

I/15-4-7

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE
ESPAÑA



AÑO V. = NÚMERO 5.

MADRID
Gráficas Reunidas, S. A.
Hermosilla, 96
1935

AGUSTÍN MARÍN

HISTORIA DE UNA MOLÉCULA DE POTASA

Salí de estas aulas lleno de ilusiones, luché un poco con la vida, creí que estaba ya exento de trastornos sentimentales, y, sin embargo, siento ahora miedo y emoción. Lo primero por enfrentarme con vosotros. Comprendo, por lo tenaz de vuestros requerimientos, que me debéis adornar con cualidades que no poseo, y vais a sentirnos defraudados tan pronto como inicie el tema. Y siento emoción como la que nos produce a todos la vuelta al hogar después de larga ausencia.

Cariñosas solicitudes, insinuaciones claras me obligan a hablaros de la industria potásica, y me ha parecido que a vosotros, que estáis en vísperas del ejercicio de la profesión, era tal vez conveniente haceros un resumen de la misma para que, conociendo el árbol en conjunto, elijáis la rama que mejor cuadre a vuestras aptitudes. He aquí el fundamento del título de esta conferencia: «Historia de una molécula de potasa».

No vamos aquí a indicar las hipótesis sobre el origen de las sales potásicas y por qué existen éstas en las aguas del mar. Todos los principios de las cosas, como el porqué de la generación, se encuentran para el hombre en la región del misterio. Si las aguas del mar eran en un principio dulces y se hicieron saladas por la aportación de sales por las aguas de los ríos extraídas de las rocas de la primera película cortical (lo que parece un poco extraño, porque, en general, las aguas continentales disuelven carbonatos y no cloruros), o si las aguas de los primeros mares fueron salinas desde el momento que se depositaron, es problema que promueve aún la discusión de

los geólogos. Lo que nos interesa saber es que la potasa está repartida con profusión por todo el mundo mineral, vegetal y animal.

En el agua del mar, según Hicks, existen 510 billones de toneladas de potasio, y según Matignon, 440 billones. Según el primero, la cantidad al año de K_2O que transportan los ríos al mar es de unos 57 millones, y, según el segundo, de 70 a 80 millones. En la corteza terrestre se valúa, según Clarke y Vogt, en 2,25 por 100 la cantidad de potasa que entra en su formación. Según Hugo Erdmann, en 2,40, y según el propio Matignon, en 3 por 100. Se ha cubicado un total aproximado de 39.000 billones de K_2O . Es decir: que en el ciclo que la naturaleza tiene organizado de cambios de estado, forma y situación de la materia, si sabemos que de nuestra sustancia hay un buen contingente para que el hombre cubra sus necesidades; no se prevén apuros de abastecimiento para el futuro de la Humanidad, como ocurre con otras sustancias.

Mas la potasa que se encontraba en los mares del mundo, mucha ha seguido en ella, tal vez sin interrupción, pero una parte ínfima de ella ha dado lugar a los yacimientos potásicos que nos interesan en el día de hoy. El potasio ha sido siempre compañero del sodio y del magnesio, y se hallan en el agua del mar, de un modo aproximado, en la proporción de que para cada gramo de sales potásicas hay tres y medio de sales magnésicas y diez y seis de sales sódicas. Esa asociación de las tres sales en el mar no la abandonan en tierra. La asociación de las sales sódicas y potásicas no ha fallado ni una sola vez en los criaderos del mundo que hasta ahora conocemos.

¿Cómo pasó la potasa del mar a formar los yacimientos salinos que han permanecido ocultos a la vista del hombre y que sabemos se encuentran a profundidades de más de dos kilómetros y que en sitios es posible estén a mucho más? Fijémonos en la tectónica. El estudio de las conmociones del

Globo y la relación con su orografía es, a mi juicio, lo más importante para el estudio de los yacimientos minerales. Ciencia que en España no se ha desarrollado como debiera, tal vez por el temor a la inmensa dificultad de buscar las causas de que nuestro suelo nacional aparezca como formado por un inmenso mosaico y en donde parece que todos los fenómenos geológicos han convergido. No podemos negar que nuestros geólogos sienten una timidez, una vergüenza científica que no suele sentirse fuera y que en este caso se manifiesta por parecerles más bien juego de la imaginación que ciencia con fundamento esas lucubraciones en las que se mueven montañas y se crean mares con facilidad de dioses, por lo que continuamente cambian los fundamentos en que se apoyan las hipótesis. Pero hay que reconocer que los grandes arquitectos de la tectónica nos presentan de un modo sugestivo sus teorías, que no hay razón para no apropiárselas, por lo menos para que sirvan de apoyo para continuar la obra del progreso, cuando en definitiva ocurre lo propio con todas las demás bases en que se apoyan las otras ciencias, incluso aquellas que creíamos incommovibles, como las que los hombres designaban exactas, con orgullo de Rey de la Creación.

La tectónica será cada vez más necesaria al Ingeniero de Minas, y yo me atrevería a aconsejaros, alumnos de nuestra Escuela, que os dediquéis algunos de vosotros a esta clase de actividades que, aunque parece ciencia abstracta y teórica, de ella se extraerán un gran número de aplicaciones y es completamente indispensable en la investigación de los criaderos minerales.

En la historia de la Humanidad aparecen tres momentos de paroxismo en las conmociones que agitaron a la corteza terrestre de esa capa cortical de la que aquí mismo os ha hablado el maestro de sismología y en otras muchas cosas, Vicente Inglada. Son los llamados movimientos caledoniano, herciniano y

alpino. Claro es que, aparte de estos momentos excepcionales de la actividad de la corteza terrestre, ésta no ha estado nunca quieta, y la importancia de los movimientos intermedios tengo la opinión que ha sido mucho más grande de la que se cree. Stille en su escuela tectónica adopta una nomenclatura un poco complicada para expresión de todos estos diferentes movimientos.

Lo que es indudable es que esos tres movimientos paroxismales han sido los que más han influido para que la tierra tenga la forma que hoy tiene. Se trata, por consiguiente, de momentos en que la paleogeografía ha tenido sus momentos de variación más preminentes; donde más se ha cambiado la posición de tierras y mares.

Como consecuencia, entre otras muchas, de los exacerbamientos del dinamismo terrestre en esos períodos de la historia terrestre, ha sucedido el que muchos mares se retiraron de los sitios donde existían para invadir otros a causa de levantamientos y hundimientos, y que en algunas partes, al régimen marino ha sucedido un régimen lagunar. El depósito de las sales de estos lagos ha sido el origen de los yacimientos salinos. Esto ocurrió preferentemente después de la conmoción caledoniana en el siluriano-devoniano, después de la hercíniana en el permotriás, y ha ocurrido después del alpino en el oligoceno-mioceno. Es indudable que a consecuencia de la solubilidad de las sales es difícil que se hayan conservado los criaderos antiguos, y así los paleozoicos son escasos en el mundo. Se conoce la sal siluriana de los Estados Unidos y Canadá y la devoniana de Liberia y Rusia.

La sal en el permotriás es muy abundante, y buena prueba de ello son todos esos depósitos salinos de la mitad oriental de España desde el Pirineo a la Cordillera Bética. Mallada decía que el 90 por 100 de los manantiales con sal común de España estaban en el triás.

En el terciario, tanto en el oligoceno como en el mioceno, los depósitos salinos son sumamente abundantes en España en las tres depresiones importantes: Ebro, Tajo y Duero.

En general, los yacimientos salinos para depositarse necesitan dos condiciones: formación de una fosa, o sea establecimiento del régimen lagunar, y clima desértico, y estas condiciones deben haberse presentado en la región comprendida entre las sierras fuertemente plegadas y las mesetas que hacen de mandíbulas o pilares. Allí suelen ocurrir primero levantamientos que expulsan el mar, y posteriormente hundimientos que forman los lagos. En Europa, al pie de los Vosgos, de los Alpes, de los Pirineos y de los Urales, se presentan importantes yacimientos salinos.

Vamos ahora a limitarnos al estudio de nuestra cuenca, que yo he llamado en diferentes trabajos subpirenaica, y en donde existen formaciones salinas desde el Mediterráneo hasta casi el Atlántico, formando como un zócalo a la cordillera que nos separa de Francia.

No se conocen en España formaciones salinas paleozoicas, a pesar de la importancia de los movimientos caledonianos puestos de manifiesto por Patac en los montes cantábricos, y por los que hemos formado las Hojas geológicas de Barcelona y San Baudilio en la cordillera costera catalana. Si los hubo, nuestra involucrada tectónica los ha hecho desaparecer.

Más manifestaciones salinas abundantes se encuentran en el Pirineo, y de este punto quiero resaltar la importancia, porque lo creo esencial en el modo como yo trato de explicarme la génesis del yacimiento potásico español. En efecto, en la parte meridional del Pirineo, la formación triásica con sus tres zonas de facies germánica Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper entran en la formación pirenaica, presentando en general una estratigrafía más complicada y dislocada que la de

los otros terrenos, por intervenir en ella materiales muy plásticos: margas, yeso y sal.

Como consecuencia de los movimientos últimos hercinianos el mar del Muschelkalk se retiró en determinadas zonas, y al régimen de este período siguió en las tierras abandonadas por el agua un régimen lagunar, que continuado en un clima desértico dió lugar a la formación de los depósitos salinos.

Al período de agitación herciniana sucedieron otros de más calma, en donde se depositaron los materiales de los períodos jurásico y cretáceo; mas al final de esta última se inician las conmociones pirenaicas, prealpinas, y esos depósitos de triás y otros terrenos secundarios se movieron y llegaron, hasta los más antiguos, a aflorar.

En la región de las estribaciones del Pirineo, en la región que un geólogo alpino llamaría prepirenaica, se levantan una serie de sierras, Montsech, Montroy, Guara, Leyre, etc., a causa de pliegues marginales que afectan a la serie desde el triás al oligoceno, es decir, que se han movido con independencia, despegados de los terrenos paleozoicos que deben formar el substrátum. Es decir, que los materiales plásticos de ese triás desbordante que lo hallamos siempre en todas las zonas próximas a las grandes arrugas españolas forman el substrátum de esas tierras. Se presenta este terreno en forma diapírica, dislocada, constituyendo una serie de eczemas que jalonan todo el borde de la cordillera pirenaica, que constituye a mismo tiempo el borde y parte de la zona septentrional del substrátum de la formación oligocena de que luego nos ocuparemos.

Pues bien: los materiales que aparecen de los asos diapíricos, algunos constituyendo verdaderas chimeneas, como los que yo he descrito en otra ocasión en Montmoyre, Artesa de Segre, Naval, Peralta de la Sal, etc., están constituidos principalmente por margas y yesos con su corte de

ofitas y por sal, dando lugar a una gran cantidad de salinas, algunas objeto hoy día de una primitiva explotación, como las de Gerri la Sal, Rubió de Dalt, Estadilla, Naval (dos), Salinas de Jaca, para no citar más que unas cuantas que por su posición señalan lo que hemos llamado zócalo del Pirineo.

Analizadas las aguas de todas estas salinas, todas o casi todas dan sal potásica. En algunas, como en Salinas de Jaca, Naval, Salina, Bujaraloz, Montreal, pasando de tres gramos de K_2O por litro, cantidad alta y que anima a la investigación. De todas las salinas triásicas que yo llevo reconocidas en el resto de España, tan sólo en el sondeo realizado en Cabezuela, cerca de Osuna, se obtuvo un análisis de 3,27 gramos por litro, y también dieron análisis altos las de Cortadillo, en Guadalajara. En todas las demás no ha pasado de dos gramos. Se comprende, por consiguiente, que no se puede considerar como criaderos potásicos los del triás de la base pirenaica, pero tienen algo de potasa y pudieron tener mucha más. Así, el grano de potasa cuya vida vamos a seguir lo podremos suponer depositado en uno de estos yacimientos salinos triásicos, porque prescindiremos de los tiempos caledonianos, que se pueden considerar como los tiempos fabulosos con que comienzan todas las historias.

Como consecuencia de la conmoción pirenaica que tuvo como resultado la formación del actual relieve de los Pirineos (solamente muy afectado después por el movimiento alpino) y que produjo la elevación del eoceno (luteciense) a más de 2.000 metros de altura, como en la sierra de Cádiz, se retiró el mar eoceno que cubría toda la depresión del Ebro, lo que demuestra cómo los fenómenos geológicos forman un ciclo que se repetirá por los siglos de los siglos; lo mismo que ocurrió en el triás — muschelkalk-keuper — ocurrió en el eoceno-oligoceno. Es decir: a un régimen francamente marino que reinaba, sucedió un régimen lagunar. A una fauna rica en seres

marinos, aunque de profundidades no grandes y que indican oscilaciones de fondo en los mares, como lo acredita la gran cantidad de las especies fósiles halladas en los diversos niveles, sucedió una fauna francamente lacustre, verificada por infinidad de fósiles.

Con el abandono del mar en la región del Ebro coincidió un régimen climatológico desértico que produjo la desecación de los lagos formados por aquel entonces, y para que se vea con qué velocidad se pasó de uno a otro clima, — lo que indica la violencia de la conmoción, — no hay más que tener en cuenta que inmediatamente encima de los depósitos marinos con foraminíferos y equinidos, de cuyos nombres os hago gracia, se presentan los depósitos de sales, que tienen un espesor que oscila entre 250 y 300 en la mayor parte de la cuenca catalana hasta ahora reconocida y que no baja nunca de 100 metros. Y debemos hacer resaltar, como dato importante, la pureza de más del 98 por 100 de la sal común que forma la base del criadero.

Las aguas que constituían esos lagos eran saladas; estudios realizados respecto a la composición de los mares del Zechstein, en la cuenca alemana, nos hablan de que debía ser igual a la de nuestros mares actuales. No hay razón para suponer variación grande en los terciarios. Mas como en algunos lagos, ¿se pudo llegar a formar esos tan grandes depósitos de sal, que en Sperenberg ha llegado a 1.200 metros de espesor y que en otros sitios de Alemania pasan de 500 metros y que en España pasan de 200? Si suponemos un espesor de sal de 250 metros, habría que concebir para su depósito una altura de agua de próximamente 18 kilómetros, es decir, doble de las mayores honduras oceánicas conocidas. Además, nuestro espíritu se resiste a concebir la evaporación de una cantidad tan grande de agua, y aun más la existencia de una fosa tan honda necesaria para conservar esa altura de agua, sobre todo cuando sabemos

por los fósiles hallados en los depósitos del mar eoceno que la profundidad de éste no debía pasar, cuando más, de los 200 ó 250 metros.

Existe, además, otro hecho inexplicable en los yacimientos potásicos de Alsacia y subpirenaicos, respecto a la composición de las sales que entran a formar el mismo. En Alsacia no existen en los yacimientos otras sales potásicas que el cloruro sódico y el cloruro potásico (silvinita), y en España, a más de esas dos, existe sólo el cloruro doble de potasio y magnesio (carnalita), pero ni en el nuestro ni en el de Alsacia se han hallado sulfatos en cantidades apreciables, a excepción del de cal. El origen de las sales no cabe duda de que lo tiene en depósitos marinos. Desde 1839 ya descubrió Serres infusorios en las salinas de Cardona, ¿qué se han hecho de los sulfatos de magnesio y potasa?

En Alemania, donde existen sulfatos, ideó Bischof para explicar la formación de los grandes depósitos salinos la teoría de la barra intermitente, pensando para la formación de los depósitos antiguos en cosa parecida a lo que ocurre en la actualidad con el lago de Kara-Boghaz, alimentado temporalmente con las aguas del mar Caspio, y con lo que ocurre con otros lagos de Eritrea (aunque aquí la mayor alimentación se hace subterráneamente). En estos casos particulares existe una barra o dique que se rompe de tiempo en tiempo, dejando entrar las aguas del mar y produciéndose en los interregnos depósitos de sal. También se pueden explicar esas irrupciones del mar que aportan materiales para los depósitos por movimientos del suelo; en los descendentes entran las aguas y en los ascendentes emergen los depósitos retirándose aquéllas. A nosotros, siguiendo a Stille, nos parece esta teoría mucho más conforme a la realidad que la citada de Bischof, por lo menos por lo que nosotros hemos comprobado en Cataluña. En trabajos recientes hemos podido observar que

en los depósitos lacustres que definió Vidal con el *Bullimus gerundensis*, formados por grandes bancos de conglomerados, margas y areniscas, existen intercalaciones de lechos marinos con foraminíferos y ostras. Esta alternancia, a nuestro juicio, no puede explicarse más que con movimientos verticales de suelo, lógica consecuencia del período de conmociones que agitaron la región pirenaica durante el período eoceno. Esos movimientos debieron seguir durante el oligoceno en régimen ya lagunar, y tal vez influyeron en aumentar el espesor de los depósitos salinos.

Nosotros en el Congreso Geológico de Bruselas, en 1923, manifestamos nuestra opinión de que en la formación salina de Cataluña, que puedo hacer extensivo ahora a toda la formación subpirenaica, ha existido un enriquecimiento de sales proporcionado por el propio terreno. Ya os dije antes que los movimientos pirenaicos iniciados en el cretáceo superior y que tuvieron su paroxismo en el fin del eoceno, habían producido grandes pliegues que tuvieron como consecuencia la aparición en la superficie de depósitos salinos triásicos. Pues bien: las aguas del lago o lagos oligocenos que deben su existencia a la retirada del mar eoceno, que indiscutiblemente debieron estar en contacto con los terrenos triásicos, pudieron extraer al terreno esas sales triásicas y, sobre todo, aguas continentales que afluían al lago pudieron robar las sales al suelo; y desde luego todas estas aguas debieron mostrar su preferencia por los cloruros por ser más solubles, y entre ellos por los de magnesio y potasio principalmente, pues siéndolo todos mucho, éstos lo son más que los de sodio. Es decir, que las sales que pudieron ser depositadas en los yacimientos salinos subpirenaicos que hoy nos ocupan deben su origen en parte a las sales que se hallaban disueltas en el mar eoceno en sus diferentes entradas, y en mucha mayor parte a las sales que debieron arrebatar las aguas a los depósitos triásicos. La

forma de presentarse éstos, en los que se notan disgregaciones por la acción disolvente, la diferente composición de sus sales, la muy variable proporción en que entran en éstas el sodio y el potasio nos muestra que han sufrido un fuerte ataque de las aguas, y que lo que observamos no son más que residuos de los depósitos anteriores. Es decir, que nuestro grano de potasa que dormía tranquilo en los depósitos salinos del triás fue disuelto en las aguas del mar eoceno o por aguas continentales que a él afluían, y después por la retirada del mar eoceno y por la desecación producida por el clima desértico que inmediatamente sobrevino, se depositó en el yacimiento salino subpirenaico, de cuya suerte después nos vamos a ocupar.

Sin embargo, a esta teoría que tuve el honor de que mereciera la aprobación del gran geólogo Schmidt, tan conocedor de la geología de las cuencas salinas, y que Floquet ha dado para Alsacia, se la pueden hacer objeciones. Se comprende bien por nuestra hipótesis que la cantidad de sulfatos guardara con las demás sales una proporción más pequeña que la que guardan en las aguas del mar; pero en España y Alsacia la proporción de sulfatos de magnesia y potasa es sumamente reducida en todo el yacimiento, hasta en su misma base, a pesar de las pequeñas cantidades de polihalita hallada en los sondeos de Vilanova La Aguda y en Suria. No hay que dudar que existen cristalizaciones, metamorfismos y cambios de posición en las sales que pueden ser origen de estas anomalías.

Las sales disueltas en el lago o lagos subpirenaicos, ¿qué orden siguieron para precipitarse? ¿Cuál fué la suerte de nuestro grano de sal? Se debe a Van t'Woff y Meyerhaffer el estudio completo de esta cuestión. No tenemos tiempo de ocuparnos de ella y lo principal para nuestro estudio lo constituye la concepción del llamado punto final de concentración, que aplicado en nuestro caso quiere decir, que en una solución de varios cloruros, se precipitan los simples primero hasta que

se alcanza entre ellos una cierta relación, que es a lo que se llama punto final, y entonces lo hacen en forma de cloruros dobles y a veces triples. Si sobreviene el agotamiento de uno de ellos, entonces se vuelven a precipitar cloruros sencillos. En los estudios hechos por los químicos citados con los cloruros de potasio, magnesio y sodio, parece demostrarse que en aguas cargadas de los tres cloruros con una proporción de $CL Mg_2$ de más de 25 por 100 y una temperatura inferior a 73 grados, cristalizan dichas sales en forma de cloruros dobles y no de cloruros sencillos; pero si dejan de cumplir cualquiera de estas condiciones, las sales se precipitan en forma de cloruros sencillos, empezando por el sodio, siguiendo el potásico, hasta que se reúnen las condiciones debidas y entonces se precipitan en forma de sales dobles.

En nuestro lago las aguas estaban cargadas de los tres cloruros citados: el sodio en proporciones grandes, sulfato y carbonato de cal y unas pequeñísimas cantidades de sulfato potásico y magnésico. Existía un clima desértico abrumador, temperaturas de 30, 40, 50 grados. En las aguas, muy ricas en sales por las aportaciones triásicas; se llegó pronto a los 12 ó 13 grados B.° y se desprende rápidamente el carbonato cálcico que se observa en la base del yacimiento. A los 15 grados B.° se inicia la precipitación del sulfato cálcico y a los 28 grados se produce por completo. La sal primera precipitada forma la capa de anhidrita de espesor variable, pero que se puede considerar con una media de dos a tres metros. Cuando las aguas alcanzan los 16 grados B.° se inicia la precipitación de sal gema, pero a los 25 y 26 grados es cuando realmente comienza ésta en gran proporción. Naturalmente que las aguas aportadas al lago traen además de esas sales sódicas, potásicas y magnésicas, algunas pequeñas cantidades de anhidrita y detritus que se encuentran en el depósito grande de sal común.

Suponiendo que la temperatura fuera de 30 a 40 grados y su-

poniendo que en un principio el cloruro magnésico estuviera en una proporción menor que el 25 por 100 con relación al total de las sales disueltas, se empezaría próximamente a los 30 grados B.° la precipitación del cloruro potásico y la posición de esta sal en la base del yacimiento, conforme está con este proceso de sedimentación. Cuando ya la proporción de cloruro magnésico en las sales llegó al 25 por 100, se precipitan los tres cloruros y dieron lugar al rico yacimiento de carnalita; pero claro es que las distintas aportaciones que debieron siempre enriquecer de sales el lago y que debieron ser menores a medida que se fué intensificando el rigor del clima desértico, produjeron alteraciones, variaciones en el curso de la sedimentación. Al final debieron quedar tal vez en el fondo de las fosas algunas aguas cargadas de magnesia, a las que debió sorprender un cambio de clima, y las superficies salinas debieron quedar cubiertas por lodos, y también el viento debió arrastrar polvo y se formaron esas capas de marga esencialmente arcillosa y a veces arenosa que cubren el criadero y que lo ha preservado a través de los siglos de los agentes exteriores.

En todo tiempo debieron existir, como cortejo del movimiento pirenaico que había transcurrido, movimientos ascendentes y descendentes, según hemos dicho, del fondo del lago y que debieron sin duda también influir en aportaciones marinas, a la manera de lo que ahora ocurre en Eritrea, y una vez depositado el techo impermeable del criadero a que hemos hecho referencia, también debieron ocurrir algunas de esas oscilaciones de fondo con entrada de agua marina y que se debió extender tan sólo como una película y siendo causa de que sus depósitos tengan ese aspecto de Flysch (que se observa en las margas rojizas de encima del criadero) y que se produjesen algunas vetas estrechas de sal que a aquéllas acompañan, aunque muchas de éstas halladas en los sondeos pueden tener un origen secundario.

Pero conviene hacer resaltar, como he hecho ya en alguna publicación mía discutiendo otras opiniones, que las aguas aportadas al lago fueron siempre menores que las evaporadas, pues el régimen de precipitación no se alteró en nada y aparece desde la base al alto como un depósito salino continuo. Nosotros hemos podido apreciar en la base un depósito de sal pura de 200 metros, sin más interrupción que los *jarrhings*, o sea las vetas de anhidrita y lodo que indican solamente la existencia de las estaciones en aquella época, pues demuestra que en ciertas épocas se aportaba anhidrita o yeso al lago. Ochsenius creía que estos *jarrhings* debieron formarse en invierno, en la época de las grandes lluvias, y en cambio Precht, y así yo lo creo, supone que se debían hacer en verano, porque la solubilidad de la anhidrita decrece con la temperatura.

Por lo dicho se comprende que si la variación del clima sorprendió el proceso de sedimentación antes del depósito de las sales magnésicas, éstas pudieron no haber constituido el criadero, pero esto no excluye que no se explique bien sean tan escasos los sulfatos de potasio y magnesio, aunque los pocos hasta ahora encontrados se hallen en la base del depósito potásico, o sea en un todo conforme con el proceso de precipitación antes dicho. En Alsacia puede ser que la precipitación de las sales fuera interrumpida después del período de depósito de los cloruros sencillos.

