y la ganga; no obstante, existe aún considerable cantidad de cantos calizos, unos, poco o nada metalizados, y otros con la metalización finísima descrita antes para los cantos del conglomerado compacto.

En la foto 13 se aprecia claramente el carácter metasomá-



FOTO 20.—(Prep. 201-2. Reg. 2.)  $\times 150$ . Nicoles a  $80^\circ$  (Foto I. R. de L.)  
Substitución de la calcita (granos grises y negros) del banco rojo por cristallitos aciculares de galena (blancos).

tico de la metalización de la caliza (granos oscuros) por la galena (puntos blancos). La foto 14 muestra en detalle las características de la deposición rítmica con estructura zonal en el conglomerado, y, por último, la foto 15 indica cómo la metalización comienza por la superficie de contacto entre los granos y a lo largo de grietecillas. La foto 2 ofrece bello ejemplo de un canto metalizado, rodeado de una envoltura caliza.

## II. BANCO ROJO. (Muestra número 3.)

En las muestras del "banco rojo" la metalización de galena alterna en capas con la caliza. Se han observado diminutos cristales de *pirita* (de unos 0,01 mm. de diámetro), que son, sin duda, los que, por alteración, originaron la *hematites* y *limonita*, que tiñe muchas de las muestras.

La metalización de las diversas capas ofrece las siguientes características:

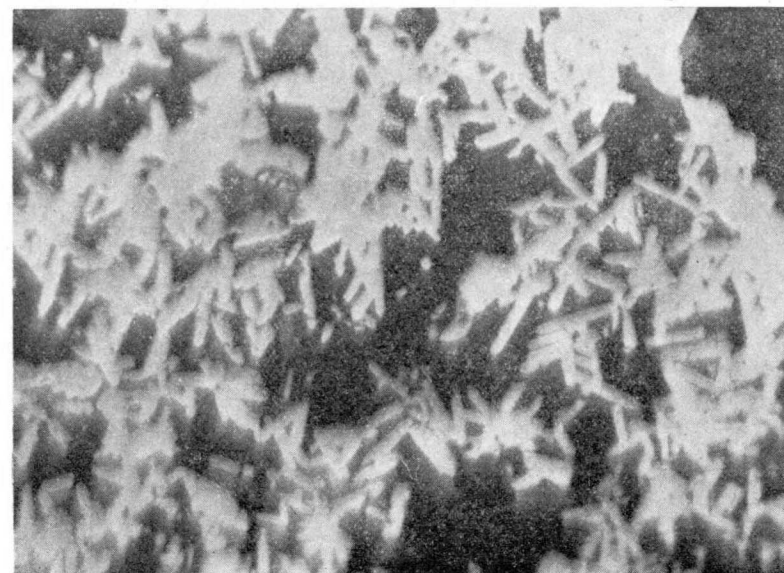


FOTO 21.—(Prep. 201-2. Reg. 1.)  $\times 500$ . Nicoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Detalle de la substitución de la calcita del banco rojo por galena de estructura acicular (blanca).

- a) Fajas de galena compacta (véase foto 16).
- b) Fajas de galena diseminada con granos de estructura zonal (véase foto 17).
- c) Fajas de galena diseminada con cristallitos idiomórficos (véase foto 18, borde superior).
- d) Fajas de galena diseminada con cristallitos diminutos aciculares (véanse fotos 17 y 18, bandas de la parte inferior).

Estos tipos de metalización, en lugar de distribuirse en fajas alternantes con la caliza, pueden verse también distribuyéndose en ésta de modo irregular (véanse fotos 19 y 20).

La foto 21 muestra en detalle las características del tipo *d*) de metalización. La foto 22 señala claramente la deposición rítmica *b*) de estructura zonal.

e) Un tercer tipo de metalización está indicado en la

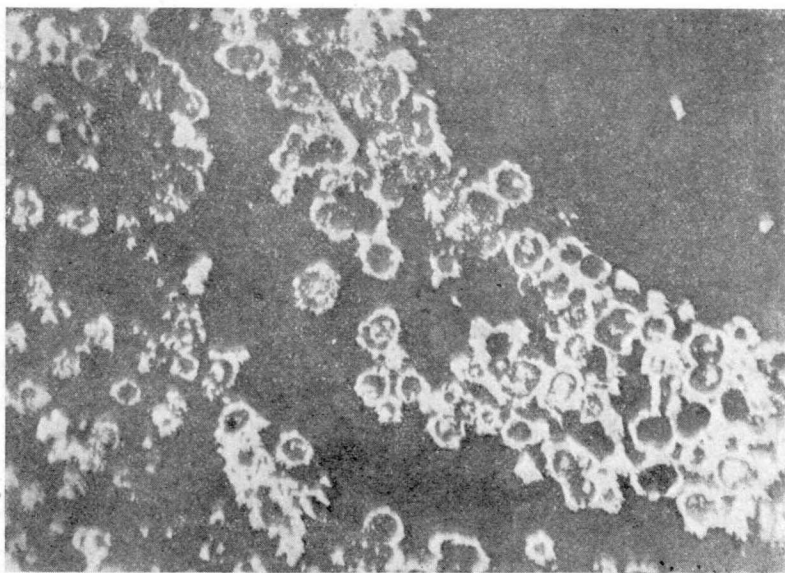


Foto 22.—(Prep. 201-2. Reg. 7.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Detalle de la metalización del banco rojo por la galena de deposición rítmica (blanco).

foto 23; consiste en una diseminación en la caliza de ínfimos cristales de galena (menores de 0,005 mm.).

Estos cinco tipos de estructura de metalización se encuentran mezclados en un simple fragmento; ello significa que para conseguir la separación mecánica total de la galena de la caliza que la envuelve, teóricamente habría que triturar y moler hasta el inverosímil tamaño requerido por los granos de galena de la foto 23.

### III. CALIZAS SENONENSES. (Muestra número 4.)

La metalización de esta muestra es particularmente intensa y bastante uniforme de características de estructura en las preparaciones examinadas. Los cristales diseminados de galena son mayores (véase foto 9) y abundan las masas compactas metálicas.



Foto 23.—(Prep. 201-2. Reg. 3.)  $\times 150$ . Nícoles paralelos. (Foto I. R. de L.)  
Finísima metalización por granillos de galena (blancos) de un diámetro menor de 0,005 milímetros.



## RESUMEN

Como resumen del estudio micrográfico realizado con preparaciones pulidas hechas con fragmentos de las muestras enviadas, pueden deducirse las siguientes conclusiones:

1.<sup>a</sup> La mena es de constitución mineralógica sencilla; se compone principalmente de galena como sustancia metálica y caliza como ganga. Se han encontrado en ella los minerales siguientes: galena, blenda, pirita, hematites, limonita, cerusita, calcita y cuarzo. La blenda, el cuarzo y la pirita, se han observado en cantidades muy pequeñas, sobre todo los dos minerales primeros.

2.<sup>a</sup> La estructura con que aparece la galena es sumamente variada. En regiones contiguas de una misma muestra puede verse ese mineral con estructuras esencialmente distintas.

3.<sup>a</sup> La galena se presenta en granos sumamente pequeños. Las regiones con masas de galena de elementos grandes abundan mucho menos que las de estructura fina.

4.<sup>a</sup> La enorme diversidad de estructuras de la galena y su irregularidad de distribución en la masa caliza, son causas que merman algo el valor representativo de las cifras de tamaños observados en las muestras. Efectuando mediciones en una cantidad considerable de muestras bien seleccionadas en el criadero, podría llegarse a valores mucho más representativos.

5.<sup>a</sup> Las muestras acusan un criadero metasomático con varias etapas de metalización.

ANTONIO COMBA

## LOS YACIMIENTOS ESPAÑOLES DE MINERALES ESPECIALES PARA FERROALEACIONES

*(Conferencia dada el 28 de agosto de 1941 en los Cursos  
de Verano de la Universidad de Oviedo)*

Ante todo, quiero explicar el motivo de mi presencia inmerecida en esta Cátedra, por donde han pasado personas de tanto renombre, y éste ha sido el corresponder a la atención que ha tenido el Sr. Rector de esta Universidad con el Instituto Geológico y Minero de España, al solicitar de su Director diera el nombre de uno de sus Vocales para dar una conferencia, en este curso de verano, sobre el tema que ya todos conocen, habiéndome cabido el alto honor de haber sido designado para cumplir tan honrosa misión.

Quiero también advertir a ustedes antes de empezar, para que no les cause decepción esta disertación, que yo, más que orador, cuya dote no quiso Dios darme, soy hombre de estudio y de trabajo, curtido en el campo y en la mina, donde he adquirido mi experiencia, que hoy vengo a exponerles con la mayor sencillez y claridad posible.