Tenemos, pues, a nuestra molécula potásica, por la que nos interesamos esta tarde, formando un cloruro sencillo o doble constituyendo el yacimiento subpirenaico, y vamos a suponer que entrando a formar parte de la célebre montaña Roja de Cardona, en donde el hombre de ciencia, el industrial, el poeta y el turista admiran, cada uno desde su punto de vista, la grandeza de la naturaleza.

Después de la formación salina, incluyendo en ella el pendiente arcilloso, las condiciones del clima de la región variaron

mucho, y un régimen continental lluvioso y caluroso debió seguir al seco de antes. Los fósiles lacustres más bajos los he encontrado a unos 40 metros encima de la sal y son gasterópodos. Existen margas, arcillas, calizas y areniscas alternantes que indican variaciones de clima. Existen materiales detríticos enormes, como los conglomerados que bordean la cuenca y como el que yo creo estuario de Montserrat, y hubo períodos en que una vegetación sumamente frondosa cubría aquella región, como lo indican los depósitos de lignito hallados, y existían praderas en donde pacían mamíferos como el *Ancodus*, el *Diplobune* y como el *Brachiodus*, roedores como el *Theriodomys*, carnívoros como el *Plescitius*, y en donde no podían faltar reptiles como el cocodrilido que tuve la suerte de encontrar fósil, y tortugas como la que halló en Almatret, Vidal, y la *Chrysemis Laschatti* que yo encontré en Tárrega. Estos depósitos continentales de encima de los depósitos de sal alcanzan espesores enormes; están comprobados por sondeos en más de 1.500 metros. El origen lacustre de todos y la diferencia escasa de los fósiles hallados hacen difícil la clasificación en horizontes. Hemos podido llegar a separar niveles, pero no esa división en pisos pequeños en que cada uno tiene su marbete, pues no otra cosa son los fósiles que los caracterizan y que tanto ayudan en toda investigación minera.

Mas los estratos salinos no han permanecido tranquilos desde su formación; yo creo que su plasticidad es enemiga de la quietud. A mí me parece que en su formación, obedeciendo a leyes de una isostasia en pequeño, los depósitos salinos se mueven a la manera como lo puede hacer un flúido, y que basta que en el suelo se inicie un movimiento para que las masas salinas traten de establecer, ellas más que otros materiales, el equilibrio roto.

Los pliegues diapíricos no son más que la expresión estratigráfica de lo que acabamos de decir, y muchas veces el

esfuerzo producido por la fuerza viva de la masa rompe a veces la cubierta, desgarrando los estratos superiores y constituye esos eczemas (palabra que yo encuentro afortunada) y a cuyo orden corresponde la cúpula de Cardona.

Mas la tectónica ha influido mucho en el descubrimiento de los yacimientos potásicos. Los estratos permanecieron horizontales hasta que sobrevinieron los movimientos alpinos que han sido tal vez los que más han influido en que la Tierra tenga la orografía actual. Mas estos movimientos alpinos que ocasionaron sólo pequeñas sacudidas en los Pirineos, pues su forma actual la deben principalmente a las conmociones anteriores, en cambio produjeron pliegues en los estratos oligocenos de la depresión del Ebro, que constituyen sólo suaves ondulaciones en general, excepto en los escasos sitios en que la sal mostró su actividad en la forma antes indicada.

Estos movimientos, motivados por la proximidad de la mandíbula u horst constituido por el Pirineo con el mandíbula cordillera costera, se traducen en pliegues marginales en forma de anticlinales y sin existencia de verdaderos sinclinales, a no ser que se denominen así los anchos espacios comprendidos entre aquéllos. Sin embargo, hay sitios en donde se observa que la actividad endógena fué grande, pues hemos observado en el alto de la Sierra del Montsech un depósito de conglomerados oligocenos que sin duda son prolongación de otros situados en la base, y lo que nos indica un desplazamiento vertical de más de 400 metros.

Pues estos movimientos que yo coloco al final del oligoceno, a principios del mioceno, pues los depósitos continentales de este terreno de la región pirenaica se encuentran horizontales, han acercado la sal a la superficie y en Cardona la han hecho aflorar. Aquí en este afloramiento (aunque técnicos extranjeros no lo querían creer), no sólo se ve sal común, sino también silvinita.

Después del movimiento alpino la sal debió permanecer tranquila esperando otro cataclismo tectónico, pero el hombre advirtió su presencia y su utilidad y suspendió su reposo.

Hay otro agente que también hace perder la tranquilidad a las sales depositadas y éste es el agua. En Alemania a este elemento se le atribuye una importancia grande en la composición del criadero. Se consideran que han existido acciones secundarias, de metamorfismo, que han alterado la primitiva estructura del yacimiento. Allí las aguas llamadas descendentes procedentes de trastornos tectónicos disolvieron capas alcalinas, bajaron a regiones más hondas y produjeron la descomposición de la carnalita con kieserita en la llamada sal dura, de tanta importancia industrial, y la carnalita en silvinita. Además, efectos puramente mecánicos posteriores al depósito produjeron, por ejemplo, la formación del conglomerado salino, cuyos caracteres, sin potasa, he visto yo reproducidos en el depósito de sal común de Osuna. El agua, ya sea de cristalización, que según Riune produjo alteraciones en Alemania, o la infiltrada, puede también haber ocasionado alteraciones en el criadero subpirenaico. No creemos que estas modificaciones hayan tenido importancia en la región del Cardoner y Llobregat, a no ser tal vez que algunas vetas de silvinita de la parte más alta del yacimiento deban su origen a la descomposición de la carnalita. Pero sí deben haberla tenido y grande en la cuenca del Llobregós y en otras regiones, probablemente en Navarra. En la región del Llobregós, en donde se presenta un gran anticlinal, las investigaciones realizadas han puesto de manifiesto la ausencia de sales potásicas y la falta de uniformidad en el yacimiento de sal común. Las dislocaciones tectónicas que parecen manifestarse en la topografía del terreno en forma de país hundido, dieron al traste con la impermeabilidad de la cubierta del yacimiento en aquella región y sin duda el agua arrebató primeramente la sal potásica e hizo también

obra de destrucción en la sal gema. Capas halladas de arcillas disgregadas con un poco de sal puede ser el residuo de lo que, de haber sido respetado por el agua, hubiera constituido un codiciado criadero. En Navarra nos parece que el yacimiento salino importante situado al Sur de las investigaciones realizadas ha sido lavado en la parte potásica por aguas que arrastraron el cloruro a los sitios en donde aquéllas encontraron un dique impermeable constituido por las margas arcillosas del eoceno y allí lo depositaron tal vez después de la descomposición de la carnalita en silvinita y eliminación posterior de las aguas magnesianas.

Es indudable que la conmoción alpina produjo, por las razones que ya hemos dicho antes, movimientos exclusivos de la sal dentro de su caja de criadero que debieron ocasionar sólo por efectos mecánicos cambios de distribución de los diferentes minerales dentro del yacimiento, y de aquí esa facies de conglomerado que presenta la sal en algunos bancos explotados en nuestras minas y que se indica también en los afloramientos.

El agua superficial también atacó a nuestro criadero de Cardona en acción perseverante de siglos y siglos. Al pie de la Montaña Roja de Cardona serpentea un pequeño arroyo que tiene un caudal medio al año de dos litros por segundo, pero que su acción disolvente es grande y muchas veces en el año discurre con sus aguas saturadas. Ya al final del siglo XVIII notó Bowles que se morían los peces en Manresa a causa de que las aguas iban cargadas de sal. Análisis hechos por nosotros antes de que se explotaran las minas y posteriormente en diversas ocasiones dan como resultado una cantidad de cloruros expresados en cloro de 200 a 250 gramos por litro y una proporción media de óxido potásico anhídrido (K_2O) de 14,5 gramos por litro, o sea que al día las aguas roban a las salinas 38 toneladas de sal común y 2,5 de K_2O .

Figuraos la cantidad de potasa que se habrá vertido en el mar desde que en tiempos miocenos se debió producir el afloramiento de la sal. La sal potásica que ahora en vetas se presenta a nuestra vista produciendo irisaciones rojizas es silvinita sumamente pura; 97 ó 98 por 100 de cloruro potásico dió en las primeras muestras recogidas por Garcín y por mí en dicha montaña cuando se creía que sólo existía sal común.

Por consiguiente nuestra molécula de potasa fué requerida desde su depósito por las fuerzas endógenas y por las debidas a las propiedades físicas de las mismas sales a desplazamientos, a transporte de materia, pero en general vivió una vida tranquila esperando que el hombre, víctima de sus necesidades, rompiera su reposo.

Visitaron aquellas tierras muchos naturalistas y entre ellos muchos geólogos ansiosos de admirar la maravilla natural de la Montaña Roja, en que el turista puede observar cómo la luz se descompone en diferentes tonalidades y cómo resaltan los dibujos caprichosos que los pliegues y torceduras de los estratos han trazado sobre el terreno. Pasó por allí Dufrenoy, en 1830, y fué el único que advirtió que allí había una sal distinta de la común, dice él, muy parecida a la polihalita. No existe este mineral potásico, pero sí la silvinita, de modo que, aunque no acertó acerca de la composición de la sal, fué el único que citó la potasa antes de que, por un hecho puramente casual, en 1913, se descubriera esta sustancia. Desde este último momento se comenzaron trabajos geológicos y de investigación que se siguieron con continuidad hasta llegar a poner en explotación la cuenca y poder ofrecer hoy la sal potásica española en todos los países, en todos los mundos.

Ya sabéis, porque en mis libros y en conferencia reciente lo he explicado, que se solicitaban muchas concesiones por Sociedades particulares, que el Estado se reservó una importante zona, y que éste y aquéllas realizaron trabajos de inves-

tigación por sondeos, que dieron por resultado el descubrimiento de un importante yacimiento potásico bien reconocido ya en ciertas zonas de Cataluña y comenzado a investigar en otras y en Navarra.

La cuenca, como se deduce del proceso de formación que acabamos de indicar, es oligocena y la sal ocupa la base de los depósitos de esta edad y cubre, en su casi totalidad, a los estratos eocenos con fósiles marinos y es cubierta a su vez por las margas con fósiles lacustres, de modo que el depósito de sal marca un cambio de régimen, un cataclismo; es decir, que la divisoria entre uno y otro terreno es clara y marca una separación tectónica y estratigráfica bien precisa, como la que debiera existir siempre entre los diferentes períodos geológicos.

Su borde, por el Este y Sur, es eoceno, y a este terreno corresponden todos los materiales cortados en todos los sondeos, como los de Sallent, Suria, Aviñó y Puigreig, en que se atravesó el gran banco de sal común. Por el Norte de la cuenca se apoyan los estratos oligocenos en los bancos de la serie secundaria de las sierras marginales de la formación pirenaica, en donde, como hemos dicho, pliegues diapíricos han originado que los materiales del triás rasguen los depósitos superiores, entre ellos el oligoceno, como en Artese de Segre, Montmagastre, etc. Por esta causa en la parte Norte pueden hallarse los estratos oligocenos en contacto con el triás y el lías, como en la región de Camarasa; con el cretáceo, como en Valle del Segre, en Rubió, en Cubélls y en otros muchos sitios; fundamento este de nuestra teoría sobre el origen, en parte secundario, del yacimiento potásico de que nos estamos ocupando.

Las investigaciones se han hecho con preferencia en la proximidad de los ejes anticlinales buscando la proximidad de la sal a la superficie. Los cuatro anticlinales investigados y que, a no dudar, en la región catalana son los únicos que tienen interés industrial, son los siguientes de Sur a Norte: Callús,

Sallent, Santa María de Oló; Balsareny, Suria, Castellfullit; Puigreig, Cardona, Torá y tal vez tenga su prolongación por la Sierra de Almenara, y, más al Norte, Vilanova, La Aguda, Cubélls, que en su parte occidental está muy cerca del borde.

El anticlinal de Sierra Almenara indica la relación estratigráfica y tectónica de los yacimientos catalanes con los navarros. En efecto; nosotros hemos podido seguir en los bancos oligocenos este pliegue desde Puigreig hasta Tafalla, pasando por los pueblos de Gerp, Alfarrás, Sur de Barbastro, Abigó, Agüero, Biel, Gallipienso, Sur de Eslava y Tafalla. Sólo tiene una interrupción en el río Gállego, a consecuencia de haber sido derrubados los estratos oligocenos. Así, pues, se trata de una gran arruga de 300 kilómetros de longitud. Lo mismo ha dislocado las sales de tierras catalanas que las depositadas en países vascos; es decir, que en este aspecto potásico la unidad de ambos países y Aragón y Castilla no se puede negar. Se desprende también de que es muy probable la existencia de depósitos salinos debajo de los estratos oligocenos de toda la cuenca y encima de los eocenos, que se puede decir forman el substrátum de la misma. Es decir, que parece que la historia geológica de toda la región subpirenaica fué igual a la descrita en Cataluña, y que, por tanto, nuestra molécula de potasa debe tener otras muchas compañeras por debajo del suelo aragonés. Pero, ¿a qué profundidad? El sondeo de exploración realizado en Sos del Rey Católico nos ha demostrado que allí debe estar a una profundidad de 1.500 a 1.600 metros, es decir, a hondura de donde no podemos extraer la sal en condiciones económicas. Nosotros juzgamos, pues, que es muy posible la existencia de yacimientos potásicos en toda la banda oligocena subpirenaica con soluciones de continuidad, pero que en su mayor parte se hallará la sal a profundidades grandes y solamente cerca de los bordes de la

cuenca o en los eczemas que puedan formar los pliegues anticlinales podrá existir a honduras explotables.

La estructura del criadero salino, en líneas generales, es la misma en toda la zona catalana reconocida: muro de calcita y anhidrita; banco de sal común de 120 a 300 metros de potencia; zona de silvinita de 1 a 15 metros de potencia; zona de carnalita de 20 a 100 metros de potencia, y techo constituido por margas arcillosas grises con banquitos de sal común. Ahora, en detalle, el yacimiento presenta grandes irregularidades. Son de dos clases las irregularidades: diferente distribución de los minerales potásicos dentro de la masa de sal común y variaciones estratigráficas de las vetas potásicas. La primera irregularidad es más característica de las de carnalita. Las segundas son comunes a las dos zonas potásicas.

El espesor general del criadero potásico varía de unos sitios a otros. En el valle de Cardoner la media de 20 sondeos fué de 60 a 70 metros, teniendo en cuenta las inclinaciones de los estratos. En la cuenca del Llobregat, la media de 10 sondeos efectuados en la región de Sallent, fué de 40 a 50 metros. En el solo sondeo que se pudo reconocer el yacimiento en la cuenca del Llobregat, el espesor fué de 45 metros.

La potencia media útil de K_2O del criadero es difícil de calcular, porque se escapa al cálculo el dictaminar acerca de la explotabilidad de las vetas halladas por los sondeos. En la cuenca del Llobregat se puede calcular una media de 2 a 2,25 metros, en capas muy regulares. En la cuenca del Cardoner la media es de 3 a 3,50. La ley varía mucho; sin embargo, en las carnalitas se puede considerar un 10 por 100 de K_2O y en las silvinitas de un 16 a un 18 por 100 de K_2O , lo que representa una riqueza grande.

Si consideramos ahora una extensión reconocida de 160 kilómetros cuadrados; si suponemos una densidad a las sales de 2 y consideramos una potencia útil en K_2O de 2 metros

después de hacer las debidas reducciones para esterilidades, pérdidas de explotación, etc., y aun rebajamos un 20 por 100 más para zonas difíciles de explotación, resultará la cubicación de 500 millones de toneladas de K_2O que he dado en algunos trabajos. Este es el resultado principal de las perforaciones que se hicieron en el depósito potásico y que tanto debieron intranquilizar a nuestra amiga la molécula de potasa. Pero debió ésta comprender que el hacer tantos taladros era motivado porque el éxito acompañaba al desarrollo de los trabajos, y así se alcanzó la cifra en la cuenca catalana de 53 sondeos grandes, de los cuales el 65 por 100 tuvieron éxito completamente positivo.

Esto dió lugar a que varias Sociedades se lanzaran a explotar los yacimientos descubiertos. El primer pozo maestro lo construyó la Sociedad Minas de Potasa de Suria, de seis metros de diámetro, y tropezó con dificultades a causa del gran enemigo de la explotación de las sales potásicas: el agua — que obliga a tomar desde los primeros trabajos de investigación medidas excepcionales de las cuales no me puedo ocupar aquí —. Si sólo diré que en los pozos maestros hay que aislar completamente los veneros de agua que circulan por las capas superiores al techo del yacimiento potásico; pero en España, afortunadamente, no ha habido que recurrir a procedimientos costosos como el de Kind Chaudon y el de congelación empleados en Alemania y Alsacia. En Suria se ha hecho un revestimiento de hormigón de 0,50 de espesor y se impermeabilizó el terreno en una zona grande alrededor del pozo, por medio de inyecciones de cemento a 11 atmósferas de presión. Se considera tan necesario que la construcción de los pozos sea completamente estanco, que en Alemania se contrata la perforación de los pozos con la obligación de que no rezume el pozo cantidad mayor de 10 litros por minuto, o sean 14 metros cúbicos al día; esto tratándose de profundidades de 600 a 1.000 metros.

Otra dificultad que también se encuentra en las minas potásicas es la que ocasiona la fortificación del pozo en la zona salina, principalmente en las vetas potásicas. Tiene por origen la dificultad varias causas. Una de ellas es que el cemento ordinario no fragua en la sal y, por consiguiente, hay que recurrir a cemento a base de alúmina o de sílice, que eviten ese ataque, lo que no se consigue fácilmente. La gran higroscopicidad de las sales potásicas, principalmente en las que entra a formar parte la magnesia, como es la carnalita, motiva que se convierta en enemigo del minero el vapor de agua, pues recogido por la sal produce disgregaciones en el macizo salino que no son recomendables para la seguridad de la fortificación. Por último, el pozo es un hueco que se establece en la masa salina, y la sal, por fenómeno análogo al diapírico, trata, a causa de su movilidad, debida a su plasticidad, de ocupar el vacío producido, y existe, por consiguiente, un desplazamiento de sal hacia el pozo, que se traduce en un esfuerzo, y que como la masa puede ser muy grande, su fuerza viva puede ser lo suficiente para constituir un peligro para la construcción. Este puede ser más de temer porque la complicación que se establece en el esfuerzo puede dar lugar a que no sea tan sólo éste de compresión, sino que pueden originarse efectos de torsión que pueden dar al traste con la obra si no se toman las precauciones debidas. Además, la carnalita resiste muy poco a la compresión, pues así como la sal común y la silvarita resisten 475 kilogramos por centímetro cuadrado, la carnalita sólo resiste 80, condición que aumenta las dificultades.

Unión Española de Explosivos, por el gran espesor del yacimiento potásico que tuvo que atravesar en la perforación de su pozo «Alberto», de 643 metros de profundidad y cinco de diámetro, tuvo algunas dificultades, ya vencidas. Se hizo el revestimiento del pozo de 0,60 metros de espesor con blo-

ques de cemento fundido, y se rellenó también con el mismo cemento el espacio comprendido entre terreno y obra. La zona acuífera se presentó por encima de las margas grises que forman el techo impermeable del criadero, y para aislarla del pozo se acudió a las inyecciones de cemento.

El pozo de la Sociedad Potasas Ibéricas, ya construido, tiene 4,50 metros de diámetro útil. El espesor del revestimiento fué variable, 0,60 hasta 25 metros de profundidad (a 17 metros estaba la capa acuífera importante), 0,40 de 25 a 205 y 0,85 de 205 a 300 en la zona salina. Se empleó el cemento ordinario hasta 205 metros y ladrillo especial y cemento fundido en lo restante. La arcilla de los ladrillos completamente desprovista de cal. Se construyó el pozo en nueve meses. Se hicieron inspecciones en la zona acuífera, reduciendo la avenida de agua a tres litros por minuto.

El pozo de Minas de Potasa de Suria está ubicado en la rama Sur del anticlinal más al Sur de los dos existentes en la región de Suria, precisamente en una cúpula o domo del anticlinal de carácter diapírico. El contacto del domo, cuerpo levantado, con el terreno no movido, parece está representado por una formación de margas rojas con yeso que sirve de guía al explotador para conocer la dirección de las capas potásicas en el interior de las minas.

Podría explicarse esta disposición extraña, a cuya deducción se ha llegado por el resultado de los sondeos y examen del terreno, por la existencia de una pequeña escama que se hubiera corrido sobre el terreno autóctono, en cuyo caso es posible que debajo del criadero en explotación ahora se encontrara otra vez el yacimiento potásico. Un sondeo comenzado en la sal del muro resolvería por completo la cuestión. Con esta explicación se comprendería mejor la pobreza en silvinita de la base del yacimiento en esta zona de la cuenca. También aboga por la hipótesis que examinamos, que la sal

en Suria presenta en ciertas partes un aspecto de conglomerado, que hace el efecto de sal milonitizada. Sin embargo, el resultado de los sondeos realizados cortando la sal del muro a profundidades grandes parece combatir esta hipótesis, que, sin embargo, yo no desecho del todo por ahora.

El pozo «Alberto», de Unión Española de Explosivos, está situado en la zona Norte del anticlinal de Cardona, y a pesar de estar situado junto al afloramiento salino su profundidad ha sido de 642 metros para llegar a la sal común del muro, debido al fuerte buzamiento de los estratos y al haber estado las vetas salinas sumamente plegadas (cinco veces creemos nosotros), por lo que los espesores de silvinita llegaron a cantidades enormes. De todas las maneras, la zona de silvinita es muy importante y el mineral muy rico.

El pozo «María Teresa» tiene la misma disposición estratigráfica y su profundidad es de 624. Los bancos se encontraron menos plegados y, por tanto, el espesor de silvinita menor.

En el pozo de Potasas Ibéricas se encontró la formación potásica en situación normal. Se cortaron dos capas de silvinita, una, la más baja, de 2,50 metros de potencia y otra de un metro en la parte alta, en contacto directo con la carnalita.

Se presentan también pliegues, por lo que es preciso en todas estas minas potásicas llevar muy adelantadas las labores de investigación con relación a las de explotación y efectuar en los frentes sondeos pequeños de exploración, con objeto de que nos guíen en el sistema de explotación a adoptar, evitando labores inútiles.

Si estuviera depositada en las minas de Suria, nuestra molécula de potasa hubiera sido extraída de las cámaras establecidas para el arranque del mineral, que no son, en líneas generales, otra cosa que grandes tajos, según la inclinación de la capa, y sería vertida por medio de planos inclinados y vertederos automáticos en las cintas de cuero de transporte (las de

caucho se estropean rápidamente en el ambiente salino) y sería transportada a las quebrantadoras, de donde pasan a una gran tolva que rodea herméticamente al pozo y en cuya parte inferior existen dos compartimientos que cargan directamente sobre los skis que la elevan a la superficie.

En las minas de Unión Española de Explosivos, en el pozo «Alberto», y Potasas Ibéricas, el servicio se hace por vagones y no presenta diferencias con los medios corrientes aplicados en otras minas de mucho tonelaje y que vosotros conocéis perfectamente, por lo que os hago gracia de toda explicación sobre el particular. En el pozo «María Teresa», hay establecida una gran máquina de extracción, de cuyas dimensiones os daréis cuenta al decir que su eje pesa 23 toneladas, que la velocidad de los skis que se piensan instalar es de 14 metros por segundo y que está calculado para poder extraer 300 toneladas por hora.

En las minas de Suria se extraen hoy 800 toneladas diarias de sales potásicas, casi exclusivamente carnalita, con una riqueza del 10 por 100 de K_2O . Se puede extraer por el actual pozo unas 1.200 toneladas diarias.

La Sociedad Unión Española de Explosivos extrae ahora de 1.000 a 1.200 toneladas de un 16 por 100 de riqueza en K_2O . Cuando se haya terminado el pozo «María Teresa» la extracción podría duplicarse.

La Sociedad Potasas Ibéricas extrae ahora unas 700 toneladas diarias, pero puede extraer con el pozo número 1, ya construido, 1.200, y cuando haya perforado los dos pozos podría llegar a 2.000 toneladas diarias.

Es decir, que la capacidad diaria de extracción de las tres minas podría ser con el tiempo, probablemente dentro de un par de años, 4.400 toneladas diarias entre las tres Sociedades, o sea 1.300.000 toneladas de menas, que pueden representar, aproximadamente, 200.000 toneladas de K_2O , o sea unas

400.000 toneladas de cloruro potásico del 80/84 por 100, que es la clase que más se vende ahora en España.

Hoy hay cerca de 3.000 obreros empleados, y si alcanza la producción a que antes nos hemos referido, se necesitarán el doble número de obreros.

Las Sociedades La Minera y Fodina, que reciben ambas sus inspiraciones de Berlín, quieren radicar también en España. No les importa que en Alemania el número de pozos en explotación sean un 10 por 100 de los que tienen perforados y que la crisis mundial alcance proporciones grandes. Quieren situarse, como ahora se dice, y piensan perforar dos pozos. Uno en una mina de la zona La Minera y otro en una de la Sociedad La Fodina y establecer entre ambos una galería de comunicación. Este plan representará una extracción, por lo menos, de 2.000 toneladas diarias, o sea 90.000 toneladas al año y un número de obreros que no bajará de 2.000.