Y una vez hechas estas aclaraciones, voy a comenzar, a

modo de preámbulo, por hacer una reseña histórica del proceso seguido por la industria del acero hasta llegar al grado actual de refinamiento, para explicar la importancia que puede tener el desarrollo en España de la minería de los metales especiales para ferroaleaciones, que es el fin principal de esta conferencia.

### I. Proceso histórico de las ferroaleaciones

De todos es conocida la importancia que se le ha dado a la fabricación del acero desde épocas muy remotas, en que ya se le usaba para la fabricación de útiles cortantes, armas y herramientas de trabajo. Pero la preparación de este acero, hasta casi la Edad Media, dependía mucho del azar y no se podía obtener con seguridad cuando se quería. Hasta el año 1550, en que ya Agrícola y Biringuccio describieron el primer procedimiento de obtención segura del acero, cementando el hierro dulce en un baño de hierro bruto o hierro fundido obtenido directamente del mineral, calentándolo y agitándolo, a la vez que le agregaban hierro dulce hasta que la fundición se volvía pastosa y afinada, y, por tanto, toda la masa se convertía en acero, aunque por este procedimiento se obtenían desechos de fabricación que a veces excedían del 50 por 100 del metal elaborado.

Después, en el siglo XVIII, se perfeccionó este procedimiento, llegando a la verdadera "cementación", por la que se transformaba el hierro dulce en acero, calentándolo en presencia de carbón pulverizado hasta reblandecerlo, manipulándolo convenientemente hasta hacerle absorber la cantidad necesaria de carbono.

Este procedimiento, usado ya en el siglo XVII en el Piamonte, y luego en Inglaterra, fué estudiado y perfeccionado en Francia por Reaumur, en el siglo XVIII, preparando pol-

vos especiales de cementación y hornos adecuados, para garantizar el éxito de la operación.

En 1740, Huntsman halló el modo de obtener en una sola operación el acero fundido y homogéneo, o sea refinado, calentándolo en crisoles refractarios con cok puro en hornos de chorro de aire, cuyo procedimiento se mantuvo secreto hasta principios del siglo XIX, siendo sólo Inglaterra la que podía suministrar acero fundido por aquella época.

Pero todos estos procedimientos, que eran largos y sumamente delicados, y, por tanto, costosos, fueron rápidamente sustituidos en el año 1855 por el procedimiento Besemer, que dió sin duda alguna un gran paso en la metalurgia del hierro, ya que con su convertidor lograba producir, rápidamente y de un modo perfecto, enormes cantidades de hierro y acero, insuflando aire en un convertidor de forma de pera, revestido de arcilla refractaria silicea, en el que la temperatura se mantiene lo bastante elevada para conservar al estado líquido la fundición y favorecer así su descarburación por combustión del carbón, al mismo tiempo que el silicio que le roba al revestimiento la fundición queda eliminado en forma de escorias con el fósforo y el manganeso que pueda contener, dando así un acero muy puro.

Posteriormente este procedimiento, que tenía el inconveniente de no ser aplicable para fundiciones fosforosas, por la dificultad que había de eliminar el fósforo en los mismas, fué modificado en el año 1878 por Thomas, cambiando el revestimiento de arcilla por otro básico, a base de magnesia y dolomía pulverizada, que elimina casi por completo esta impureza.

Asimismo los hermanos Martin obtuvieron en el año 1865 un acero bastante puro fundiendo en un horno de reverbero una mezcla del 75 por 100, aproximadamente, de fundición con el 25 por 100 de hierro dulce.

Después, con el invento del horno eléctrico, se trató de obtener el acero en este tipo de hornos; pero, en realidad, el procedimiento fué desechado por ser enorme caro, hasta los años de la pasada guerra europea, en que estos procedimientos llegaron a perfeccionarse, patentándose varios tipos de hornos eléctricos para la fabricación de aceros.

Entrándose de lleno, con este nuevo adelanto, en la fabricación de aceros especiales, en los que para modificar y mejorar las cualidades del acero se emplea el *manganeso, tungsteno, molibdeno, níquel, cromo, silicio, vanadio, titanio, glucinio y circonio*.

## II. Usos y propiedades de los distintos aceros

El primer metal especial que entró a formar parte de la composición de los aceros fué el *manganeso*, cuyas buenas propiedades como desoxidante y desulfurante fueron ya descubiertas hacia el año 1865, y aplicadas para purificar las fundiciones y aceros del fósforo, azufre y nitrógeno de combinación, que aun en pequeñas cantidades les son tan perjudiciales, agregándose directamente los minerales de manganeso en la carga del alto horno en la primera época de esta operación. Práctica que fué después sustituida por la agregación del ferromanganeso (fundición del 25 al 80 por 100 de manganeso) o del "spiegel" (fundición del 2 al 25 por 100 de manganeso), según los casos, obtenido directamente en un pequeño alto horno, o en el horno eléctrico, como hoy se obtiene en las acerías, para agregarlo en la proporción necesaria al obtener la fundición o el acero, en los cuales entra siempre en mayor o menor proporción, desde 0,80 por 100 de manganeso en los aceros corrientes, de vigas de construcción, carriles, etc., o del 11 a 14 por 100 de los aceros Hadfiel, o aceros de forja, moldeo y laminado, que por su gran resistencia al uso

y los choques se emplea, generalmente, en los enclavamientos de vías y agujas, quebrantadoras de mandíbulas, trituradoras de bolas, dragas, corazas para buques, planchas de blindaje, cascos, etc., no siendo conveniente que el manganeso pase de dicha proporción, por su tendencia a la oxidación superficial.

Otro de los metales que mayor aplicación han alcanzado en la fabricación de aceros especiales es el *tungsteno*, por la gran dureza que les comunica, debido a su afinidad por el carbono, con el cual forma un carburo de tungsteno tan duro que su dureza puede compararse a la del diamante, el cual entra en los aceros desde la proporción del 0,60 por 100 de tungsteno (aceros al silicio para la fabricación de resortes) hasta el 18 por 100 de tungsteno en los llamados aceros rápidos, para instrumentos cortantes, herramientas de trabajo, barras para perforación de barrenos, válvulas para motores de explosión, aceros para imanes, aceros inoxidables en caliente, etc., en los cuales este metal entra en mayor o menor proporción, pero siempre en combinación con otros metales especiales, como son: el cromo, níquel, vanadio, molibdeno, manganeso y silicio, que mejoran sus cualidades físicoquímicas, según la proporción en que éstos entren.

Otro de los metales que tiene también bastante aplicación en las acerías es el *molibdeno*, cuyas buenas cualidades fueron ya estudiadas por León Guillet en el año 1904, pero que en realidad no han sido aplicadas hasta el año 1918, en que, debido a las necesidades de la guerra europea, Norteamérica se lanzó a la construcción en gran escala de los aceros especiales al molibdeno, principalmente en lo que a la industria aeronáutica se refiere y a la industria del automóvil, donde tienen su mayor aplicación, dadas las buenas cualidades que comunica a estos aceros, en lo referente a su tratamiento térmico (penetración de temple y disminución de fragilidad), así como en la disminución de su desgaste por el uso, debido

a la dureza que le comunica y contextura de grano fino, que facilita notablemente su moldeo; en los cuales el molibdeno suele entrar en pequeñas proporciones (del 0,15 al 0,75 por 100), en combinación con el cromo, níquel y vanadio, excepto en los aceros al cromo-molibdeno de fabricación de imanes, que, dada la buena cualidad que tiene este metal de favorecer notablemente la conservación del magnetismo remanente, suele entrar en la proporción del 6 por 100 de molibdeno.

También suele utilizarse con bastante frecuencia en la fabricación de aceros especiales el *níquel*, por la buena propiedad que tiene de transformar la cementita de las fundiciones en grafito y perlita, aumentando así la fineza y regularidad del grano del acero, disminuyendo su porosidad, aumentando notablemente el límite de elasticidad y de la carga de ruptura, por lo que se emplea mucho en el moldeo de piezas delicadas de poco espesor, como son las válvulas de motor de aeroplano, aletas de turbinas, etc., generalmente combinado con otros metales, como son el cromo, molibdeno y vanadio, que modifican, en parte, y mejoran sus cualidades, pudiéndose clasificar este tipo de aceros en dos clases, según la proporción de níquel que en ellos entre; o sea: aceros perlíticos, de baja cantidad de níquel (del 2 al 5 por 100), que se emplean en piezas de fácil moldeo, como son árboles, bielas, piñones de engrane, matrices de forja, etc., y aceros austeníticos, de elevada proporción de níquel (del 25 al 80 por 100), que se emplean en piezas de moldeo delicado o sometidas a elevadas temperaturas, como son hilos de resistencia para hornos eléctricos, pares termoeléctricos, núcleos de transformadores, balanzas de precisión y espirales de relojes.

Otro de los metales que tiene bastante aplicación en los aceros de este tipo es el *cromo*, por la afinidad que tiene con la cementita de la fundición, con la cual forma un carburo doble de hierro y cromo bastante duro, aumentando, por tanto,

la dureza de la misma, al mismo tiempo que modifica notablemente la contextura de su grano, que le hace más fino, aunque debe emplearse en pequeña proporción (del 1 al 3,50 por 100 de cromo), porque aumenta considerablemente la fragilidad del mismo, no siendo en los aceros inoxidable, en los que el cromo entra en la proporción del 13 por 100, empleados en la construcción de cascos de buques, pero siempre en combinación con otros metales, como son el níquel, el silicio y el molibdeno, que mejoran sus cualidades. ,

El *silicio* obra también como desoxidante y desulfurante en el refinado de las fundiciones, teniendo, en general, las mismas aplicaciones que el ferromanganeso, empleándose siempre para estas operaciones en forma de ferrosilicio. Pero éste es de muy peligrosa manipulación, por su tendencia a producir explosiones con desprendimiento de  $\text{PhH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$  y  $\text{SiH}_4$ , que son sumamente venenosos (1), sobre todo en los ferrosilicios de alta proporción de silicio (del 50 al 95 por 100), que es muy poroso, y colocado en sitio húmedo tiende a formar dichos ácidos con muchas probabilidades de producir explosiones, por lo que cada día es más restringido su empleo en las acerías, no siendo para ciertos usos, en los que sólo se emplea el ferrosilicio de baja proporción de silicio (del 10 al 15 por 100).

El *vanadio*, que no interviene en los aceros más que en una proporción del 0,20 al 0,55 por 100, les proporciona una contextura de grano sumamente fino, aun a temperaturas su-

(1) El  $\text{PhH}_3$  (hidrógeno fosforado o "fosfina") se enciende al contacto del aire y es muy venenoso, aun estando muy diluido en el aire (1 : 10.000). El  $\text{AsH}_3$  (hidrógeno arseniado o "arsenamina"), que se emplea como base principal de algunos gases tóxicos de "guerra química", es también sumamente venenoso, habiendo producido la muerte de los químicos Gehlen (1815), Bullache y, recientemente, Schulze, que lo emplearon sin tomar las debidas precauciones. El  $\text{SiH}_4$  (hidrógeno siliciado o "siliciometano") se enciende espontáneamente al contacto del aire, formando nubes en anillos blancos, como el  $\text{PhH}_3$ .

mamente elevadas, debido a su afinidad por el carbono, pues obra directamente sobre la perlita, que tiende a transformarse en sorbita, y sobre la cementita, con la cual forma un carburo doble muy estable, entrando un poco en solución sólida en la ferrita; por esta causa, la agregación de una pequeña cantidad de vanadio en los aceros para herramientas, y en particular para las de usos cortantes de corte rápido, mejora notablemente su calidad, sobre todo si han de ser sometidos a temperaturas elevadas (matrices de estampado en frío o en caliente).

El *titano*, que no entra en los aceros especiales en mayor proporción que el 0,10 al 0,5 por 100, obra como desoxidante y desnitrogenante, dándoles muy buenas cualidades a los aceros moldeados y estirados, empleándose principalmente en la fabricación de carriles, en los que entra en la proporción del 0,10 por 100 de titano.

El *glucinio* se comporta en los aceros como el silicio; pero tiene la buena cualidad de que pueden ser endurecidos después del temple por un enfriamiento prolongado, aunque presentan poco interés a causa de su contextura, que es de grano grueso, análoga a la de los aceros al ferrosilicio, aunque se mejora notablemente esta cualidad si se le agrega un 5 por 100 de níquel, o el 12 por 100 de cromo (sin pasar del 1 por 100 de glucinio), ya que adquiere rápidamente una contextura de grano fino, con una dureza igual a la de los aceros rápidos y una gran resistencia a la corrosión, siendo sus aceros muy empleados, a causa de sus propiedades magnéticas, en la construcción de membranas radiofónicas, como material de los imanes permanentes.

Y, por último, el *circonio* tiene un gran poder purificador del acero, por su afinidad con el oxígeno, el nitrógeno, el azufre y el fósforo, propiedades que fueron descubiertas ya en el año 1918; pero en realidad su aplicación no se ha introducido

en Europa hasta el año 1931, teniendo hoy día una gran aplicación en las acererías, ya que además de estas buenas cualidades le comunica al acero al estado libre (con un máximo del 0,15 por 100) una gran dureza y resistencia, no debiendo pasar del 0,35 por 100 en ningún caso, pues le hace ya demasiado frágil, siendo muy empleado en la actualidad para la construcción de planchas de acero para blindajes.

Y ya una vez conocidos los usos y propiedades que comunican estos metales a los aceros, vamos a hacer una reseña de los tipos de criaderos en que pueden encontrarse éstos, para terminar haciendo una somera descripción de los que hoy pueden explotarse en España.

### III. Estado en que se encuentran estos metales en la Naturaleza, y características de sus yacimientos

Antes de describir los principales yacimientos españoles de esta clase de metales, vamos a hacer una somera descripción de la forma en que suelen presentarse en otros países y tipo del criadero a que corresponden en cada caso, para deducir la analogía que pueda existir entre estos yacimientos y los nuestros, citándolos por el mismo orden en que antes los hemos mencionado.

#### Manganeso

*Producción.*—La producción mundial del manganeso, que hoy día pasa de 3.500.000 toneladas de mineral, corresponde, en su mayor parte, a Georgia, Rusia, India inglesa, Costa de Oro y Brasil, las cuales producen cerca de 3.000.000 de toneladas, correspondiendo el resto de la producción a otros países, entre los cuales figura España, que en el año 1918 llegó a producir 78.000 toneladas de mineral.

Más del 90 por 100 de esta producción viene empleándose en la metalurgia del hierro, lo que da idea de la importancia que ha adquirido hoy día este metal en dicha industria.

*Minerales.*—Durante mucho tiempo no se han explotado más que los óxidos, o sea la “pirolusita” ( $MnO_2$ ), la “hausmanita” ( $Mn_3O_4$ ), la “braunita” ( $Mn_2O_3$ ), la “acerdasa” ( $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ ) y la “psilomelana” ( $Mn_2O_3 \cdot BaOH_2O$ ), que dan minerales del 50 al 70 por 100 de bióxido de manganeso, con muy poca sílice.

Posteriormente, debido a las necesidades del mercado y al agotamiento natural de los óxidos, a medida que las explotaciones se han ido profundizando se han explotado también los silicatos (rhodonita) y carbonatos (dialogita), que hoy día juegan un importante papel en las acererías, siempre que estos minerales no tengan más del 12 por 100 de sílice, aunque su ley en manganeso sea más baja (del 30 al 45 por 100).

*Yacimientos.*—El papel metalogénico del manganeso es muy parecido al del hierro, al que va unido muchas veces en forma de hierros manganesíferos, presentándose unas veces en forma de filones de contacto, por secreción periférica de rocas de origen magmático, como sucede en un yacimiento que se explota en Nueva Jersey, en donde el mineral de manganeso se presenta rellenando las cuevas que se han formado en una caliza cristalina primaria que está al contacto con el gneis del estrato cristalino.

*Otras, como producto de oxidación en las monteras de ciertos filones metálicos.*

*También se encuentra como producto de sustitución de ciertas calizas primarias, como sucede en Las Cabasés (Ariege), y en España (Oviedo), en donde se explotan yacimientos de manganeso producidos por sustitución en las calizas devonianas.*

*Y otras, en fin, en forma de yacimientos estratiformes, que*

es el tipo de yacimiento más rico que se conoce, el cual se presenta a su vez bajo diferentes aspectos, como veremos a continuación.

a) *En forma de lentejones de minerales muy puros* (con el 53 por 100 de Mn), intercalados en rocas manganesíferas, de tipo silíceo, en las que el metamorfismo ígneo de profundidad ha ejercido su acción sobre antiguos sedimentos manganesíferos, originándose así las concentraciones de manganeso que en éstas se encuentran en forma de silicatos, ulteriormente peroxidados, por encontrarse muy próximos a la superficie del terreno.

Los yacimientos más importantes de este tipo son los de la India (Madras y provincias centrales) y los del Brasil, en la sierra de Ilacolumi (minas Geraes), en los que el mineral se presenta en lentejones que ocupan extensiones de 2 a 3 kilómetros de longitud, intercalados en micascitas y calizas precambrianas.

b) *En filones de “jaspes manganesíferos”,* como sucede en Rusia (los Urales), donde los filones van interestratificados entre las pizarras silurianas y devonianas de esta región, en relación con ciertos diques eruptivos, del mismo tipo que los que se presentan en España (Huelva y Sevilla).

c) *En filones capas de aspecto terroso, a veces de forma oolítica,* de 1,50 a 2 metros de espesor, con minerales muy puros (óxidos del 55 por 100 de Mn), intercalados entre lechos calizos y de areniscas del cretáceo y del eoceno superior, y a veces rellenando huecos en las rocas que forman el yacente o muro del criadero.