Nuestra molécula de potasa comprende la importancia que ella y sus compañeras tienen para la Industria y para la Agricultura Nacional, y se dejan sacar con gusto a la superficie para ser transportadas a las fábricas de enriquecimiento.

En éstas hay que considerar dos partes distintas y un tratamiento diferente en ellas, según las clases. Una de las partes está constituida por el taller de preparación mecánica y el otro por el taller químico. Minas de Potasa de Suria y Unión Española de Explosivos tienen los dos. Potasas Ibéricas ha instalado sólo el primero, pero tiene el propósito de comenzar la construcción del segundo dentro de pocos meses.

La molécula de potasa es atormentada por quebrantaduras y molinos del taller de preparación mecánica, y ya desde el primer momento se observa una desigualdad de trato entre los minerales de carnalita y de silvinita. La primera, en la trituración, se debe llegar a uno o dos centímetros y en la segunda a cuatro centímetros.

En algunas de las minas, en el estrío no sólo se separa el estéril, sino que se hace una selección escogiendo los minerales de ley rica. De este modo pueden Unión Española de Explosivos y Potasas Ibéricas dar al mercado clases de silvinita nativa del 40 y hasta del 50 por 100 de K_2O , es decir, de igual riqueza que las que pasan por la fábrica de beneficio.

Nuestra molécula de potasa según que entre a formar mena de silvinita o de carnalita, sufrirá trato diferente. Las operaciones para obtener el cloruro potásico de la segunda de dichas sales son más complicadas que para obtenerlas de la primera.

La Providencia nos hizo el beneficio de dar a las sales diferentes condiciones de solubilidad y el hombre ha sacado de ello todo el provecho posible. Dos principios son los importantes:

1.º La sal común es mucho más soluble en frío que en caliente; inversamente le ocurre al cloruro potásico.

2.º Si se enfría a 15 grados una disolución de cloruros potásico, sódico y magnésico se precipitan antes los dos cloruros primeros que el tercero; sólo cuando el cloruro magnésico queda ya en una proporción conveniente, se precipita éste en forma de cloruro doble, o mejor dicho carnalita artificial; es decir, que el hombre en las fábricas no hace otra cosa que repetir el proceso de formación de los yacimientos potásicos.

En la diferente solubilidad de los cloruros sódico y potásico está fundado el procedimiento químico para la fabricación o enriquecimiento de cloruro potásico, partiendo de la silvinita, y en este mismo principio y en el que acabamos de explicar, referente al punto crítico de precipitación de disolución de los tres cloruros, el procedimiento partiendo de la carnalita.

De modo que si se trata la silvinita por agua calentada a

100 grados se disuelve todo el cloruro potásico y parte del sódico, y si se enfría a la temperatura suficiente se precipita una gran parte del cloruro potásico y una pequeña del sódico. Sometiéndole después a operaciones de purificación y de secado se obtiene el cloruro potásico.

La carnalita no sólo se disuelve, sino que se descompone tratada por agua caliente a 100 grados, y se disuelve el cloruro potásico y una pequeña parte de cloruro sódico. Enfriada la disolución, después se precipita el cloruro potásico y una parte del sódico y se suspende la operación antes de que se comience la precipitación del cloruro magnésico. Las aguas madres resultantes se llevan a aparatos especiales para producir la precipitación de la carnalita artificial que llevan en disolución y empezar otra vez el tratamiento.

Existen, además, operaciones de decantación, purificación, secado, etc. En todas las operaciones del tratamiento se emplean todos aquellos aparatos y máquinas utilizadas en la industria química para procedimientos análogos. En la disolución, aparatos continuos con calefacción por vapor y con movimiento automático de las masas. En las cristalizaciones y en los filtros se utiliza esa gran herramienta de la química que constituye el vacío y que está admirablemente manejado en las fábricas de Suria y Cardona. Se busca la recuperación del calor recogiendo a éste en las operaciones que se desprende para utilizarlo en las que es preciso entregarlo. Se utilizan en el secado los tornos rotativos concéntricos con disposición de calor y materia de modo de obtener el mayor rendimiento, y, en general, cuanto esas dos ciencias, química y mecánica, han discurrido para utilizar las sustancias que le entrega otra ciencia: la geología.

El estudio de la fabricación de las sales potásicas exige, pues, atención y competencia particular, pero yo creo que con educación potásica adquirida junto a los hornos y los aparatos,

pronto podríamos los ingenieros de Minas españoles campar por nuestros respetos sin necesidad de nodrizas alemanas. No creo que existan grandes dificultades. Es cuestión únicamente de voluntad química.

En España no se fabrica el sulfato potásico, y ya hice ver en conferencia reciente la necesidad de que por el Estado y los particulares se buscara la solución armónica de evitar que en país productivo de potasa se importe más de la tercera parte del consumo. No dudo que ofrece dificultades fabricar esta sal, pero no creo sea imposible.

Unida a la fábrica deben existir los laboratorios que vayan recogiendo las palpaciones de la industria para conocer en cada momento la naturaleza y composición de los materiales que entran en manipulación en cada uno de los aparatos. Todos conocéis los procedimientos de ensayo y análisis empleados en Química para la potasa, entre ellos el procedimiento sencillo e ingenioso para primeras investigaciones del potasímetro, debido a nuestro compañero Menéndez Puget. Sabéis también que en el microscopio se confrontan de muy distinta manera la silvinita y la carnalita (la silvinita es cúbica, la carnalita ortorrómbica pseudoexagonal); a esta última se la conoce por las láminas macladas producidas por presión.

En los estudios cuantitativos de espectroscopio, sugerimos la idea al sabio y admirado amigo Piña de que aplicara el procedimiento a las sales potásicas, lo que ha conseguido con completo éxito.

La carnalita de entre las sales potásicas puede valorarse aproximadamente por el método espectrográfico, pues el magnésico tiene varias rayas bien definidas en su espectro ultravioleta que permite determinar su porcentaje y por deducción el de la potasa.

El método se basa en la comparación o relación de intensidad entre una raya de Mg, a distintas concentraciones, y una



de calcio a porcentaje fijo. La escala se prepara con cloruro sódico, como diluyente, y un 2 por 100 de calcio en cada uno de los seis términos que contienen: 1; 2,5; 5; 10; 15 y 20 por 100 de Mg. La relación fotométrica entre las rayas es:

$$= 3.100 \text{ del Mg} \quad \text{y} \quad = 3.000 \text{ amstrongs del calcio.}$$

De los seis términos la relación se lleva en ordenadas, y los seis porcentajes del Mg en abscisas. La curva es muy sensible entre 1 y 10 por 100; entre 10 y 20 por 100 se va acercando al eje de las abscisas.

El modo de operar para analizar una muestra de carnalita, es el siguiente: se toma el mineral pulverizado, se diluye con cloruro sódico a 1/2, 1/5 y 1/10 y se añade a cada una el 2 por 100 de calcio, se pesan 0,05 gramos de cada muestra y se analizan (mediante el arco eléctrico) en el espectrógrafo. Del espectro triple se deducen las relaciones de intensidad Ca — Mg y se interpolan en la escala citada anteriormente. Para mayor seguridad se puede, en la misma película, tomar el espectro de dos términos conteniendo Mg al 5 y al 10 por 100 e interpolar o extrapolar los términos del problema entre estos dos términos.

Las sales convenientemente acondicionadas, lo que exige algunas operaciones especiales, se entregan al comercio, y sobre la lucha mercantil consiguiente, entablada sobre un producto que sobra en las tres naciones productoras del mismo, ya lo podéis suponer. Además, en el año 1932 ha disminuído en una tercera parte el consumo mundial, y eso que los productores de potasa tenían, de siempre, el criterio que el consumo se duplicaba cada diez años. Minas españolas, sin embargo, lanzan sin dificultad por todos esos mundos de Dios sus productos, y frutos de todos los países deben su fragancia y exquisitez a las potasas de nuestro país.

Nuestra molécula de potasa navega por esos mares, y vertida en la tierra es absorbida por la planta según leyes y fenómenos no del todo bien explicados, pero en los que hay conjunción de resultados de las funciones de esos seres microscópicos que presentó Pasteur a la Humanidad con reacciones del mundo inorgánico, resaltando, una vez más, la gran armonía de la Naturaleza.

Las plantas se nutren de la potasa en muy distintas cantidades y condiciones, pero lo que sí se puede afirmar, que lo mismo las que más absorben, como el trébol joven, 2.970 gramos; como la remolacha azucarera, 1.200 gramos; como el garbanzo, 1.000 (en todas ellas por 100 kilogramos de cosecha); hasta la que menos absorbe, como la manzana, fruto que sólo extrae 90 kilogramos; en todas, como ya lo indicó el gran Liebig en 1840, es completamente necesario que se le proporcione la potasa a la planta. Sobre el modo, época, cantidad y clase de sal potásica con que se debe abonar se ha discutido mucho, y depende de la cantidad absoluta que necesita la planta, de la marcha de la coloración de los productos utilizados, del trabajo radicular, de los recursos del suelo, de los abonos empleados en la tierra anteriormente, etc. Así, refiriéndome sólo a la primera condición de las citadas, el trigo, para una cosecha de 22 quintales por hectárea, exige 150 kilogramos de K_2O , y en cambio la remolacha, para una cosecha de 40 toneladas por hectárea, exige más de 400 kilogramos, y comprenderéis el mundo de cifras y consideraciones que se ven en perspectiva al ir analizando las distintas condiciones a que hemos hecho referencia.

Nuestra potasa entra a formar parte de una planta y vive en ella hasta que la guadaña feroz llega y ocasiona su muerte y se vierte en la tierra, y ora da vida a nuevos seres u ora es robada por el agua y camina a cerrar el ciclo iniciado al principio de esta conferencia — a aumentar la dosis salina del

mar —, esperando un nuevo cataclismo, uno de esos paroxismos de dislocación de la corteza terrestre, para formar un nuevo depósito potásico que no sabemos cuándo, por quién y para qué será aprovechado. Para perforar el porvenir no se han inventado aún sondeos.

EMILIO DE JORGE

EL TRIÁSICO EN VIZCAYA

En un trabajo sobre el Eoceno de Vizcaya, presentado al Congreso Geológico del año 1926, advertí que en Murueta había una extensión de terreno que, por su aspecto, parecía Wealdense o quizás Triásico. Más tarde he podido comprobar esto, si bien con una contrariedad: la ausencia absoluta de fósiles en este terreno, en las varias zonas en que aparece, en Murueta, en Orduña, en Meñaca y en Ibarraquelúa.

En todas estas zonas viene acompañado de ofita, o, dicho de otro modo, la ofita en Vizcaya viene exclusivamente en el Triásico. Los numerosos afloramientos de rocas hipogénicas que se ven en este distrito son muy distintos de la ofita, y así aparecen en Axpe las traquitas, en Frúniz la espilita, en Eloorio el basalto, etc.

No pretendo hacer en este escrito un deslinde del Triásico en estas zonas de Vizcaya. Es labor de mucho detalle, y no dispongo ahora de tiempo suficiente. Pero señalaré las cuatro zonas principales, situándolas en el mapa general de la provincia.

En Orduña se presenta el Triásico como si hubiera abierto un ojal en el Senonense, levantándose y levantando el Triásico. Este levantamiento se ve en la discordancia de los estratos jurásicos con los senonenses del monte Charlazo.

El corte tipo de esta formación es el representado en el croquis 1.

Su constitución desde el contacto con el Senonense hacia abajo es como sigue:

Una serie de capas alternadas de caliza y marga, y debajo una caliza margosa de fractura concoidea, dura, frágil, compacta, con vetas blancas de caliza, sin fósiles, que pertenece al Jurásico.

Una capa estrecha de caliza dolomítica, cavernosa, de color rojizo, que en algunos sitios lleva filones de blenda y de galena. Uno de estos filones pasa por el grupo de casas de Juan Madaria y Ciriaco Torre en el barrio de La Antigua, atraviesa el arroyo y aparece, muy poco metalizado, acompañado de barita, en la carretera de Orduña a Belandia. La mina «La Milagrosa» encierra este filón, que se investigó por medio de un pozo y una calicata, y después se abandonaron las labores. En la parte opuesta, en el Alto de los Cuetos, paraje llamado «Las Minas», hay también señales, y más abundantes, de filones de blenda y de calamina, de los cuales se han sacado algunas toneladas hace ya algún tiempo.

Por debajo de estas calizas dolomíticas cavernosas vienen unas margas rojas y grises, con trozos sueltos de ofita, y entre estas margas yesos que son generalmente rojos en la superficie y grises en profundidad, no faltando masas considerables de yeso blanco purísimo. Más abajo vienen otras margas grises y trozos sueltos de caliza margosa azulada, que continúan hasta desaparecer bajo los aluviones en que se asienta la ciudad.

Esto es, aproximadamente, un corte trazado en dirección NO.-SE. y normal a la dirección dominante de los estratos.

Parece que este asomo triásico de Orduña debe pertenecer al Keuper, o Trías superior, caracterizado en otros países

por sus margas irisadas. No se encuentran estratos con fósiles, ni se ve la caliza conchífera que da el nombre al Muschelkalk o Trías medio, y mucho menos las areniscas abigarradas del Buntersandstein o Trías inferior.

Por esto parece lo más prudente situar esta mancha de Orduña en el Keuper, a semejanza del de otras regiones en que está constituido como éste, por calizas, alternando con margas y arcillas, calizas dolomíticas, a veces areniscas duras y pizarras arcillosas, muchas veces carbonosas. También hay unas calizas de color amarillo sucio con inclusiones de piritita de hierro cristalizada en dodecaedros.

Guernica. — Por la ría de Mundaca, desde el mar hasta rebasar la villa de Guernica por el Sur, hay otra mancha de terreno triásico, no muy fácil de deslindar, porque se oculta bajo los lodos de los predios pantanosos de las orillas de la ría.

Por esta escotadura pasa el eje de un anticlinal, y en las laderas de las montañas que se abren para dejar paso al río se ven los estratos, desde el Aptense hasta el Trías. Así, en los altos de Ereño y de Acherre, en la orilla derecha, se ve el Aptense con sus *Toucasia* y *Orbitolina* en las calizas marmóreas rojas, y en la margen izquierda se presenta en grandes bancos de caliza gris, con *Toucasia* también. Bajando por las laderas de las dos márgenes se encuentra el Aptense inferior, con otro nivel de *Orbitolina*, en margas; y más abajo, con cierta confusión, se ve una arcilla roja en las tierras de labor, con cubos perfectos de piritita de hierro de dimensiones variadas. Este horizonte debe referirse al Wealdense, por semejanza a otros, como el de Aguilar de Inestrillas (Logroño). No se encuentran fósiles en estas tierras.

Y en esta misma confusión se ven sin orden ninguno, y al parecer sin concordancia, unos bancos que deben ser del Jurásico. Son calizas azuladas o de color gris oscuro, con

intercalaciones de caliza blanca espatizada, más blanda. A veces alcanzan un espesor de 40 metros, más en la margen derecha que en la izquierda. En la parte superior, estas calizas están descompuestas y son algo pizarrosas. Contienen algunos fósiles muy deteriorados, que no es fácil clasificar; pero entre ellos hay también muchos *Belemnites* que parecen representar formas jurásicas.

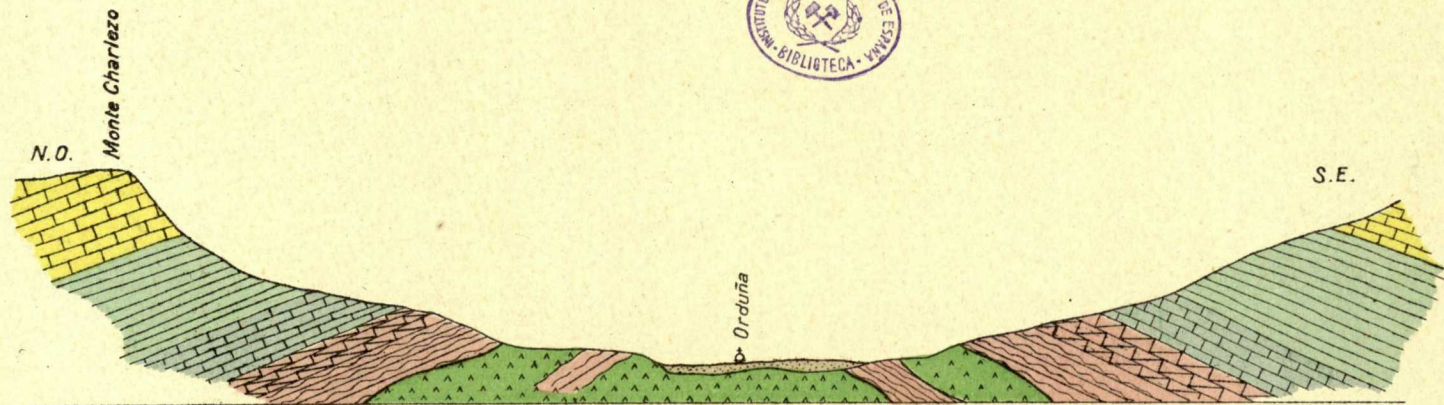
Y en la parte más baja de la ría, y sobre todo hacia la margen izquierda, surgen unas calizas cavernosas de color oscuro; y en determinados sitios, como en Murueta y al Sur de Guernica, la ofita con su acompañamiento de arcillas irisadas, yeso y manchas de grafito en los planos de junta de la ofita. La línea de separación del Triásico y de los terrenos que lo circundan, es en esta zona muy difícil de señalar.





Esta mancha de Guernica, después de ocultarse algo bajo los montes de Arrazua, por donde sigue jalonada por la ofita, reaparece en Arbácegui, donde presenta los mismos caracteres, viéndose más claramente en la explotación de yeso que hay junto a la carretera de Guernica a Marquina. En esta parte se ve la ofita acompañada del yeso rojo y gris, y las mismas margas y calizas cavernosas que hay en Orduña.




De modo que esta mancha de Arbácegui puede considerarse como prolongación de la de Guernica. Alcanza así una extensión de cerca de 20 kilómetros de largo por una anchura de más de dos kilómetros, como término medio.

Meñaca. — Otro manchón muy importante del Triásico es el que llamaré de Meñaca, aunque abarca varios términos municipales.

Empieza en la costa, entre Baquio y Bermeo, y remontando la divisoria del monte Jata, sigue por Emerando, Larrauri, Meñaca y Munguía, con una extensión longitudinal de más de 10 kilómetros. Es una faja estrecha, irregular, de contornos muy arbitrarios.



-  Calizas maestrichtienses
-  Margas senonenses
-  Calizas jurásicas
-  ld. triásicas

-  Margas rojas y grises triásicas
-  Ofitas
-  Aluvial

A lo largo de su eje hay varias explotaciones de yeso, unas abandonadas y en explotación otras, y con el yeso van la ofita y las margas rojas y calizas cavernosas. En Emerando hay unas calizas azuladas, semejantes a las de Orduña, de la parte más alta del Trías.

Ibarranguelua.— Por último, en Ibarranguelua hay una escotadura del Triásico, que abriéndose en el mar, se mete en tierra en dirección N.-S., con un asomo ofítico al Oeste, y margas rojas y blancas, que llaman la atención por la discordancia con el resto de los estratos. En el mismo pueblo Ibarranguelua, en el arranque de la carretera nueva a Ea, están las capas de arenisca amarilla, levantadas verticalmente y curvadas caprichosamente a impulsos del empuje de los terrenos inferiores. Hay también unas margas selenitosas que indican que el yeso no está muy profundo.

Se puede observar en estos afloramientos triásicos cierta tendencia a la dirección N.-S., pero influenciados por la dirección dominante NO.-SE, tienden a doblarse, y así forman dos ramas que, empezando de Norte a Sur, terminan inclinándose hacia el SE.

No me ha sido posible, por las razones antepuestas, hacer un estudio detallado de estas zonas, y, sobre todo, hacer una delimitación exacta del Triásico; y los croquis y planos obtenidos, no los considero suficientemente exactos, por lo cual no acompañan a este escrito. Si éste se amplía más tarde, podrían servir de ayuda, esto y los fósiles que puedan recogerse. Quede, pues, para más tarde, el deslinde exacto de estas cuatro zonas de terreno Triásico del distrito de Vizcaya.

S. PIÑA DE RUBÍES y JORGE DOETSCH

ESTUDIO ESPECTRAL DE ALGUNOS COBRES NATIVOS

Antes de dar cuenta respecto del trabajo, queremos dar unas ideas generales sobre lo que significa la actividad desarrollada en nuestro laboratorio de espectroscopia.

Nació este laboratorio de la necesidad de aplicar a la nueva investigación práctica los medios que la ciencia va descubriendo.

Fué el actual Director, D. Luis de la Peña, Inspector General del Cuerpo de Ingenieros de Minas, quien hace pocos años creó, con el nombre de laboratorio de espectroscopia, esta sección, con la finalidad expresa de efectuar análisis de minerales, rocas y aguas, tanto desde el punto de vista cualitativo, como desde el cuantitativo. No es necesario encarecer el alto valor, por una parte práctico industrial, y por otra parte científico, desde el punto de vista de la moderna ciencia que actualmente funda gran parte de sus esperanzas en estos modos de investigación, y que se llama geoquímica, para reconocer su importancia.

Dos son los aspectos principales que se presentan en esta clase de investigación: determinación de los elementos existentes en el problema, y obtención de las especies mineraló-

gicas de que forman parte aquéllas. Ambos aspectos, si bien relacionados entre sí, pueden resolverse independientemente, aun cuando el análisis mineralógico nada ha de decirnos prácticamente de los elementos distribuidos en pequeñísimas proporciones, ni tampoco por la determinación de elementos se podrá asegurar, en casos, la existencia de tal o cual especie mineralógica.

Es el conjunto de procedimientos que actúan sobre aspectos distintos del mismo problema, el que resuelve, una vez reunidos los resultados, la cuestión.

En orden a la determinación de los elementos existentes en el problema, se utilizan en este laboratorio el espectro de emisión en arco normal y en chispa; en la actualidad se instala un espectrógrafo para la obtención de espectros por medio de los rayos Roentgen.

Asimismo se dispone de una instalación completa, incluyendo el tubo emisor Dunoyer, de radiación continua, en la región ultravioleta para la obtención de espectros de absorción.

Para la determinación de la especie mineralógica, en casos dudosos, se empieza a utilizar cámaras especiales, siguiendo los métodos cristalográficos por medio de los rayos Roentgen. Faltando aún muchas especies por determinar, se suplen las deficiencias actuales por medio de la microscopia.

Los métodos seguidos para la determinación cualitativa, como cuantitativa de los elementos contenidos en el problema, han sido desarrollados por uno de nosotros, quien ha hecho un estudio detenido de los elementos que dan espectro en arco, simplificando con ello notablemente el método clásico, por la determinación de las rayas últimas, sensibles o analíticas. Asimismo es la primera vez que se aplica el análisis cuantitativo sobre una base práctica, y es el desarrollo de este aspecto importantísimo el que ocupa actualmente la mayor parte del trabajo de este laboratorio.

El método empleado en nuestros laboratorios consiste (1) en volatilizar la sustancia en el seno del arco, que salta entre electrodos de carbón de siete milímetros de diámetro a 220 voltios y de unos seis amperios de intensidad. El electrodo positivo o ánodo, posee una pequeña cavidad, en la que se colocan 0,05 gramos del cobre nativo, objeto de estudio. Las radiaciones emitidas en el arco, después de atravesar el sistema óptico de un espectrógrafo de cuarzo, se registran en la zona equisensible de la placa o film fotográfico entre λ 2300 Å y λ 3400 Å. El mineral se volatiliza por completo, siendo indiferente el tiempo de exposición. La separación de los electrodos durante el proceso es de 0,5 centímetros, quedando la imagen de los puntos brillantes de los electrodos fuera de la rendija.

Para la comparación cuantitativa se agregó a los minerales 0,5 por 100 de Mo.

El método de las rayas analíticas (2) tiene una gran ventaja sobre otros métodos propuestos, porque permite obtener una gran serie de fotogramas de distintas muestras de una misma clase de mineral, exactamente superpuestas, lo cual facilita extraordinariamente la identificación de las rayas, pudiéndose analizar una docena de espectrogramas casi en el mismo tiempo que se emplearía en el estudio de uno solo.

Los múltiples ensayos verificados en nuestros laboratorios demuestran la constancia del número de rayas que forma el espectro de un peso determinado de un elemento volatilizado en el arco obtenido siempre en condiciones parecidas; no es necesario que sean absolutamente idénticas.

(1) a) «Estanninas de Cáceres», *Bol. Inst. Géol. y Minero de España*. T. 52, 1931. — Págs. 159 a 197.

b) «Platas nativas.» *Loc. cit.*, 53, 1932.