Corresponden a este tipo de yacimientos las formaciones manganesíferas de Rusia (El Cáucaso y Nikopol) que ocupan grandes extensiones de terreno, y las de España (Zaragoza, Huesca, Teruel y Ciudad Real), cuyas explotaciones tienen cada día mayor interés industrial.

El origen de formación de estos yacimientos puede ser el mismo que el de las formaciones actuales de los fondos de los mares profundos (de 1.800 a 3.000 metros) y de los lagos y marismas de nuestros días, en los que a veces se encuentran lechos manganesíferos de este tipo.

d) *Y por último, pueden encontrarse ciertos yacimientos manganesíferos, como producto de concentraciones superficiales de alteración continental, sin que existan minerales o formaciones de manganeso a profundidad que hayan aportado estos elementos, sino simplemente por disgregación de los terrenos próximos, siempre que éstos contengan alguna cantidad de manganeso como elemento constitutivo de la roca madre, como sucede con las "lateritas" de las Indias.*

### Tungsteno

*Producción.*—La producción mundial de tungsteno, en minerales concentrados del 60 al 70 por 100 de ácido túngstico (que es el tipo de mena del mercado), viene a ser en época normal de unas 15.000 toneladas, producción que ha aumentado bastante en estos últimos años, dada su gran aplicación en planchas de blindaje y en las diferentes clases de acero que se emplean en los armamentos de guerra.

Los principales países productores son: China, Birmania, Bolivia, Estados Unidos, Portugal y España, aun cuando la producción de todos estos países es muy irregular, aumentando o disminuyendo con suma facilidad, según las demandas del mercado.

*Minerales.*—El mineral que se explota en estos países es generalmente el wolfram ( $MnFe$ ),  $WO_4$ , que es el mineral más apreciado en las fundiciones para la obtención del tungsteno y sus ferroaleaciones, aun cuando a veces se explota también la "schelita" ( $CaWO_4$ ), que es un mineral de super-

ficie que se encuentra a veces en estos yacimientos de wolfram formando la montera del filón, y que es muy apreciado hoy día para la obtención del ácido túngstico, del cual se parte para producir el tungsteno que se emplea en la fabricación de filamentos metálicos para lámparas de alumbrado eléctrico.

*Yacimientos.*—*El papel metalogénico del tungsteno es similar al del estaño, con el cual se presenta generalmente asociado (en forma de "casiterita"), junto con otros sulfuros, aunque en menor proporción, como son la "bismutina" ( $Bi_2S_3$ ), la "molibdenita" ( $MoS_2$ ), el "mispiquel" ( $AsSFe$ ) y "estibina" ( $Sb_2S_3$ ).*

*Se presenta generalmente este metal en filones de origen hidrotermal, rellenando grietas de rocas ácidas (granitos, granulitas, gneis y pizarras silíceas), siendo en el tipo de roca más ácido, o sea la granulita, donde el wolfram se presenta en mayor proporción, sobre todo si el filón de cuarzo donde se encuentra presenta vestigios de haber sido atacado fuertemente por solfataras ácidas, que suelen dejarlo completamente corroído y de aspecto cavernoso.*

Los principales yacimientos de este mineral son los de China (Tonkin y Pia-Ouac) y Birmania (Tenasserin y Mergui), cuyas características son las mismas que acaban de ser enunciadas, yendo después otros de menor importancia como son los de los Estados Unidos (Montana, Colorado, Nevada, California y Arizona), Portugal (Villa-Real, Castello-Branco, Cabeço de Piao, Braga, Villa-Nova de Velha, Guarda y otras), todos ellos en íntima relación con los que hoy se explotan en el NO. y O. de España, junto a la frontera portuguesa, y otros de análogas características situados en el interior de nuestra Península.

### Molibdeno

*Producción.*—La producción mundial de molibdeno (metal) pasa hoy día de unas 2.000 toneladas, correspondiendo un 80 por 100, aproximadamente, de esta producción a los Estados Unidos, y el resto, al Canadá, Perú, Transvaal, Japón y otras naciones de Europa, como son Suecia y Noruega, Inglaterra y Yugoslavia.

*Minerales.*—El mineral que se explota generalmente es la molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ), explotándose a veces también la "wulfenita" ( $\text{MoO}_4\text{Pb}$ ), que se encuentra muy raras veces en la Naturaleza.

*Yacimientos.*—Los yacimientos en que se presentan los minerales corresponden a dos tipos de formación, aunque los dos de origen filoniano hidrotermal.

a) *Al primer tipo corresponden todos aquellos en los cuales se explota la molibdenita*, que suele venir casi siempre asociada al wolfram, a la casiterita y a los otros minerales que se encuentran en esta clase de filones, que encajan en rocas fuertemente ácidas (granulitas, pegmatitas y granitos), aunque a veces pueden presentarse en otras rocas menos ácidas, como son las sienitas circonianas (asociadas con el circón), siendo los principales yacimientos los de Australia (Queensland y New South Wales), California (Comté de Riverside), Francia (Glacier de la Meije y Col du Gèant), Austria (Zinnwald y Sohlangenwald) y en Inglaterra (Cornwall), que se presentan todos ellos en filones de cuarzo, cuyas características son muy parecidas a las de los filones que se encuentran en España (Galicia, Asturias, Extremadura y otras regiones).

b) *Al segundo tipo corresponden todos aquellos yacimientos en los que el molibdeno se presenta en forma de wulfenita*, asociado al plomo (galena), con la cual debe presentarse

en forma de hojas delgadas de molibdenita en profundidad, siendo muy posible haya pasado inadvertido en muchos casos, dada la semejanza que tienen estos minerales entre sí, y tal vez la escasez con que se encuentra, diseminada en estos filones, mientras que en la superficie, o sea en la zona de oxidación, cambia completamente de aspecto al transformarse en wulfenita, puesto que toma color amarillo, siendo natural aumente también su concentración, debido a los fenómenos de cementación que se producen en la superficie.

Los principales yacimientos de este tipo son los de Arizona (Condado de Pinal y Castle Dome), en Nevada, en Méjico, en Alemania (Bleigber, Windich-Kappel y Schwarzenbach), en Hungría (Rezbanya) y Escocia (Leadhills), en los que el mineral se encuentra siempre en los afloramientos de ciertos filones de plomo, de análogas características que los que se encuentran en el S. de España (Granada y Almería).

### Níquel

*Producción.*—La producción mundial de níquel (metal), pasa hoy día de las 65.000 toneladas, obtenidas de diferentes tipos de minerales (del 1,50 por 100 al 7 por 100 de níquel), de las cuales, más del 90 por 100 de producción corresponden al Canadá (que ha dado algunos años más de 2.000.000 de toneladas de minerales del 1,50 por 100 al 3 por 100 de níquel), y el resto a Nueva Caledonia (que produce unas 200.000 toneladas de minerales del 3,50 al 7 por 100 de níquel), a la India, a Estados Unidos, Noruega, Alemania, Francia y Grecia, aunque estas seis últimas naciones con mucha menos producción.

*Minerales.*—Los minerales que se explotaban hasta el año 1854 para la obtención del níquel eran: la "millerita" ( $\text{NiS}$ ), la "níquelina" ( $\text{NiAs}$ ), la "cloantita" ( $\text{NiAs}_2$ ) y la "gerdosfita" o "disomosa" ( $\text{NiAsS}$ ), cuya producción es muy baja, pues



son minerales de rocas profundas que se encuentran muy raras veces en superficie en la Naturaleza, y muy diseminados en la roca que les sirve de caja.

Posteriormente, hacia el año 1854, se comenzaron a explotar las "pirrorinas níquelíferas" o "pirritas magnéticas" (FeS) del Canadá, que tienen del 0,50 por 100 al 4 por 100 de níquel, con cuya producción aumentó de un modo rápido el consumo de níquel.

Y por último, en el año 1875 se incrementó aún más esta producción con las "garnieritas" (silicato de níquel y magnesia), cuya proporción en níquel puede variar del 1,50 por 100 al 7 por 100, según su concentración.

*Yacimientos.—El papel metalogénico del níquel es de afinidad con el hierro, con el cual se presenta muchas veces unido, presentándose éste en forma de cromita (hierro cromado), y el níquel al estado de sulfuros y arseniuros; y otras, en forma de sulfuro de hierro o "pirrotina". Teniendo asimismo mucha afinidad con el cobalto, con el cual suele ir también unido al estado de sulfuro o arseniosulfuro. Pudiendo ser considerado el níquel, tanto en uno como en otro caso, como un metal de profundidad que se presenta, generalmente, en forma de inclusiones o segregaciones magmáticas, en rocas ultrabásicas de tipo eruptivo (peridotitas, noritas y gabros).*

Así, pues, este metal puede encontrarse en cuatro tipos diferentes de yacimientos:

a) *Yacimientos de inclusiones en las peridotitas, que toman una gran importancia cuando, por fenómenos de alteración de la roca de caja, se producen segregaciones y concentraciones de origen secundario, como sucede en los importantes yacimientos de Nueva Caledonia, en los que las peridotitas de ensteatitas (que ocupan más de un tercio de la isla), se han serpentizado fuertemente, dando lugar a bolsadas o concentraciones de níquel (principalmente al estado de*

"garnierita") en asociación con el cobre, cobalto, manganeso y cromo. Observándose mayores concentraciones en aquellos puntos donde han sido rellenadas las depresiones del terreno con arcillas rojas ferruginosas, producto de laterización de la roca de caja, por debajo de las cuales se suelen encontrar importantes bolsadas de minerales de este tipo, siendo muy probable que estas formaciones sean de origen secundario, ya que las garnieritas no son más que una arcilla más o menos impregnada de silicatos de níquel, que se presenta, generalmente, rellenando las grietas y fisuras de dicha roca de caja, acuniándose, generalmente, antes de llegar a los 80 ó 100 metros, en cuya profundidad solamente se encuentran arseniuros y sulfuros de níquel, diseminados en la serpentina, los cuales se presentan en forma de nódulos o concentraciones más o menos importantes, dentro de esta misma formación.

Corresponden a este tipo de yacimientos, los de Rusia (los Urales), Nueva Zelanda y California, y los que tenemos en España, en las provincias de Málaga (serranía de Ronda) y La Coruña (Cabo Ortegal).

b) *Yacimientos de segregaciones periféricas de pirrotinas níquelíferas en los gabros.* Los yacimientos más importantes de este tipo son los del Canadá (Suoburry), que son de origen profundo, en los que el mineral se ha debido concentrar, sin duda alguna, por secreciones periféricas, procedentes de las noritas (gabros de hiperestena), que en forma de batolitos se presentan rellenando una gran cubeta (50 por 24 km.), cuyo fondo está formado por pizarras, grauvacas, cuarcitas y gneis, estando recubiertas en su parte superior por tobas y pizarras muy metamorizadas. Correspondiendo también a este tipo de formación otros yacimientos de Noruega, Italia (Piamonte) y España (Zaragoza).

c) *Yacimientos de impregnaciones difusas, o filones capas,* en los que el mineral se presenta en forma de pirrotinas ní-

quelíferas, en asociación con la pirita cuprífera y piritas de hierro, en contacto con terrenos metamórficos (pizarras, gabbros y gneis), a veces en forma de lentejones interestratificados, siendo la ley de estos minerales solamente del 1,50 por 100 de níquel y 0,50 por 100 de cobre. Los principales yacimientos son los de Suecia (Smaland), los de Stiria (Schladming) y Alemania (Mandfiel).

d) *Y por último, los yacimientos de filones propiamente dichos*, en los que el níquel se presenta siempre asociado con el cobalto, acusándose su presencia por el color verde de la anabergita (arseniato hidratado de níquel), y el color rosa de la eritrina (arseniato hidratado de cobalto), asociado al cuarzo, a la calcita o a la siderosa. Siendo los yacimientos más importantes de este tipo, los de Checoslovaquia (Dobsina), Francia (Chalanches), Alemania (Scheeberg) y España (Gistain y Cármenes).

### Cromo

*Producción.*—La producción actual de minerales de cromo viene a ser de unas 450.000 toneladas de cromita (del 45 por 100 al 52 por 100 de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), de las cuales, unas 200.000 toneladas de producción corresponden a Rhodesia, que es el país productor más importante, figurando después Nueva Caledonia, la India inglesa, Cuba, Rusia, Grecia y Japón. Siendo destinada solamente un 33 por 100 de esta producción a la fabricación de aceros especiales y el resto a revestido de hornos metalúrgicos y productos químicos.

*Minerales.*—El mineral que se explota generalmente es la "cromita" o "hierro cromado" ( $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{FeO}$ ), habiéndose explotado también algunas cantidades de "crocoisa" ( $\text{PbCrO}_4$ ), aunque éste es mineral de poco interés industrial, pues se presenta muy raras veces en la Naturaleza.

*Yacimientos.*—*El papel metalogénico del cromo es muy*

*similar al del hierro, al que va casi siempre unido, así como al níquel, cobalto y platino (en el grupo de rocas básicas), y al plomo, bismuto, cobre y oro (en el grupo de rocas ácidas).*

a) *Al primer grupo corresponden los yacimientos de cromita, que se encuentran en inclusiones y segregaciones en las peridotitas y serpentinas*, en cuyo tipo están comprendidos los ya descritos de Nueva Caledonia y en los que el cromo suele presentarse en forma de nódulos o concreciones de diferentes dimensiones diseminados en la roca, a veces formando pseudofilones y presentando, principalmente, concentraciones en los puntos donde las serpentinas han alcanzado su mayor descomposición, sobre todo si ha sido arrastrado mecánicamente por laterización de la roca de caja y concentrado en las hendiduras y grietas de dicha roca. No obstante lo cual, se encuentra generalmente este mineral muy diseminado, por lo que es difícil poderlo explotar a profundidades mayores de 40 a 50 metros.

A este tipo de yacimiento corresponden también los que se explotan en Rhodesia, El Canadá, la India inglesa, Rusia (los Urales), Grecia (Thessalia) y los de España (Málaga y La Coruña) anteriormente citados.

b) *Al segundo grupo corresponden los yacimientos de filones ácidos, en relación con las granulitas, en los que el mineral (crocoisa) ha debido ser depositado por fumarolas cloro-crómicas sobre sales de plomo, con el cual se ha depositado.* Siendo los principales yacimientos de este tipo, los de Rusia (Berezowsk), Suiza y el Transvaal.

### Silicio

*Producción.*—El consumo mundial de ferrosilíceo viene a ser de unas 60.000 toneladas por año, habiendo sido obtenido con el silicio producido por reducción del cuarzo en el horno

eléctrico, con carbón de madera, adicionándole  $\text{CaO}$  y  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , separándolo después de sus impurezas con ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico, con lo que se obtiene un producto del 90 al 91 por 100 de Si, 6 a 7 por 100 de Fe, 0,08 por 100 de Mn, 2 por 100 de Al, 0,02 de Ph y 0,2 por 100 de carbono, que es el producto que se emplea para la fabricación de sus ferroaleaciones.

*Minerales.*—El silicio se encuentra con gran profusión en la Naturaleza, al estado de sílice más o menos pura (cuarzo, arenas cuarzosas, sílex, calcedonias, jaspes, ónix, pedernal, ópalo y cristales de roca), aun cuando el único elemento que se emplea para la fabricación de los ferrosilíceos es el cuarzo, por ser el mineral más puro.

*Yacimientos.*—*El papel metalogénico del silicio es análogo al del estaño, con el cual se encuentra casi siempre asociado, formando parte de los filones de origen hidrotermal, como producto de relleno de las grietas y hendiduras de las rocas hipogénicas y fallas producidas en los terrenos más modernos, como consecuencia de los levantamientos orogénicos.*

Sus yacimientos son, por tanto, tan numerosos, que sería superfluo entrar en detalles de su descripción.

### Vanadio

*Producción.*—La producción de minerales de vanadio viene a ser de unas 6.000 toneladas al año, dada la pequeña proporción en que entra a formar parte de los aceros el vanadio y las pocas aplicaciones que éste tiene, fuera de dicha industria.

Los principales países productores son: Rhodesia, Perú y los Estados Unidos.

*Minerales.*—El vanadio se encuentra muy diseminado en la Naturaleza, aunque en pequeñas cantidades, siendo los mi-

nerales que hoy se explotan para su beneficio y la obtención de las ferroaleaciones la "roscoelita" (silicato de aluminio y vanadio), que da el 28 por 100 de ácido vanádico; la "vanadita"  $(\text{PbO} \cdot 3\text{Pb}_2\text{VO}_4)_2$  o clorovanadato de plomo, con el 17 por 100 de ácido vanádico; la "descloizita"  $(\text{PbO} \cdot \text{ZnO}_4)$   $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , con el 22 por 100 de ácido vanádico; la "motramita"  $(\text{PbCu})_3(\text{VO}_4)_2$  y la "patronita"  $(\text{VaS}_3)$ , que contiene cerca del 40 por 100 de sulfuro de vanadio, que es el mineral más apreciado hoy día en el mercado.