(2) «Rayas analíticas o cuantitativas del renio.» *An. Soc. Española de Física y Química*, 30-918, 1932.

Esta constancia en los resultados viene aumentada por la comparación o relación de intensidades entre algunas rayas del elemento estudiado y las del elemento standard que introducimos, o sea del molibdeno.

Como ejemplo de valoraciones de los diferentes elementos que en pequeñísima proporción encierran estos cobres nativos,

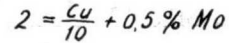
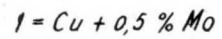
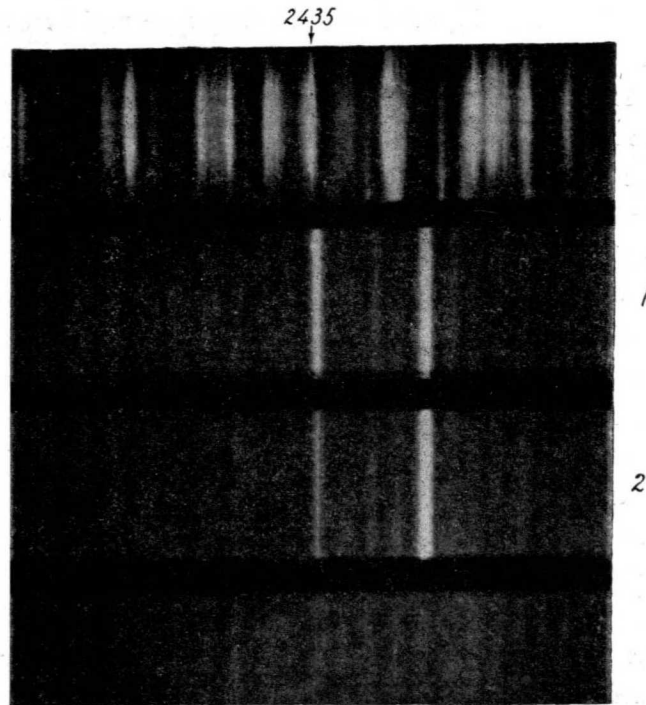


Fig. 1.^a — Rayas del Silicio.

tomaremos la del silicio que figura en la ganga. La muestra número 22 se dividió en dos partes: una se analizó directamente después de añadirle Mo en la proporción de 0,5 por 100. La segunda parte se diluyó a 1/10, añadiéndole también

después el 0,5 por 100 de Mo. Los espectrogramas se obtuvieron superpuestos partiendo de 0,5 gramos de materia (véase lámina 1). Por comparación directa puede verse que las dos rayas testigos del Mo λ 3112 y λ 3132 Å tienen la misma intensidad, tanto en el número 1 como en el número 2; en cambio, en las rayas del Si λ 2987 y λ 2435 (fig. 1.^a) salta a la vista la diferencia entre ellas, siendo ambas en número 1 algo más débiles que Mo λ 3132, y en número 2 muchísimo más débiles que esta raya. Los datos logrados con una escala de Si al 1 por 100 y al 0,1 por

Grafico de la determinación cuantitativa del Silicio

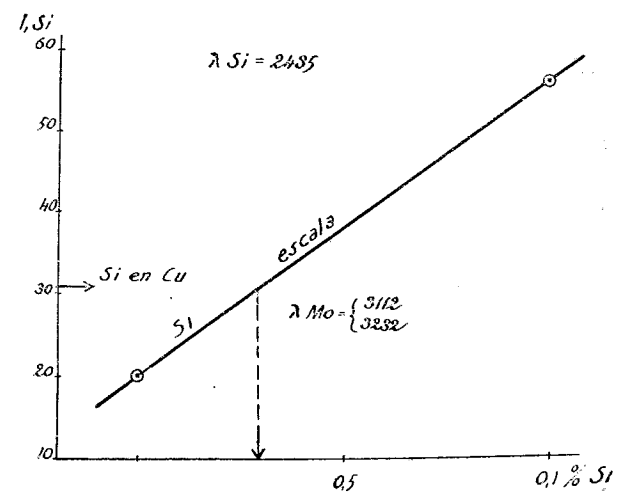


Fig. 2.^a

100, tomando también el 0,5 por 100 de Mo como elemento de referencia, demuestra, previa interpretación con los gráficos obtenidos con el fotómetro Koch (Zeiss), que los máximos de las curvas correspondientes a las rayas del Si caen por extrapolación entre los Si $<$ 1 por 100 y $>$ 0,5 por 100 en el número 1 y en el número 2 Si $<$ 0,1 por 100 y $>$ 0,05 por 100, lo

cual nos demuestra que la cantidad de Si contenida en las muestras viene a ser de un 0,75 por 100 aproximadamente (fig. 2.^a).

Para cada uno de los elementos hallados por nosotros en los cobres hemos tomado las escalas cuantitativas entre 1/100 y 1/1.000.000 (obtenidas por el Prof. Piña en colaboración con el Dr. M. Amat), que damos a continuación, salvo para el molibdeno y el vanadio, que sólo aparecen en algunas muestras y que dan para el espectro de 5×10^{-4} gramos un número excesivo de rayas. Lo mismo hacemos con el hierro y con otros elementos ya descritos en anteriores trabajos.

Elementos	λ	CONCENTRACIONES				
		1 %	0,1	0,01	0,001	0,0001
Si	2987,7	1	»	»	»	»
	2881,7	4	3	2	1	»
	2631,4	1	»	»	»	»
	2528,6	3	2	1	»	»
	24,2	3	2	1	»	»
	19,3	3	2	1	»	»
	16,2	3	2	1	»	»
	14,4	3	2	1	»	»
	07,0	3	?	1	»	»
	2478,4	3??	1?	1?	»	»
	52,2	1	»	»	»	»
	43,4	1	»	»	»	»
	38,8	1	»	»	»	»
	35,2	2	1	1	»	»
	3345,08	doble	1	»	»	»
3282,5	»	(Sobre Na)	»	»	»	
Zn	3076,0	1?	»	»	»	
	72,2	2	1	»	»	
	2301,0	2	1	»	»	
	2771,0	1	»	»	»	
	2608,8	1	»	»	»	
	2582,6	1	»	»	»	
	Sr	3366,5	2	1	»	»
51,4		1?	»	»	»	
22,4		1 Be	»	»	»	
07,6		1	»	»	»	
01,8		1	(Sobre Na)	»	»	
2932,0		2	1	»	»	
2569,5		2	1	»	»	
2428,2	3?	2?	1?	»		
2354,4	2	1	»	»		

Elementos	λ	CONCENTRACIONES					
		1 %	0,1	0,01	0,001	0,0001	
In	3258,6	3	2	1	»	»	
	56,2	5	4	3	2	1	
	3039,4	5?	4	3	2	1?	
	2932,7	3	2	1	»	»	
	2858,3	2	1	»	»	»	
	37,0	2	1	»	»	»	
	2753,9	3	2	1	»	»	
	14,0	2	1	»	»	»	
	10,3	3	2	1	»	»	
	2601,9	3?	2	1?	»	»	
	2560,2	3	2	1	»	»	
	21,4	1	»	»	»	»	
	2468,2	1	»	»	»	»	
	60,2	2	1	»	»	»	
	2340,3	1	»	»	»	»	
	Au	3156,5	1 (.)	»	»	»	»
		22,9	2	1	»	»	»
17,0		1 (.)	»	»	»	»	
3029,2		2	1	»	»	»	
2973,2		1	»	»	»	»	
63,8		1 (.)	»	»	»	»	
32,1		1	»	»	»	»	
13,5		1	»	»	»	»	
06,0		1	»	»	»	»	
2891,9		1	»	»	»	»	
85,5		1	»	»	»	»	
83,4		1	»	»	»	»	
2748,3		2	1	»	»	»	
00,9		1	»	»	»	»	
2688,7		2?	1?	»	»	»	
75,9		4	3	2	1	»	
41,6		2	1	»	»	»	
2590,0	1	»	»	»	»		
44,2	1	»	»	»	»		
10,5	1 (.)	»	»	»	»		
2428,0	4?	3	2	1?	»		
02,7	1 (.)	»	»	»	»		
2387,8	1	»	»	»	»		
76,2	1 (.)	»	»	»	»		
64,5	2 (.)	»	»	»	»		

Daremos una breve relación de la escasa bibliografía publicada que nos ha sido posible consultar acerca de los cobres nativos.

En el *Gmelin Kraut's* (12), en el *Doelter* (17) y en el *Tafel*

(.) = no están en Exner edición 1904, pero sí en la del 1911.

(18), se indican como países que poseen esta clase de mineral a los Estados Unidos, América del Sur, Australia del Sur, Nueva Méjico, Siberia, Rusia, Hungría, Austria, Alemania, Suiza, Francia, España y también China.

Dana (13) sólo cita como elemento accesorio al Cu, Ag, Bi y Hg en algunos ejemplares.

Análisis de cobres nativos los encontramos mencionados por Rose (1); Field (2) señala en un cobre blanco de cerca de Coquimbo el 1,09 por 100 de Ag y en otro hasta el 7,6 por 100.

Hautefeuille (3), en un cobre del Lago Superior encuentra:

Cu =	69,28
Ag =	5,45
Hg =	0,02
Ganga =	25,25
	100,00

En otra muestra halla 7,3 por 100 Fe y 0,03 Hg.

Abel (4), en el cobre nativo de Minnesota encontró 0,002 por 100 Ag e indicios de Pb; en otro, el 0,56 por 100 de Ag, y en una muestra muy pura sólo había 0,015 por 100 Ag. Un análisis del Cu de la mina «Wosnessensk», en las montañas de Kalmaktas, cerca de Blagodatostephanowsk, en la estepa de los Kirgisos, arrojó:

Ag =	0,084
Pb =	ind.
Bi =	0,11
As =	1,28

Bowman (6) estudió un cobre español. Rammelsberg (7) encontró en el cobre nativo del Lago Superior 0,31 por 100 de Fe y que estaba exento de Ag. Gowland (8), en un mineral procedente de Yunnan (China), indicó la existencia de 0,028 por 100 de Fe y 0,026 por 100 de Ag.

Lacroix (9) estudió el cobre de Nueva Caledonia (mina

«Meretrice»), el que está íntimamente mezclado con cuprita impregnado con cuarzo.

Bibra (10), en el cobre nativo de Bolivia halló 1,8 por 100 de Fe en una muestra y en otra el 2,24 por 100.

Fitzpatrick (11) analizó el mineral de cerca del Popocatepetel que contenía:

Cu =	94,05
Sn =	2,28
Fe =	3,57
Ag =	0,06
	99,96

Calderón (14) cita muchas localidades españolas donde se puede encontrar cobre nativo, pero no da indicación sobre su composición.

En fecha más reciente, M. Lohest (15) describe el cobre nativo, que junto con casiterita penetrada por agujas de turmalina se descubrió en Katanga (Congo Belga).

H. Ziedemann (16) encuentra el cobre nativo en varios minerales y atribuye su origen a la transformación de dos moléculas del compuesto $2 (\text{Cu}_2\text{S})_2 \text{Fe S} \rightarrow 2 \text{Cu} + (\text{Cu}_2\text{S})_3 \text{Fe}_2 \text{S}_8$.

J. Papish (19) pone de manifiesto especialmente la existencia de germanio en cinco cobres nativos de los Estados Unidos, procedentes de Butle, Montana; Lake Linden, Michigan; Bisbee, Arizona; Globe Arizona; Somerville, New Jersey; otro de Merrit British Columbia y en uno de Mednorudyansk, Nichne Taguilsk, Urales.

Los elementos que acompañan al cobre nativo son, pues, según los datos recogidos hasta ahora, Fe - As - Ag - Sn - Hg - Pb - Bi y Ge, que incluyendo al Cu suman nueve.

A continuación se dan los resultados de los análisis efectuados, y como se verá, no hemos encontrado el germanio

en ninguno de los cobres analizados, incluso en los de Norteamérica, en cantidad superior a $5 \cdot 10^{-6}$ gramos que representa el límite de sensibilidad del método empleado ahora por nosotros. Esta cuestión la trataremos nuevamente al estudiar los minerales de cobre.

Interpretación del cuadro de composición de cobres nativos

$$\begin{aligned} + 1 &= > 1 \text{ ‰} = > 5 \times 10^{-4} \text{ gr.}; 1 = 1 \text{ ‰} = 5 \times 10^{-4} \text{ gr.}; \\ - 1 &= < 1 \text{ ‰} = < 5 \times 10^{-4} \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + 2 &= > 1 \text{ ‰}_{00} = > 5 \times 10^{-5} \text{ gr.}; 2 = 1 \text{ ‰}_{00} = 5 \times 10^{-5} \text{ gr.}; \\ - 2 &= < 1 \text{ ‰}_{00} = < 5 \times 10^{-5} \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + 3 &= > 1 \text{ ‰}_{000} = > 5 \times 10^{-6} \text{ gr.}; 3 = 1 \text{ ‰}_{000} = 5 \times 10^{-6} \text{ gr.}; \\ - 3 &= < 1 \text{ ‰}_{000} = < 5 \times 10^{-6} \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + 4 &= > 1 \text{ ‰}_{0000} = > 5 \times 10^{-7} \text{ gr.}; 4 = 1 \text{ ‰}_{0000} = 5 \times 10^{-7} \text{ gr.}; \\ - 4 &= < 1 \text{ ‰}_{0000} = < 5 \times 10^{-7} \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + 5 &= > 1 \text{ ‰}_{00000} = > 5 \times 10^{-8} \text{ gr.}; 5 = 1 \text{ ‰}_{00000} = 5 \times 10^{-8} \text{ gr.}; \\ - 5 &= < 1 \text{ ‰}_{00000} = < 5 \times 10^{-8} \text{ gr.} \end{aligned}$$

COMPOSICIÓN DE LOS COBRES NATIVOS ESTUDIADOS

Elementos

NUMERACIÓN	Mg	Al	Si	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Ag	In	Sn	Sb	Ba	Au	Hg	Pb	Bi	
1	-	-	-	?	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-4	-	-	-	-	-	-	+2	+4	-
2	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	?	-	-	+	-	-	-	-	-4	-	-	-	-	-	-	-	-4	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-4	-	-	-	-	-	-	-	+4	-
5	-	-	-	-	-2	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2	-3	-5
6	-	-3	+2	?	-	-	-	-	-	-	+	2	-	-	-	-	-	-4	-	-	-	-	-	2	-
7	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
9	-	-	-	?	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	3	-	-	+4	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-3	1	-	+4	-	-	+1	-	-	+	-	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-	-	-4	-
12	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1	-	+	-	1	-	+2	-	-	1	-	-	-	-	-	+4	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	?	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+4	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
16	-	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	+2	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	4	+4	-	-	-	-	-	-	3	-	-
18	-	-	-	-	?	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	?	-	-	ind.	-	-	-	+	-	-	1	-	-1	-	-	-	-	+2	-	-	-	-
20	-	+3	-	-	+4	-	-	-	-	-	+	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	+3	-	-	-3	4	-	-	-	-	+	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	+3	-3	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+3	-	-	-4	-	-	-	-	+3	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
24	-	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	3	-	-	+4	-	-	-	-	-	3	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+5	-	-	-	-	-	-	-	-	+4	-
28	-	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+2	-5	-	-	-	-	-	-	-	-3	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
30	-	-	-	?	+4	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
31	-	-	+2	-	-	-	-	?	-	-	+	-	-	-	+3	-	-	+3	4	-	-	-	-	+1	4
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	+3	4
35	-	-3	+2	-	-	+3	-	+1	-	+3	+	-	-	-	?	3	-	-	-	-	-	-	-2	-4	-
36	-	3	+2	-	-	-	-	+1	?	+1	+	1	-2	-	+2	-	-	-3	+4	-	4	-	1	+1	-
37	-2	-	-	+1	-	-	?	-	-	-	+	2	-1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1	+4	+4
38	-	+3	-	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	3	-5	-	-	-	-	-	-	1	4	-
39	-	-	-	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+3	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-
40	-	-	+2	-	-3	-	-	-	-	-	+	-	-	-	3	-5	-	-	-	-	-	-	-	4	-

Se deduce del cuadro antecedente la existencia de 24 elementos en los cobres nativos, de los que se conocían hasta ahora nueve incluyendo al Cu. Se han puesto de manifiesto, por consiguiente, 16 elementos que acompañan a los cobres nativos, la mayoría de una manera no constante (1).

Entre los elementos conocidos figura el Hg; mas como este elemento, en cantidad inferior al 2 por 100, sólo presenta la raya de resonancia y nos parece insuficiente la aparición de una sola línea para afirmar con seguridad la existencia de un elemento, hemos querido cerciorarnos de la del mercurio por medio de las reacciones químicas, especialmente la de Eschka, formándose, en efecto, amalgama en pequeñísima cantidad.

Pudiera ser que el mercurio no se hallase al estado de gama, sino más bien al estado de sulfuro u otra combinación.

Las reproducciones que se acompañan representan ampliaciones, próximamente al doble, de los espectros que han servido para la interpretación de los cobres nativos.

La numeración puesta al borde se corresponde con las muestras respectivas.

(1) El titanio, vanadio, etc., probablemente proceden de las pequeñísimas partículas de ganga que impregnan los cobres y que nos ha sido imposible eliminar. Advertimos que los carbones contienen estos y otros elementos en pequeña proporción y, por lo tanto, su existencia en una muestra debe controlarse debidamente.

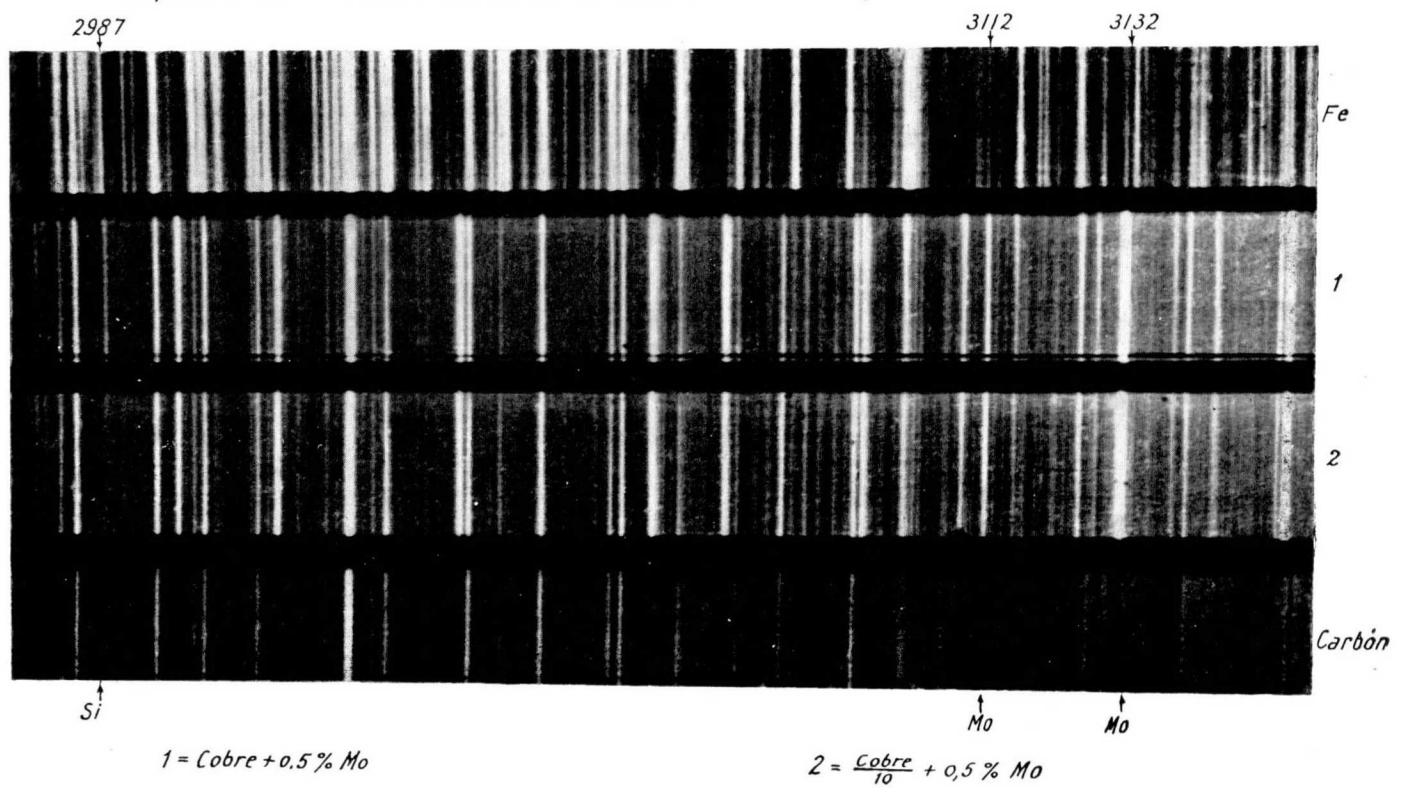
PROCEDENCIA Y NUMERACIÓN DE LOS COBRES NATIVOS
ESTUDIADOS

1. — Cobre nativo. Río Tinto, Huelva, España. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
2. — Cobre nativo fibroso. «Santa Rita», Méjico. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
3. — Cobre nativo. Linares, Jaén, España. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
4. — Cobre nativo con malaquita y cobre rojo. Linares, Jaén, España. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
5. — Cobre nativo. Río Tinto, Huelva, España. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
6. — Cobre nativo con malaquita. Río Tinto, Huelva, España. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
7. — Cobre nativo sobre roca. Puebla de Guzmán, Huelva, España. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
8. — Cobre nativo con cuprita. Linares, Jaén, España. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
9. — Cobre nativo. Río Tinto, Huelva, España. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
10. — Cobre nativo. Mina «Observación», España. — Proc.: Museo de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas.
11. — Cobre nativo. Koujersteimel? — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
12. — Cobre nativo. Chile. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
13. — Cobre nativo. Mantua, Cuba. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
14. — Cobre nativo. Bogosslovsk, Rusia. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
15. — Cobre nativo. Santiago de Cuba, Cuba. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
16. Cobre nativo con óxidos y carbonatos. Catharinenburg, Guayana, Inglaterra. — Proc.: Museo del Instituto Geológico.
17. Cobre nativo. Lago Superior, Norteamérica. — Proc.: Museo de la Escuela de Ingenieros de Minas.
18. Cobre nativo. Bolivia. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.

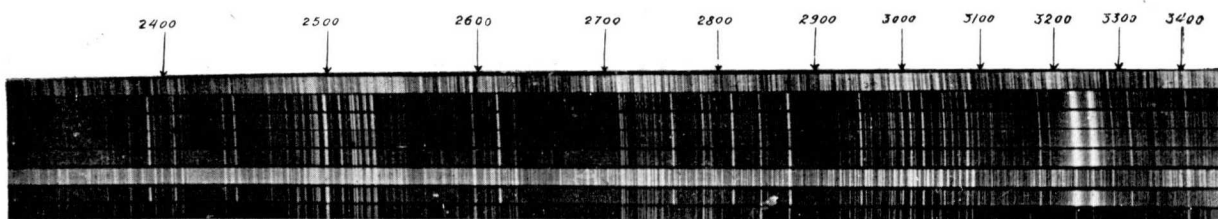
19. Cobre nativo. Corocoro, Bolivia. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
20. Cobre nativo con cuprita. M. S. José Villa del Prado o El Cobre, Cuba. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
21. Cobre nativo. Canadá. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
22. Cobre nativo. Atacama, Chile. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
23. Cobre nativo. Cornwall, Inglaterra. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
24. Cobre nativo. Siberia, Rusia. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
25. Cobre nativo fieltro o esponja. Santiago de Cuba. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
26. Cobre nativo con cuprita. Distrito de Caldosa, Chile. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
27. Cobre nativo con cuprita. Purgarabasta (Valladolid), América. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
28. Cobre nativo. Morenci, Arizona, Estados Unidos. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
29. Cobre nativo. M. Calumet y Hecla, Michigán, Estados Unidos. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
30. Cobre nativo. Ambos Camarines; Paracale Arroyo Calatornay, Filipinas. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
31. Cobre nativo (Residuo de lavado), por Surigao, Filipinas. — Procedencia: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
32. Cobre nativo. Méjico. — Proc.: Museo de la Escuela Española de Ingenieros de Minas.
33. Cobre nativo. Catamarca, Argentina. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
34. Cobre nativo. M. de Vale Do Vouga, Portugal. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
35. Cobre nativo. M. Minancos-Barrancos, Portugal. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
36. Cobre nativo filamentoso. Chile. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
37. Cobre nativo. Serrazano, Toscana, Italia. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
38. Cobre nativo. Villa del Cobre, Cuba. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
39. Cobre nativo. Waterloo, Australia. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.
40. Cobre nativo dendrítico. Hungría. — Proc.: Museo de Ciencias Naturales.