*Yacimientos.*—Por lo mismo que es un elemento muy diseminado en la Naturaleza, y que una vez oxidado es fácilmente disuelto por las aguas meteóricas (0,5 gramos de  $\text{VaO}_4$  por litro de agua), se producen fácilmente ciertas concentraciones, que han dado lugar a los siguientes tipos de yacimientos:

a) *En secreciones vanadíferas en las rocas básicas*, como sucede en ciertas magnetitas y hierros cromados de este tipo de criaderos.

b) *En filones sulfurados de vanadio*, como sucede en el Perú (Minasraga), donde el mineral patronita se presenta en venas, que cortan en sentido transversal a las pizarras que las sirven de caja, en relación con diversas rocas eruptivas terciarias (traquitas, andesitas, microgranitos y diabasas), que se encuentran próximas a estas formaciones.

c) *En afloramientos vanadíferos, de filones metálicos*, como sucede en algunas minas de plomo, cobre y bismuto, en las que se presentan ciertas concentraciones de vanadatos de plomo, sumamente interesantes, pero que desaparecen rápidamente a profundidad. Como sucede en los yacimientos de Arizona (Castle Dome), Méjico (Monte Caballos y Magdalena), Argentina (Cruz del Eje, de la provincia de Córdoba, y en la provincia de San Luis), Chile (Talcuna), Rusia (Los Urales) y España (Badajoz).

d) *Yacimientos sedimentarios, en los que el vanadio va asociado a las areniscas y a las micas con uranio (carnotitas), como sucede en El Colorado (Placerville) y en ciertas bauxitas, como en Francia (Saone-et-Loire), o con el cobre y el cobalto, como en Rusia (Los Urales) y otras veces en ciertas hullas y alfaltos vanadíferos, como los del Perú (Yauli, Matucán, Casalapca, Hauri y Huacanyo), en los Estados Unidos (Arkansas, Nevada y Oklahoma) y Argentina (San Rafael, provincia de Mendoza), en los que se aprovechan las cenizas residuales como un buen mineral de vanadio, que contiene a veces desde el 5 al 38 por 100 de este metal.*

#### **Titano**

*Producción.*—La producción mundial del titano metálico viene a ser de unas 16.000 toneladas por año. Siendo los principales países productores, la India, el Senegal, Noruega, Brasil, Estados Unidos, Canadá, Portugal y España; estos cuatro últimos con bastante menos producción que los primeros.

*Minerales.*—El mineral de titano más rico es el "rutilo" ( $\text{TiO}_2$ ), que se encuentra muy raras veces en la Naturaleza, y la "ilmenita" o "hierro titanado" ( $\text{TiFe}_2\text{O}_3$ ), que contiene, generalmente, del 50 al 52 por 100 de  $\text{TiO}_2$ .

*Yacimientos.*—El titano se presenta unas veces asociado con el hierro en forma de ilmenita, como producto de secreción de rocas básicas (gabros) y otras asociado al estaño (casi-terita) y circón, al estado de rutilo, en rocas ácidas (granulitas, pagmatitas y granito).

a) Al primer tipo corresponden los yacimientos de Escandinavia, Finlandia, Canadá, Estados Unidos y Brasil.

b) Al segundo tipo corresponden los yacimientos de Noruega (Fonge), Estados Unidos (Condado de Nelson y Morbiham), Francia (Bajos Pirineos y Loire) y España (Gualajara y Madrid).

c) También se explota el titano por lavado de algunas arenas de playa y aluviones auríferos, en los que se encuentran a veces grandes concentraciones, por arrastres mecánicos procedentes de detritus de rocas básicas, como sucede en España (Galicia y Canarias) y en las playas del Golfo de Guinea y del Senegal.

#### **Glucinio**

*Producción y minerales.*—La producción mundial del glucinio es muy limitada, dado su escaso consumo, encontrándose generalmente al estado de "berilo" o "esmeralda" ( $6\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{GIO}$ ), o sea al estado de silicato de alúmina con glucinio (del 7 al 11 por 100 de glucinio).

*Yacimientos.*—El glucinio se presenta a veces en cristales más o menos gruesos, del sistema exagonal, incoloros o amarillos (berilos), intercalados en rocas pizarreñas del estrato cristalino y a veces en calizas cristalinas, sumamente metamorfozadas.

Los principales yacimientos de berilo son los de Francia (Limoges) y Madagascar, encontrándose también en España en Galicia y Andalucía.

#### **Circonio**

*Producción de minerales.*—La producción de circonio es también muy reducida, dado su escaso consumo, encontrándose generalmente al estado de silicato, conocido con el nombre de "circón" ( $\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ ), y muy raras veces al estado de óxido, conocido con el nombre de "circonia".

*Yacimientos.*—El circón se presenta generalmente en inclusiones en gran número de rocas, como son el granito, la sienita y pizarras cristalinas. Siendo sus yacimientos más importantes los de las sienitas nefeliníticas, conocidas con el nombre de

“circonias”, de Noruega, Suecia, Groenlandia, Montes Ilmen, del Colorado y de La Carolina, en los cuales el circón se encuentra asociado al berilo, corindón, la turmalina, el topacio y el hierro titanado.

*Ciertos filones de sienita micácea constituyen verdaderas minas de circón, a veces mezclado con monacita, samrskita y columbita.* Siendo explotado este mineral en La Carolina del Norte en aluviones que suministran bastante monacita (cerca de Green River, Henderson County), encontrándose también este mineral en varios aluviones que se explotan en el Brasil y Ceilán, así como en España, en ciertas playas de Galicia (Balarés), asociado con la ilmenita, y en los aluviones auríferos del río Alagón (Cáceres), donde también se presenta la ilmenita, así como en otros aluviones auríferos de La Coruña (Corcoesto), donde va asociado a otros silicatos de tierras raras.

#### IV. Yacimientos españoles

Una vez conocidos los rasgos característicos de los diferentes tipos de yacimientos de estos metales, vamos a citar los que tenemos en España, que puedan dar lugar a explotaciones de tipo industrial.

##### Manganeso

El manganeso se encuentra en España con bastante profusión, unas veces en forma de silicatos y carbonatos de manganeso, de baja ley (del 28 al 35 por 100 de Mn), muy silíceos, y otras veces al estado de óxidos, que son los minerales más ricos (con el 50 al 60 por 100 de Mn).

Al primer tipo corresponden todos los minerales que se explotan en las provincias de Huelva y Sevilla, *en unas corridas de “jaspes manganesíferos”* en las que el manganeso se presenta al estado de “rodonita” y “dialogita” en forma de len-

tejones o masas columnares, rellenando los huecos y caries que se debieron producir en dichos “jaspes manganesíferos” al ser atacados por las solfataras y aguas hidrotermales de la época de formación de este yacimiento, que sirvieron de vehículo para llevar a las partes altas de la corteza terrestre esta clase de minerales.

Esta formación de “jaspes manganesíferos”, que ocupa grandes extensiones de terreno (a veces con corridas de más de 3.500 metros), se presenta surcando las pizarras del siluriano, en íntima relación con grandes afloramientos de rocas eruptivas (pórfitos y diabasas), que coronan por ambos lados estas formaciones, de las que parten a veces en forma de apófisis o secreciones laterales, como producto de escoriación de estas masas eruptivas, cuyas formaciones tienen sin duda alguna un gran valor industrial, sobre todo si se tiene en cuenta las zonas altas de los minerales ricos o peróxidos de manganeso, que se presentan por encima del nivel hidrostático, las que han dado un gran tonelaje de pirolusitas y acerdasas, no obstante estar ya esta zona desgraciadamente bastante agotada, debido a la codicia de sus explotadores, que sólo han procurado arrancar la parte más rica de estos filones.

Las principales corridas de “jaspes manganesíferos” de la provincia de Huelva son las de Zalamea la Real (minas Guadianas, El Castillo, Santa Agueda, Postorera y otras), las de Almonaster la Real (minas Soloviejo, La Joya y otras) y las de Calañas (minas La Calañesa, Rocío, La Familia y otras), las cuales, explotadas convenientemente, pueden dar de 25.000 a 30.000 toneladas al año de minerales del 29 al 35 por 100 de manganeso y un 17 al 25 por 100 de sílice, o sea silicatos y carbonatos, puesto que la mayoría de las explotaciones están ya por debajo del nivel hidrostático.

Esta producción podría sostenerse durante varios años, dada la importancia que tienen estas formaciones, que han

sido hasta ahora muy poco reconocidas, por lo que puede asegurarse existe aún por explotar un importante tonelaje de mineral que, aunque pobre y excesivamente silíceo, puede ser una excelente reserva para el desarrollo de nuestra siderurgia e industrias de aceros especiales, sobre todo si se tiene en cuenta que podrían rebajarse bastante la sílice de estos minerales sometiéndolos a un lavado y concentración previa, lo que no se ha hecho hasta la fecha, y mezclarlos convenientemente con otros minerales más ricos y menos silíceos que, según veremos, pueden obtenerse también en España.

En la provincia de Sevilla se observan también algunos afloramientos de "jaspes manganésíferos", en el término de Castillo de los Guardas, pero de mucha menor importancia que los anteriormente descritos.

En la provincia de Teruel, en los términos de Camañas, Crivillen y Gargallo, y en la de Lugo (Santaballa y Villalba) hay unos *yacimientos de tipo estratiforme*, en los que los minerales de manganeso (del 48 al 60 por 100 de Mn) se presentan en forma de "pirolusita", "acerdasa" y "silomelana", de aspecto terroso, y a veces "pisolítico", en *lechos de arcilla negra manganésífera* de 0,80 a dos metros de espesor, formando bolsadas o lentejones de bastante extensión, interestratificados (en estratificación concordante) entre las calizas Urgoaptenses, que hacen de yacente o muro del criadero, y unos bancos de pudingas de elementos calizos (probablemente del Eoceno) que hacen de techo, las cuales van recubiertas a su vez por bancos de areniscas y calizas del Eoceno, presentándose a veces estos bancos con grietas o cuevas rellenas con dichas arcillas manganésíferas.

Las principales minas de estos grupos son: en el término de Camañas, "La Marte", de 281 hectáreas; en el término de Crivillen, la "Vigilante", "Africana", "Bienvenida" y otras, con un total de 197 hectáreas; en el término de Gargallo, las

minas "Bólido" y "Ampliación a Bólido", con un total de 40 hectáreas; en el término de Los Olmos, "La Mejor", de 100 hectáreas; en el término de Valacloche, la "Tres Amigos" y "Ampliación a Tres Amigos", con un total de 60 hectáreas, y en el término de Armillas, la mina "San Eduardo", de 300 hectáreas; ocupando todas éstas en total una extensión de 1.025 hectáreas, de las cuales la mayoría de ellas están aún por reconocer.

No obstante esto, podría darse con muy poco costo, antes de un año, una producción media de 6.500 a 7.000 toneladas de minerales ricos (del 48 al 50 por 100 de manganeso) con muy poca sílice, que podrían mejorar notablemente la calidad de los minerales de Huelva, convenientemente mezclados con ellos.

También existen otras minas de manganeso de menor valor industrial en las provincias de Zaragoza (término de Alarba), Burgos y Huesca (término de Estopiñán), en las que el mineral se presenta en *filones capas* de dos a cuatro metros de potencia, interestratificados en terrenos terciarios, que han dado minerales del 40 al 50 por 100 de manganeso en su parte alta, aunque a medida que se profundiza los minerales resultan más pobres (del 28 al 35 por 100 de Mn) y más silíceos, por entrar rápidamente en la zona de los carbonatos y silicatos de manganeso de esta formación.

Otras minas que también han dado durante varios años una buena producción de manganeso, con minerales bastante ricos, son las de la provincia de Oviedo, de los términos de Covadonga (Concejo de Cangas de Onís) y Sierra de Dobros (Concejo de Cabrales), en las que el mineral explotado se presente en *forma de filones capas* bastante irregulares, al pie de la "caliza de montaña" (carbonífero inferior) y al contacto del "mármol griota" (devoniano superior), interestratificado en éste por "metasomatosis" producida por avenidas de aguas

hidrotermales, cargadas de sales ferromanganesíferas que han depositado estos minerales por disolución de las partes blandas de la roca y relleno inmediato de los huecos producidos, en los que unas veces dominan los elementos ferruginosos (hematites del 65 por 100 de Fe), otras los elementos ferromanganesíferos (hierros manganesíferos del 8 por 100 de Mn), y otras, en fin, los elementos manganesíferos (peróxidos de manganeso con el 54 por 100 de Mn). Siendo todos estos minerales de tipo ferruginoso, pero casi exentos de sílice, por lo que son minerales muy apreciados en el mercado. Por tanto, es una lástima que estos criaderos se encuentren hoy día parados por estar casi agotados, aun cuando en realidad puede decirse que están muy poco reconocidos y aun podría darse el caso de que se descubriesen nuevas bolsadas de mineral, si se hiciera un reconocimiento metódico de los mismos, lo que sería de gran interés.

De este mismo tipo son otros yacimientos de menor importancia de la provincia de León (La Uña), cerca de Asturias, en los que los minerales que allí se encuentran son de poca ley, por cuyo motivo no se han explotado.

Y, por último, en la provincia de Ciudad Real (Daimiel y Bolaños), existen unos yacimientos manganesíferos muy parecidos a los del Cáucaso, en los que el mineral se presenta interestratificado entre dos capas de arcillas miocenas, casi horizontales, formando un lecho de arcillas negras de uno a dos metros de potencia, con minerales del 40 al 50 por 100 de manganeso y el 1 al 15 por 100 de sílice, los cuales fueron ya explotados en épocas anteriores, pero que, al parecer, están todavía por reconocer, en casi toda su extensión.

### Tungsteno

El tungsteno se encuentra muy poco diseminado en la Naturaleza, por lo que sus minerales son escasos en el mercado, no obstante lo cual en España se encuentra en varios yacimientos, en los que el mineral que se explota generalmente es el "wolfram", aunque algunas veces suele presentarse también la "schelita" en las partes altas de estos criaderos.

Los principales yacimientos de wolfram se encuentran en las sierras hercinianas que forman el "gran escudo español", enclavado al Noroeste y Oeste de nuestra Península, formado en su mayor parte por rocas hipogénicas antiguas (granitos, granulitas y pegmatites) y rocas sedimentarias del estrato-cristalino, cambriano y siluriano, fuertemente plegadas y resquebrajadas por las presiones sufridas por los levantamientos de la época caledoniana. Correspondiendo a esta gran corrida los siguientes yacimientos, que citaremos a continuación por su orden correlativo, de Norte a Sur:

En la provincia de La Coruña, los filones más interesantes se encuentran en Lousame (minas de San Finx), cuyo grupo viene a dar unas 75 a 100 toneladas al año de wolfram del 65 por 100 de ácido túngstico, y en los términos de Arosa (grupo minero del Boiro), Noya (mina de Santa Cristina) y Buño.

En la provincia de Pontevedra, el grupo más importante es el de Silleda y Carbia, cuyas minas vienen a dar unas 300 toneladas al año de mineral, con el 68 por 100 de ácido túngstico, existiendo también minas de wolfram, aunque de menor importancia, en Lalín, Forcarey, Cerdero, Noya, Gu-diña, Ribadavia, Rubiana y Arosa de Boiro.

En la provincia de Orense, los principales filones se encuentran en Villardevos (grupo de Villardeciervos), que ha dado alguna producción de schelita (de seis a diez toneladas en

un año), y en la que los filones presentan muy buen aspecto, siendo los otros grupos donde se produce wolfram (unas veces en aluvión y otras en filón) en Irijo, Beariz, Avión, Arnoya, Castello, Castrelo de Miño y Gomesande.

En la provincia de Salamanca, los principales yacimientos son los de Barruecopardo, que hasta ahora sólo han sido explotados por "aventureros" (paisanos del terreno dedicados a la rebusca del wolfram en labores superficiales o en aluviones), pero que hoy día se están poniendo ya en explotación seria, yendo después, en orden correlativo de importancia, los de El Payo, Navasfrías, Villar de Puerco y San Pedro de Rezados.

En la provincia de Cáceres también abundan los filones de wolfram, principalmente en Acebo, Torrecilla de los Angeles, Hernán Pérez, Gata, Montehermoso y Perales del Puerto, cuyos yacimientos puede decirse están todavía por reconocer.

En la provincia de Badajoz se han explotado también minas de wolfram en el Valle de la Serena (cerca de Villanueva de la Serena), en donde se han reconocido cuatro filones de cuarzo, bastante metalizados.

Y, por último, fuera ya de esta corrida, vamos a mencionar otras minas encontradas en las provincias de Madrid (Hoyo de Manzanares y Colmenar Viejo), Córdoba (Montoro), y Jaén (Baeza), cuyos resultados prácticos son desconocidos todavía, por estar en período de reconocimiento todos ellos.

En todos estos yacimientos el mineral se presenta unas veces en filones de cuarzo de tipo hidrotermal, encajando en granito o en granulitas, y otras en forma de aluvión, como producto de concentración de derrubios de filones mineralizados; pero de todos ellos los más interesantes son los de filones de cuarzo que arman en granulitas de micas rosa y color lila, como son las de Barruecopardo, en donde los filones presentan muy buen aspecto.

### Molibdeno

También el molibdeno se encuentra muy escaso en la Naturaleza; no obstante lo cual, nosotros tenemos algunos yacimientos en España que pueden dar alguna producción.

Estos son, de una parte, casi todos los de wolfram antes mencionados, en los que la "molibdenita" se presenta asociada con este metal, en mayor o menor proporción, siendo en algunos casos de interés industrial su explotación.