1. — ROSE: *Reise*, 1 - 401, 1837; *Reise*, 2 - 450, 1842.
2. — FIELD: *Lieb. Kop. Jahresber.*, 70, 1850.
3. — HAUTEFEUILLE: *C. R.*, 43 - 166, 1859.
4. — ABEL: *Jour. Chem. Soc.*, 1 - 89, 1864.
5. — ABEL: *Journ. Pract. Chem.*, 91 - 47, 1864.
6. — BOWMAN: *Chem.*, N., 23 - 19, 1871.
7. — RAMMELSBERG: *Mineralchemie*, 5, 1875.
8. — GOWLAND: *Chem.*, N., 68 - 306, 1893, *Ref. Z. Kryst*, 25 - 289, 1896.
9. — LACROIX: *C. R.*, 118 - 551, 1894.
10. — BIBRA: *Jour Pract. Chem.*, 193, 1896.
11. — FITZPATRICK: *Z. Kryst*, 37 - 305, 1903.
12. — Gmelin Kraut's *Handbuch der Anorgan. Chemie*, 5 (1) - 590, 1909.
13. — DANA: *The System of Mineralogy*, 1909.
14. — CALDERÓN: *Los minerales de España*, 1 - 57, 1910.
15. — LOHEST: *Ann. Soc. Géol. Belg. (Bull)*, 45 - 76, 1923; *Revue Géologique*, 4 - 22, 1923.
16. — ZIEDEMANN: *Metall und Erz.*, 23 - 200, 1926.
17. — Doelter *Handbuch d. Mineralchemie*, III - 2, 1926.
18. — *Tafel Lehrbuch d. Metallhüttenkunde*, 164, 1927.
19. — PAPISH: *Economic Geology*, 23 - 660, 1928.

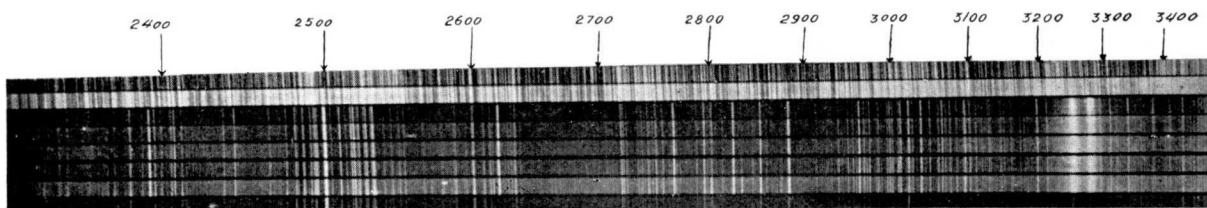
Espectro cuantitativo del Si en el cobre nativo



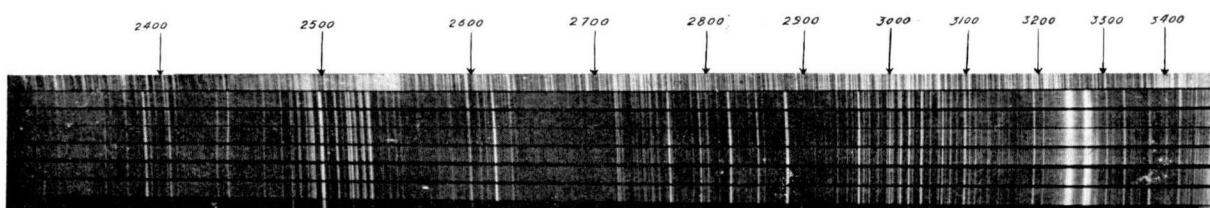
Cobres nativos



Fe
5
4
3
2
X
1
Carbon

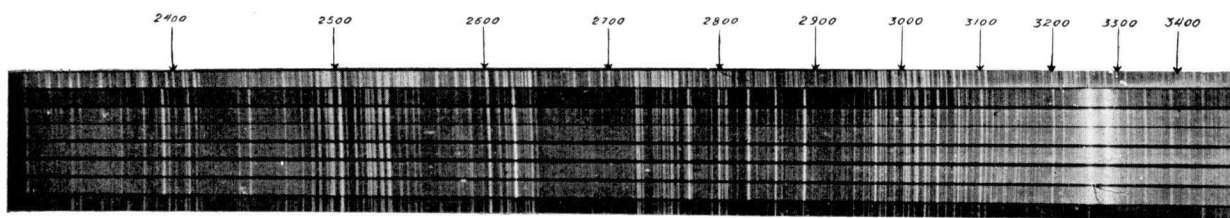


Fe
X
10
9
8
7
6
Carbon

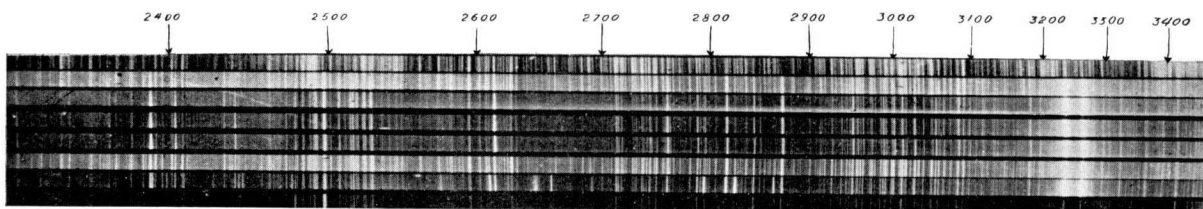


Fe
25
22
21
20
19
18
Carbon

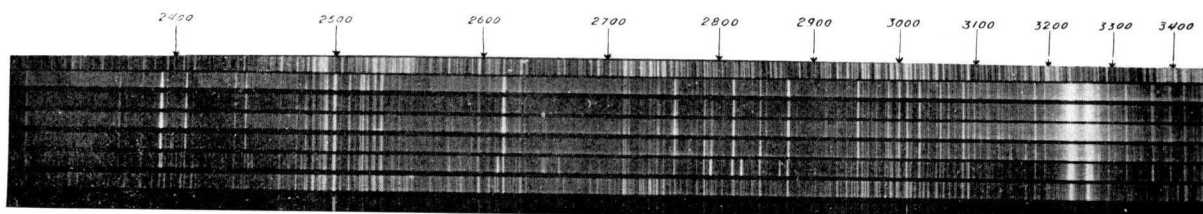
Cobres nativos



Fe
29
28
27
26
25
24
Carbon



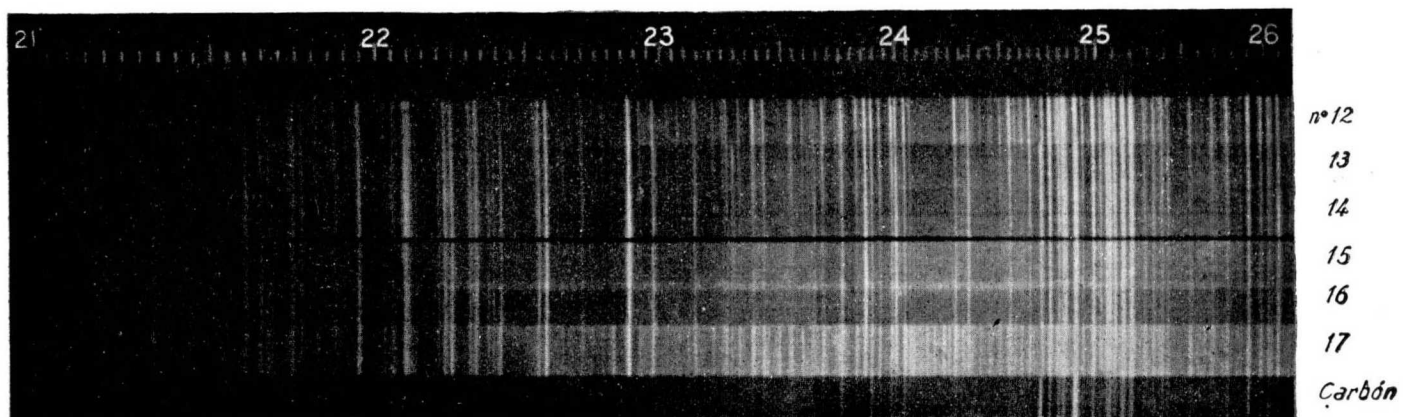
Fe
35
34
33
32
31
30
Carbon



Fe
40
39
38
37
36
X
Carbon



Cobres nativos



JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA

LA INDUSTRIA NEOLÍTICA EN CARDONA

En Cataluña, cruzando parte de las provincias de Lérida y Barcelona, se encuentra el río Cardoner, afluente del Llobregat, cuya cuenca está constituida, en su mayor parte, por terrenos oligocenos; en varios puntos de esta cuenca y en especial en Cardona, se han encontrado instrumentos sueltos de piedra pulimentada, lo cual puede pasar inadvertido debido al gran número de instrumentos neolíticos que se encuentran en Cataluña.

Hablando con los campesinos que trabajan en las viñas del valle de las salinas de Cardona, manifestaron que algunas veces habían encontrado objetos (fig. 6), que, reconocidos, resultaron ser, en su mayor parte, hachas de piedra pulimentada, lo cual me indujo por curiosidad a visitar los lugares en donde pudieran encontrarse tales objetos; algunos se descubrieron cerca de una cantera de sal, sirviéndome esto de orientación para indagar cuál fuera el probable sitio en donde el hombre neolítico de la supuesta aldea de Cardona, tenía una de sus mayores actividades, toda vez que en aquella época ya se trabajaba en las minas y se conocía la sal.

Entre los kilómetros 29 y 30 de la carretera de Manresa a Cardona está el valle de las salinas, en el que se encuentra una carretera particular; por este valle baja el arroyo Salado,

estando trazada dicha carretera por su margen derecha hasta su empalme con la de Manresa a Cardona, y en varios de sus puntos se ven antiguas explotaciones de sal común. Aunque en todas procuré buscar los instrumentos neolíticos, sólo los encontré en la cantera que aparece señalada en el croquis (fig. 1). En este valle recogió varias hachas en distintas ocasiones el prestigioso Ingeniero de Minas y gran conocedor de

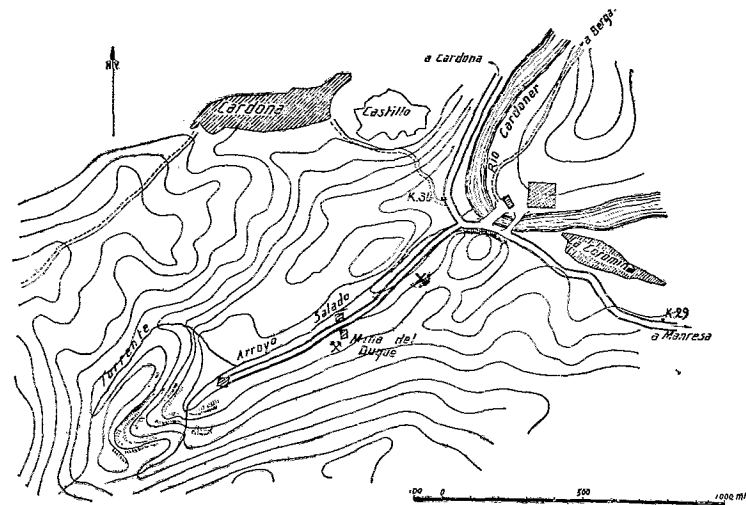


Fig. 1. — Cantera donde se encuentran los instrumentos neolíticos.

la cuenca potásica D. Agustín Marín, las que le sirvieron de fundamento para ser el primero en decir que el hombre neolítico ya trabajaba en las salinas de Cardona (1), poseyendo algunos como el hacha discoidal de la figura 2, desde el año 1920.

Los instrumentos mencionados los encontré entre la arcilla que recubre la cantera de sal, limitándome, cuando había

(1) Conferencia sobre «El estado actual de la minería de sales potásicas». — Madrid, 1933.

alguna tormenta que arrastraba considerable cantidad de tierras de recubrimiento, en buscar en lo que quedaba al descubierto alguno de estos instrumentos, removiendo si acaso estas tierras, con el fin de no infringir la ley de excavaciones, llegando a encontrar de esta manera hasta treinta piezas.

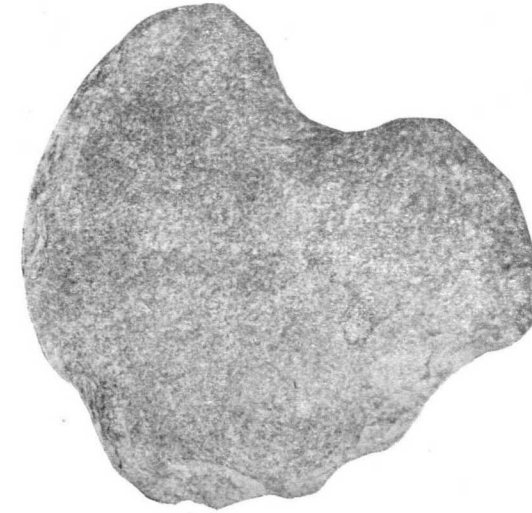


Fig. 2. — Hacha discoidal de las salinas de Cardona (escala $\frac{1}{2}$).

Los instrumentos procedentes de Cardona tienen la mayoría sección oval, mereciendo destacarse el cincel (fig. 3) de 140 milímetros de largo por 28 de ancho y 18 de espesor, por lo característico que es, presentando claras señales de percusión en la otra extremidad, y el de la figura 4, por lo bien conservado que está.

Aparecen bastantes hachas y cinceles presentando varias fracturas, mereciendo especial mención la pieza de la figura 2, que pudo ser empleada: primeramente, como molino de mano, y luego, transformada en hacha discoidal.

Es interesante el martillo de la figura 5 (estos martillos se

emplearon hasta los romanos), que presenta algunas fracturas, pero observándolo detenidamente, se puede ver cómo anteriormente fué también un molino de mano, confirmando tanto esta suposición como la del hacha de la figura 2, el hecho de haber encontrado en el mismo sitio tres molinos, dos enteros y otro al que le falta una lasca; dichos instrumentos tienen como dimensiones máximas 240 milímetros de largo por 180 de ancho y 70 de espesor.

Todos estos utensilios están hechos de una roca de color verde negruzco, presentándose algo mate, comprobando por su estudio micrográfico que es una ofita de los Pirineos bastante descompuesta. Este material puede proceder de las erupciones ofíticas que atraviesan los estratos triásicos, y que después de rodar algunos kilómetros por el nacimiento de Cardoner, los recogió el hombre neolítico quizás al Norte de San Lorenzo de Morunys, no teniendo inconveniente en trasladarse a este punto desde su aldea de Cardona, siguiendo el valle del Cardoner, con tal de encontrar un material que por sus cualidades de densidad, dureza y resistencia al choque, lo hacían propio para los trabajos en que había de emplearlo, y quizás aprovechara esta ocasión para algunos fines agrícolas, que con la ganadería, formaban parte de sus principales ocupaciones.

La sal que quedó al descubierto, gracias al anticlinal, cuyo eje cruza las salinas con dirección E.-O., parece ser que la arrancaba favorecido por la fuerte inclinación de sus estratos con buzamiento Sur, utilizando cuñas de madera y hachas, con lo que obtenían trozos de fácil transporte, que luego eran triturados y molidos, es decir, que seguían los clásicos procedimientos de la minería neolítica.

Sería interesante procurar encontrar más datos, no sólo del material que empleó el hombre neolítico en las salinas de Cardona, sino de su aldea; claro que se puede suponer que la

aldea de Cardona desaparecería en alguna de las bofias que continuamente se están formando, debido a la disolución de la sal, como ha ocurrido en épocas no muy lejanas con algunas edificaciones que figuraban en planos antiguos, y en la actualidad no quedan ni señales del lugar en que estuvieron. Pudo ocurrir lo mismo en la bofia que hay delante de la cantera, con el taller de molienda que debía estar en dicho lugar, y en el que existirían las piezas basales de los molinos, de los cuales no se encontró ninguna.

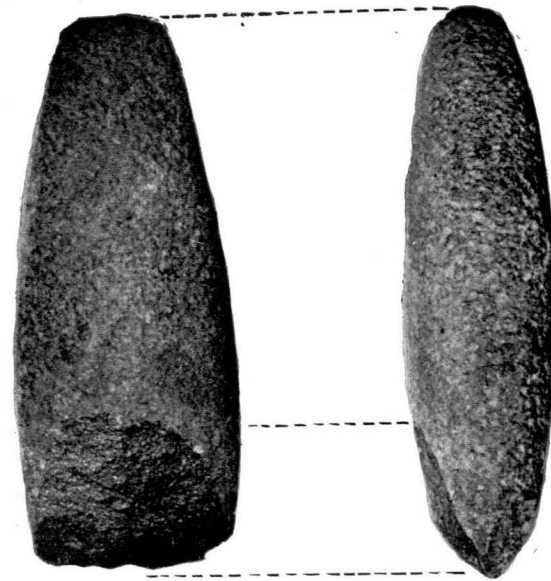


Fig. 3. — Cincel de las salinas de Cardona (escala $\frac{1}{2}$).

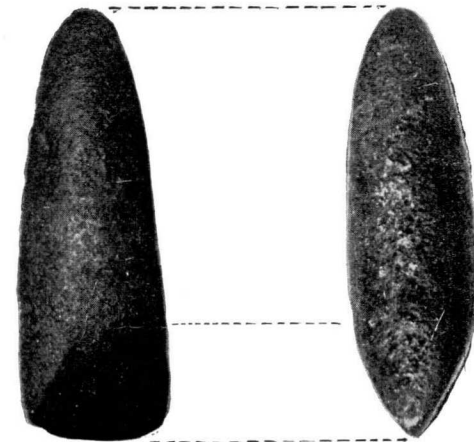


Fig. 4. — Cincel de las salinas de Cardona
(escala $\frac{1}{2}$).



Fig. 5. — Martillo de las salinas de Cardona (escala $\frac{1}{3}$).



Fig. 6. — Instrumentos varios del valle de las salinas (escala $\frac{1}{2}$).

JORGE DOETSCH

Dr. Ing., Ingeniero de Minas

ESPECIES MINERALES EN LA ZONA MINERALOGENÉTICA DE LOS CRIADEROS DE PIRITAS EN EL SUROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

La investigación episcópica de los minerales de la zona mineralogenética de los criaderos de piritas en el Suroeste de la Península Ibérica, dió por resultado la determinación de diversas especies. Este procedimiento fué aplicado por primera vez por Finlayson (1) a los minerales en cuestión. El objeto era más bien determinar la edad relativa de minerales conocidos, dado el pequeño desarrollo que por aquella época tenía este método. Algo parecido hizo Scotti (2). Años más tarde esta forma de investigación había alcanzado gran perfección, y A. Bateman (3) hizo un notable estudio de las piritas, demostrando la existencia de 10 especies, dos de ellas dudosas (señaladas con B). P. Ramdohr (4), en los trabajos que prece-

(1) MONCRIEFF FINLAYSON, A. — «Pyritic Deposits of Huelva», *Spain, Econ. Geol.*, Vol. 5, 1910.

(2) SCOTTI. — *Beitrag. zur Frage der Entstehung der Schwefelkieslagerstätten in Süden der Iberischen Halbinsel*. Dissertation. Aachen, 1914.

(3) BATEMAN, A. — «Ore deposits of the Río Tinto.» *District Econ. Geol.*, Vol. 22, 1927.

(4) SCHNEIDERHÖHN y RAMDOHR. — *Lehrbuch der Erzmikroskopie*, 1931.

dieron a su obra magistral y clásica, en unión de H. Schneiderhöhn, determinó 15 especies nuevas (señaladas con R). Además comprobó la existencia de dos especies, *erubescita* y *bournonita*, que aparecían como dudosas. Con motivo de los recientes estudios que hemos efectuado bajo la dirección de P. Ramdohr (5), pudo ser clasificada por éste, con alguna certeza, la *meneghinita*.

A continuación damos los nombres de las especies determinadas, empezando por los minerales de los elementos metálicos, reuniéndolos en grupos, dentro de los cuales se hallan clasificados según el método seguido en la obra citada (4). Después se citan los minerales de la ganga y, finalmente, silicatos cuyo origen se debe a la acción de soluciones juveniles y en muy pequeña parte vadosas, sobre la roca de la caja.

Minerales de hierro

Pirrotina Fe S (R).
 Pirita Fe S₂.
 Marcasita Fe S₂ (R).
 Mispickel Fe As S.
 Loellingita Fe As₂ (R).
 Berthierita (?) Fe Sb₂ S₄ (B).
 Hematites pardas Fe₂ O₃ H₂ O.
 Magnetita Fe₃ O₄.

Minerales de cobalto

Esmaltina Co As₂ (R).
 Safflorita Co As₂ (R).
 Cobaltita Co As S (R).

(5) DOETSCH, J. — *Beitrag zur Klärung der Entstehungsträge der südwest iberischen Kieselagerstätten*. Dissertation. Aachen, 1933.

Minerales de níquel

Gersdorffita Ni As S (R).
 Ullmannita Ni Sb S (B).
 Rammelsbergita Ni As₂ (R).

Minerales de cobalto y níquel

Linneita (Co Ni)₃ S₄ (R).

Minerales de cobre

Cobre nativo Cu.
 Calcosina Cu₂ S.
 Withneyta Cu₉ As (B).
 Umangita (?) Cu₃ Se₃ (B).
 Covelina Cu S.
 Erubescita Cu₅ Fe S₄.
 Calcopirita Cu Fe S₂.
 Wolfsbergita Cu Sb S₂ (B).
 Bournonita Cu Pb Sb S₃.
 Tetraedrita Cu₈ Sb₂ S₇ (B).
 Enargita Cu₃ As S₄ (B).
 Famatinita Cu₃ Sb S₄ (B).
 Luzonita Cu₃ As S₄ (B).
 Cuprita Cu₂ O.
 Tenorita Cu O (R).

Mineral de cinc

Blenda Zn S.

Minerales de plomo

Galena Pb S.
 Jamesonita Pb₂ Sb₂ S₅ (?) (R).

Bournonita Cu Pb Sb S₃.

Meneghinita (?) 4 Pb S Sb₂ S₃ (R).

Minerales de bismuto

Bismuto nativo (R).

Bismutina Bi₂ S₈ (R).

Mineral de bismuto, cobalto y níquel

Hauchecornita (NiCo)₇ (S Sb Bi)₈ (B).

Hay que citar, además, el azufre nativo (R).

Minerales que forman parte de la ganga o se encuentran aislados, son: cuarzo, calcita, dolomia, siderosa, malaquita, azurita, barita, anglesita, yeso, alunita, cianosa (?), sulfatos de hierro y fluorita (?).

Sericita, clorita y caolín, se citan entre los silicatos.

De los 33 elementos, descontando H y O, que han sido encontrados por los análisis químicos y espectrales efectuados sobre minerales, excluyendo los silicatos (5), que son: Na, Mg, Al, Si, P, S, K (?), Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Se, As, Sr, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Ba, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, sólo S, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sb, Pb y Bi, forman parte de especies minerales definidas.

Es de suponer que prosiguiendo estos estudios, se encontrarán nuevas especies.

INFORMACIONES DE CARÁCTER GEOLÓGICO

Primera Región: Noroeste.

Los niveles marinos en el Pozo «Fondón» (Langreo).

El pozo «Fondón», de la Sociedad Metalúrgica Duro-Felguera, situado en Sama de Langreo, corta la serie carbonífera desde el paquete de las «Generalas» hasta el de «Sotón». He recorrido la serie desde el paquete primeramente citado hasta la capa «Señorita» del segundo y recogido bastante material paleontológico a diversos niveles. Al techo de la «Señorita» se encuentra una falla que interrumpe el perfil normal. Por esta causa y tratándose aquí del estudio de la sucesión normal de los niveles marinos, sólo he recorrido la parte mencionada de la serie hullera del «Fondón».

Bajando estratigráficamente se encuentra los siguientes niveles marinos, en los que indico al mismo tiempo los caracteres más salientes de su fauna, actualmente en estudio:

Techo «Señorita». — Gasterópodos (*Bellerophon*, *Murchisonia*); Lamelibranquios.

Techo carbonero, techo «Nivel». — Gasterópodos (*Bellerophon*, *Murchisonia*); Lamelibranquios (*Myalina* y otros); Braquiópodos (*Streptorhynchus*).

A dos metros techo, carbonero, 2.º; techo «Dos Venas». Braquiópodos (*Productus*).

Techo carbonero, techo «Voz». — Restos mal conservados.

Techo primer carbonero, muro «Voz». — Lamelibranquios (*Myalina*).

Techo segundo carbonero, muro «Voz». — Restos mal conservados.

Techo «Angelita». — Constituye uno de los niveles más característicos de la cuenca, tanto por su constancia como por su riqueza en especies. Foraminíferos (*Fusulina*, *Fusulinella*, *Tetrataxis*); Coralaris (*Zaphrentis*); Tallos de Crinoides; Briozoos (*Fenestella*); Braquiópodos (*Spirifer mosquensis*, *Aulacorhynchus*); Gasterópodos (*Bellerophon*, *Murchisonia*, *Laxonema*), Lamelibranquios (*Astarte*, *Schizodus*, *Sanguinolites*, *Myalina*, *Aviculopecten*); Trilobites.