Y de otra parte, y estos son, sin duda alguna, tal vez los más interesantes para nosotros, todos aquellos en los que el molibdeno se presenta en forma de "wulfenita", existiendo una gran corrida de filones de contacto y filones capas, en las provincias de Granada y Almería.

Estos filones, cuya mineralización principal es la galena, con la cual va el molibdato de plomo asociado, principalmente en los afloramientos y partes altas de los filones (por encima del nivel hidrostático), suelen presentarse en tres formaciones distintas u horizontes geológicos, a saber:

El primero, que es el más importante, corresponde a las calizas negras y grises de Trías, que coronan casi todas las sierras triásicas de dicha región meridional de España, presentándose la wulfenita repartida en bolsadas de más o menos importancia dentro de este banco calizo (que se presenta sumamente plegado), presentándose estas bolsadas en forma muy irregular.

El segundo corresponde a unos lechos de caliza blanca algo arenosa (amarillenta en la superficie), de formación tubular, en los que la wulfenita se presenta en forma de filones capas de 25 a 60 centímetros de espesor, formados por arena amarillenta, en la que el mineral es imposible verlo hasta después de haber lavado esta arena.

Y el tercero corresponde a unos bancos calizos, marmóreos,



probablemente del estrato-cristalino, sumamente fisurados, en los que el mineral se presenta rellenando estas fisuras, mezclado con arenas calcáreas.

Los principales yacimientos de este tipo son los de Vélez de Benaudalla, Quintanar y Cherches, de la provincia de Granada, existiendo además otros en esta provincia, como son los de Albuñuelas, que tienen una formación muy extensa, y los de Güejar Sierra.

También son de algún interés los de Rambla del Pino y Rivera de Oria, de la provincia de Almería, aunque de menor extensión que los anteriores.

Y, por último, citaremos como casos curiosos unos filones de cuarzo con molibdenita que se explotan en vía de ensayo en el pueblo de Selva, cerca de Tapia de Casariego, de la provincia de Oviedo, y otros que se encuentran en Hoyo de Manzanares, en la provincia de Madrid, también en filones de cuarzo que arman en granito, en los que el mineral que se encuentra es el *molibdato de plata*, mineral muy poco conocido, aunque en proporciones tan pequeñas que apenas si paga los gastos de su explotación.

### Níquel

Otro de los metales que abunda poco en la Naturaleza es el níquel; no obstante lo cual, nosotros tenemos en España varios tipos de yacimientos en los que puede ser explotado este metal.

Corresponden los más importantes a la provincia de Málaga (Serranía de Ronda), en los que se encuentra el mineral "garnirita", de 1,50 al 3,50 por 100 de níquel en la superficie, y en ciertas zonas la "níquelina" y "cloantita", del 8 al 16 por 100 de níquel, en niveles más bajos (principalmente en Carratraca y Alora), cuyos minerales se presentan como producto

de segregación de las peridotitas, al transformarse éstas en serpentinas, por hidratación. Presentándose generalmente este mineral asociado a la "cromita", con la cual forma verdaderas concreciones o bolsadas de difícil localización, por ir dichas secreciones sumamente diseminadas.

A este mismo tipo de formaciones corresponden otras minas de esta misma provincia, situadas en Ojén, y las del Cabo Ortegal, de La Coruña, cuya importancia se desconoce aún, por estar éstas todavía por reconocer.

Hay otros yacimientos de níquel en España, que corresponden más bien al tipo de formación filoniana, como son los de Huesca (minas de Gistain y Gallinero), los de la provincia de Oviedo (El Aramo y Cabrales) y los de la provincia de León (minas La Profunda y La Providencia), del término de Cármenes, en los que el mineral, en forma de sulfuro y sulfoarseniuro de níquel, se presenta asociado con el cobalto, en formaciones columnares de sustitución de la caliza (carbonífera o devoniana), en la que, debido a las inyecciones termales y ataque corrosivo de las solfataras, que han depositado estos minerales, se observa siempre, que ha sufrido una fuerte dolomitización, favoreciendo esto, sin duda alguna, la formación de estos criaderos.

También hay un yacimiento en la provincia de Zaragoza (Tarazona), en el que el níquel se presenta asociado a la "pirrotina", en secreciones periféricas de la roca básica eruptiva (noritas y gabros), que le sirve de base, cuya importancia se desconoce todavía por estar también por reconocer.

### Cromo

Los yacimientos de cromo más importantes de España, corresponden, sin duda alguna, a la provincia de Málaga (serranía de Ronda), donde, no obstante la escasez con que

se encuentran estos minerales en la Naturaleza, se han reconocido *varios lentejones de cromita* (del 28 al 43 por 100 de ácido crómico), en asociación con las garnieritas, *también como producto de secreción*, de las peridotitas serpentizadas que en forma de batolitos aparecen en varios puntos de esta cordillera (Sierra de Aguas y Sierra Bermeja).

Asimismo en La Coruña (Cabo Ortegal) es muy posible se presenten también algunas bolsadas de cromita, ya que la composición de las rocas (peridotitas y serpentinas) que forman este gran macizo es análoga a la descrita anteriormente.

### Silicio

Por ser tan abundante en la Naturaleza este elemento, y dada la facilidad con que pueden encontrarse minerales de cuarzo lo suficientemente puros para que puedan ser empleados en la fabricación de los ferrosilicios, no haremos aquí mención de estos yacimientos, citando tan sólo algunos de los que se extraen arenas del 98 por 100 al 99 por 100 de  $\text{SiO}_2$  para la industria del vidrio, como son:

En la provincia de Palencia, los de Arija; en la de Burgos, los de Haro; en La Coruña, los de Lage, y otros varios de diferentes provincias de España, entre las que figuran también la provincia de Oviedo, que tiene arenas cuarcíferas muy puras en varios puntos.

### Vanadio

Los únicos yacimientos de vanadio que se conocen hoy día en España son los de la provincia de Badajoz, de los cuales el más importante es el de Santas Martas, en el que este metal se presenta al estado de vanadato de plomo (con el 4 al 11 por 100 de  $\text{VaO}_4$ ) en los afloramientos de unos filones

de galena, de los que solamente en el año 1910 se extrajeron 230 toneladas.

También en los términos de Azuaga, Alburquerque, Carlitos, Cheles y Alconchel, de esta misma provincia, se han reconocido algunas minas que tienen vanadio en sus afloramientos; pero se desconoce el interés que puedan tener por no haberse hecho en ellas un reconocimiento serio.

### Titano

Los únicos yacimientos de titano que se han explotado hasta la fecha en España son los de Balarés, en la provincia de La Coruña, y el de Sande, de Canarias.

En ambos se extrae el titano, al estado de "ilmenita", de las arenas de la playa, donde se observa hay fuertes concentraciones de este mineral, que se beneficia con una ley del 50 al 53 por 100 de  $\text{TiO}_2$ .

También se han hecho varios reconocimientos en otras playas de la provincia de La Coruña, con excelentes resultados, entre las que se puede citar la de Cariño (frente a Santa Marta de Ortigueira), que ha dado bastante buena proporción de ilmenita.

Asimismo se ha reconocido la presencia de este mineral en lavado de las arenas auríferas del río Alagón, de la provincia de Cáceres, en proporciones perfectamente beneficiables, sobre todo si se extraen éstas como subproducto del lavado de las arenas, para extraer de ellas el oro.

### Glucinio

El mineral de glucinio se encuentra en España con alguna profusión (en Galicia, en más de 50 puntos diferentes), el cual se presenta generalmente en forma de "berilo". Siendo el

único sitio donde se beneficia actualmente en Ornachuelos y Fuenteovejuna, de la provincia de Córdoba, *encontrándose generalmente este mineral en forma de gruesos cristales, en medio de pegmatitas, como elemento de secreción de dicha roca.*

### **Circonio**

Y por último, el circonio es el elemento que menos abunda en la Naturaleza, no obstante lo cual, nosotros tenemos hoy día una pequeña producción de "circón", *el cual se extrae como subproducto del lavado de las arenas de ilmenita, de la playa de Balarés (La Coruña), al beneficiar este mineral, con el cual se presenta asociado, en forma de pequeños cristales, pero en notable proporción.*

También ha sido observado este mineral en el lavado de las arenas de ciertos aluviones auríferos, en La Coruña (Corcoesto), que tiene en estudio el Instituto Geológico y Minero de España, en las que aparece el "circón" asociado con otros silicatos de tierras raras, de indudable valor industrial.

\* \* \*

Con lo que damos por terminada esta Conferencia, no sin antes dar a ustedes las gracias por la atención que me han prestado y hacer resaltar la importancia que ha de tener para nuestra Nación llegar a poder cubrir las necesidades de nuestro consumo interior con la producción de estos metales, tan necesarios para nuestro desarrollo económico y defensa nacional, lo que, como puede verse, es perfectamente posible, dado el panorama geológico-minero que acabo de exponer.