Techo carbonero, a diez y ocho metros muro «Angelita». Foraminíferos (*Fusulina*); Tallos de Crinoides; Briozoos (*Fenestella*); Braquiópodos (*Spirifer mosquensis*); Lamelibranquios (*Aviculopecten*).

Techo carbonero, entre carbonero muro «Angelita» y carbonero techo «Paula». — Lamelibranquios (Abundantes *Myalinidos*).

Techo carbonero, techo «Paula». — Restos mal conservados.

Techo «Paula». — Restos mal conservados.

Techo carbonero, muro «Paula». — Lamelibranquios (*Aviculopecten*).

Techo carbonero, techo «Pudinga». — Coralaris (*Zaphrentis*); Braquiópodos (*Productus*).

Techo carbonero primero, muro «Pudinga». — Lamelibranquios en gran número (*Bellerophon*).

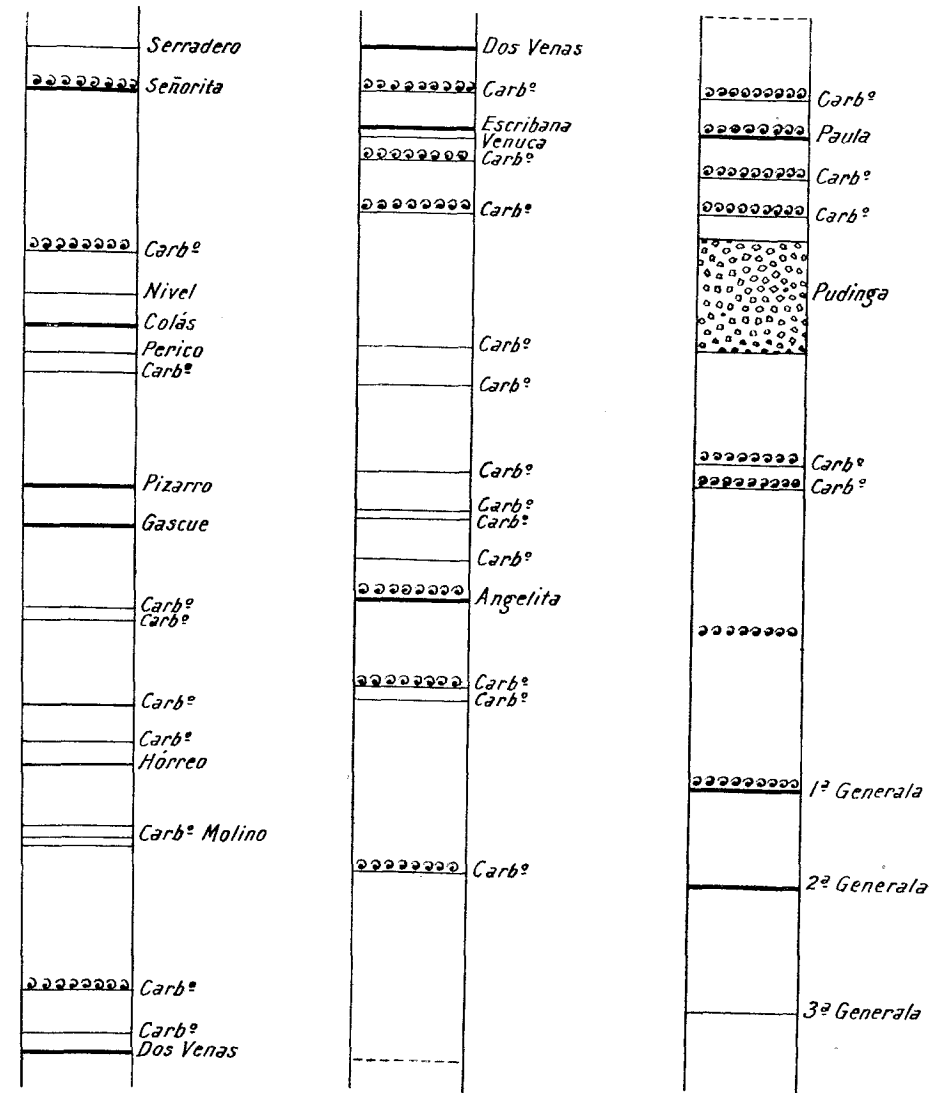
Techo carbonero, segundo muro «Pudinga». — Restos mal conservados.

A cuarenta metros techo primera «Generala». — Coralaris

LOS NIVELES MARINOS EN EL POZO "FONDÓN"

LANGREO. ASTURIAS

Escala 1:2.000



solitarios (*Zaphrentis*) y coloniales; Braquiópodos (*Spirifer mosquensis* y otros Lamelibranquios.

Techo primera «General». — Aunque por el mal estado de conservación de la galería recorrida no encontré fósiles al techo de ésta capa en este pozo, en la mina «Barredos» se han encontrado *Fusulinas*, además de otros fósiles marinos. Puede, pues, considerarse esta capa aquí también como nivel marino.

El adjunto corte da idea de la distribución de los niveles marinos en el pozo «Fondón».

Laboratorio de Paleontología del Carbonífero del Instituto Geológico y Minero. — *Ricardo Madariaga*.

Segunda Región: Norte.

El Flysch en Yesa (Navarra).

En reciente excursión, efectuada en unión de los Ingenieros de Caminos Sres. Sáenz y Valdés, para reconocer el cierre del pantano de Yesa (Navarra), en el río Aragón, he podido comprobar que la facies de *Flysch*, que tienen los sedimentos eocenos a lo largo del río, queda justificada en su clasificación por el encuentro de la fauna *hieroglifida*, atribuida a este terreno.

La disposición de los estratos es la típica de esta clase de formaciones de mares oscilantes: margas arcillosas y arcillas alternando con calizas sabulosas y maciños, conjunto muy pre-dispuesto al deslizamiento, de acuerdo con su denominación, no sólo por la disconformidad litológica repetida en sus capas, sino por el rápido meteorismo de sus margas arcillosas y su buzamiento pronunciado hacia el Norte (ladera derecha).

La fauna propiamente del *Flysch* la hemos encontrado

concentrada en la superficie de los bancos de maciño de poca potencia.

Los fósiles determinados en su mayor parte por el estudio de mi inolvidable maestro Sr. Azpeitia (1), son los siguientes:

Arenicola, dig. 34, Azpeitia.

Helicolithus Fabregae, Azpeitia, fig. 10.

Lorenzina apenninica, Gab., fig. 7.

Helicolithus Sampelayoi, Azpeitia, fig. 11.

Palæodictyou minutum, Kind., 12-13.

Cylindrites submontanus, Azpeitia, 21-B.

Scolicia prisca, Quatre., 22.

Tránsito a *H. sinousa*, Azpeitia, 24-B.

Helminthoide labyrinthica, Heer, 28.

Münsteria.

Halimenites.

En los bancos de calizas sabulosas con algunos gruesos cantos de cuarzo que hacen recordar depósitos terciarios hasta del oligoceno, hemos recogido:

Ostrea Roualti, Mall.

Pecten.

Cerithium pseudocorrugatum?, D'Orb.

Cerithium lamellosum?

Turritella.

Scutellina Linderi?, Cott.

Y, por fin, en otras calizas delgadas, hemos visto los siguientes foraminíferos:

Nunmulites Roualti, Darch.

Nunmulites perforata, D'Orb.

Assilina exponens, Lon.

(1) «Datos para el estudio del *Flysch* de la Costa Cantábrica, y de algunos otros puntos de España», por Florentino Azpeitia Moros, Ingeniero de Minas. — *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 1933.

Alveolina sp.

Orbitoides sp.

Conjunto que justifica la suposición de edad *Luteciense*.
Madrid, 8 de enero de 1935. — P. H. Sampelayo.

Nuevas manchas del Wealdense y del Trías en Guipúzcoa.

Wealdense. — Siguiendo la carretera que de Tolosa conduce a Azpeitia, por Vidania y Goyaz, pasado el puerto que sigue a este pueblo, existe una formación caliza con suave buzamiento a poniente, en la que se explotó una pequeña cantera con el fin de aportar materiales para la construcción del refugio allí emplazado por el pintor Zuloaga. En dicha cantera, en una caliza negra, fétida, en la que destacan los fósiles en colores claros, hemos recogido ejemplares de *Nerinea* que, aunque todavía sin clasificar, fueron atribuidos al tramo wealdense por los asistentes a la excursión que a fines de este último verano organizó la Sociedad Geológica de Francia, opinión que fué corroborada al encontrar unos kilómetros más abajo, en dirección a Azpeitia, en las areniscas rojas de la misma formación, restos de gasterópodos que indicaban el carácter lacustre de estos estratos.

Trías. — Sobre la misma carretera, más próximo aún a Azpeitia, hacia el kilómetro 47, se encuentra un asomo ofítico con carniolas y margas irisadas del Trías, mancha de superficie bastante extensa puesto que se sigue sin discontinuidad por la zona comprendida entre esta carretera y la que partiendo del mismo Vidania va también a Azpeitia pasando por Régil, corriéndose hacia el Sur por el valle, hasta las proximidades de este último pueblo. Por el SO. se extiende hacia la carretera de Azpeitia a Beasain. — J. Mendizábal. — M. de Cincúnegui.

Nota sobre un asomo estrato-cristalino en las proximidades de Estella.

En la excursión que recientemente ha realizado por las provincias de Navarra y Guipúzcoa la Sociedad Geológica de Francia, consideramos de indudable interés la visita al asomo de rocas pertenecientes al estrato-cristalino que se encuentra en las proximidades de Estella, en término de Arbeiza, único de esta edad que se halla en la región vasco-navarra y difícilmente relacionable con los más próximos de la misma formación, situados en la zona NO. de la Península.

La primera noticia de este asomo aparece el año 1897 en un trabajo de D. Pedro Palacios, titulado «Ofitas de la provincia de Navarra», que se publicó en el tomo II de la segunda serie del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*. En la página 65, y como final del epígrafe «Isleos ofíticos de Estella», dice textualmente: «al pie de la cual (altura de Mojardín), en su lado Norte, se ven además indicios evidentes de un asomo de pizarras estrato-cristalinas».

Posteriormente, el mismo autor, en su Memoria *Los terrenos mesozoicos de Navarra*, dice en la página 49:

«Recordaré por último que en esta misma mancha, cerca de la cumbre del monte Arbeiza, aflora una estrecha banda de gneis y micacitas, puesta en descubierto por una falla que rasga las calizas del horizonte superior del triás, las cuales se muestran aquí apoyadas directamente sobre la formación estrato-cristalina.»

En cuanto al origen de este asomo, desechando la hipótesis de una acción de metamorfismo que no parece probable por la forma en que se presentan esas rocas, parece atribuible a un fenómeno de diapirismo análogo al que indicábamos en

esta misma publicación (1) y en la Memoria explicativa de la Hoja de Eulate con respecto al asomo triásico de Maeztu.

En la discusión que sobre este tema surgió en las reuniones que se celebraban durante los días de aquella excursión, prevaleció la opinión sustentada por nuestros compañeros señores del Valle y Marín de que, contra la teoría de un pliegue de fondo, se trataba de un pliegue diapiro motivado por la fractura del fondo herciniano, la cual al poner en contacto en los labios de la falla las formaciones triásica y arcaica, pudo la primera en su ascensión arrastrar un bloque de la segunda incrustado en su masa plástica.

La línea de falla jalonada en dirección casi N.-S. por los asomos diapíricos de Salinas de Oro, Arteta y Atondo, que hizo resaltar el Sr. Valle y que debe formar el cisallamiento de Santa Bárbara señalado por Lamare, indica una línea de débil resistencia que tal vez se prolongue hacia el Sur con el apósis paleozoico de la Cordillera Ibérica, línea débil que hace recordar a la que describíamos en la Hoja de Eulate al tratar del hundimiento de Corres, y que, según indicaba también el Sr. Marín, pudo ser en tiempos anteriores al triás el núcleo de los materiales arcaicos arrancados por el pliegue diapiro. — J. Mendizábal. — M. de Cincúnegui.

Cuarta región: Centro.

Nota paleontológica e hidrológica.

En las excursiones geológicas que hemos hecho recientemente por las zonas de Barahona (Soria) y Maranchón (Guadalajara) para hacer los estudios necesarios para la confección de las hojas geológicas correspondientes al plano 1 : 50.000,

(1) Vol. IV, núm. 4.— «Nuevo asomo triásico en la provincia de Álava». Año 1932.

hemos encontrado algunas curiosidades que juzgamos interesantes dar a conocer.

En el Lías de la hoja de Maranchón, hacia la parte de Layna (Soria), hay grandes cantidades de fósiles de cefalópodos tetrabranquios y del braquiópodo *Terebratula biplicata*. Entre estos ejemplares hemos hallado algunos restos que merecen analizarse con detalle.

Con relación a los primeros tenemos recogidos unos fragmentos pertenecientes al género *Harpoceras*, y presentan la particularidad de que son unos moldes internos, tan perfectamente conservados, que muestran bastante bien las suturas de sus conchas. Estas suturas, por efecto sin duda de una compresión desigual, aparecen algo deformadas. Las hemos comparado con las que conocemos de los cefalópodos del Lías y vemos que sin ser exactamente iguales se aproximan mucho a las de las especies *Harpoceras radians* y *H. Levisoni*. Estas especies son del Lías medio y superior, pero se encuentran más abundantes en el medio. Acompañamos una fotografía de nuestros ejemplares y una reproducción de las suturas perfectas de estas especies; así el lector se dará bien cuenta de lo que acabamos de exponer.

En los múltiples ejemplares de *Terebratula biplicata* que hemos visto tenemos observado que hay mucha diversidad en la cifra que representa la relación de la altura al ancho de la concha. Esta relación varía entre los límites 1,61 y 1,01; pero, sin embargo, hemos hallado un ejemplar en que es algo más de 1,75. Como vemos, esta cifra se aleja bastante de las anteriores, y sobre todo de la segunda. En la fotografía que acompañamos de este fósil, obtenida en unión de otro de la misma especie cogido al azar, se advierte en seguida la diferencia tan grande que hay con respecto a la altura. Este fósil lo consideramos como una variedad de la *T. biplicata* y tanto más si tenemos presente que son iguales los demás caracteres re-

lativos a la charnela, foramen, deltidium, y corchete. Ahora bien, mirado de costado, se nota que las comisuras laterales difieren bastante de las de la *Terebratula biplicata*. En ésta tienen la forma de un arco muy asimétrico que hace un entrante rápido cerca del borde frontal, y en la supuesta variedad aparecen arqueadas suave y casi simétricamente. Esta circunstancia, unida a la relación distinta del alto al ancho, autoriza a suponer que este fósil puede ser una especie nueva. A pesar de esto, hasta que no veamos confirmadas estas diferencias en otro resto fósil de naturaleza análoga nos limitaremos a considerarlo como una variedad de la *Terebratula biplicata*.

En una *Terebratula biplicata* típica hemos descubierto la incrustación de una colonia de briozoario perteneciente al género *Berenicea*. Reproducimos una fotografía suya muy ampliada y en ella se distingue perfectamente la colonia fósil. Este ejemplar no tiene por desgracia el grado de conservación suficiente para que podamos apreciar la especie a que pertenece. Las especies de este género se diferencian por la forma de los bordes de la colonia, pero como en la que analizamos, según se advierte en la fotografía, no se han conservado con claridad, es completamente imposible hacer la determinación específica.

En el Cretáceo de la zona de Barahona (Soria) hemos tenido ocasión de recoger gran número de fósiles ammonitados. Todos son moldes internos con grados de conservación muy variable, y algunos aparecen con las conchas bien fosilizadas. Entre ellos hemos visto dos moldes internos en los que se distinguen perfectamente las suturas fosilizadas de la concha, hecho, como se sabe, que no es frecuente.

Estas suturas que reproducimos recuerdan algo las del género *Pseudotissotia*, pero no deben pertenecer a él porque tienen una gran diferencia: las lobas y sillars de su lado interno tienen un festoneo fuerte que no hay en las homólogas del

Pseudotissotia. Las suturas de nuestros fósiles presentan una gran analogía con la del género *Oxynticerias*, y como no hemos encontrado otro ammonitado del Cretáceo que tenga suturas más afines, suponemos que esos restos son fragmentos deformados del referido género. Reproducimos la sutura perfecta del *Oxynticerias* para que se pueda comparar con las que estamos analizando. Nuestra opinión es que esos cefalópodos fósiles son más bien una variedad del género *Oxynticerias*.

* * *

En el tramo del Keuper de la parte NO. de la hoja de Maranchón, número 434, hemos visto a la izquierda de la carretera general de Madrid a Barcelona, cerca del kilómetro 146, en el paraje donde está enclavado el cruce con el río Jalón, dos manantiales de agua sulfhídrica, los cuales están casi junto al referido río.

El contenido en gas del agua es el siguiente:

	Ácido sulfhídrico SH ₂
Manantial Norte.....	0,0063 gramos en litro.
— Sur.....	0,0520 — —

El agua brota con la temperatura del ambiente. No hemos podido efectuar un aforo por las malas condiciones del nacimiento; para ello sería preciso realizar algún trabajo serio de captación.

Hasta ahora no se han aprovechado estos manantiales. Realmente no es explicable, si se tiene en cuenta que su ley sulfhídrica es poco más o menos igual a la que tienen algunos similares de España que gozan de buena reputación. A continuación damos la lista de los más importantes y por ella se ve la realidad de lo que afirmamos:

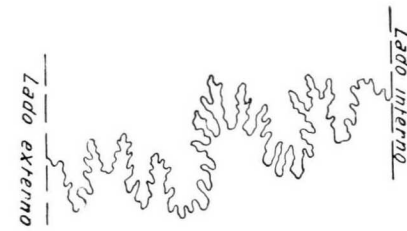
Aramayona (Alava).	0,0445	gramos en litro.
Zuazo (Alava).	0,0060	— —
Corconte (Santander).	0,0340	— —
Chiclana (Cádiz).	0,1220	— —
Gigonza (Cádiz).	0,1110	— —
Hervidores Emperador (Ciudad Real).	0,0230	— —
Carballo (Coruña).	0,0900	— —
Bañolas (Gerona).	0,0280	— —

No es fácil justificar la presencia de estos manantiales sulfhídricos y únicamente podría hacerse si recordamos que en la formación del Trías superior de esa comarca abundan mucho los yesos negruzcos cuya coloración es debida a sustancia carbonosa de procedencia orgánica.

La presencia frecuente de estos yesos negruzcos parece indicar que las sustancias orgánicas han jugado un papel muy importante en estas sedimentaciones triásicas del Keuper. De ser así no sería difícil explicar la formación de esos manantiales. La sustancia orgánica, al descomponerse, habrá producido gas de los pantanos, es decir, metano (CH_4), y éste, al atravesar las capas que se hayan formado con el yeso que llevasen las aguas en disolución, habrá reducido ese cuerpo, dando lugar a la formación del gas sulfhídrico. La reacción habrá sido la siguiente:



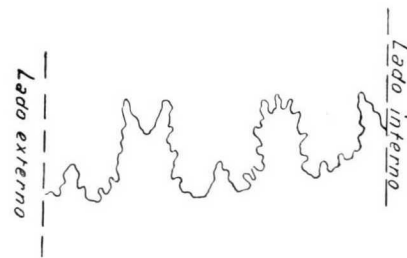
En esta reacción se forma también agua, y ésta ha debido disolver el gas, dada su facilidad de disolución. Ahora bien, como este proceso no produce agua bastante para disolver todo el gas, es muy posible que parte de éste haya caminado a través de las grietas del terreno, y en su recorrido puede haber encontrado veneros de agua que lo hayan disuelto por completo.— *Luis Jordana Soler.*



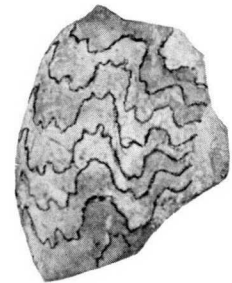
Suturas perfectas de *Harpoceras radians*,
Orb.



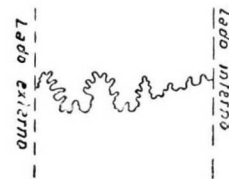
Harpoceras radians, cf. Orb.
Tamaño natural.



Sutura perfecta del *Harpoceras Levisoni*,
Simp.



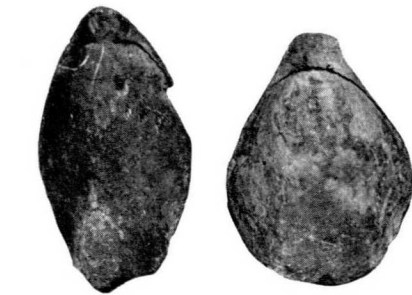
Harpoceras Levisoni, cf. Simp.
Tamaño natural.



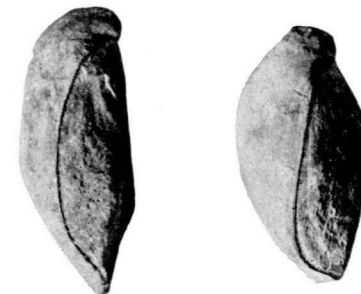
Sutura perfecta del *Oxynoticeras oxynotus*,
Quenst.



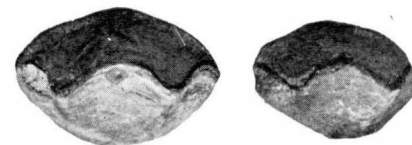
Fotografía de los fósiles que suponemos variedad
del género *Oxynoticeras*. Tamaño natural.



a



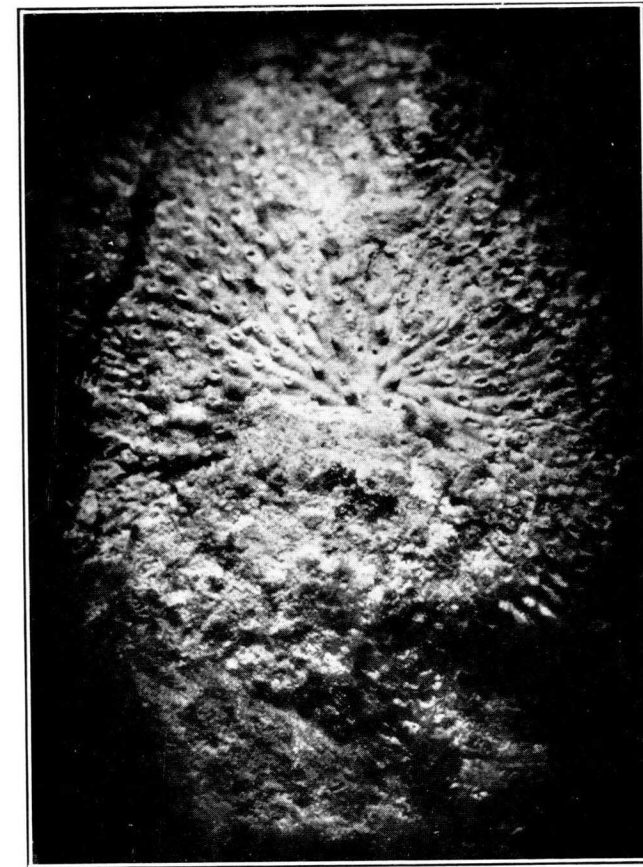
b



c

Fotografías de dos *Terebratulas biplicata*, Sow., de las que suponemos que la de la izquierda es una variedad de esa especie.

a. Vista de frente. b. Vista de costado. c. Vista del lado de la comisura frontal.



Colonia del briozooario *Berenicea*, incrustada en un ejemplar del braquiópodo *Terebratula biplicata*, Sow. $\times 12$.

Quinta Región: Oeste.

El mioceno de Badajoz.

Recogiendo las observaciones efectuadas en reciente excursión geológica por la provincia de Badajoz, con objeto de estudiar la cuenca neogena de aquella región, hemos presentado una pequeña Memoria, de la que adelantamos en esta nota un resumen explicativo de los puntos que nos han parecido más interesantes.

Bordes de la cuenca.— Aunque de poco espesor y anchura, la formación miocena de Badajoz tiene gran extensión longitudinal, corriendo desde la frontera portuguesa, al Oeste de Badajoz, hasta Don Benito, en continua coincidencia con el Guadiana, y desde esta ciudad, al Este, siguiendo el cauce del Gargáliga, muy recubierto en su final por cuaternario. La zona más interesante es la que arranca de Mérida en dirección perpendicular a la anterior, y se extiende por Almendralejo y Villafranca de los Barros, hasta cerca de los Santos de Maimona, al NE. de Zafra.

La cuenca miocena está encerrada en el paleozoico representado por el siluriano en los bordes Norte y Este, y por el cambriano, y estrato-cristalino al Oeste y Sur. Todo ello salpicado por multitud de asomos eruptivos, de los cuales citaremos, como más importantes por su extensión, los graníticos de Don Benito hacia Castuera, el de La Roca, que según hemos podido comprobar llega hasta las cercanías de Montijo, y el isleo de Mérida. La variedad de estas rocas eruptivas es enorme, debiendo mencionar como nuevo el hallazgo de una mancha de «sienita augítica» (según clasificación microscópica del Sr. Barrón del Real), en el lugar llamado Cansines, al NO. de La Albuera.

La orientación general del paleozoico es de SE. a NO., con buzamiento general al NE. Es decir, ciñéndose a las directrices de los movimientos hercinianos en esta parte de España.

El cambriano, cuya diferenciación con el estrato-cristalino se hace en ocasiones muy difícil, está representado en su tramo inferior por unas pizarras verdes arcillosas muy comprimidas y estratificadas, y por las grawakas en tránsito a cuarcitas. El cambriano medio es el más clásico, y lo constituyen las calizas grises bien compactas y en facies muy variadas; la sincronización del acadiense ha sido efectuada recientemente (1933) por los Sres. Hernández-Pacheco, al encontrar en las proximidades de Alconera, al SO. de Zafra, un yacimiento de *Archæocyatidos*, que demuestra la identidad de este término con el conocido desde antiguo en Córdoba. Por último, el postdamiense lo consideramos presente en unos paquetes de psamitas y pizarras muy silíceas.

El siluriano, más fosilífero, ha podido ser comprobado en diferentes niveles. Las fuertes corridas de cuarcita ordoviciana, entre las que se desenvuelven los tramos pizarrosos, contienen *Cruzianas* en Cabeza de Buey, y señales de *scolithus* y pistas, cerca de la Sierra de las Ortigas. La segunda fauna de Barrande se encuentra con cierta abundancia en Herrera del Duque y Fuenlabrada de los Montes, representada por restos de:

Redonia Duvaliana, ROU.

Bellerophon bilobatus, SOW.

Asaphus nobilis, BARR.

Calymene trisani, BRONG.

Calymene arago, ROU.

Y, en fin, en las proximidades de Cabeza de Buey, las ampolitas con *Monographus*, demuestran la existencia del siluriano superior.

Saliendo de Don Benito, hacia Manchita, por la Sierra de

las Ortigas, hemos podido comprobar la presencia de todos estos tramos del siluriano que se desenvuelve hacia el SO., tomando como base la cuarcita del depósito de agua de Don Benito, correspondiente a la corrida Magacela-Medellín.

Geología de la cuenca. — El mioceno de Badajoz, que por sucesivas erosiones o trastornos ha quedado convertido en un isleo, fué parte positivamente de otra formación neogena de mucha mayor extensión y de la que ahora se encuentra aislada. En el intento de referirla a alguna de las peninsulares, nos encontramos con tres grandes cuencas: al NE., con la de la meseta central; con la del bajo Guadalquivir, al Sur, y, por último, con la del Tajo, al Oeste, en Portugal.

Importantes accidentes, de origen herciniano, se oponen a la posibilidad de que haya existido una comunicación entre la cuenca extremeña y las dos citadas en primer lugar. Las fuertes estribaciones de Sierra Morena, enlazadas con las de los Montes de Toledo y con Sierra de Gata, más al Norte, son obstáculo suficiente para suponer que esta espina montañosa haya impedido desde su levantamiento la comunicación entre las formaciones más modernas de sus dos vertientes.

Por otra parte, la falla del Guadalquivir interrumpe el avance hacia el Norte de los depósitos neogenos andaluces, fenómeno que se pone de manifiesto en los altos escarpes, situados en la margen derecha del río, en cuyas alturas no se ven representados los depósitos modernos de la margen izquierda.

Finalmente, la proximidad del mioceno del Tajo, y la falta de grandes accidentes topográficos entre las cuencas extremeña y portuguesa, nos hacen referir a ésta el isleo terciario de Badajoz, que originariamente estaría, con toda seguridad, unido a ella.

La formación y estratigrafía del valle bajo del Tajo, han sido perfectamente estudiadas por el Sr. Torres, jefe de la Sección del Servicio Geológico de Portugal, apoyándose en

los restos de mamíferos encontrados y clasificados por el Dr. Román, de la Universidad de Lyon. De su publicación *Le néogène continental dans la basse valle du Tage*, tomaremos los datos necesarios para intentar la sincronización con los tramos cortados en los sondeos de Badajoz.

Los mamíferos encontrados en Portugal caracterizan los siguientes niveles:

1.º Horta das Tripas (Lisboa). — Burdigaliense (capas de facies marina), con restos de:

Ceratorhinus Tagicus (ROMÁN).

Rhinoceros, sp.

Brachyodus Onoideus (GERVAIS).

Palæocherus Aurelianensis (STEHLIN).

Pseudælorus transitorius (DEPÈRET).

2.º Marvilla. — Helvetiense (areniscas y arenas de facies marina), con:

Mastodon angustidens (CUVIER).

3.º Aveiras de Baixo. — Tortoniense superior (capas continentales), con:

Ceratorhinus sansaniensis (LARTET).

Listriodon splendens (H. V. MEYER).

Sus palæocherus (KAUP).

Dicrocerus, sp. (?).

Machairodus, Jourdani (FILHOL).

4.º Azambujo. — Sarmatiense, con:

Hyotherium simorrense (LARTET).

5.º Archino y Azambujo (horizonte superior). — Pontiense, con:

Hipparion gracile (KAUP).

Palæoryx pallasi (WAGNER).

Tragocerus Amaltheus (ROTH. y WAGNER).

Mastodon longirrostris (KAUP).

Según Román, el movimiento de inmersión que dió origen

a los depósitos miocenos comienza en el burdigaliense, continúa en el helvetiense y termina en el tortoniense. Ahora bien: esta transgresión no llega a Aveiros de Baixo, cuyos depósitos son terrestres, igual que las margas pontienses de Archino y Azambujo.

A estos bordes continentales, no alcanzados por la transgresión marina, es a los que hay que referir la formación de Badajoz, de tipo, desde luego, continental.

Los sondeos efectuados en Don Benito, Montijo, Puebla de la Calzada, Lobón y Almendralejo, son una verdadera escala estratigráfica, a través de los terrenos modernos muy horizontales. Todos ellos presentan características similares. Después de 8 a 10 metros de arcillas rojas y cantos rodados, representantes del cuaternario, se entra en unos tramos (de espesor máximo 80 metros) que marcan una alternancia muy peculiar de margas arcillosas con areniscas, que en ocasiones llegan a verdaderos conglomerados por diferenciación de sus elementos.

El estudio comparativo de los diferentes tramos cortados, con los niveles litológicos que, en número de 10, propone el Sr. Torres para la cuenca neogena del Tajo, nos lleva a la consecuencia de que el grueso del mioceno de Badajoz corresponde a los niveles 3 y 4 de Torres, y, por lo tanto, aceptamos para la cuenca del Guadiana la determinación de vindiboniense superior continental (tortoniense-sarmatiense) propuesta para el Tajo por los insignes profesores y apoyada en la clasificación de los mamíferos encontrados por el Dr. Román, en Azambujo.

Dejamos para otra ocasión el detallar con más espacio las consideraciones que nos han conducido a la afirmación anterior. — *Alejandro H. Sampelayo.*

Africa

Los archæocyathidos de Ifni

En reciente excursión por el territorio de Ifni (abril 1935), nuestros compañeros los Ingenieros de Minas Sres. Dupuy de Lôme y Pastora, han descubierto unas corridas de caliza negra con vetas de espato, las cuales ofrecen, en algunos puntos de la superficie, una faunela de *archæocyathidos*.

Un primer examen permite asegurar que la roca y el conjunto de las especies fósiles son idénticas a las señaladas y figuradas por los geólogos franceses Boucart y Villain (1931) en su estudio sobre las calizas de Sidi-Muza (Marruecos francés).

Los ejemplares, que serán unos 20 ó 30, proceden de dos yacimientos. El Ugug (en ruinas) y Río Asaka, sin que se note diferencia esencial, ni litológica ni paleontológica, entre ambos yacimientos.

Damos a continuación la lista de especies que han sido determinadas en el laboratorio de paleontología de nuestro Instituto (1).

Archæocyathus Ajax, T.

A. Sellicksi, T.

A. retesepta, T.

A. Icnusae, BORN.

Coscinocyathus verticillus, BORN.

» *cancellatus*, BORN.

» *calatus*, BORN.

» *corbicula*, BORN.

» *trachealis*, T.

(1) Actualmente esta sección está constituida por los Sres. Sampe-layo (P. y A.), Almela y Revilla.

Coscinocyathus aff. *tener*, BORN.

» *vesica*, BORN.

» *Dupuyi*, SAMP.

Dictyocyathus.

Casi todos los restos, según la norma de Taylor, pertenecen a la subfamilia «*Coscinocyathinea*», estando probablemente representada la subfamilia «*Dictyocyathinea*», que tiene tales afinidades que quizás no debería considerarse separada. También encontramos algunas secciones que por la forma y disposición de los tabiques radiales de sus tabiques son atribuibles al género *archæocyathus*.

Un ejemplar presentado en sección longitudinal bien conservada permite proponer una especie nueva de la que no encontramos figura comparable en el trabajo de los Sres. Boucart y Villain ni en los anteriores (Roem., Born., etc.) que hemos podido consultar.

Desde luego se trata de un *coscinocyathus*, pues los tabiques transversales están perfectamente marcados y espaciados.

El polípero, que tiene de diámetro en la boca 11 centímetros y una longitud total de 17 milímetros, se acumina hacia el final, y así, los siete milímetros desde la boca tendrá otros tantos de ancho para terminar en punta en los cuatro que le faltan hasta su extremo.

El número de tabiques transversales es de 17, los cuales, dibujados por líneas finas, son perfectamente horizontales, no cortan sino el espesor de la muralla, pues el interior está ocupado por espato calizo y su repartimiento es más espaciado en longitud en la parte alta, llegando a una separación de menos de medio milímetro hacia la punta.

La cavidad interior está señalada por una masa espática de forma semejante al polípero total; este pequeño relleno es redondeado hacia la entrada y termina en punta fina al extremo; es de señalar que el cuerpecillo de relleno no empieza en



la misma boca de entrada, como se ofrece en todas las secciones circulares de este género, sino a unos tres o cuatro centímetros hacia el interior, lo cual permite distinguir los tabiques verticales de los cuales se cuentan lo que representarían 32 en la sección circular.

Los poros son de dos clases: unos muy finos y seguidos en los tabiques horizontales y mucho más gruesos hacia la cavidad central del coralarío, en forma análoga a la entrada lateral de las cámaras de los *archæocyathidos*.

La forma, dimensiones y disposición recta de las separaciones anulares transversales, diferencian este *coscinocyathus* de cualquier otra forma de esta familia; las mayores analogías morfológicas las tiene esta especie con el *Archæocyathus infundibulum*, Born., alguno de los ejemplares del cual figurado en los estudios de Cerdeña tiene 18 por 18 milímetros; de los *coscinocyathus* el más parecido es el *C. verticillus*, Born., pero esto en el esquema (1), en el cual tiene de dimensiones 20 milímetros de ancho en la boca por 20 de largo y 17 tabiques transversales muy encurvados.

Dedicamos esta especie a nuestro compañero el competente Ingeniero D. Enrique Dupuy de Lôme, nombrándola *Coscinocyathus Dupuyi*.

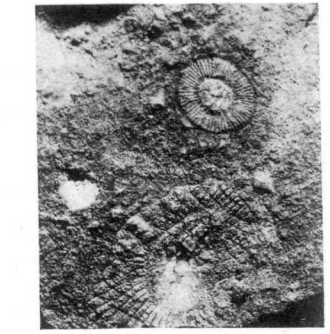
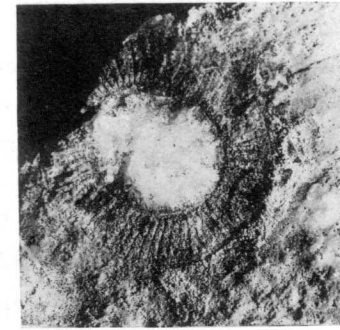
El ejemplar de *A. retesepta* T. que figuramos es casi idéntico al comunicado por Douvillé a los Sres. Boucart y Villain, como del yacimiento español del «Desierto», con sus poros de la muralla interna muy gruesos y espaciados.

También debemos indicar un trozo de *Coscinocyathus*, que fotografiamos, cuyos tabiques verticales de las celdillas son sumamente regulares de forma y dimensión, alto un milímetro por cuatro a cinco décimas de anchos; desde luego debe representar una especie menor, no solamente por el perfecto

(1) *Nova Acta Acad. C. L. C. G. Nat. Cur.*, vol. LI, lám. 9, fig. 2, y lám. 31, figs. 6 y 7.



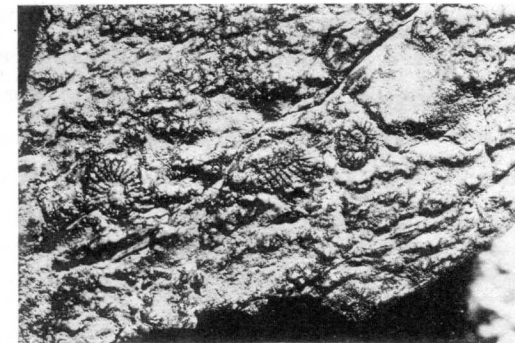
Archaeocyathus trachealis. T. Ugug. X 2.



Coscinocyathus aff. tener. Bor.
Arch. trachealis. T. Ugug. X 2.



Arch. cancellatus. Bor.
X 2. Ugug.



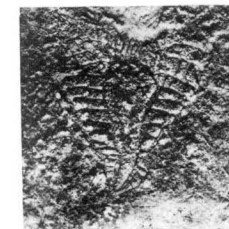
Arch. ajax. T. *Coscinocyathus* sp. Río Asaka. X 2.



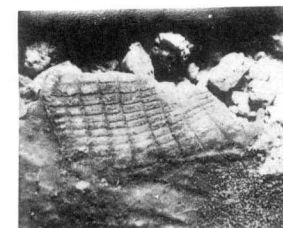
Sección de tabiques 1
buliformes aff. a los *D*
tyocyathus. Ugug. X 2.



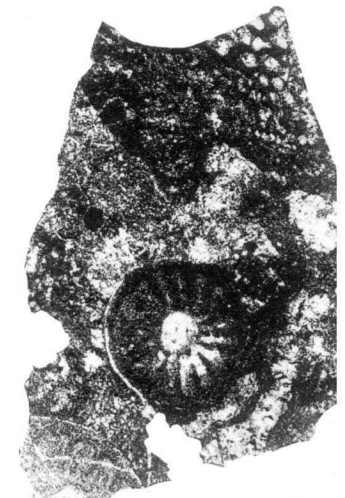
Arch. retesepta. T. Ugug. X 2



Coscinocyathus dupuyi.
Samp. X 2. Ugug.



Coscinocyathus sp. Ugug. X 2.



Micropreparación de Sección
atribuida a *Dictyocyathus*. X 7
Ugug.

reticulado, sino por la horizontalidad de las divisiones, dato que nos debe poner sobre aviso respecto a su referencia a la muralla del *C. Dupuyi*, Samp.

Por fin se encuentran con relativa abundancia unos fósiles de forma de los *Archæocyathidos*, pero con las murallas confusamente marcadas como no sea en las secciones circulares. La característica de estos organismos, lo irregular de sus tabiques flexuosos y al parecer tubulares en buena parte. En las secciones o en las vistas de punta por la muralla externa, producen el efecto de coronas confusamente ovilladas y poros bien repartidos y grandes.

En alguna de las representaciones podrían asimilarse a las descripciones tubuliformes de los *Dictiocyathus* de Billings; no obstante, algunas figuras de sección circular son nombradas como de *Archæocyathus* en las láminas de Borneman (1) y de Boucart y Villain. — *P. H. Sampelayo*.

(1) BOUCART y LE VILLAIN. — *La Faune des Calcaires Cambriens de Sidi Mouça D'Aglau*. Pág. 30, lám. V, fig. 1.

Nova Acta Acad. C. L. C. G. Nat. Cur., vol. LI, lám. XXII, letra a, en figs. 2, 3, 4 y 5.

TRABAJOS DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Investigaciones por métodos geofísicos

XV. — En la zona oligocena de Puente la Reina, provincia de Navarra, se presenta un eczema yesoso de gran importancia, en el que el horizonte salino debía encontrarse a menor profundidad que en el resto de aquélla.

Con el objeto de comprobarlo se efectuó una investigación sísmica, que puso de manifiesto la existencia de la sal a una profundidad que permite la explotación económica.

No se han efectuado sondeos de comprobación.

XVI. — La Comisión de Estudios del Estrecho de Gibraltar propuso al Instituto Geológico y Minero una investigación geofísica con el objeto de aclarar la constitución geológica del subsuelo de aquél. El problema principal que había que dilucidar era si las margas triásicas del Keuper estaban o no próximas a los estratos eocenos que constituyen la superficie del terreno.

Para resolverlo se efectuó un estudio previo en Medina Sidonia, donde afloran las mencionadas margas triásicas, por medio de un perfil sísmico. Así se determinó la constante sísmica de velocidad que las correspondía. Después se efectuaron otros dos, en cada una de las márgenes del Estrecho. El de la española, en las cercanías de Tarifa, y el de la africana, en las de la ensenada de Cala Grande, situada entre Ceuta y Tánger.

Los dos perfiles últimamente citados partieron de los sondeos practicados de antemano, de unos 500 metros de profundidad cada uno.

Así se pudo comprobar que los estratos cortados por la sonda en aquéllos continuaban hasta una profundidad de 1.000 metros que se había tomado como límite de la investigación, sin encontrar las margas del Keuper.

XVII. — Los análisis de las aguas de las Salinas de Monreal, situadas cerca de Pamplona, indicaban un fuerte contenido de potasa, que hizo pensar en la conveniencia de aclarar su origen. Para ello se observaron varios perfiles sísmicos que determinaron la posición y profundidad del horizonte salino del Oligoceno del que procedía.

Por la pequeña profundidad encontrada para aquél, esta zona es una de las más indicadas de la provincia para efectuar sondeos.

XVIII. — Los estudios geológicos de la región central de España han determinado el perímetro de la cuenca cretácea subyacente al Terciario que constituye una importante parte de la superficie del terreno. En el Cretáceo existe un horizonte importantísimo de areniscas porosas que pueden contener una gran cantidad de agua surgente por la gran diferencia de nivel existente entre los bordes de la cuenca y la superficie del terreno, en el centro de la misma.

Para el estudio de la mencionada capa acuífera en toda la zona se ha hecho un plan general de investigaciones geofísicas, cuyo comienzo ha tenido lugar en la región de Torrelaguna, provincia de Madrid, donde aflora la capa de arenisca repetidamente citada.

Por medio de perfiles sísmicos se la ha seguido en profundidad hacia el centro de la cuenca, hasta que alcanza la de 750 metros.

XIX. — La Sociedad Española de Explosivos, propietaria

de los ricos yacimientos potásicos de Cardona, necesitaba aclarar algunos extremos acerca de la situación y profundidad de aquéllos, para facilitar sus trabajos de explotación.

Con este objeto contrató con el Instituto Geológico y Minero una investigación sísmica que permitiese resolver aquéllos.

XX. — La escasez de agua en el campo de Cartagena hizo pensar en la conveniencia de estudiar por los procedimientos geofísicos la posibilidad de su abastecimiento por medio de agua artesiana.

Para que fuera posible la existencia de una cuenca importante de este género, era preciso que las aguas procedentes de la sierra de Lorca, que transcurren por el subsuelo del valle del río Sangonera, tuvieran acceso al de la llanura del campo de Cartagena; o sea que no hubiera una barrera geológica subterránea que impidiese la mencionada comunicación.

Este problema podría resolverse con la balanza de torsión, que indicó los indicios de la mencionada barrera, sin haber quedado terminado por necesitarse la observación de mayor número de estaciones gravimétricas.

XXI. — Una de las regiones de la cuenca oligocena subpirenaica donde el anticlinal general de los yesos se presenta mejor caracterizado es la situada entre Barbastro y Tamarite de Litera, en la provincia de Huesca.

En cada uno de los dos pueblos citados se ha efectuado una investigación sísmica para determinar la importancia y profundidad del manto salino subyacente. La profundidad no ha sido grande; pero la potencia del banco no corresponde a las esperanzas que se habían forjado sobre su riqueza.

En Tamarite de Litera se ha proyectado un sondeo que permite conocer si en el banco salino se encuentran la silvinita y la carnalita.

XXII. — Las aguas de las Salinas de Tello de Cofrentes,

en la provincia de Valencia, contienen más de cuatro gramos de potasa por litro, según los análisis efectuados por nuestro Instituto. Están enclavadas en la margas salíferas del Keuper, de las que no era imposible procediesen las sales disueltas que contienen las aguas. También podrían proceder de un horizonte salino o de un domo intercalado en aquéllas.

Para comprobar o negar el segundo de los orígenes citados se efectuó una investigación sísmica que dió resultado afirmativo.

Ahora bien, las escabrosidades superficiales impidieron la localización exacta de su emplazamiento, que quedó circunscrito en una pequeña área, en la que se debe continuar la investigación por medio de sondeos de poca profundidad.

Sondeos efectuados por el Estado

Investigación de sales potásicas. — Zonas de Navarra y Aragón

Sondeo de Tafalla.—De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda investigación en el anticlinal de Tafalla, por los métodos gravimétrico y sísmico, de que ya se ha dado cuenta en esta publicación (1), se acordó efectuar este sondeo, iniciándose la perforación el día 8 de diciembre de 1933, atravesándose, tras una ligera capa de tierra laborable, una serie de alternancias de yesos, arcillas y margas grises y rojas, entre las que se intercalan, a partir de los 180 metros, capas de anhidrita. La inclinación de los estratos es cada vez mayor, poniéndose casi verticales a los 245 metros y continuando en esa posición, con ligeras variantes, durante todo el sondeo. Entre los 265 y 320 metros aparecen algunos vestigios de sal,

(1) NOTAS Y COMUNICACIONES, núm. 4, pág. 155.

que vuelven a encontrarse a los 460 metros, dándose entonces la orden de trabajar con agua saturada de cloruro magnésico.

En esta forma se continuó hasta el 31 de diciembre de 1934, fecha en que la Administración dió orden de terminar el sondeo a la profundidad de 812,50 metros y siempre con la estratificación en posición casi vertical.

No se pudo alcanzar la profundidad proyectada de 1.000 metros, por la lentitud con que se llevaron a cabo los trabajos de perforación por causas de orden material y social.

El taladro ha quedado entubado hasta su fondo y convenientemente taponado.

Javier (Navarra).— Se inició este sondeo en octubre de 1933, siendo su objeto la investigación de la cuenca potásica subpirenaica, en su parte occidental.

Después de atravesar 40 metros de areniscas rojas, con intercalaciones de arcillas, se cortó una gran zona de margas grises, que alcanzaron hasta la profundidad de 350 metros, a la cual estas margas empezaron a presentar pequeñas intercalaciones de sal roja y algunas pequeñas capas de sal. A los 406 metros aparecieron indicaciones de carnalita, siguiendo estos indicios, con muestras de silvinita y sal rosada y alguna capa de silvinita, hasta los 435 metros de profundidad, a la que apareció la sal gris de la base del yacimiento, que reconoció el sondeo hasta los 517 metros, parándose el trabajo, por haberse atravesado el yacimiento potásico, en febrero de 1934.

Entre los 488 y 495 metros se cortaron capas estrechas de carnalita, últimas indicaciones, en profundidad, de la existencia del criadero.

Tamarite de Litera.— Con objeto de reconocer la zona oligocena subpirenaica y determinar si existe continuidad a través de Aragón entre las cuencas salinas investigadas con gran éxito en Cataluña y Navarra, se proyectó un sondeo a un kilómetro al Norte del pueblo de Tamarite de Litera, muy pró-

ximo al eje de un gran anticlinal que se sigue desde Cardona a Tafalla.

Adjudicada la obra, por orden de 27 de octubre de 1934, dió comienzo la perforación en 3 de diciembre de 1934 y terminó a la profundidad de 600,50 metros en 15 de abril del año actual.

El sondeo comenzó en las margas con yesos del oligoceno inferior y se cortó la sal común a los 322,50. Y capas alternantes de esta sustancia con otras de margas y yeso constituyeron el terreno cortado hasta la terminación del taladro.

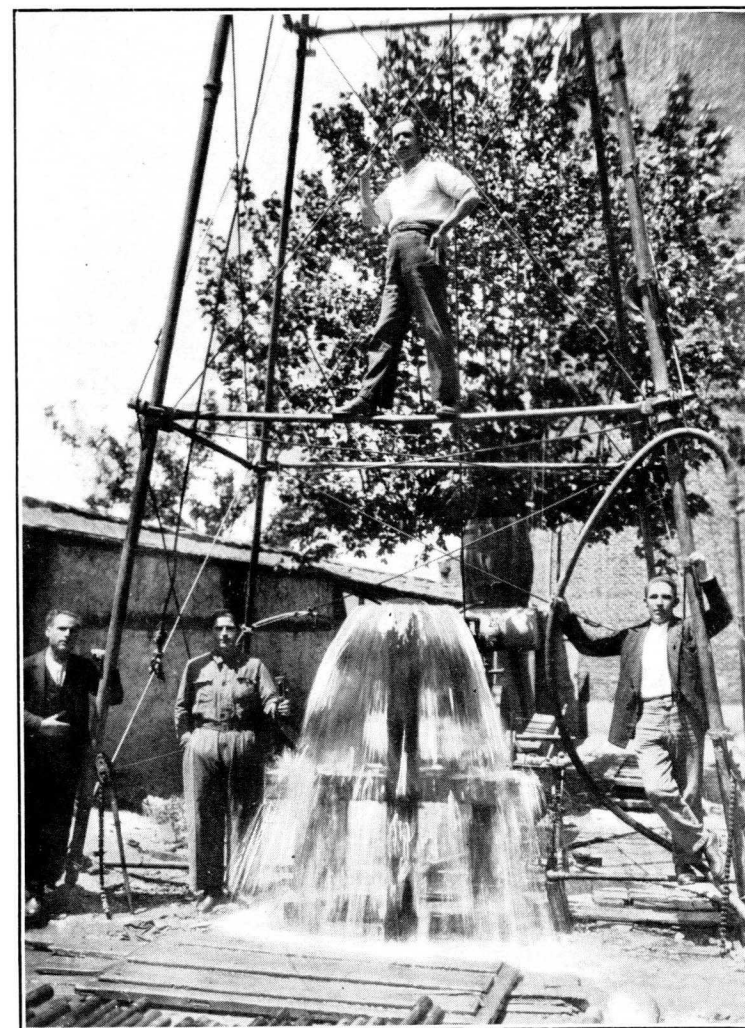
Se empezó a revestir con tubos de seis pulgadas de diámetro y se terminó con tubos de tres pulgadas.

La sal hallada parece secundaria y por esta razón parece que puede existir un yacimiento potásico a mayor profundidad.

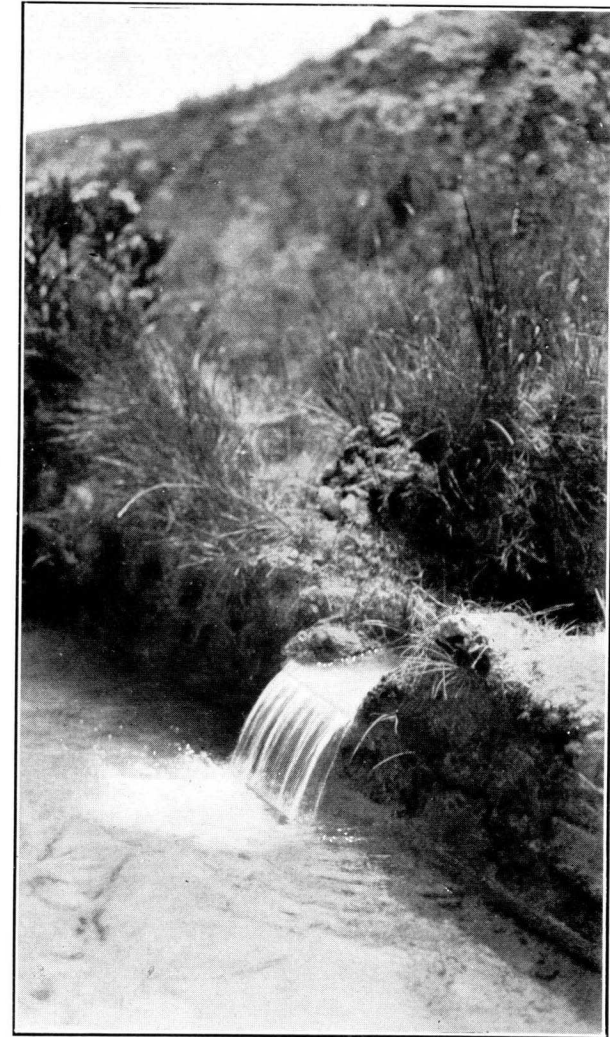
Investigaciones de aguas subterráneas

Entre los numerosos sondeos iniciados por el Instituto para la investigación de aguas subterráneas, la limitación impuesta por la ley de Presupuestos en cuanto a la fecha de empleo de los créditos consignados en las mismas, obligó a paralizar bastantes trabajos que no pudieron alcanzar las profundidades previstas para juzgar de su eficacia. Se han realizado, sin embargo, algunos de verdadero interés, entre los que se pueden citar los siguientes:

Sondeo de San Marcos (León).—La importancia de la cuenca artesiana de León, la más productiva quizá de España, ha dado lugar a la perforación de una enorme cantidad de pozos artesianos construídos en pocos años con auxilio de subvenciones del Estado la mayor parte y particularmente algunos. Los niveles conocidos lo eran hasta poco más de los 200 metros de profundidad, y esta circunstancia trajo como consecuencia la utilización de las corrientes próximas a la su-



Sondeo de San Marcos (León).
18 litros por segundo. Presión o nivel sobre el suelo, 20 metros.



Agua procedente del sondeo de Montesa (Canals).
Caudal: 15 litros por segundo a los 185 metros, que asciende hasta 34,60 de la superficie. El agua se eleva con un compresor.

perficie con evidente perjuicio de las mismas, que en determinadas épocas del año empiezan a acusar su cansancio. Con objeto de investigar completamente esta cuenca y poder regular la concesión de pozos a los niveles más convenientes en cada zona se proyectó un sondeo en el centro de la cuenca artesiana para llevarlo hasta los 400 metros de profundidad.

Este sondeo se inició el día 22 de enero de 1934 a rotación para poder aislar todas las corrientes cortadas y con un diámetro de 200 milímetros. Los resultados obtenidos son plenamente satisfactorios: a los 105,80 metros se cortó un nivel surgente de cuatro litros por segundo que saltaba a dos metros sobre la boca del pozo por la tubería de 150 milímetros.

A los 145,87 metros apareció una nueva lámina de agua de dos litros por segundo, y por último, a los 215 metros de profundidad se cortó un importante nivel surgente, cuyo aforo acusó 12 litros por segundo, llegando a la superficie por el tubo de 100 milímetros con una presión de 2,5 kilogramos.

Actualmente se trabaja a 231,50 metros y con un diámetro de 90 milímetros.

Sondeo de Canals (Valencia). — Emplazado en término de Montesa, al pie meridional de la Sierra Grosa, partida del «Pla Nou».

Alcanzó una profundidad de 222 metros, atravesando a los 185 las areniscas vindobonienses, en las que se esperaba obtener el agua. Las areniscas descansan en las margas burgalienses y al llegar a ellas se paró el sondeo.

Como las areniscas no dieron agua alguna, en contra de lo calculado, hubo necesidad de realizar un nuevo estudio geológico, a fin de averiguar la causa de aparecer en seco el nivel hidrológico encontrado.

Los nuevos estudios ratificaron en un todo el ejecutado antes del emplazamiento del taladro, y ante la seguridad de

que ese nivel de las areniscas debían contener agua se supuso que ésta no manaba por estar localmente atorado.

Para comprobarlo se acordó inyectar agua con fuerte presión durante varios días, aplicándose seguidamente un compresor, y al cabo de una semana brotó el agua que ascendió de los 185 metros hasta 34,60 de la superficie, obteniéndose un caudal de 16 litros por segundo. He aquí un caso en que claramente se manifiesta que sin el concurso del geólogo se hubiera dado el sondeo por fracasado, cuando su resultado es por el contrario altamente satisfactorio.

El agua alumbrada es potable, y según análisis con el siguiente contenido de sales por litro:

Cal.....	0,125 gramos.
Magnesia.....	0,041 —
Anhidrido sulfúrico.....	0,039 —
Cloro.....	0,097 —
Cloro expresado en cloruro sódico.....	0,161 —
Grado hidrotimétrico total.....	39 grados.

Como se ve, es agua excelente para el consumo dado que el pueblo de Canals está abastecido por la procedente de un río. El sondeo ejecutado por el Estado debería aplicarse al abastecimiento de Canals, lo que resultaría bastante económico, pues hay desnivel y la distancia entre el sondeo y el pueblo apenas pasa de los tres kilómetros.

Sondeo de Totana (Murcia). — Emplazado junto a la carretera de Totana a Mazarrón, paraje de la Ñorica.

Alcanzó la profundidad de 300 metros, atravesándose casi en su totalidad arcillas terciarias con algunos niveles de conglomerado, que son los que contienen el agua.

A los 34 metros se cortó la primera capa de agua, nivel hidrológico ya conocido.

A los 90 metros se cortó la segunda capa, que dió un caudal de 15 litros por segundo, ascendente hasta 5,70 metros de la superficie del terreno.

El nuevo nivel artesiano descubierto es de agua im potable pero de mucha mejor calidad que la procedente del primer nivel, dado que éste tiene 220 grados hidrotimétricos y el segundo sólo 171 grados.

El análisis del agua procedente de este segundo nivel dió el siguiente resultado, por litro:

Cal.....	0,494 gramos.
Magnesia.....	0,317 —
Anhidrido sulfúrico.....	1,050 —
Cloro.....	0,779 —
Cloro en cloruro sódico.....	1,286 —

Es apta para riego y dada la escasez de la misma en la región constituye un hallazgo importante, tan importante que calculando el precio medio del agua en Totana muy bien puede estimarse que el sondeo ejecutado tiene actualmente un valor de dos millones de pesetas, aparte de los beneficios que el Estado pueda obtener por la riqueza creada con el agua descubierta.

Sondeo de El Pardo. — En la cuenca artesiana de El Pardo, hace años comenzada a reconocer en parte por el ingeniero agrónomo Janini, acaba de realizarse un sondeo que resuelve satisfactoriamente el problema de abastecimiento de agua al Orfanato Nacional, soberbio edificio en el que están acogidos y reciben educación más de trescientos niños de ambos sexos.

El Instituto hizo, al efecto, los estudios necesarios, determinó la profundidad e importancia de los diferentes niveles acuíferos, y para mayor seguridad de buen éxito, realizó reconocimientos geofísicos, empleando los métodos sísmicos y eléctricos, que dieron por resultado comprobar en un todo los datos suministrados por el estudio geológico. Ya con esta garantía, se eligió el emplazamiento del primer taladro.

Este taladro ha dado resultado altamente satisfactorio, pues en los doscientos metros perforados se atravesó la previs-

ta alternancia de capas permeables e impermeables que dan lugar a cinco niveles acuíferos.

El caudal obtenido asciende hasta dos metros por encima del suelo y pasa de seis litros por segundo, es decir, 500 metros cúbicos en las veinticuatro horas; de la escasez se ha pasado a la superabundancia; cada niño acogido puede gastar cerca de 2.000 litros diarios.

Es agua purísima; ocho grados hidrotimétricos y sólo centésimas de cloro y cloruros. Agua como la del Lozoya, excelente entre las más excelentes de que se surten las grandes urbes del continente.

Nuevas publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España

Mapa Geológico de España, en escala 1 a 50.000.— Con posterioridad a la distribución a los abonados a las publicaciones del Instituto del número 4 de NOTAS Y COMUNICACIONES, se han editado las hojas siguientes, con sus correspondientes Memorias explicativas:

1.ª región, Noroeste: Villamañán (232).

León (161).

Guadejes (162).

Villamizar (163).

Astorga (193).

2.ª región, Norte: Viana (171).

Briviesca (168).

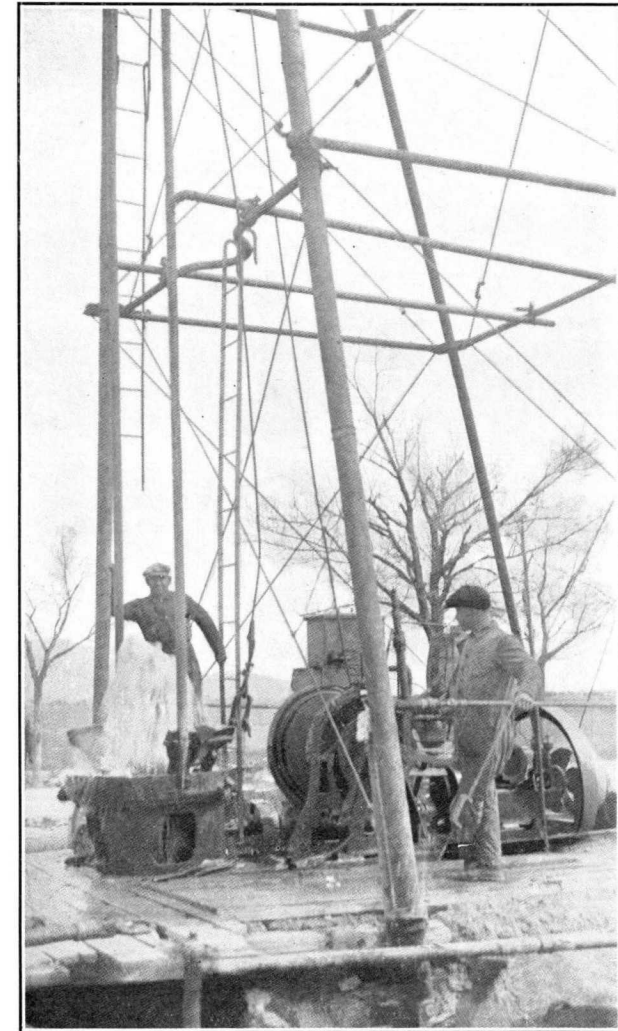
Eulate (139).

Tudela (282).

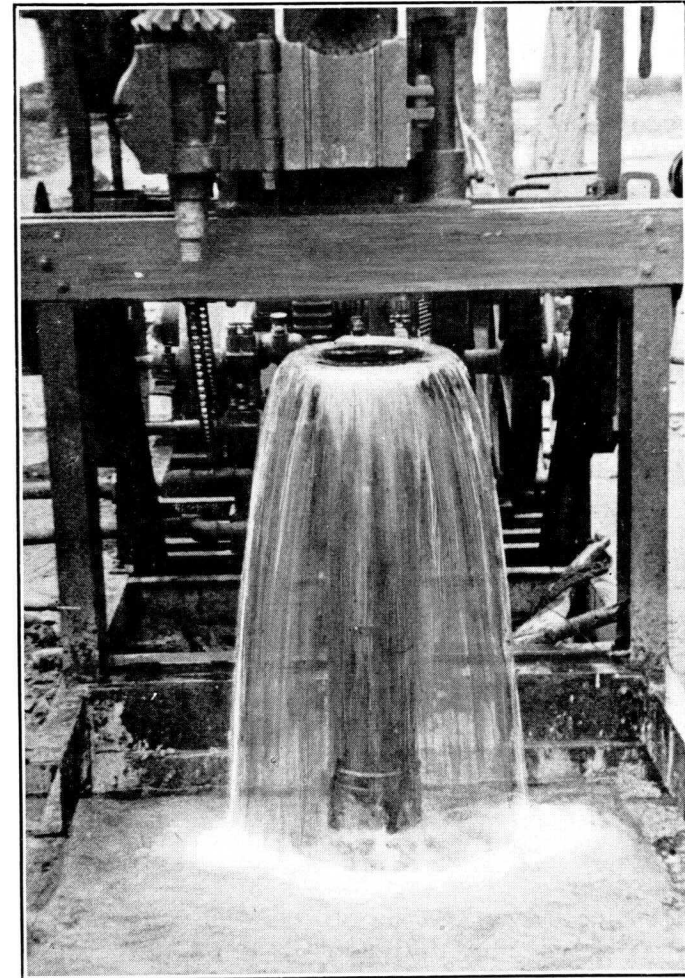
Peralta (206).

Alfaro (244).

Vitoria (112).



Sondeo de Totana (Murcia).
Aforo de la segunda capa por medio de un compresor.



Sondeo de El Pardo.

- 3.^a región, *Noroeste*: Hospitalet (498).
Gavá (448).
Tarragona (473).
Lérida (388).
Valls (446).
Balaguer (359).
- 4.^a región, *Centro*: Navacarnero (581).
- 5.^a región, *Este*: Piedrabuena (759).
Montejón (864).
Úbeda (906).
Daimiel (760).
Almagro (765).
Moral de Calatrava (811).
Santa Cruz de Mudela (838).
Manzanares (786).
- 6.^a región, *Levante*: Valdeganga (766).
La Gineta (765).
Madrigueras (743).
Peñas de San Pedro (816).
Minayas (141).
Hellín (823).
- 7.^a región, *Andalucía*: Estepona (1.072).
Dos Hermanas (1.002).
Utrera (1.003).

En total se han publicado:

Otras publicaciones.— Han sido repartidas y puestas a la venta además las siguientes obras:

Boletín del Instituto. Tomo LIII.— Un tomo de 631 páginas, cuyo sumario es el siguiente:

Datos para el estudio paleontológico del Flysch de la costa Cantábrica y de algunos otros puntos de España, por Florentino Azpeitia Moros; *Vegetales fósiles del Carbonífero español*, por D. Manuel Ruiz Falcó y D. Ricardo Madariaga Rojo;

Notas sobre estratigrafía de la cuenca carbonífera central de Asturias. El horizonte marino del techo de la capa «Angelita» (Langreo) y la «Fusulinella sphæroidea», V. Moeller, por don Ricardo Madariaga Rojo; Macizo del Maestrazgo (zona Este): Algunas notas referentes a su estratigrafía y tectónica, por Alfonso de Alvarado; Nota acerca de la industria petrolífera rumana y aplicación de sus datos geológicos a la investigación de algunos yacimientos petrolíferos españoles, por E. Dupuy de Lôme; Sinopsis de las rocas hipogénicas de España, por Enrique Rubio y Manuel Cincúnegui; Estudio espectrográfico cuantitativo de las platas nativas de España, por S. Piña de Rubiés y J. Miláns del Bosch; Estudios hidrológicos: Informe sobre hidrología subterránea de la provincia de Alicante, por Primitivo Hernández Sampelayo; Trabajos de la Comisión de Meridianas, y Apuntes biográficos de D. Fausto de Elhuyar y de Zubice, por A. de Gálvez-Cañero y Alzola.

Boletín de Sondeos. — Se publicó el tomo III del *Boletín de Sondeos*, en el que fué insertado un extenso estudio acerca de los *Sondeos de investigación de Sales potásicas*, por don Agustín Marín; *Cuenca artesiana de León*, por D. Primitivo Hernández Sampelayo; *Estudio general de la Cuenca artesiana de León*, por D. Agustín de Larragán; *Sondeos en la cuarta región*, por D. Manuel Sancho Gala; *Sondeos en la quinta región*, por D. Alfonso de Alvarado, y *Los Sondeos profundos de Valencia*, por D. Enrique Dupuy de Lôme.

Memorias. — La colección de Memorias del Instituto se ha enriquecido con los volúmenes siguientes:

Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal, por D. Florentino Azpeitia Moros. Esta interesantísima obra del ilustre profesor, recientemente fallecido, Sr. Azpeitia, consta de dos grandes volúmenes, ilustrados con un gran número de láminas, y en ellos el autor hace un completísimo estudio de la materia.

Interpretación geológica de las mediciones geofísicas, por D. José García Siñeriz, resumen de los notables estudios de este distinguido ingeniero.

Criaderos de hierro de Galicia, tomo III, primero y segundo fascículo. Con la publicación de este tomo termina la obra de gran mérito de D. Primitivo Hernández Sampelayo, en la que ha descrito, con gran detenimiento, los criaderos de aquella región, desde los puntos de vista geológico y minero.

Explicación del nuevo Mapa Geológico de España en escala de 1 : 1.000.000, es el título del último tomo publicado en la serie de Memorias del Instituto y comprende el estudio de las *Rocas hipogénicas*, por los Sres. Rubio y Meseguer; el *Terreno Arcaico*, por D. Alfonso de Alvarado, y *El sistema Cambriano*, por D. Primitivo H. Sampelayo, todo ello relacionado con la nueva edición del Mapa Geológico, rápidamente agotada, de la que se prepara una segunda tirada.

BIBLIOTECA DEL INSTITUTO GEOLÓGICO
Y MINERO DE ESPAÑA

LIBROS RECIBIDOS

- CONTRERAS (B.): *El país de la plata*. — Guadalajara, 1904.
- LUJÁN (F.): *Consideraciones sobre el proyecto de Ley de Minas*. — Oviedo, 1855.
- GARCÍA (J. C.): *La edad de piedra*. — Madrid, 1879.
- ANÓNIMO: *A los mineros de Granada y Almería*. — Granada, 1840.
- LÓPEZ CANCELA (JUAN): *Minas de España. — Tratado y beneficio de sus metales de plata*. — Madrid, 1834.
- Reglamento de policía minera*. — Madrid, 1934.
- JORDANA (L.): *Explotación, almacenamiento y transporte del petróleo*. — Madrid, 1932.
- MARÍN (A.): *El petróleo en Marruecos*. — Madrid, 1934.
- La estructura de las Alpujarras y las relaciones tectónicas de las Cordilleras Béticas Orientales*. (Memoria manuscrita.)
- DERVILLE (H.): *Les Marbres du Calcaire Carbonifère en Bas-Boulonnais*. — Strasbourg, 1934.
- RUEDEMANN (R.): *Paleozoic Plankton of North America*. — Washington, 1934.
- SCHUCHERT (CH.): *Stratigraphy of Western Newfoundland*. — Washington, 1934.
- LEGRAYE (M.): *Les constituants des charbons*. — Paris, 1933.
- SAYEC (R. M.): *Primitive Arts and crafts. — Study of material culture*. — Cambridge, 1933.
- BURKITT (M. C.): *Our Early Aneestors*. — Cambridge, 1926.
- CUSHMAN (M.): *Contribution from the Cushman Laboratory*.

- STINY (J.): *Die Quellen - geologischen Grundlagen Quellenkunde für Ingenieure.*
- SCHMIDT (E.): *Crinoiden und blastoideen aus dem Jungsten unterdevon Spanien.*
- BELOT (E.): *L'origine dualiste des Mondes et la Structure.* — París, 1924.
- BAYERRI (E.): *Historia de Tortosa y su comarca.* — Tortosa, 1933.
- Anuario especial Escuela Ingenieros de Caminos.* — Madrid, 1934.
- SEYLER (C. A.): *The Microscopical examination of Coal.* — London, 1929.
- The Mineral Industry 1934.*
- LUNGE (G.): *Technical Gas Analysis.*
- ORCONERA: *Iron Ore Company.* — Plano. — Luchana, 1884.
- IBARRA (M.): *Plan de Minas.* — Bilbao, 1882.
- VALLE (A.): *El minero español.* — Madrid, 1841.
- POCHET (L.): *Etude sur les Sources.* — París, 1905.
- Congreso Agrupación Ingenieros de Minas del Noroeste de España.* — Oviedo, 1932.
- Guide illustrée de la Pologne.* — Varsovia, 1927.
- GRAETZ (A.): *Pétroles naturels et carburants. Synthèse.* — París, 1931.
- HERNÁNDEZ PACHECO (E.): *Síntesis fisiográfica y geológica de la Península Ibérica.*
- MACOVEI (ATANASIUM): *L'évolution géologique de la Roumanie - crétacée.* — Bucaresti, 1933.
- AZPEITIA (F.): *Conchas bivalvas de agua dulce.* — Madrid, 1933.
- DAVEY (W.): *A Study of cristal structure and applications.*
- PÉREZ DE BARRADAS (JOSÉ): *El Acheulense del Valle del Manzanares.* — Madrid, 1933.
- LACOSTE (JEAN): *Études Géologiques dans le Rif Méridional.* — Rabat, 1934.
- LAMBERT (J.): *Echinides fossiles du Maroch.* — Rabat, 1934.
- SCHULTZ (G.): *Mapa de Asturias.* — Oviedo, 1927.
- MONASTERIO (JOSÉ): *Sobre el estado de la industria minera en Cartagena.* — Cartagena, 1845.
- PELLÓN (J.): *Proyecto de Ley de Minería.* — Madrid, 1855.
- DARDER PERICÁS: *La tectonique de la région orientale: île de Majorque.* — París, 1935.
- GERARD (C.): *Lecciones de electricidad.* — Madrid, 1934.
- FUERTES (M.): *Mineralogía Asturiana.* — Oviedo, 1884.
- ZARRALUQUI (J.): — *Los Almadenes del Azogue.* — Madrid, 1934.
- ANÓNIMO: *Disertación sobre la platina.*
- FELIPE MARTÍNEZ (JUAN): *Memoria sobre las minas de Alcohol del reyno de Granada.* — Madrid, 1829.

- CAVANILLAS: *Memoria sobre las minas de Almadén.* — Madrid, 1838.
- Registro y relación general de minas de la Corona de Castilla.* — Madrid, 1832.
- MARQUÉS DE CAICEDO: *El oro.* — Madrid, 1880.
- COLLADO (B.): *Apuntes sobre la industria contemporánea de la minería española.* — Madrid, 1825.
- RÚA FIGUEROA: *Ensayo histórico de las minas de Río Tinto.* — Madrid, 1859.

